
ANNUAL REPORT
of the
Inter-American Tropical Tuna Commission

1983

INFORME ANUAL
de la
Comision Interamericana Del Atun Tropical

La Jolla, California
1984

CONTENTS-INDICE

ENGLISH VERSION-VERSION EN INGLES

| | Page |
|---|------|
| INTRODUCTION | 7 |
| COMMISSION MEETINGS | 8 |
| ADMINISTRATION | 9 |
| Budget | 9 |
| Financial statement | 9 |
| Inter-agency cooperation | 14 |
| Field offices | 14 |
| PUBLICATIONS AND REPORTS | 15 |
| THE FISHERY IN 1983 | 17 |
| Résumé | 17 |
| Statistics of catch and landings | 18 |
| The tuna fleets of the eastern Pacific Ocean | 20 |
| RESEARCH IN 1983 | 22 |
| Abundance of tunas and success of fishing | 22 |
| Population structure and migrations | 28 |
| Other aspects of tuna biology | 40 |
| Tuna-dolphin investigation | 51 |
| Oceanography and tuna ecology | 66 |
| STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1983 AND OUTLOOK FOR 1984 | 71 |
| Yellowfin | 72 |
| Skipjack | 88 |
| Northern bluefin | 96 |

VERSION EN ESPAÑOL-SPANISH VERSION

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCION | 97 |
| REUNIONES DE LA COMISION | 98 |
| ADMINISTRACION | 99 |
| Presupuesto | 99 |
| Declaración financiera..... | 100 |
| Colaboración entre entidades afines..... | 104 |
| Oficinas regionales..... | 104 |
| PUBLICACIONES E INFORMES | 105 |
| LA PESCA EN 1983..... | 107 |
| Resumen | 107 |
| Estadísticas de captura y desembarque | 108 |
| La flota atunera del Océano Pacífico oriental..... | 110 |
| INVESTIGACION EN 1983 | 112 |
| Abundancia de atunes y resultados de pesca | 112 |
| Estructura de la población y migración | 119 |
| Otros aspectos de la biología atunera | 131 |
| Investigación atún-delfín | 144 |
| Oceanografía y ecología del atún | 161 |
| CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1983 Y PERSPECTIVAS PARA 1984..... | 167 |
| Atún aleta amarilla..... | 167 |
| Barrilete | 185 |
| Atún aleta azul | 194 |
| <hr/> | |
| APPENDIX I-APENDICE I | |
| STAFF-PERSONAL..... | 196 |
| APPENDIX II-APENDICE II | |
| FIGURES AND TABLES-FIGURAS Y TABLAS | 200 |

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1983**

**LOS DELEGADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA INICIACION
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1983**

COSTA RICA

Virgilio Aguiluz1950-1965
José L. Cardona-Cooper1950-1979
Victor Nigro1950-1969
Fernando Flores B.1958-1977
Milton H. López G.1965-1977
Eduardo Beeche T.1969-1971
Francisco Terán Valls1971-1977
Manuel Freer1977-1979
Gabriela Myers1977-1979
Rudolfo Sáenz O.1977-1979

UNITED STATES OF AMERICA

Lee F. Payne1950-1961 ¹
Milton C. James1950-1951
Gordon W. Sloan1951-1957
John L. Kask1952
John L. Farley1953-1956
Arnie J. Suomela1957-1959
Robert L. Jones1958-1965 ²
Eugene D. Bennett1950-1968 ³
J.L. McHugh1960-1970
John G. Driscoll, Jr.1962-1975 ⁵
William H. Holmstrom1966-1973
Donald P. Loker1969-1976
William M. Terry1970-1973 ⁴
Steven E. Schanes1973-1974
Robert C. Macdonald1973-
Wilvan G. Van Campen1974-1976
Jack Gorby1975-
Glen H. Copeland1976-1977
Wymberley Coerr1977-

MEXICO

Rodolfo Ramirez G1964-1966
Mauro Cárdenas F1964-1968
Héctor Chapa Saldaña1964-1968
Maria Emilia Téllez B1964-1971
Juan Luis Cifuentes L1967-1970
Alejandro Cervantes D1960-1978
Amín Zarur M.1968-1970
Arturo Díaz R.1970-1978
Joaquín Mercado F1970-1977
Pedro Mercado S1970-1975
Fernando Castro y Castro1975-1977

PANAMA

Miguel A. Corro1953-1957
Domingo A. Díaz1953-1957
Walter Myers, Jr.1953-1957
Juan L. de Obarrio1958-1980
Richard Eisenmann1958-1960
Gabriel Galindo1958-1960
Harmodio Arias, Jr.1961-1962
Roberto Novoy1961-1962
Carlos A. López Guevara1962-1974
Dora de Lanzner1963-1972
Camilo Quintero1963-1972
Arquimedes Franqueza1972-1974
Federico Humbert, Jr.1972-1974
Carolina T. de Mouritzen1974-
Jaime Valdéz1974-
Carlos Arellano L1980-
Luis E. Rodriguez1980-1983

CANADA

Emerson Gennis1968-1969
A.W.H. Needler1968-1972
E.B. Young1968-1980
Leo E. Labrosse1970-1972
Robert L. Payne1970-1974
G. Ernest Waring1970-1976
S.N. Tibbo1970-1977
James S. Beckett1977-
M. Hunter1981-

JAPAN

Tomonari Matsushita1971-1973
Shoichi Masuda1971-
Fumihiko Suzuki1971-1972
Seiya Nishida1972-1974
Kunio Yonezawa1973-1979
Harunori Kaya1974-1976
Michio Mizoguchi1976-1977
Michihiko Junihiro1979-1980
Tatsuo Saito1979-
Toshio Isogai1980-

FRANCE

Serge Garache1973-1980
Robert Letaconnoux1973-
René Thibaudau1976-1977
Maurice Fourneyron1980-

NICARAGUA

Gilberto Bergman Padilla1973-1980
Antonio Flores Arana1973-1976
José B. Godoy1976-1980
Octavio Gutierrez D1977-1980
Jamil Urroz E1977-

¹ Deceased in service April 10, 1961

¹ Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

² Deceased in service April 26, 1965

² Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

³ Deceased in service December 18, 1968

³ Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

⁴ Deceased in service May 5, 1973

⁴ Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

⁵ Deceased in service October 16, 1975

⁵ Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975

ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1983

INTRODUCTION

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

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

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

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations, both at sea and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director of Investigations, who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 33rd year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its annual report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Reports and in outside scientific journals and trade journals. By the end of 1983 the Commission's staff had published 119 bulletins, 4 special reports, 232 articles in outside journals, and 32 annual reports. All

scientific and annual reports have been given world-wide distribution, and thus have been made available for the critical scrutiny of a wide selection of the world's scientific community.

COMMISSION MEETINGS

On October 19 and 20, the Commission held its 41st meeting in Ottawa, Canada. Mr. Michael Hunter of Canada served as Chairman and Mr. Jamil Urroz of Nicaragua served as Secretary. Representatives of all six member governments attended the meeting, as did observers from Australia, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Mexico, Venezuela, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and the International Whaling Commission.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the Meeting
2. Consideration and Adoption of the Agenda
3. Review of Current Research
4. Tuna-Dolphin Program
5. The 1983 Fishing Year
6. Condition of the Yellowfin Stock and Recommendations for 1984
7. Recommended Research Program and Budget 1985-1986.
8. Review of Negotiations concerning Tuna Management and Conservation in the Eastern Pacific Ocean.
9. Place and Date of Next Meeting
10. Election of Officers
11. Other Business
12. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) The Commission staff recommended a yellowfin catch quota of 162,000 short tons for the 1984 fishing year with the flexibility to increase this limit by two increments of 15,000 tons each to allow for the possibility that the staff has underestimated stock abundance. The rationale for this recommendation is given in Background Paper No.2 prepared for the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution regarding a yellowfin conservation program for 1984:

Recognizing that there continues to be a need for a yellowfin conservation program in 1984 in order that the yellowfin resource may be maintained at a level that will insure continued high productivity in the future,

The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1984, there should be established an annual quota on the total catch of yellowfin tuna for the 1984 calendar year of 162,000 short

tons from the CYRA as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962, and

Further recommends that the Director of Investigations is authorized to increase this limit by no more than one increment of 13,000 short tons, if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock. Because of the uncertainty of the effect of environmental factors associated with the 1982/83 El Niño as well as fisheries factors on the estimates of the abundance of the stock, the Director is authorized further to recommend to the High Contracting Parties for their approval a second increment based on the current best estimate of the condition of the stock, and

Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1984.

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$2,992,567 for fiscal year 1985/86.

(3) The Commission agreed to hold its next regular meeting in San Diego, California, October 16-18, 1984.

(4) The Commission elected Mr. Henry Beasley of the U.S.A. and Mr. Luis Rodriguez of Panama as Chairman and Secretary, respectively, of the Commission for 1984.

ADMINISTRATION

BUDGET

At its 38th meeting, held in Washington, D.C., U.S.A, October 28 and 29, 1980, the Commission unanimously approved the budget for fiscal year (FY) 1982-1983, submitted by the Director of Investigations, in the amount of \$2,632,860. Subsequently the U.S. decided to reduce its portion of the approved amount by \$519,574, which thus fixed the total budget at \$1,901,114. This budget was about 100 thousand dollars greater than the amount received in FY 1981-1982 but almost 732 thousand dollars (-28%) less than the amount requested and approved at the Commission's 38th meeting. Thus for the second consecutive year the Commission was forced to eliminate all tuna research at sea and was unable to replace key personnel terminated last fiscal year because of similar budgetary limitations.

FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1982-1983 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report follow:

TUNA COMMISSION

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

Balance Sheet

September 30, 1983

Assets

Current assets

| | |
|-------------------------|-----------|
| Cash | \$ 13,306 |
| Certificates of deposit | 101,562 |
| Accounts receivable | 48,262 |
| Advances and deposits | 25,457 |

| | |
|----------------------|---------|
| Total current assets | 188,587 |
|----------------------|---------|

| | |
|------------------------|---------|
| Real property, at cost | 325,775 |
|------------------------|---------|

| | |
|--|------------|
| | \$ 514,362 |
|--|------------|

Liabilities and Fund Balances

Current liabilities:

| | |
|------------------|---------|
| Accounts payable | 87,800 |
| Accrued expenses | 248,397 |

| | |
|---------------------------|---------|
| Total current liabilities | 336,197 |
|---------------------------|---------|

Fund balance:

| | |
|---------------------------|-----------|
| General fund (deficiency) | (147,610) |
| Real property fund | 325,775 |

| | |
|--------------------|---------|
| Total fund balance | 178,165 |
|--------------------|---------|

| | |
|--|------------|
| | \$ 514,362 |
|--|------------|

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
Statement of Changes in Financial Position
for the year ended September 30, 1983

| | |
|---|-------------|
| Uses of working capital: | |
| Excess of expenses over revenue | \$ 143,912 |
| Real property acquisitions | - |
| | <hr/> |
| Decrease in working capital | \$ 143,912 |
| | <hr/> <hr/> |
| Changes in components of working capital: | |
| Increase (decrease) in current assets: | |
| Cash | (126,488) |
| Certificates of deposit | 1,562 |
| Accounts receivable - contracts | 17,854 |
| Advances and deposits | (2,198) |
| | <hr/> |
| | (109,270) |
| | <hr/> |
| Increase (decrease) in current liabilities: | |
| Accounts payable | 11,920 |
| Accrued expenses | 22,722 |
| | <hr/> |
| | 34,642 |
| | <hr/> |
| Decrease in working capital | \$ 143,912 |
| | <hr/> <hr/> |

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
Statement of Revenue and Expenses
for the year ended September 30,1983

Revenue:

Government contributions for joint expenses:

| | |
|--------------------------|--------------|
| United States of America | \$ 1,850,000 |
| Canada | 26,751 |
| Japan | 23,363 |
| France | 2,919 |
| Panama | 500 |
| Nicaragua | - |

| | |
|---------------------|-----------|
| Total contributions | 1,903,533 |
|---------------------|-----------|

| | |
|------------------|---------|
| Contract revenue | 182,259 |
| Interest income | 18,203 |
| Other revenue | 13,626 |

| | |
|---------------|-----------|
| Total revenue | 2,117,621 |
|---------------|-----------|

Expenses:

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Salaries | 1,424,936 |
| Employee benefits | 350,014 |
| Contract expense | 92,311 |
| Travel expense | 113,557 |
| Observer costs | 69,177 |
| Printing and postage | 40,598 |
| Legal and professional | 22,157 |
| Materials and supplies | 58,789 |
| Rent and utilities | 47,383 |
| Insurance and taxes | 10,073 |
| Loss on foreign currency exchange | 7,019 |
| Telephone and telegraph | 10,881 |
| Tag rewards | 1,611 |
| Miscellaneous | 13,027 |

| | |
|----------------|-----------|
| Total expenses | 2,261,533 |
|----------------|-----------|

| | |
|---------------------------------|------------|
| Excess of expenses over revenue | \$ 143,912 |
|---------------------------------|------------|

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
Statement of Changes in Fund Balances
for the year ended September 30, 1983

| | <u>Unrestricted fund balance</u> | <u>Real property fund</u> | <u>Total</u> |
|---|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Balance at September 30, 1981 | 292,457 | 315,000 | 607,457 |
| Excess of expenses over revenue | (285,380) | - | (285,380) |
| Transfer for acquisition of real property | (10,775) | 10,775 | - |
| Balance (deficiency) at September 30, 1982 | (3,698) | 325,775 | 322,077 |
| Excess of expenses over revenue | (143,912) | - | (143,912) |
| Balance (deficiency) at September 30, 1983 | <u><u>\$(147,610)</u></u> | <u><u>325,775</u></u> | <u><u>178,165</u></u> |

INTER-AGENCY COOPERATION

During 1983 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on both the national and international level. This contact enables the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

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

The very cordial and productive relationship which this Commission has enjoyed with the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the South Pacific Commission, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and other international bodies, continued during the year.

Also in 1983 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in other parts of Asia, Europe, Latin America, and various Pacific islands. For example, a Commission employee spent a month in Panama, where he reviewed the research being carried out by the Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) on anchovetas, thread herring, and shrimp and made recommendations for an expanded research program. Also, employees of the DGRM have been involved in the project to rear larval scombrids at Achotines, Panama.

FIELD OFFICES

In addition to its headquarters in La Jolla, California, the Commission maintains field offices in several important tuna industry centers.

An office with a permanent staff of two is maintained in Terminal Island, California. The staff members there are concerned primarily with the collection and compilation of catch and effort statistics and landing records and the measurement of tunas. They also recover tuna tags and collect such other biological, statistical, and general fishing information as is necessary.

The Commission has a similar office in Mayaguez, Puerto Rico, with two full-time employees who, in turn, employ seasonal assistance. These employees also regularly visit Ponce, the other principal tuna port in Puerto Rico.

One Commission technician is stationed in Ensenada, Baja California, Mexico's principal tuna port. He also visits other tuna ports in Mexico. He devotes most of his time to the measurement of tunas, but also collects other scientific data on the fishery.

Two staff members are stationed in Panama, where they collect logbook records of vessels which transfer their catches to freezer vessels in that country and of vessels which pass through the Panama Canal to unload in Atlantic ports or to fish in the Atlantic Ocean after having fished in the eastern Pacific Ocean. They also devote some of their time to the measurement of tunas in Panama, and travel to Puntarenas, Costa Rica, three or four times a year to collect tuna statistics there. The Commission's new field laboratory at Achotines Bay, just northwest of Cape Mala in western Panama, is under construction. This facility will be used to investigate the early life history of tunas.

The Commission has two staff members in Manta, Ecuador. Ecuador's sizeable tuna industry is centered there, and Salinas, Posorja, and Guayaquil, the other three principal ports, are fairly accessible to Manta. The Commission personnel in Ecuador concentrate their effort chiefly on the collection of catch statistical data, but also devote time to measuring tunas and the collection of other biological data. These staff members also collect tuna statistics in Colombia and Venezuela from time to time.

In Peru the Commission employs one full-time staff member who is stationed in Coishco. He collects catch statistical data and other biological and fishing information at Coishco, Salaverry, and Paita, the three principal tuna ports.

PUBLICATIONS AND REPORTS

The prompt and complete publication of research is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings by the Commission's scientific staff. The publication of basic data, methods of analysis, and the conclusions therefrom afford the opportunity for critical review by other researchers, insuring the soundness of the conclusions reached by the Commission's staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research.

The Commission publishes the research of its staff, and of cooperating scientists, in its Bulletin series. During 1983, one additional Bulletin was issued in this series in English and Spanish:

Punsly, Richard G. 1983. Estimation of the number of purse-seiner sets on tuna associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean during 1959-1980 (Volume 18, Number 3).

One additional Commission Data Report was published in 1983:

Kane, William P. 1983. Report on the electrophoretic and morphometric studies conducted at the Inter-American Tropical Tuna Commission from 1969 to 1978 (No. 7).

In addition to the above publications, 12 papers by staff members were published in other journals:

Bayliff, W.H. 1983. Analysis of population structure of fishes from life-history data. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 18(3): 776-791.

Bratten, David A. 1983. Reducing dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern tropical Pacific Ocean: a review of the tuna-dolphin fishery gear program of the Inter-American Tropical Tuna Commission. Rep. int. Whal. Commn, 33: 599-602.

Calaprice, J.R. 1983. X-ray vision--a new method of examining an old problem. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 18(3): 792-793.

Hammond, P.S. and J.L. Laake. 1983. Trends in estimates of abundance of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) involved in the purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean, 1977-81. Rep. int. Whal. Commn, 33: 565-588.

Hammond, P.S. and Kao-Tai Tsai. 1983. Dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern Pacific Ocean, 1979-81. Rep. int. Whal. Commn, 33: 589-597.

Hohn, Aleta A. and P.S. Hammond. 1983. Growth in the first year of the offshore spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the eastern tropical Pacific. Administrative Report, Southwest Fisheries Center, LJ-83-08: 33 pp.

Joseph, James. 1983. Management of tuna fisheries in the eastern Pacific Ocean. In: The Law of the Sea and Ocean Development Issues in the Pacific Basin. Edited by Edward L. Miles and Scott Allen. Proc. Law of the Sea Institute, Fifteenth Ann. Conf., Oct. 5-8, 1981, Honolulu: 145-157.

Joseph, James. 1983. International Tuna Management Revisited. In: Global Fisheries, Perspectives for the 1980s. Edited by B.J. Rothschild. Springer-Verlag, New York: 123-149.

Perrin, W., M. Scott, G. Walker, F. Ralston, and D. Au. 1983. Distribution of four dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern Pacific, with an annotated catalog of data sources. NMFS Tech. Memo. NOAA-TM-NMFS-SWFC 38.

Ratti, J.T., L.M. Smith, J.W. Hupp, and J.L. Laake. 1983. Line transect estimates of density and the winter mortality of gray partridge. Jour. Wild. Manag., 47(4): 1088-1096.

Rau, G.H., A.J. Mearns, D.R. Young, R.J. Olson, H.A. Schafer, and I.R. Kaplan. 1983. Animal $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ correlates with trophic level in pelagic food webs. Ecology, 64(5): 1314-1318.

Scott, Michael D. and Peter C. Wussow, 1983. Movements of a Hawaiian spotted dolphin. In: Proceedings: Fourth International Conference on Wildlife, Aug. 22-24, 1983, Halifax, Nova Scotia. Edited by D. Pincock: 353-364.

THE FISHERY IN 1983**RESUME**

During 1983 vessels of 12 nations (Bermuda, Canada, the Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Japan, Mexico, Panama, Peru, the U.S.A., and Venezuela) fished for tunas in the eastern Pacific Ocean. These vessels captured primarily yellowfin and skipjack, along with smaller quantities of other tunas. The three primary types of gear used to make the yellowfin and skipjack catches, in order of importance, were purse seine, pole and line, and longline.

Because of heavy exploitation the yellowfin fishery was under international management from 1966 through 1979, but it has not been demonstrated that there is a need to implement conservation measures for the other species of tunas taken in the eastern Pacific fishery. The area in which the yellowfin conservation program applied, referred to as the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), is shown in Figure 1.

At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; however, it did subsequently agree to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations, but this was not implemented. At its 38th, 39th, and 40th meetings, held in October 1980, 1981, and 1982, the IATTC staff recommended quotas of 160,000 short tons for 1981 and 1982 and 170,000 tons for 1983, with provisions to increase them at the discretion of the Director of Investigations. These quotas were approved at the meetings, but not implemented. At its 41st meeting, held in October 1983, the IATTC staff recommended a quota of 162,000 tons for 1984, again with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations. Again the quota was approved (see above resolution), but not implemented.

During 1965 through 1980 the aggregate capacity of the international fleet fishing for tunas in the eastern Pacific Ocean increased from 48,637 to 189,426 tons. Since then, due primarily to an exodus of vessels to the western Pacific, the capacity has decreased to 141,679 tons. During 1983 this fleet captured 90,391 tons of yellowfin and 56,023 tons of skipjack in the CYRA. In addition to the catch from the CYRA, purse-seine vessels fishing west of the CYRA and east of 150°W caught 13,495 tons of yellowfin and 8,644 tons of skipjack. Also nine vessels which had participated in the CYRA fishery in 1983 also fished in the Atlantic Ocean and/or Caribbean Sea and caught 9,126 tons of yellowfin and 7,188 tons of skipjack there. Finally, 37 vessels which fished in the eastern Pacific in 1983 also fished in the western Pacific in that year; these vessels caught 23,878 tons of yellowfin and 45,277 tons of skipjack in the western Pacific.

The catch of yellowfin from the CYRA in 1983 was the lowest since 1967. This low catch was partly the result of heavy fishing during 1977-1981, which

reduced the stock size, but more importantly the result of much reduced fishing effort in 1983. The reduced catches in 1982 and 1983 have increased the stock size, which should result in increased catches per unit of effort, and also in increased catches unless the effort is further reduced, in 1984. The catch of skipjack in the eastern Pacific Ocean was the lowest since 1973. The reduced fishing effort in 1983 was responsible for much of this reduction but, in addition, skipjack were apparently less abundant in the eastern Pacific than in previous years. The IATTC staff's assessments of the condition of the resources of yellowfin, skipjack, and northern bluefin in the eastern Pacific Ocean are discussed in detail in the section of this report entitled "Status of Tuna Stocks in 1983 and Outlook for 1984."

STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

Catches of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack, and miscellaneous species from the eastern Pacific Ocean, 1961-1983, are shown in part A of Table 1. This table includes only catches by surface gear, except that longline catches of yellowfin in the CYRA are included. The catch figures for yellowfin and skipjack in the CYRA prior to 1983 are essentially complete except for insignificant amounts taken by some individual sport and artisanal fisheries. Substantial amounts of bonito, albacore, and black skipjack are taken by sportsmen and/or by vessels which are not considered part of the eastern Pacific tuna fleet. For example, in 1983 the total catch of albacore taken by the U.S. surface fleet in the eastern Pacific was about 11,154 tons, of which the eastern Pacific tuna fleet (defined below) landed only 249 tons.

The eastern Pacific tuna fleet is defined here as those vessels which have fished in the CYRA all or part of the year for yellowfin, skipjack, or bluefin. Some of these vessels fish almost exclusively for these species whereas others, particularly the smaller vessels, may spend most of the year fishing for other species of tunas. For example, most of the jig (troll) vessels on the U.S. west coast normally fish for albacore, but may enter the tropical tuna fishery when albacore fishing is poor. Also some vessels which are outfitted primarily for fishing species other than tunas occasionally change their fishing gear temporarily to participate in the fishery for yellowfin, skipjack, or bluefin. For example, some small seiners which normally carry nets designed to fish for anchovies, sardines, or mackerel sometimes rig their vessels temporarily to fish for tunas. When these smaller vessels are fishing for albacore, bonito, black skipjack, or species other than tunas, their catches are included in the IATTC statistical system only if some part of their catch for the year consists of yellowfin, skipjack, or bluefin from the CYRA. During 1983, 9 seiners fished in both the CYRA and the Atlantic Ocean and/or Caribbean Sea; also 37 seiners fished in both the western Pacific and CYRA. The Commission's definition of an eastern Pacific tuna vessel remains as described above even though about 32% of the 1983 catch by the eastern Pacific tuna fleet was taken in fishing areas other than the eastern Pacific.

The catches of yellowfin, skipjack, and bigeye taken by the eastern Pacific tuna fleet in the western Pacific and in the Atlantic Ocean are shown in Table

1, part B. These figures, of course, represent only a small fraction of the total amount of these species taken in these two areas because other fleets fish there also.

The preliminary estimate of the yellowfin catch from the CYRA in 1983 of 90,391 tons is 28,708 tons below the 1982 CYRA catch and 73,671 tons below the average annual catch of the previous five years. The preliminary estimate of the skipjack catch from the CYRA is 56,023 tons, 49,727 tons below that recorded during 1982 and 79,892 tons below the average catch during the previous five years. The preliminary estimate of the combined yellowfin and skipjack catch from the CYRA in 1983 of 146,414 tons is 78,435 tons below the catch in 1982 and 153,563 tons below the average of the previous five years. The preliminary estimates of the yellowfin and skipjack catches from the area between the CYRA boundary and 150°W in 1983 are 13,495 tons and 8,644 tons respectively, a combined total of 22,139 tons, which is 718 tons below the 1982 catch and 5,788 tons below the average annual catch for the previous five years. The catch of 265,944 tons of all species from all ocean fishing areas during 1983 (Table 1, part B) was 22,185 tons below that of 1982 and 107,483 tons below the average for the previous five years.

During 1983 the combined yellowfin and skipjack catch in the Pacific Ocean east of 150°W amounted to 168,553 tons, 79,153 tons below the 1982 catch and 160,071 tons below the average catch during 1978-1982. The sharp reduction in catch is closely related to the reduction of effort in the same area. During 1983 it is estimated that the eastern Pacific purse-seine fleet spent about 26.0 thousand days at sea compared with 36.0 thousand days during 1982. The combined yellowfin and skipjack catch from the eastern Pacific during 1983 was about 49% below the average catch during 1978-1982. The reduction in effort (days absence) by purse-seine vessels during the same time period was about 44%. The reduction in catch and effort is discussed in detail in this report in the section entitled "Status of the Tuna Stocks in 1983."

The catches during 1983 of yellowfin, skipjack, and several other tunas from the CYRA and from the area immediately west of the CYRA by the eastern Pacific fleet are shown in Table 2, by the flag of vessels which captured the fish. Using the total catch of all species from the CYRA in 1982 as a base of comparison, and excluding changes of less than 500 tons, the following increases in catch are noted: Canada (+85%), Ecuador (+6%), Peru (+635%) and Venezuela (+63%). The following nations caught less: Bermuda (-79%), Cayman Islands (-55%), Mexico (-28%), and Panama (-76%). Vessels from El Salvador, Spain, and the USSR made catches in 1982, but none during 1983. The annual landings by country are also shown in Table 2. Landings are the amounts of 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 transhipped fish.

The geographical distribution of the 1983 logged yellowfin catches made by purse seiners in the eastern Pacific Ocean is shown in Figure 2. Compared with

1982, the yellowfin catch was lower in most of the fishing areas. The number of 1° areas which produced 500 or more tons of logged yellowfin in 1983 is about 29, compared with 32 during 1982 and 61 in 1981. The catches of yellowfin and the fishing effort were low in the central portion of the fishery but higher than usual south of about 10°S. In the area west of the CYRA but east of 150°W the catches of yellowfin were the lowest since 1968 and the catch locations were somewhat compressed compared to those of previous years. The catch from north of 20°N was low in most areas, particularly in the Gulf of California.

The geographical distribution of the logged skipjack catch in 1983 is shown in Figure 3. Like the yellowfin catch, the skipjack catch was lower in most areas compared with 1982. The skipjack catches were very low in the central region of the fishery, but fairly high in a narrow band north of about 12°N and west of about 112°W. The largest concentration of catches was near shore between about 9°N and 5°S.

THE TUNA FLEETS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN

The Commission maintains records of gear, flag, and tuna carrying capacity for most of the vessels which catch yellowfin, skipjack, or bluefin in the eastern Pacific Ocean. Records are not maintained for individual longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches.

Vessels are grouped by size class based on the carrying capacity of tunas as follows: 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, 401 or more tons. The landing records of each vessel are reviewed annually and the carrying capacities are revised when necessary. Owners' and builders' estimates of capacity are used for new vessels. Vessels which sink or leave the fishery after having fished in the eastern Pacific during the year are included in the fleet for that year. Vessels which change flag are listed under the new flag if a fishing trip is started under the new flag during the year.

The number of vessels and carrying capacity of the 1983 eastern Pacific tuna surface-gear fleet are shown in Table 3 by flag, gear, and size class. In terms of capacity the 1983 fleet was composed of 97.2% seiners, 2.4% baitboats, 0.2% bolicheras, and 0.2% jigboats. In terms of number of vessels, seiners made up 73.4%, baitboats 19.2%, bolicheras 4.4%, and jigboats 3.0% of the fleet.

During 1983 vessels of 11 nations or dependencies participated in the eastern Pacific surface-gear fishery. El Salvador, Spain, and the USSR had vessels in the fleet in 1982, but not in 1983. Peru, which did not have vessels in the fleet in 1982, except for some small craft for which the Commission does not keep records, had both seiners and bolicheras in the fleet in 1983. Of the countries which had vessels in the fishery in both 1982 and 1983, the fleets of Ecuador, Mexico and Venezuela gained in capacity, the fleet capacities of Canada (one vessel) and Panama did not change, and the fleets of Bermuda, the Cayman Islands, Costa Rica, and the

U.S.A. declined in capacity in 1983. The U.S. fleet had the greatest loss in capacity, about 25,563 tons with a net loss of 29 class-6 purse seiners. About one third of these left to fish in the western Pacific and most of the rest were inactive in 1983. The fleets of Mexico and Venezuela each had a net gain of two class-6 purse seiners, and each fleet gained about 2,500 tons of capacity.

The number of vessels and the carrying capacity of the international surface-gear fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1983 and the change in capacity from the previous year are shown below:

| Year | No. of vessels | Capacity | Change in capacity |
|------|----------------|----------|--------------------|
| 1965 | 279 | 48,637 | |
| 1966 | 248 | 46,255 | - 2,382 |
| 1967 | 244 | 46,488 | + 233 |
| 1968 | 265 | 58,125 | + 11,637 |
| 1969 | 264 | 63,656 | + 5,531 |
| 1970 | 285 | 73,822 | + 10,166 |
| 1971 | 358 | 95,569 | + 21,747 |
| 1972 | 379 | 120,942 | + 25,373 |
| 1973 | 358 | 139,568 | + 18,626 |
| 1974 | 335 | 152,556 | + 12,988 |
| 1975 | 335 | 169,420 | + 16,864 |
| 1976 | 397 | 184,864 | + 15,444 |
| 1977 | 365 | 183,298 | - 1,566 |
| 1978 | 367 | 186,791 | + 3,493 |
| 1979 | 329 | 186,887 | + 96 |
| 1980 | 321 | 189,426 | + 2,539 |
| 1981 | 290 | 186,886 | - 2,540 |
| 1982 | 262 | 170,579 | - 16,307 |
| 1983 | 271 | 141,679 | - 28,900 |

Due to the construction of new, large purse seiners, the fleet capacity increased substantially each year between 1968 and 1976, resulting in a gain of about 127,000 tons. Between 1976 and 1981 the fleet capacity remained fairly stable, with a net gain of about 2,000 tons. During this period the construction of new vessels continued, but the capacity added was balanced by loss due to vessels leaving the fishery. In 1982 fleet capacity declined by over 16,000 tons due to vessels leaving the fishery for other areas, primarily the western Pacific, and vessels becoming inactive. In 1983 this trend continued and the fleet capacity declined by about 29,000 tons. The fleet capacity in 1983, 141,679 tons, is the lowest it has been since 1973. Capacity is expected to decline in 1984 for the same reasons. However, most of the vessels which have left to fish in the western Pacific and many of the inactive vessels could re-enter the eastern Pacific fishery if conditions change.

During 1983 the number of Japanese-flag longliners operating in the CYRA ranged from 14 to 97 per month.

ABUNDANCE OF TUNAS AND SUCCESS OF FISHING***Annual trends in the catch per standard day's fishing***

The catch per standard day's fishing (CPSDF) is used by the Commission's staff as an index of relative apparent abundance of yellowfin and skipjack, as well as an index of relative fishing success. The CPSDF is estimated from logbook records which are collected from most of the vessels fishing for tunas in the eastern Pacific Ocean. The CPSDF is influenced by temporal and spatial changes in availability of the fish, as well as variability in the distribution of fishing effort. Some of these changes can be estimated and adjusted for; others are assumed to average out over the long term. Since the early 1960's the major share of the yellowfin and skipjack catch has been taken by purse seiners; therefore the CPSDF of these vessels is the principal index used to examine trends in relative apparent abundance.

Annual estimates of the CPSDF, in size class 6 units, during 1960-1983 are shown in Figure 4 for yellowfin in the CYRA (upper panel) and skipjack in the Pacific Ocean east of 150°W (lower panel). The values for 1983 are preliminary.

Yellowfin CPSDF

Until 1966 there was no restriction on yellowfin catch in the CYRA, and all logbook records which met certain criteria for species composition and accuracy were used to calculate the CPSDF. From 1966 to 1980, when regulations restricting yellowfin catch were in effect, only data from unregulated trips were used to calculate the CPSDF.

The annual CPSDF was at its highest point in 1960 at the time when purse seining first became the dominant method of fishing. The CPSDF declined sharply in 1961 and the decline continued in 1962, by which time the index had fallen to less than half of the 1960 value. The CPSDF increased in 1964, but then declined in 1965 to nearly the same level as in 1962-1963. In 1966 the CPSDF increased moderately, and then rose sharply in 1967 and 1968 as the fishery expanded offshore. It did not, however, regain the level of 1960. The CPSDF declined slightly in 1969 and 1970, and then this was followed by a sharp decline in 1971 when the index fell to the level of 1966. In 1972 the CPSDF increased again, returning to the level of 1970. After 1972, however, the CPSDF began to decline again and this decline continued, with only minor interruptions in 1976 and 1981, until 1982. The value of the CPSDF in 1982 was approximately one quarter of what it had been in 1972. The preliminary value of the CPSDF for 1983 is up slightly from that of 1982.

Skipjack CPSDF

The CPSDF for skipjack has not demonstrated any long-term trends. The index was highest for the 1960-1983 period in 1967, and the low point was in 1960 when most of the fishing effort was directed at yellowfin. Other high points were

1963, 1971, and 1978. Low points occurred in 1972 and 1973. The CPSDF was nearly constant between 1979 and 1982. The preliminary value for 1983 is down slightly from that of 1982.

Catch per ton of carrying capacity

The catch per ton of carrying capacity (CPTCC) serves as an index of trends in relative gross return for different sizes of vessels from year to year. The CPTCC for a group of vessels is the quotient of the total catch, for all fishing areas, divided by the total tons of carrying capacity for the group of vessels. The CPTCC is calculated each year for each species caught and for all species combined for all purse seiners of the international eastern Pacific tuna fleet which have 101 or more tons of carrying capacity and which have fished in the CYRA. For this purpose the vessels have been grouped into the following size classes: class-3, 101-200 tons; class-4, 201-300 tons; class-5, 301-400 tons; class-6, 401-600 tons; class-7, 601-800; class-8, 801-1000 tons, Class-9, 1001-1200 tons; Class-10, 1,201 tons and above.

The CPTCC for 1973-1983 is shown in Table 4 by vessel size class and for all size classes combined for yellowfin, skipjack, other species, and all species combined. "Other species" includes bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack, and small amounts of three or four other species. The other species catch makes up a fairly important part of the total catch of size classes 3, 4, and 5 in some years, but it does not contribute much to the catch of the larger vessels. The values for 1983 are preliminary.

There was a downward trend in the yellowfin CPTCC for all size classes combined, during 1973-1978. Since 1978 the index has been fairly constant. Over the 1973-1983 period the skipjack CPTCC, all size classes combined, was lowest in 1973 and 1977 and highest in 1978. From 1979 through 1983 the index has been nearly constant. In 1983 the yellowfin CPTCC was highest for size class 4 (1.55) and lowest for size class 6 (0.72). The value for all size classes combined was 1.04. Size class 4 also had the highest CPTCC for skipjack (1.82); size class 7 had the lowest value (0.39). The value for all size classes combined was 0.81.

Standardization of yellowfin catch rates

The Commission's staff has been exploring an alternative to catch per standardized days fishing as an index of yellowfin abundance. With the alternative index, fishing effort was defined as the elapsed time between successful sets, and a generalized linear model was used to estimate annual variation in catch rates independent of trends in vessel efficiency, environmental conditions, and modes of fishing. Previously the model included the vessel efficiency factors, capacity (0-499 tons, 500-999 tons, and 1000 tons and over), vessel speed, net length, net depth, and whether or not aerial assistance was available; the environmental variables, sea-surface temperature, sea-surface temperature squared and sea-surface temperature cubed; and the fishing modes, "dolphin" and "school and

log.” Recently it was found that by adding two additional factors, the effects of skipjack catch and latitude, more of the variation in yellowfin catch rate could be explained.

As in the previous model, each fishing trip in each 5° area-month was treated as an individual observation and fishing mode was determined in the following way: 5° area-months were classified as “dolphin strata” if two thirds or more of the catch of yellowfin and skipjack came from dolphin associated schools, or “school and log” strata if two thirds or more of the catch came from schools not associated with dolphins. Area-months where neither type of fishing predominated were not common enough to be useful in the model.

In the new model the fishing modes of vessels in school and log strata were further classified into one of two categories according to whether the vessel caught any skipjack in the 5° area-month. The three fishing modes in the new model are 1) “dolphin mode” for vessels which fished in dolphin strata, 2) “pure yellowfin school and log mode” for vessels which fished in school and log strata and caught no skipjack, and 3) “yellowfin and skipjack school and log mode” for vessels which fished in a school and log strata and caught skipjack.

The effects of latitude and the interactions of other factors with latitude also increased the amount of variation in catch rate which could be explained by the model. The three latitudinal divisions which improved the model the most were 1) north of 20°N, 2) between the equator and 20°N, and 3) south of the equator. The significant ($\alpha = .001$) interactions with latitude were fishing mode, quarter of the year, and sea-surface temperature, the last being the most important. Catch rate was found to increase with increasing sea-surface temperature north of 20°N and to decrease with increasing sea-surface temperature south of the equator, within the range of sea-surface temperatures observed in the respective areas. The relationship between catch rate and sea-surface temperature between the equator and 20°N was weaker.

When the effects of skipjack and latitude on yellowfin catch rates were added to the model, the following factors previously found to be significant became insignificant: sea-surface temperature squared, sea-surface temperature cubed, net length, and net depth. In addition, the magnitude of the effect of the interaction between years and fishing modes was small in comparison to the main effects; therefore, the interaction could be ignored and a single abundance index, encompassing all fishing modes in the CYRA, could be obtained. Factors having a significant ($\alpha = .001$) effect on the logarithm of yellowfin catch rates in the CYRA using data from 1970 to 1983 are shown in Table 5. The annual variation in catch rate relative to 1970 after adjusting for the effect of each of the significant factors is shown in Figure 5. Since all 1983 data have not yet been included in the model, the 1983 estimate is provisional.

Changes in the efficiency of purse-seiner effort on skipjack

The effects of vessel characteristics on the logarithm of the catch rate of yellowfin by purse seiners have been investigated (IATTC annual report for 1981).

The characteristics used were capacity, speed, age, the use of aircraft for spotting schools, and the dimensions of the net. The most effective was vessel speed; next was the use of aircraft; other effects were smaller or not significant. The effect of speed may be partially explained by the greater area searched per hour by the faster vessels. Other characteristics, not studied in these earlier investigations, may be related to speed and have contributed to its apparent effect. One possibility may be the skill of the captains and crews, where the better ones tend to be found on the newer and faster vessels. A similar analysis has not been made for skipjack, but it is likely that vessel speed is also important, so this assumption was made in an attempt to adjust for changes in efficiency in catching skipjack. Mean vessel speed was calculated for each year for all purse-seiners fishing in the eastern Pacific which caught one ton or more of yellowfin or skipjack. In recent years bluefin was also included. The values range from 9.3 kt in 1961 to 12.6 kt in 1977, and decrease slightly thereafter, possibly as a response to the escalating cost of fuel (Table 6 and Figure 6).

No adjustment was made for vessel speed, however, because it was later assumed that the effect of speed was already included in the efficiency factors obtained from the various size classes of purse seiners and used for standardizing effort to Class-3 days. Because speed is a function of vessel size, it was assumed that the speed of Class-3 purse seiners has not changed with time, so that the area searched per hour has remained the same for this size class.

Because there were too few Class-3 vessels after 1973 to obtain meaningful efficiency factors for individual years the efficiency factors for 1973 have been used since then to standardize effort of other classes to Class-3 days. Vessel speed, however, has increased since 1973, as shown in Figure 6, but only slightly (about 4% for 1977 and 1978) so that using the same efficiency factors for the larger size classes after 1973 may not have made the efficiency factors significantly lower in the later years than the actual efficiency factors for the individual years, if they could have been calculated.

The successful set ratio (SSR) is assumed to have increased with time for all size classes of purse seiners because of improvements in the nets and associated gear, and increased skills of the crews. The SSR probably also varies with vessel speed, and therefore with size class, as faster vessels can encircle the school in less time, reducing the chances of the fish escaping. The effect of speed, as mentioned earlier, has been included in the efficiency factors used in standardizing to Class-3 days, but the effect of improved gear and greater skill for all size classes has not. Therefore it was decided to adjust the standardized effort for changes in SSR.

The SSR for skipjack is the proportion of total sets of purse seines on skipjack that capture one half ton, or more, of skipjack. Sets are divided into three categories: non-porpoise sets (sets on school fish and floating objects); sets on porpoise; and sets of unknown type. Because sets on porpoise capture mainly yellowfin, and only rarely capture skipjack, these have been ignored in the present analysis. Unknown sets on skipjack therefore may be assumed to be non-porpoise

sets and have been combined with the known non-porpoise sets to obtain the SSR for skipjack given in Table 6 and shown in Figure 6.

The SSR for skipjack on non-porpoise schools tends to increase with time, but shows high variability from 1961 to 1973; from 1973 to 1981 the variability is less. The SSR's for the odd years tend to be relatively lower and those for the even years relatively higher. The SSR for yellowfin on non-porpoise schools tends to change in direction similarly, suggesting that these variations are caused by some environmental factor, possibly the depth and structure of the thermocline or oxycline. The four lowest SSR's for yellowfin relative to the trend line for yellowfin SSR's are in 1961, 1965, 1969, and 1972. During the last three of these years the sea-surface temperatures (SST's) in the eastern Pacific were also high compared to the other years. The most deviant SSR for skipjack was in 1972. A smooth line drawn through the 4-year running means of the SSR's for skipjack, excluding 1972 as an outlier, is assumed to represent the changes in efficiency of the purse seines in catching skipjack. The percentage deviation of skipjack SSR from the trend line is not significantly correlated with SST in the 22 skipjack areas ($r_s = -0.20$); and neither is the percentage deviation of yellowfin SSR from the trend line for yellowfin SSR ($r_s = -0.39$). The percentage deviation for SSR's for the two species are positively and significantly correlated ($r_s = 0.51$, $P < 0.05$).

Annual values of the SSR trend line for skipjack are given in Table 6. They range from 0.518 in 1961 to 0.714 in 1981. Adjustment factors (AF') are relative to the SSR for 1961, and range from 1.00 to 1.38. Adjustment factors for actual values of SSR on skipjack (AF''), rather than values of the trend line, are also given in the Table 6. The adjusted values of effort (f') make a considerable difference in the catch rates in the later years. For example, the catch rate of age 1+ (12-24 months of age) skipjack during the first three quarters of 1981, based on a growth rate of 24 cm/yr, decreases from an unadjusted value of 1,640 fish per day to an adjusted value of 1,190 fish per day.

The use of aircraft has not been included in the present analysis because the data in their present form are not regarded as reliable. It is known when vessels first put helicopters on board, but in many cases it is not known when they were actually used, or if they were later removed. An adjustment should be made for the use of helicopters since they can greatly increase a vessel's effective searching area. Between 1961 and 1973 only 6 purse seiners had helicopters put on board; in the 1974-1977 period 16 vessels had them put on board; and in the 1978-1980 period 55 vessels had them put on board. A method may later be devised to adjust fishing effort with the use of helicopters after the data have been recompiled.

Rates of attrition of skipjack cohorts

Exploited fish populations become exponentially reduced by fishing mortality and natural mortality; some populations may be reduced by emigration as well, as is presumed to be the case for skipjack in the eastern Pacific. The instantaneous

rate of total attrition, Z , on an annual basis, comprises three instantaneous rates of attrition as follows:

$$Z = F + M + E$$

where F , M , and E are the coefficients of fishing mortality, natural mortality, and emigration, respectively. For tagged fish Z''' includes G , the coefficient of mortality due to carrying the tags, and L , the coefficient of loss due to shedding of the tags. Combined, these two coefficients are referred to as Q , such that:

$$Z''' = F + M + E + Q$$

From 26 estimates of Z''' from tagging experiments with skipjack in the eastern Pacific, mean values of Z''' for each of four areas of skipjack tagging and recapture were weighted by the proportion of the total logged catch for the entire fishery from each area for the years during which tagged fish were recaptured to obtain a mean value representative of the skipjack fishery of the eastern Pacific in its entirety. The mean value obtained was $Z''' = 6.86$, which appears to be very high. Q is assumed to be 0.4 for skipjack of the eastern Pacific, so that $Z''' - Q = Z = 6.46$. Using the same method of weighting by catch for estimates of Z made by the South Pacific Commission for skipjack tagged in the central and western Pacific results in a mean $Z = 3.90$ for these areas. The unweighted mean of two Japanese tagging experiments with skipjack in the Atlantic off Africa resulted in $Z = 3.52$.

It may be expected that Z should be greater for the eastern Pacific skipjack since very little spawning occurs in the fishing areas, and fish departing for the spawning areas would cause E to be greater. Since spawning occurs throughout the central and western Pacific where sea-surface temperature (SST) exceeds 24°C, the fish in these areas probably do not leave the areas to spawn (with the exception of the New Zealand fishery where temperatures are too low for spawning) and E should be smaller, causing Z to be smaller. Similarly, spawning occurs throughout the skipjack fishing area of the eastern Atlantic, and E and Z should also be smaller there than in the eastern Pacific.

Because of the small number of skipjack returned in most of the tagging experiments in the eastern Pacific and the great variation in the values of Z obtained, estimates of Z were also calculated from quarterly catch rates (number of skipjack caught per day's fishing by purse seiners) of a cohort as the catch rates diminish with time. The ages of the fish were estimated from length-frequency distributions and three presumed rates of linear growth. The results, on an annual basis, are as follows:

| | | Growth rate (cm/yr) | | |
|-----|--------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | | 17 | 24 | 32 |
| Z | Range | 0.80-4.44 | 1.71-5.24 | 1.92-5.88 |
| Z | Mean | 2.62 | 3.35 | 3.98 |
| Z | Standard deviation | 0.91 | 1.02 | 1.27 |
| Z | Coefficient of variation | 0.347 | 0.304 | 0.319 |
| A | Mean rate of attrition | 93% | 96% | 98% |

The mean values of Z are lower than $Z = 6.46$ obtained from the tagging data. The coefficients of variation (C) are lower than $C = 0.488$ for the tagging data, meaning that the variation of the estimates of Z is lower for the catch-rate data. The rate of attrition (A) is the percentage of fish that collectively are caught, die from other causes, and emigrate, in a year. For the tagging data, $A = 99.8\%$. These high values of Z and A suggest that F or M or E , or some combination of these may be very large.

Although the mean value $Z = 6.46$ from the tagging data appears to be high when compared to those from the catch-rate data, the results from the tagging data are regarded as more reliable because fewer assumptions have been made than for the catch rate data.

Two methods of estimating M were applied to skipjack in the eastern Pacific. The first is based on SST and the parameters of the von Bertalanffy growth function, K and L_∞ , which yields a value of $M = 1.30$, using $K = 0.92$ and $L_\infty = 82.3$ cm. The second is a function of K only, and yields a value of $M = 1.73$. The second method is favored over the first because it is based on data from three species of tunas, whereas the first method is based on all species of fish with available data. These estimates of M for skipjack are regarded as questionable because they are based on other species of fish, and skipjack has been shown to be physiologically exceptional, even when compared to other tunas.

Thus far, it has not been possible to obtain reliable estimates of F or E , and estimates of M being questionable, it can only be concluded that these attempts to quantify the components of Z for skipjack of the eastern Pacific have fallen short of expectation, and the prospects for the future solution of this problem with the data presently available are not encouraging.

POPULATION STRUCTURE AND MIGRATIONS

Tagging

A study of the migrations of tagged yellowfin and skipjack released off Central America and Colombia and in the vicinity of the Galapagos Islands and Clipperton Island has been pursued intermittently, as circumstances have permitted, for the past several years. The first draft of a manuscript describing these analyses was completed during 1983. Three methods, the map method, the Jones method, and the portion-in-area method are discussed in the manuscript. These methods were introduced in IATTC Bulletin, Vol. 15, No. 1, Vol. 16, No. 1, and Vol. 17, No. 6, respectively. (The last was called the "parallel-area" method in Vol. 17, No. 6, but since the areas of study do not have to be parallel and are not parallel in the latest study the name has been changed to the more general "portion-in-area" method.)

The results obtained by the portion-in-area method for the yellowfin released in the Gulf of Panama in April 1961 are summarized here. Six areas, which include

nearly all the locations of recapture of tagged fish, have been designated (Figure 7). The few recaptures made outside of these areas were ignored for the current analysis. The number of returns in each area-month stratum was adjusted according to the amount of fishing effort in that stratum by

$$p_{ijk} = \frac{r_{ijk} / f_{jk}}{\sum_{j=1}^6 r_{ijk} / f_{jk}}$$

where

p_{ijk} = portion of fish released in area i occurring in area j during month k ,

r_{ijk} = number of returns of fish released in area i and recaptured in area j during month k , and

f_{jk} = effort in area j during month k .

The values of p_{ijk} are shown in Figure 8. The returns from fish at liberty more than 6 months were unusually high, which makes the results of this cruise especially valuable. The fish were concentrated in the area of release during April-June 1961 and again during January-May 1962. They appeared to the west of the Gulf of Panama (Areas F2 and F3) mostly during the period when their abundance in the Gulf of Panama was least. They were caught off Ecuador and Peru (Area F10) mostly during September-November 1961 and March-May 1962. These results suggest the possibility that the fish which migrated to the west tended to return to the area of release during the early months of the following year, whereas those which migrated to the south did not return.

A description of a study of the growth of yellowfin in the eastern Pacific Ocean and data on the growth rate of this species in Area 1 (north of 20°N) were given on pages 31-32 of the annual report of the IATTC for 1982. The growth rates for the other areas, Area 2 (Revillagigedo Islands), Area 3 (offshore), Area 4 (off southern Mexico), Area 5 (off Central America), and Area 6 (south of 0°) were estimated during 1983.* The results, for the area-time at liberty-length at release groups with at least 10 fish, are as follows:

* Data from Cruises 1093 and 1096 are included in this analysis and the one on the growth of skipjack which follows. The Departamento de Pesca of Mexico issued license 242-654 and an extension, 242-754, for Cruise 1093 and license 240-210 and an amendment, 242-0069, for Cruise 1096.

TUNA COMMISSION

| Area | Days free | Length at release | Number of fish | Rate (mm per day) | Average days free | Variance |
|------|-----------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------|
| 2 | 61-180 | 425-524 | 14 | 1.0725 | 134.9 | 0.150 |
| | | 525-624 | 34 | 1.1366 | 121.2 | 0.186 |
| | | 625-724 | 65 | 1.0446 | 119.6 | 0.168 |
| | | 725-824 | 54 | 0.9847 | 99.1 | 0.150 |
| | | 825-924 | 36 | 0.9978 | 119.2 | 0.162 |
| | | 925-1024 | 15 | 1.1037 | 143.5 | 0.224 |
| | 181-365 | 625-724 | 18 | 1.2931 | 300.2 | 0.043 |
| | | 925-1024 | 23 | 1.3601 | 203.7 | 0.084 |
| 3 | 61-180 | 525-624 | 12 | 1.1644 | 128.0 | 0.203 |
| | | 625-724 | 26 | 1.1810 | 94.5 | 0.308 |
| | | 725-824 | 34 | 0.9795 | 99.6 | 0.468 |
| | | 825-924 | 29 | 0.6963 | 96.9 | 0.238 |
| | 181-365 | 525-624 | 78 | 0.8255 | 291.8 | 0.049 |
| | | 625-724 | 90 | 0.7272 | 294.7 | 0.037 |
| | >365 | 525-624 | 11 | 1.0984 | 457.9 | 0.055 |
| 4 | 61-180 | 525-624 | 13 | 1.0781 | 118.5 | 0.247 |
| | | 625-724 | 26 | 1.1833 | 107.0 | 0.274 |
| | | 725-824 | 96 | 0.8083 | 111.5 | 0.188 |
| | | 825-924 | 44 | 0.5211 | 106.0 | 0.240 |
| | | 925-1024 | 10 | 0.6530 | 124.8 | 0.219 |
| | 181-365 | 725-824 | 22 | 1.1810 | 231.6 | 0.068 |
| 5 | 61-180 | 275-324 | 23 | 0.7915 | 124.3 | 0.043 |
| | | 325-374 | 23 | 0.5885 | 110.0 | 0.054 |
| | | 375-424 | 12 | 0.6079 | 114.6 | 0.066 |
| | | 425-474 | 13 | 0.8098 | 112.2 | 0.225 |
| | | 475-524 | 85 | 0.8672 | 141.3 | 0.072 |
| | | 525-574 | 57 | 0.6345 | 136.2 | 0.137 |
| | | 575-624 | 55 | 0.5940 | 133.9 | 0.207 |
| | | 625-674 | 13 | 0.0115 | 142.7 | 0.327 |
| | 181-365 | 475-524 | 95 | 0.8919 | 249.3 | 0.065 |
| | | 525-574 | 44 | 0.7504 | 279.0 | 0.079 |
| | | 575-624 | 45 | 0.6164 | 279.2 | 0.059 |
| 6 | 181-365 | 425-524 | 12 | 0.3632 | 208.8 | 0.268 |

The average growth rate is a little less than 1 mm per day for fish between about 25 and 100 cm in length at release. The growth rate does not show a decrease with increasing size or increasing time at liberty, so realistic estimates of the parameters of the von Bertalanffy growth equation could not be calculated. The growth appears to be most rapid in Areas 2 and 3 and slowest in Areas 1, 5, and 6.

The variances of the linear growth rates are listed above. The data for Cruise

1096 provide a unique opportunity for further examination of this variance. There are data for 160 fish which were released at Clipperton Island and recaptured at the same location 277 to 302 days later. It is likely that most of these fish were in the vicinity of Clipperton Island most or all of the period when they were at liberty, and hence the differences in growth among the individual fish are more likely to be due to differences in the fish themselves (genetic characteristics, infestation of parasites, etc.) than to differences in environment. Since the fish were at liberty for such a long period the effects of the errors or biases, if any, which existed in the measurements are minimized. The data on the growth of these fish are as follows:

| Length at release (mm) | Number of fish | Growth rate (mm per day) | | | | |
|------------------------|----------------|--------------------------|----------|------------------------------|---------|---------|
| | | Mean | Variance | 95-percent confidence limits | Minimum | Maximum |
| 525-624 | 65 | 0.7619 | 0.030 | 0.4168-1.1070 | 0.4175 | 1.1628 |
| 625-724 | 90 | 0.7268 | 0.047 | 0.2944-1.1592 | 0.1347 | 1.3555 |
| 725-824 | 5 | 0.9079 | 0.112 | | 0.4314 | 1.0141 |

This information should be of value to persons who are attempting to determine the growth of yellowfin from analysis of hard part or length-frequency data and to persons engaged in modeling studies of this species.

It would be useful to know whether carrying one or more tags affects the growth of yellowfin. It is relatively simple to compare the growth rates of single- and double-tagged fish; if these are not significantly different it seems unlikely that the growth rates of tagged and untagged fish would differ. During the period of October 25-November 4, 1969 (Cruise 1055) yellowfin were alternately single and double tagged to determine if there was a difference in the rates of return of single- and double-tagged fish. The results indicated that the return rates were higher for double-tagged fish, so since then nearly all yellowfin which have been tagged have been tagged with two tags, except for fish less than about 40 cm in length. Therefore the only data suitable for comparison of the growth rates of single- and double-tagged fish are those of Cruise 1055 tagged during the October 25-November 4 period. These data were assigned to time at liberty-length at release groups similar to those in the table above. Only two groups, 61-180 days-725-824 mm and 61-180 days-825-924 mm, contained sufficient numbers of fish for statistical comparisons. The data are as follows:

| Tag type | Length at release (cm) | Number of fish | Growth rate (mm per day) |
|----------|------------------------|----------------|--------------------------|
| single | 73-82 | 23 | 0.7939 |
| double | 73-82 | 63 | 0.7931 |
| single | 83-92 | 10 | 0.6187 |
| double | 83-92 | 38 | 0.5143 |

The data in lines 1 and 2 and in lines 3 and 4 were compared by *t* tests to determine if the growth rates differed. The *t* values were 0.018 with 84 degrees of freedom and 1.098 with 46 degrees of freedom, respectively. Neither of these is significant at the 5-percent level, so the hypothesis that the growth rates are the same for single- and double-tagged fish is not rejected.

Studies on the growth of yellowfin in the eastern Pacific based on length-frequency data (IATTC Bulletin, Vol. 8, No. 4) and in the eastern Atlantic based on tagging and length-frequency data (ICCAT, Coll. Vol. Sci. Pap., Vol. 9, No. 1, pages 152-168) indicate that the growth is slower for smaller than for larger fish within the range of about 25 to 100 cm, while a study on the growth of yellowfin in the central Pacific based on hard part data (U.S. NMFS, Fish. Bull., Vol. 79, No. 1, pages 151-162) produces the opposite results. As previously noted, the results of the present study indicate that the growth rate in the eastern Pacific is constant, or nearly so, within the 25- to 100-cm range. It is believed that estimates of growth based on tagging data are more objective than those based on length-frequency or hard part data, provided that the tags do not inhibit the growth of the fish. The growth rates of single- and double-tagged fish are about the same (see above), so it is likely that the tags cause little, if any, inhibition of the growth.

Data on the growth of tagged skipjack are given in the annual report of the IATTC for 1982. Estimates of the parameters of the von Bertalanffy growth equation were calculated from these data during 1983. First the data were linearized to $y = a + bx$

where

$$\begin{aligned}
 y &= \Delta l / \Delta t, \\
 x &= l_1 + \Delta l (K\Delta t + e^{-K\Delta t} - 1) / [K\Delta t (1 - e^{-K\Delta t})], \\
 \Delta l &= \text{growth increment in millimeters,} \\
 \Delta t &= \text{time increment in years,} \\
 l_1 &= \text{length at release in millimeters, and} \\
 K &= \text{parameter of the von Bertalanffy growth equation.}
 \end{aligned}$$

A value of 0.8 was used for *K*, based upon the results from preliminary analyses. (It is not necessary for this procedure that the value of *K* be accurate, as a wide range of values of *K* would give nearly the same results.) Next a linear regression program was used to determine which values of *y* were outside the 99- and 95-percent confidence limits of their expected values, and these were designated as outliers. The values corresponding to the outliers were then eliminated from the unlinearized data and the parameters of the von Bertalanffy growth equation were estimated. For the IATTC cruises prior to 1968 the fish were measured at release to the nearest 5 centimeters, whereas beginning in 1968 they were measured to the nearest 1 centimeter. Accordingly, the data for the former group of cruises were experimentally excluded to see if different, and presumably more reliable, results would be obtained. The results, excluding the data for fish for

which the y values were outside the 95-percent confidence limits of their expected values, were as follows:

| Area | Data included | Number of fish | K (annual) | Var (K) | l_{∞} (cm) | Var (l_{∞}) | Var (y) |
|---------------|---------------|----------------|------------|---------|-------------------|----------------------|-------------|
| west of 100°W | all | 456 | 0.61 | 0.005 | 907 | 1,424 | 31,755 |
| | selected | 293 | 0.53 | 0.006 | 953 | 2,915 | 31,684 |
| east of 100°W | all | 244 | 1.77 | 0.050 | 679 | 288 | 19,966 |
| | selected | 184 | 1.48 | 0.070 | 717 | 1,045 | 20,221 |
| total | all | 699 | 0.77 | 0.005 | 841 | 624 | 27,656 |
| | selected | 477 | 0.68 | 0.005 | 890 | 1,236 | 28,224 |

It can be seen that the estimates of K and l_{∞} for the two sets of data are similar and that the variances of l_{∞} are higher for the selected data.

In addition, following a method first used in IATTC Bulletin, Vol. 13, No. 1, fish of similar lengths at release and times at liberty were grouped to give greater weight to the smallest and largest fish and to those at liberty longer periods of time. The results, excluding the data for fish for which the y values were outside the 95-percent confidence limits of their expected values, were as follows:

| Area | Data included | Number of groups | K (annual) | Var (K) | l_{∞} (cm) | Var (l_{∞}) | Var (y) |
|---------------|---------------|------------------|------------|---------|-------------------|----------------------|-------------|
| west of 100°W | all | 94 | 0.79 | 0.019 | 858 | 1,833 | 16,718 |
| | selected | 80 | 0.71 | 0.017 | 885 | 2,606 | 13,924 |
| east of 100°W | all | 69 | 1.66 | 0.074 | 689 | 487 | 13,202 |
| | selected | 58 | 1.35 | 0.102 | 724 | 1,928 | 12,679 |
| total | all | 115 | 0.85 | 0.017 | 837 | 1,271 | 14,352 |
| | selected | 100 | 0.79 | 0.014 | 860 | 1,549 | 12,188 |

These results do not differ greatly from those obtained for the ungrouped data.

Preliminary sensitivity analyses have been carried out, fixing K and calculating the sums of squares of the deviations from the expected values for different values of l_{∞} , and fixing l_{∞} and calculating the sums of squares of the deviations from the expected values for different values of K . The sums of squares are almost the same for wide ranges of values of these parameters, indicating that the estimates are poorly determined by the sums of squares. This is caused by the shortages of smaller and larger fish released and of returns of fish at liberty longer periods of time, coupled with the considerable variability in the growth rates of individual fish. The results for the fish released east of 100°W are particularly suspect, due to the lack of data for any fish at liberty more than 1 year.

Surface-dwelling tunas usually occur in schools. Observers on fishing vessels and aircraft have reported that the schools frequently break up and reform. These observations might lead to the conclusion that there is considerable mixing of fish

of different schools and that fish of the same species and same approximate size in the same areas would mix thoroughly with one another within a period of a few days or weeks. It is possible, however, that the fish may have characteristics other than species or size which attract them to fish with similar characteristics, so that fish which are schooled together at some time are more likely to be schooled together than with other fish at some later time. If the affinity of similar fish to one another is sufficiently strong the fish might even remain together most of the time from hatching to spawning. If so, this could have important implications regarding management.

Some fish tagged and released at the same location and time have been recaptured weeks or months later in the same purse-seine set or baitboat stop, and others have been recaptured weeks or months later on the same date in widely separated areas. The former results might be due merely to chance. The latter results indicate that not all the fish remain together at all times, but this information is of limited value. A much more powerful method of analysis is needed. Some exploratory studies of this nature were undertaken during 1983, and these are described below.

If a population of fish consists of 10,000,000 individuals, and 1,000 of them are tagged, 1 fish out every 10,000 will be tagged one. If the fish mix rapidly sets made a few days after tagging consisting of 10,000 fish will almost always have 0, 1, 2, or 3 tagged individuals, with an average of 1. If they mix slowly most of the 10,000-fish sets made a few days after tagging will have 0 tagged individuals and a few of them will have perhaps 10 to 100 tagged individuals. Later there will be more sets with 1, 2, or 3 tagged individuals and less with 0 or large numbers of tagged individuals. An attempt has been made to study this quantitatively. The data selected for study are stratified so that the probabilities of tagged fish being recaptured by each purse-seine set or baitboat stop (henceforth referred to collectively as "sets") of equal size within these strata would be about equal if the tagged fish are randomly distributed in the population. The area strata are selected by examining maps of the distributions of the areas of recapture of the tagged fish. Months are used for stratification by time. A computer program was written to calculate the probabilities of recapture of 0, 1, 2, ... tagged fish in each set. The input for the pertinent area-time stratum consists of the average weight (estimated from sampling the catches), the total number of tagged fish recaptured, and the tons of the species in question caught in each set. The program estimates the number of fish caught in each set from the weight of fish caught and the average weight of the fish. It then sums the estimates of the numbers of fish caught in each set and divides the number of tagged fish recaptured by the sum of the numbers of fish caught to calculate the tagged to total ratio. This ratio is then used with equations for the binomial distribution to estimate the probabilities of 0, 1, 2, ... tagged fish appearing in each set if the fish are randomly mixed. The sums of the probabilities for all the sets for 0, 1, 2, ... tagged fish are then calculated so that these can be compared to the observed data.

Data for skipjack released off Central America in April 1979 are shown in Table 7. Only the fish released during the four stops which produced the most returns were considered because fairly large amounts of data are needed. The area-time strata for the purse-seine sets were between 0° and 5°N and east of 82°W for May, June, July, and August 1979 because most of the recaptures were made in this area during those months. The sets containing mixed yellowfin and skipjack for which estimates of the weights of skipjack were not available were assumed to contain half skipjack by weight. This assumption was made to render as much as possible of the tag return data usable, as it will become apparent below that shortage of tag return data is a principal weakness of the analysis. The average weights, obtained from samples taken from IATTC sampling area 6 (annual report of the IATTC, 1981: Figure 30) were as follows: May, 6.84 pounds; June 6.59 pounds; July 6.85 pounds; August, 6.62 pounds.

There were 13 or more returns for 7 of the date of release-month of recapture strata, making them at least marginally suitable for statistical comparisons. Chi-square tests were used to compare the observed and expected distributions of return for these strata. The results of these tests were as follows:

| Date of release | Month of recapture | Chi-square value | Degrees of freedom | Probability |
|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------|
| April 14 | June | 13.358 | 2 | <0.01 |
| | July | 0.040 | 1 | >0.05 |
| April 16 | June | 8.066 | 2 | <0.05 |
| April 18 | May | 0.367 | 1 | >0.05 |
| | June | 0.017 | 1 | >0.05 |
| April 27 | May | 9.031 | 1 | <0.01 |
| | June | 0.082 | 1 | >0.05 |

Thus in three of seven cases the distributions were significantly different from what would be expected if the tagged fish were randomly mixed with the rest of the population.

Similar studies were made for fish released off Baja California in June 1973, June 1976, and October 1976. These data are summarized in Table 8. In this table, however, the expected and observed numbers of tagged fish for the different release dates are summed so that larger amounts of data are available for the statistical tests. The data in Table 7 are also presented in Table 8 in this manner. The results of chi-square tests comparing the expected and observed values were as follows:

| Cruise | Month of recapture | Chi-square value | Degrees of freedom | Probability |
|--------|--------------------|------------------|--------------------|-------------|
| 1070 | July | 0.000 | 1 | >0.05 |
| | August | 0.010 | 1 | >0.05 |
| | September | 0.351 | 1 | >0.05 |
| | October | 0.017 | 1 | >0.05 |
| | November | 0.049 | 1 | >0.05 |
| 1079 | July | 138.096 | 3 | <0.01 |
| | August | 0.173 | 1 | >0.05 |
| | September | 31.707 | 2 | <0.01 |
| | October | 1.286 | 1 | >0.05 |
| 1082 | November | 113.946 | 3 | <0.01 |
| 1084 | May | 4.260 | 1 | <0.05 |
| | June | 17.554 | 2 | <0.01 |
| | July | 0.032 | 1 | >0.05 |
| | August | 0.039 | 1 | >0.05 |

In every case the chi-square values were not significant at the 5-percent level by the fourth month after release, indicating that the tagged fish had probably mixed randomly with the untagged ones within the areas of consideration within that period.

Returns from 14 tagged bluefin which were released off Japan during the 1980-1982 period and recaptured during 1983 have been received. A summary of all the returns received to date is given in Table 9. The data for the three fish released in 1980 and recaptured in 1983 are as follows:

| Release | | | Recapture | | | Days free | Distance (nm) |
|---------------|------------------|-------|---------------|------------------|--------------------|-----------|---------------|
| Date | Area | Size | Date | Area | Size | | |
| Jan. 25, 1980 | 31°20'N-129°55'E | 51 cm | Jun. 5, 1983 | 37°N-148°E | 153 cm | 1,228 | 958 |
| Mar. 8, 1980 | 31°20'N-129°55'E | 55 cm | Jun. 8, 1983 | 38°04'N-150°15'E | 49 kg (ca. 134 cm) | 1,188 | 1,078 |
| Mar. 22, 1980 | 31°35'N-129°40'E | 50 cm | Jun. 23, 1983 | 38°N-149°E | 66 kg (ca. 148 cm) | 1,189 | 1,025 |

The lengths at recapture for the second and third fish were estimated from their weights, using the length-weight relationship for fish greater than 80 cm in length given on page 39 of the annual report of the IATTC for 1980. These data should be useful for growth studies which are planned for the near future.

Studies of migration rates using trace element chemistry

In 1979 the IATTC and the U. S. National Marine Fisheries Service (NMFS) entered into a joint program to explore the feasibility of utilizing differences in

chemical trace elements to detect the origin of bluefin tuna caught in the north Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea. The purpose of this investigation is to determine if pelagic marine organisms acquire a form of chemical fingerprint in their hard parts (vertebrae, spines, etc.) which is indicative of specific properties of their habitat. If so, these natural "tags" can be used to determine the rates of exchange, if any, of juvenile (school fish) and adult (giant) bluefin which occur in the eastern and western Atlantic Ocean.

This program has been carried out in two phases. The objective of the first phase was to assemble electronic equipment and to carry out the necessary preliminary studies to evaluate the hypothesis that bluefin from different nursery areas can be distinguished by differences in the chemistry of their hard parts. Various methods of carrying out these analyses were reviewed, and an innovative system of conducting trace element chemical analyses was designed and constructed specifically for the proposed tasks. Also, during this first phase of the program, tests were carried out to determine the sensitivity and reliability of the equipment, and a pilot study was carried out with bluefin vertebrae. Caudal vertebrae from two groups of juvenile bluefin, one from the Bay of Biscay and the other from the western Atlantic, were irradiated and the patterns analyzed. It was found that there was variation between areas, among fish from the same area, and among different parts of the same vertebra. The differences between areas were more pronounced than those among fish within the same area, however, indicating the potential value of such analyses for determining the origin of juvenile bluefin.

These results were judged promising, so a second phase of the program was started in 1981. The objective of this second phase has been to assemble representative samples of the hard parts of juvenile and adult bluefin from the western Atlantic, eastern Atlantic, and Mediterranean, and carry out an evaluation of the rate of interchange of fish among the various areas.

The costs of the first phase of the program were shared by the IATTC and the NMFS, while those of the second phase have been funded almost entirely by the NMFS. Many of the indirect costs of research and development, such as the maintenance of the accelerators used in this study and the hiring of support staff, have been provided by National Science Foundation grants to Princeton University and the California Institute of Technology.

Rate of mixing of juvenile bluefin

Each X-ray spectrum is made up of a string of 2,048 variables, many of which are correlated with one another. Factor transformations were carried out on the raw data for the samples of juveniles gathered from the three areas mentioned above, resulting in a new set of 79 uncorrelated variables. Discriminant function analysis, another form of multivariate analysis, was then carried out on the factor scores obtained from the data on individual fish from the three areas. The results of this analysis show that these groups of fish can be distinguished by the trace element patterns in their vertebrae. The probability that these data arrays could have originated from the same statistical population is less than one in a thousand.

Twelve of the original 79 variables were used in deriving the discriminant functions. These functions were then used to assign the set of scores of each fish to one of the three areas. The results demonstrated that all of the 88 juvenile fish examined from the eastern Atlantic had X-ray patterns which were similar to one another. A majority of the 95 juvenile fish from the western Atlantic had X-ray patterns which were similar to one another, but approximately 3 percent had patterns similar to those of the eastern Atlantic. Thus it appears that there is some mixing of juveniles across the Atlantic.

The samples of fish from the eastern Atlantic and western Mediterranean were also different, even though these are thought to have originated in the same nursery area in the Mediterranean. The differences between the eastern Atlantic and Mediterranean were less pronounced than those between the eastern and western Atlantic (Figure 9). Either the eastern Atlantic and Mediterranean groups are genetically different, or they occupy different habitats during their first year of life, or both of the above. The analysis suggests that some mixing, about 7 to 8 percent, occurs between these groups (total of 124 fish). The samples of fish from the eastern Atlantic and Mediterranean are believed to differ in another respect. The juveniles used in the above analyses are thought to be between 2 and 5 years of age. A prevalent hypothesis is that fish caught in the Bay of Biscay are those which migrated out of the Mediterranean sometime before their second year of life, whereas the fish caught in the Mediterranean are those which had remained there since hatching.

Rate of mixing of adult bluefin

Vertebrae obtained from two groups of adult bluefin taken from the western Atlantic (samples from two different years) and two from the eastern Atlantic (one from the Mediterranean and one from the Strait of Gibraltar) were irradiated in the same manner as those of the juveniles. The region of the vertebrae formed during the first year was irradiated at three different locations. The resulting data were analyzed, using both univariate and multivariate statistics. The preparation and irradiation of the relatively large numbers of adults in each of the four groups, and the assembly of the data in a format which could be readily analyzed, was a major effort during the year. As the terms of the agreement between the IATTC and the NMFS required that estimates of mixing be made in time for the ICCAT meeting in November 1983, a number of preliminary analyses were carried out and a detailed summary report prepared in the latter part of October. Analyses of variance and other descriptive univariate statistical techniques were employed to examine the data for transcription errors. As with the juveniles, factor analysis was used to transform the data. Discriminant analyses and cluster analyses were used to determine if the vertebrae of fish from the groups studied were statistically different, and to estimate the rates of mixing. The preliminary results indicate that the samples of adults from the eastern and western Atlantic are statistically different. The probability of observing differences as great as those observed, by chance alone, is less than one in a thousand. The X-ray patterns of adults from the western Atlantic are, for the most part, similar to those of juveniles from the

western Atlantic, and the same holds true for the eastern Atlantic. As was the case with juveniles, however, a number of individuals from each side displayed X-ray patterns similar to those of individuals from the other side, indicating that some mixing has occurred. As these X-ray patterns were obtained from portions of vertebrae laid down during the first year of growth, most likely the first 6 months, it seems reasonable to conclude that eastern and western bluefin occupy different niches and/or habitats as juveniles and for the most part do not intermix. The data further suggest, however, that a portion of the fish undergo trans-Atlantic migrations.

Preliminary estimates of the rate of mixing of adults were made in September 1983 for report to the NMFS. These results were based upon the analysis of only a portion of the data because the schedule did not allow time for complete analyses. Additional analyses were subsequently carried out during the fourth quarter and others will be undertaken during 1984. The estimates made to date suggest that between 12 and 17 percent of the 95 adult bluefin captured in the eastern Atlantic originated in the western Atlantic and between 20 and 26 percent of the 101 adult bluefin captured in the western Atlantic originated in the eastern Atlantic or Mediterranean. The most recent analyses indicate that these estimates may, in fact, be upper limits. There is also some evidence that mixing rates differ among years. Additional samples have subsequently been collected, and these will be analyzed to obtain a better understanding of annual variation in the rates of mixing.

Measures of repeatability and accuracy

Repeatability, as used here, deals with experimental error, *i.e.* the differences observed when the same vertebra is irradiated in approximately the same location two or more times. Accuracy deals with whether the conclusions reached are correct.

Measures of repeatability were obtained by irradiating the same sample more than once. The results of one such study are given in Figure 10. In this study, previously irradiated vertebrae of individual juveniles from the eastern and western Atlantic were re-irradiated almost two years later under different experimental conditions. The ratios of the abundance of chlorine and strontium, two of the many elements which differ in the bones of fish from different areas, are compared. While there is some variation between replicates, the differences between samples from the two areas are never obscured.

Accuracy is a much more difficult topic to evaluate. In this context, it would be convenient to have access to tagged fish that are known to have made trans-Atlantic migrations. As these are not available, other independent methods of obtaining these estimates have been studied. A significant amount of effort during 1983 went into the search for, and the development of, possible methods of assessing accuracy. One of these shows considerable promise. It should be possible to differentiate between bluefin which have spent the first winter of their lives in the Mediterranean and the Gulf of Mexico. The differences in temperature of these two areas during this period are expected to lead to measureable differences

in the ratio of the natural isotopes of oxygen (oxygen mass 18/oxygen mass 16) in the vertebrae. Techniques for measuring the concentrations of these isotopes in the same portion of the vertebrae, as studies above, were developed and tested, and so far confirm the results of the trace element studies.

OTHER ASPECTS OF TUNA BIOLOGY

Stock and recruitment

The most common method currently employed to predict the number of recruits to the fishery in any year is to fit a curve through the plane containing points defined by the estimate of the number of recruits in each previous year and the estimate of the adult stock for the year in which those recruits were spawned. Modifications of this method have been proposed: the stock-recruitment plane is partitioned into classes based upon the size of the spawning stock; then either a mean value for stock and recruits is determined for each class formed by the partition and recruitment is predicted for any stock by interpolating between these values, or the recruitment axis is also partitioned and a frequency distribution is obtained for each stock class. Implicit within these procedures is the assumption that deviations from the expected recruitment are independent from year to year.

If the development time is greater than the interspawning period, then any change in the environment or community which affects one year class of prerecruits is likely to influence the subsequent year class. Even in cases where there is no overlap of prerecruits, autocorrelations in the agents of variation (environmental, ecological, etc) are likely to invalidate the assumption that each stock-recruit value is independent.

An alternative has been developed. The spawning stock and subsequent recruits are considered to be components of the same vector, the space of all possible vectors is partitioned, a transition probability matrix is calculated giving the conditional probability that the vector will lie in any class, given that the preceding vector lies in each class defined by the partition. This method involves assigning probabilities to both the stock and the recruits spawned by that stock, based upon the values of stock and recruitment of the relevant preceding year. An estimate of the abundance of the stock which spawned the recruits whose abundance is to be predicted may be incorporated if it is available. That information may be used to restrict the classes, assigning a probability of zero to those classes which do not contain the estimated stock abundance. The probability of each class of recruitment can then be made conditional upon that class of spawning stock, as well as the previous stock-recruit vector. There are techniques available which may be used to determine, from the transition probability matrix, the long-term distribution of the stock-recruit vector and expected time for the classification of vector to change between any two classes.

The assumption that each stock-recruit vector is an independent event is dropped; it has been replaced by another assumption which, though weaker, may be violated in some cases. Each event is conditional only upon its immediate

predecessor, and the conditional probabilities are constant. A disadvantage of this approach is that the number of conditional probabilities which must be estimated increases as the square of the number of classes formed by the partitioning. In order to have some confidence in the probabilities the number of classes needs to be kept low, restricting the resolution, although the high variance associated with curve fitting procedures renders their precision illusory. This approach clearly demonstrates the high demand that these empirical techniques place upon the length of the time series and would justify investigation of the causal mechanisms of the variation in recruitment.

Size composition of the 1983 catch

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, and black skipjack are collected from the catches of purse seiners and baitboats by Commission personnel at ports of landing in California, Puerto Rico, Mexico, Panama, Ecuador, and Peru. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled in 1954, and sampling has continued every year to the present. Information obtained from length-frequency samples has been used to make estimates of growth, mortality, yield-per-recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported on in several bulletins and annual reports of the Commission. By the end of 1983 approximately 400 yellowfin and 375 skipjack samples from the 1983 eastern Pacific purse seine and baitboat catches had been collected and processed. Additional samples from the 1983 catch will be collected in the early part of 1984 as vessels with fish caught in 1983 continue to unload.

The annual length-frequency distributions of yellowfin sampled from the CYRA during 1978-1983 are shown in Figure 11. The preliminary estimate of the average weight of yellowfin for 1983 is 18.0 pounds (8.2 kg). This is a decline of 4.2 pounds from the average weight for 1982 and is the lowest average weight since 1979. The largest mode, located between 50 and 60 cm, is composed mainly of fish caught north of 15°N in the second and third quarters of the year. A smaller mode between 110 and 120 cm is largely composed of fish caught south of 5°N in the last quarter of the year.

The annual length-frequency distributions of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for 1978-1983 are shown in Figure 12. As in previous years, the average weight of yellowfin for this area for 1983, 55.2 pounds (25.0 kg), is considerably higher than the average weight for the CYRA. There is a mode between 50 and 60 cm which seems to correspond to the largest mode in the CYRA length-frequency distribution. The other two major modes at approximately 100 and 130 cm fall between modes in the CYRA distribution.

The annual length-frequency distributions of skipjack sampled from the eastern Pacific Ocean east of 150°W during 1978-1983 are shown in Figure 13. The preliminary estimate of the average weight for 1983 is 5.4 pounds (2.4 kg), just 0.1 pound less than the average weight for 1982.

The annual length-frequency distributions of bigeye sampled from the surface fishery in the eastern Pacific Ocean during 1978-1983 are shown in Figure 14. The 1982 bigeye catch was less than half of the 1978-1981 average (Table 1) and the number of fish sampled was consequently reduced. In 1983 the bigeye catch was substantially lower than the 1982 catch and the number of samples was further reduced by almost half. In both 1982 and 1983 the proportion of fish smaller than 80 cm was higher than in previous years.

Feeding and energetics studies of yellowfin

Analysis of the data from the gastric evacuation experiments conducted during late 1981 has been completed and estimates of the mean daily ration of the eastern Pacific yellowfin population have been derived. These studies provide information on biotic interactions between yellowfin and their prey. Also, direct estimation of food consumption provides independent confirmation for bioenergetics models or can point out potential biases in the estimates. Bioenergetics models can provide information on energy requirements of tunas during various activities (e.g. feeding, spawning, and migration), which are believed to be among the causal mechanisms regulating the movements and distribution of tunas.

The experiments were conducted on captive yellowfin by an IATTC scientist at the Kewalo Research Facility (KRF) of the U.S. National Marine Fisheries Service in Honolulu, Hawaii. Four test organisms were selected for the experiments based on their similarity to common yellowfin prey items in the eastern Pacific. Mixed meals of mackerel (*Scomber japonicus*), squid (*Loligo opalescens*), smelt (*Hypomesus pretiosus*), and nehu (*Stolephorus purpureus*) were taken voluntarily by 69 differentially tagged yellowfin ranging in length from 24 to 45 cm. Briefly, the experimental procedure entailed recording the weight of each food particle, the time it was eaten and by which fish, sacrificing the fish after various time intervals following feeding, and removing, weighing, and drying the partially digested food remaining in the stomachs immediately after death. Some of the mackerel and squid were sectioned approximately in half prior to the experiments because many were too large for the yellowfin to ingest whole. Fresh specimens of each food type were analyzed for water, ash, lipid, and caloric content.

Forty-five yellowfin ate mackerel, 46 ate squid, 50 ate smelt, and 30 ate nehu. The four data sets were edited at time t' (Figure 15) prior to analysis to eliminate a bias caused by the fact that the fast digestors in the sample had empty stomachs at late time stages. This inherent bias in gastric evacuation data, if not corrected for, would result in the tails of the distributions appearing excessively curvilinear. Utilizing statistical techniques of residual analysis, it was determined that the data were best fit to a straight line function (Figure 15). (Most studies of gastric evacuation in fishes have found that an exponential or square root function best describes the data.) Mackerel were evacuated at a significantly slower rate than squid, smelt, and nehu. Meal size (percentage of body weight) had a significant effect on the evacuation rate of mackerel, but not on those of squid, smelt, and nehu. The evacuation rates were not significantly affected by differences in

yellowfin size, nor by the practice of sectioning the food particles prior to the experimental feedings. The evacuation rates were negatively correlated with the energy content (cal/g wet weight), hence the lipid content of the test organisms, and were substantially higher than those typical of most fishes.

Daily rations were estimated by incorporating in a mathematical model the experimentally derived gastric evacuation rates and data from yellowfin stomach samples collected from the 1970-1972 purse-seine catch, as described in previous annual reports. The stomach contents data were stratified by yellowfin size corresponding approximately to age-classes 1, 2, 3, and 4+ according to IATTC otolith increment counts. The data were adjusted when only partial stomachs were available due to the eviscerating process at tuna canneries. An adaptation of a previously unpublished food consumption model developed by D.S. Robson, Cornell University, was utilized for calculating daily ration. If feeding by the population is considered to be continuous, and meal size and the probability distribution of feeding times are constant, then the hourly feeding rate (r) is estimated by dividing the mean weight of the stomach contents (\bar{W}) by the integral of a line fit to the evacuation data (A). For a predator that consumes a variety of prey organisms which are evacuated at different rates:

$$\hat{r} = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^I \frac{W_i}{A_i} \right)$$

where N is the number of fish sampled including those with empty stomachs, and the subscripts i refer to each of I prey types.

The prey categories found in yellowfin stomachs (Figure 16) were matched with the most similar food organisms tested in the gastric evacuation experiments. It was assumed that the evacuation rates of mackerel, squid, and nehu in captive yellowfin at the KRF approximate those of frigate tunas, cephalopods, and gonostomatids/nomeids, respectively by yellowfin in nature. The mean rate of the four experimental food organisms was applied to all other prey categories in the stomachs (Figure 16) for calculating daily ration. Daily ration (percentage of body weight) is estimated by multiplying \hat{r} by the daily feeding period in nature and dividing by the mean yellowfin weights in each age class. Since yellowfin are presumed to feed primarily during daylight hours and at night to an unknown degree, daily rations are presented as ranging between $12 \hat{r}$ and $24 \hat{r}$. The W_i 's were adjusted for the average time the fish were chased prior to encirclement by the net plus the time they were in the net prior to death (2.25 hr), as feeding is assumed to cease while digestion continues during that period.

Estimated mean daily rations in eastern Pacific yellowfin range from 1.4-2.8, 2.3-4.6, 1.8-3.6, and 2.3-4.5 % of body weight per day for age-classes 1, 2, 3, and 4+, respectively. Maximum rations were calculated based on the fullest stomachs of each age class. They ranged from 16 to 39% of body weight, consistent

with maximum rations consumed by captive skipjack at the KRF. The lower limits (12-hour model) of daily ration are believed to be underestimates of true average daily ingestion rates in nature due to model inadequacies for fish which cease feeding at night and due to stomach sampling problems. Rations estimated using existing bioenergetics models are higher than those presented here.

Assuming that the means of the two rations estimated by the 12- and 24-hour models for each age class provide the best estimate of daily ration to date, the minimal prey biomass consumed by the CYRA yellowfin population in 1970-1972 can be estimated. It appears that an average of more than 3.2 million metric tons of food were consumed per year, about 1.8 million tons of which were frigate tunas, *Auxis* spp.

These results indicate that large populations of frigate tunas and other prey organisms occur in the eastern Pacific Ocean. Possible interaction between some of the prey, themselves predators at lower trophic levels, and young stages of tunas would have important implications on the tuna stocks. If frigate tunas, cephalopods, and flyingfishes, for example, habitually prey on larval yellowfin, then increasing the commercial harvest of yellowfin would result in larger standing stocks of those prey organisms, in turn possibly having a deleterious effect on future yellowfin year classes. It is desirable to begin looking at the food habits of these important members of the pelagic food web in order to identify the predator-prey relationships which are so important to natural population fluctuations.

Thermal tolerance and locomotory activity in relation to temperature

Temperature is thought to be one of the most important environmental factors affecting the abundance, availability, and distribution of marine fish. Temperatures have been shown to limit geographical as well as vertical distribution of neritic and oceanic species. Vertical temperature gradients in the oceans are several orders of magnitude greater than horizontal (e.g. sea-surface) temperature gradients. Since temperature tolerances and responses to temperature fluctuations by pelagic species should be investigated because of their possible value in predicting behavior, occurrence, or distribution, laboratory experiments of temperature effects upon mackerel, *Scomber japonicus*, were undertaken utilizing facilities at the Hubbs-Sea World Research Institute in San Diego, California.

Mackerel, a member of the family Scombridae, which includes tunas, has a nearly cosmopolitan distribution throughout the temperate and subtropical waters of both hemispheres. In contrast to the tunas, however, the mackerel lacks physiological mechanisms for body temperature regulation. In order to survive in a heterothermal environment it possesses two major types of adaptations. First, it is able to function over a wide range of temperatures. Second, it possesses locomotory capabilities and acute temperature sensitivity which allows it to exercise some control over its body temperature by behavioral means.

Thermal tolerance limits and measurements of swimming speeds were determined for captive mackerel acclimated to a temperature of 16.5°C for 3 weeks

and then subjected to progressive temperature changes of $\pm 1^\circ\text{C}/\text{day}$. The mean lower and upper critical tolerance limits were approximately 6° and 29°C , respectively. Mackerel showed a significant relationship between temperature, within its range of thermal tolerance, and swimming speed. After correcting for autocorrelation using the two-step Durbin procedure, the fitted linear regression model of swimming speed on temperature was:

$$\hat{Y} = 0.431 + 0.043X_1 + 0.747D_1 - 0.245D_2 - 0.044D_1X_1$$

$$(0.029) \quad (0.004) \quad (0.152) \quad (0.018) \quad (0.008)$$

where

Y = swimming speed (L / sec),

X_1 = water temperature ($^\circ\text{C}$),

D_1 = 1 if $11^\circ\text{C} < X_1 < 24^\circ\text{C}$ and
0 otherwise,

D_2 = 1 if observations at 1300 h when temperature $>23^\circ\text{C}$ and
-1 if observations at 1700 h when temperature $>23^\circ\text{C}$.

The standard deviations of the regression coefficients are given in parentheses below each term of the equation. Also, $r^2 = 0.707$, $F = 79.57$, $D = 1.86$, and $DF = 132$. The data points are plotted along with the fitted regression in Figure 17.

The regression model of sustained swimming speed versus temperature for mackerel shows no relationship between locomotory activity and temperature over a fairly wide temperature range (12° to 23°C). This is within the normal range of temperatures encountered by mackerel off Southern California, and thus its ability to compensate for changes within this temperature range, by maintaining a fairly constant locomotory activity, demonstrates a high degree of adaptation to this environment.

Thermal tolerance limits are extreme values, which should be considered only as lethal end points. The lowest and highest non-stressful temperatures are suggested to be the lower and upper temperature limits with the greatest ecological significance for predicting the occurrence or distribution of a species. The lowest and highest non-stressful temperatures for mackerel are somewhere between 10° to 12°C and between 23° to 27°C , respectively. These are derived from the temperatures at which changes in activity (feeding and swimming) occurred. Sea-surface temperatures for catches of mackerel for a 5-year survey period from August 1963 through July 1968 off southern California had a range of 10° to 23°C . Thus there is a correlation between the experimentally determined non-stressful temperatures and the temperatures at which mackerel are observed off Southern California.

Temperature is known to affect the rates of metabolic processes, and thus modify the activity of fish. Consequently, the rates of feeding, reproduction, and

growth are also affected by the temperature of the environment. There is a need for experiments to investigate not only thermal effects on these life processes for the commercially important tunas, but the relationships between the behavior of the fish and those environmental factors which can be readily measured.

Bluefin studies

The 1983 fishery

The first northern bluefin catches of 1983 were made at Cortes Bank (between 32° and 33°N) in January. No catches were recorded thereafter until July, making 1983 the second year in succession in which no bluefin were caught in May and June. The last catches of the year were made in mid-October. Approximately 74 percent of the catch was made north of 30°N and, for the second year in succession, there was no catch south of 27°N. In most years bluefin are caught as far south as 23°N.

The preliminary estimate of the total bluefin catch for 1983 is 809 tons. This is the lowest catch since 1933 and the third lowest catch since the beginning of the fishery in 1918.

Annual length-frequency distributions of fish sampled from the bluefin catch made off California and Baja California during 1978-1983 are shown in Figure 18. The average weight for 1983 is 23.4 pounds and the only mode is between 70 and 80 cm. The 1983 distribution is quite similar to those of 1979 and 1980.

Age studies

In previous annual reports of the IATTC the staff has addressed the problem of temporal verification of growth marks and the determination of criteria for identifying such marks. Research performed during 1983 centered upon these problems.

Otolith studies

The minimizing of bias in ageing techniques is a primary concern in age studies. Previous investigators studying the microstructure of otoliths have been largely concerned with ageing the fish by counting daily increments, rather than studying their structure or physiological cause, and have tended to perform this research on species whose otoliths have large, well defined increments, usually early in the life history of the fish. No study has utilized the daily increment technique to age a commercially important species throughout its life history. Unfortunately, increment patterns in different species may vary according to age, ontogenetic stage, exogenous factors, etc., thereby confusing the interpretation. The otoliths of tunas and other scombroid fishes display comparatively wide variation in size and of spacing between different areas of the same otolith and have morphological features which make daily increment analysis of tuna more difficult than for other species; these factors all contribute to ageing bias.

Preparatory technique is of prime importance in enhancing the readability of any hard part. A primary purpose of these analyses is to define procedures

which produce better quality and hence more readable preparations.

Daily increments are defined in most ageing studies as being composed of a relatively wide (1–20 μm) mineral layer (incremental zone) bounded by a thin (0.1–1 μm) organic layer (discontinuous zone). Difficulties in interpretation of increments have stemmed from poor or unsuitable preparatory technique or from failure to define properly criteria for their recognition. Few investigators establish rigorous criteria to cope with analysis of such structures as subdaily or double increments or secondary morphology (lateral growth, amorphous areas, etc.). A study attempting to address these problems at a microstructural level utilizing a scanning electron microscope and various preparatory techniques was undertaken during 1983.

Etching is performed to render daily increments optically distinct, as an overburden of fine crystal structure (Figure 19) overlays the daily structures and must be removed before analysis is possible. This layer is of variable thickness along the growth plane of the otolith, which causes problems during acid etching, as the daily structure may be obliterated if an area is overetched. Etching is therefore not a routine process which will produce identical results on different otoliths or different areas on the same otolith. Selectively etching portions of the otolith usually overcomes this problem, however.

Otoliths from bluefin of various sizes (70–151 cm) were prepared by different combinations of methods in an attempt to contrast the effects of these methods in terms of structural appearance of the otolith and hence readability. Preparations were done to both the outer otolith surface and to sections taken along the plane of maximum growth. Etching solutions utilized included glutaraldehyde (GA), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), and hydrochloric acid (HCl). Other investigators have found that GA and EDTA had etching properties superior to the more harsh HCl.

The almost complete decalcification by GA of otolith sections from a 75-cm bluefin resulted in a matrix (Figure 20) whose structure exhibits clearly defined incremental and interincremental structure. The interincremental structures consist of elongate, longitudinal crystals in a protein matrix which may pass across several increments rather than terminating at each discontinuous zone, although smaller protein threads are apparent between the discontinuous zones. These structures closely resemble those of other species described by other investigators. Therefore the major problem in ageing tunas from otoliths lies in the specific shape of the otolith and the way these increments form in relation to one another.

Investigators working on other species have found differences in age estimates, based on both annual and daily increments, between sectioned and whole otolith preparations, suggesting both that the exterior surface overburden and/or the lateral shifting of the plane of maximum growth obscures increments. A section taken near the otolith primordium (Figure 21) shows several instances of this obscuring phenomenon which could affect an age estimation taken from a surface preparation. The orientation of the increments in a surface preparation is somewhat oblique to the plane from which it is analyzed. Sectioning is done in

a plane perpendicular to the increment, which allows the etching solution better access to the crystal ends, thus creating better defined increments. Extreme care in sectioning through the plane of maximum growth is critical to a good preparation. A problem may exist in sectioning bluefin otoliths, as the counting path along the plane of maximum growth appears to be slightly curved, especially in older fish. For this reason, additional research on the effect of sectioning will be done before routine use.

The granular appearance of the surface of some acid-etched preparations (Figure 22) appears to be caused by dissolution of the ends of the longitudinal interincremental crystals (Figure 23) to such a degree that the continuity of this structure is disrupted. This appearance was not evident in GA or EDTA preparations. Much of the subjectivity in counting daily increments (especially in older fish) originates in relatively wide areas (20-50 μm) where increments seem to cease formation or are extremely faint when etched with acid. This faint expression (Figure 24) is evident even in sagittal sections. The physiological causes of these structures have been thought to be repeated stresses of reproduction and/or migration, although no studies confirming this appear in the literature. None of the methods attempted seem to have an actual positive effect on readability in such structures.

Subdaily increments, that is, those formed between daily increments, have been described in several studies and not recognized in others. Recognition and exclusion is vital to ageing studies, as overestimation of age can result. Subdaily increments are more easily distinguished in large, wide increments, where they are bounded by the much larger discontinuous zone, but are probably present although unrecognizable in increments of lesser width. A sagittal section through an area of wide increments (Figure 21) displays several subdaily increments and subsequent examination at higher magnification (6000x) supports another researcher's statement that subdaily increments tend to etch less well in acid than their daily counterparts.

The relative merits of the ability to count laterally on a surface preparation and the greater definition provided by increments in GA- or EDTA- etched sections in terms of amount of bias will continue to be examined.

Vertebrae studies

The processing of oxytetracycline (OTC) marked vertebrae from the 1981 bluefin tagging experiment in Japan has commenced. As reported previously, small bluefin were injected with OTC, a calcium-specific agent which becomes incorporated into the hard parts and causes a mark to be displayed on the otoliths and vertebrae when viewed under ultraviolet (UV) light. This mark serves as a benchmark in defining the temporal meaning of natural marks.

After cleaning the flesh from the caudal peduncle and separating the 35th vertebra, the centrum (cone face) clearly displays a bright yellow mark when viewed under UV light. It was discovered in trials that staining with alizarin red S to enhance natural marks makes observation of the OTC mark difficult. Reading and measuring the OTC mark is therefore done prior to staining.

To assess mathematically the relationships between (1) the OTC mark, (2) any natural marks, and (3) the vertebral edge, the distances from each mark to the vertebral center must be measured. Measurements (Figure 25) are made by utilizing a microscope stage micrometer for horizontal (a) measurements and by measuring the vertical travel of the microscope head between focal planes for depth (b). The distances between marks (c) can then be estimated using the Pythagorean theorem.

One vertebra was laterally sectioned and each limb of the cross section measured 10 times to the nearest 0.025 mm. A difference was found between the length of the limbs using one way analysis of variance ($F_{1,18,.05} = 85.39$, $P < .0005$). Thus the focus of the cone appears to be laterally off center. Additional study is being conducted to determine the effect of this on the measurements and age estimates.

Since the time of formation of an OTC mark (date of tagging and release) is known, as is the time of formation of the vertebral edge (date of recapture), the time of annulus formation can be interpolated by a ratio of the distances between the marks. Plotting of these dates from the OTC tag returns from different months determines variability in time of annulus formation and ultimately the age. An ageing technique such as this allows separation of overlapping age groups in length-frequency polygons, provided it has sufficient precision and lack of bias to do so. Previous work by other researchers has shown a broad range in estimates of time of annulus formation, i.e. January to June, which makes age estimates imprecise. Growth rates for bluefin migrating to the eastern Pacific from Japan differed from those staying in western Pacific waters. Therefore, it may be possible, with precise age estimates, to determine which modes in the eastern Pacific catch represent fish which migrated from Japan in previous years, since a migrating fish would be smaller for its age. Fortunately the age of these fish may be estimated with higher precision by estimation from daily increments in the otoliths rather than relying solely on annuli. However, routine ageing of large numbers of fish using daily increment analysis is not practical at this time. Thus the importance of development of this technique is magnified.

Black skipjack studies

The investigation of the biology of the black skipjack currently being conducted includes a study of reproductive biology. The measurement of reproductive potential is of primary importance in respect to the dynamics of fish populations, since it is a basic determinant of productivity. The seasonality and/or timing of reproduction is important to reproductive strategies, and our knowledge of tuna ecology will be furthered by investigating whether relationships exist among aspects of reproduction, geographic locations, and/or environmental factors.

A comprehensive study of the sexual maturity and spawning of black skipjack off Central America between 7°N to 12°N and east of 92°W was begun in 1983. The length-frequency distribution of the males and females sampled ranged from 33 to 63 cm, with the predominant mode at 44 cm. Chi-square analysis of the monthly sex ratios showed a significant deviation from a 1:1 ratio for samples

from April, August, and December. Males were more prevalent than females for the same samples with no significant correlation to stage of sexual maturity ($r_{.05,7} = 0.267$). Although the heterogeneity chi-square test indicates that pooling the data is not justified ($\chi^2_{.05,8} = 28.76$), the percentage of males is found to be 52.5% when the data are pooled. The chi-square analysis suggests that some black skipjack segregate by sex and that sex ratios may change with season.

The external appearance alone of tuna ovaries is inadequate for gross classification of maturity stages. In fact, using the gonosomatic index (GSI), also called the gonad index or maturity index, along with ova size measurements from the most advanced mode, and a careful examination of the lumen of ovaries for remnant or residual hyaline oocytes, appears to be the best set of criteria for determining maturity stages and selecting specimens for fecundity estimates, for samples collected from the landings of the fishery. The gonosomatic index being used is the percent ovary weight of the ovary-free body weight. A tentative classification system by which fish may be assigned to one of five developmental stages is given in Table 10. An objective method for separation and classification of black skipjack by their state of sexual maturity using the above variables will be investigated using multivariate statistical analysis, primarily discriminant function analysis (DFA). This classification system will be calibrated, using data from specimens collected fresh at sea for which histological criteria can also be applied.

The frequency distributions of oocyte diameter for each maturity stage are given in Figure 26. Each histogram is based on measurements of 300 whole oocytes from a single ovary. The egg diameter frequencies shown indicate that black skipjack are serial or batch spawners, defined by a continuous distribution of oocyte sizes, multiple modes in the egg diameter frequencies and ripening eggs in partly spent ovaries. The number of modes suggests that at least several batches of eggs are spawned by individuals during their spawning season.

Graphs of the mean monthly ova diameters from the most advanced modal group of oocytes (Figure 27) and mean monthly gonosomatic indices (Figure 28) excluding immature (stage 1) fish, show the spawning periodicity. No samples were obtained during February, March, or May, and ovarian development was minimal during August and September. For both graphs there is a peak in October, with spawning fish observed in all months except August and September. These findings coincide with ichthyoplankton data for black skipjack larvae caught off Costa Rica during the 1950's and early 1960's, which indicated spawning activity throughout most of the year in this area. The majority of the fish in the present study were in a later stage of development (stage 3), based on oocyte diameters.

The 323 female black skipjack collected from off Central America during 1980-1981 were separated into two groups, (1) immature (stages 1 and 2) and (2) mature (stages 3, 4, and 5), based on the classification of maturity stages in Table 10. The percentage of mature fish (Group 2) in each 20-mm length class interval was determined. The linear regression of the arcsine transformation of the percentage of mature fish on the natural logarithm of the mean length class

interval predicts that 50% of the females in this area are mature when they reach 497 mm (Figure 29). The minimum size at first spawning (stages 4 or 5) was found to be 406 mm and 1.28 kg for black skipjack in this area during 1980-1981.

TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

The tuna-dolphin investigations of the Commission first received funding in late 1978, and the program of data collection by scientific technicians was initiated at the beginning of 1979. A staff was recruited to undertake research into population assessment, including the estimation of animal abundance, incidental mortality rates, and life history parameters; into ways of reducing dolphin mortality, including the development of new or improved fishing technology and the study of dolphin behavior; and into interactions between tunas and dolphins.

The objectives of the investigations center on the maintenance of high levels of tuna production while attempting to avoid unnecessary dolphin mortality and ensuring the survival of all dolphin stocks involved in the fishery. This method of catching fish is an important part of the fishery, producing roughly half of the total annual tonnage of yellowfin.

Data collection

The methods used in determining the design for sampling international purse-seine trips for 1983 involved arbitrarily dividing the calendar year into three intervals. Allocation of the number of trips by the flag vessels of participating countries to these intervals was accomplished by using a sampling scheme designed to minimize the variance of the estimate of the total kill of dolphins. The participating countries were two members of the Commission, Panama and the U.S.A., (Canada, France, Nicaragua, and Japan were not included because they currently do not have purse-seine vessels operating in the eastern Pacific surface fishery) and the non-members Cayman Islands, Costa Rica, and Venezuela. As in prior years, to accommodate a possible agreement between Mexico and the Commission, an arbitrary number of trips was also allocated for Mexican seiners. The number of trips scheduled for the various countries are given below.

| Trips scheduled to carry Commission technicians in 1983 | | | | |
|---|------------|-------------|--------------|-------|
| | Interval I | Interval II | Interval III | Total |
| Cayman Islands | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Costa Rica | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Mexico | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Panama | 1 | 2 | 2 | 5 |
| U.S.A. | 20 | 8 | 15 | 43 |
| Venezuela | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Total | 25 | 15 | 23 | 63 |

In March 1983, as an interim arrangement, the Commission assumed the responsibility of placing technicians aboard trips originally scheduled to carry U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) technicians. Thus, the potential number of trips to be sampled became much larger at that time. However, as in previous years, there were several factors which caused the number of trips sampled to be smaller than the number scheduled. These included the absence of an agreement with Mexico, the transfer of vessel registry from one country to another, vessels selected for sampling fishing in areas other than the eastern Pacific, a high number of the selected vessels which are presently inactive, and the fact that the program of technician placement was not mandatory. The number of sampled trips given below thus reflects the increase in the trips available to be sampled and the decrease resulting from the above factors.

| Trips sampled in 1983 | | | | |
|-----------------------|------------|-------------|--------------|-------|
| | Interval I | Interval II | Interval III | Total |
| Cayman Islands | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Costa Rica | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mexico | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Panama | 1 | 0 | 0 | 1 |
| U.S.A. | 13 | 15 | 3 | 31 |
| Venezuela | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 14 | 15 | 4 | 33 |

Tuna-dolphin data base

Since 1979, the tuna-dolphin program has collected data by placing scientific technicians aboard tuna purse seiners. These data include information useful for the investigation of dolphin mortality incidental to purse seining for tunas, dolphin abundance, dolphin behavior relative to the fishery, and gear problems which cause increased mortality. Together, they make up the tuna-dolphin data base. The staff of the Commission edits the incoming data, entering them into computer files and checking them for errors before they are used for analysis. Considerable effort is also expended in managing the data base, documenting corrections made to it, and developing computer programs which facilitate the rapid retrieval of information and generation of summary statistics.

Table 11 shows a summary of the observed catch and kill data for 1979-1983 combined. The table lists the numbers of sets on tunas associated with dolphins (dolphin sets), numbers of dolphins killed, tons of tunas caught in dolphin sets, and mean kill per set, kill per ton, and tons per set for each of several set types defined by the species or stock composition of the dolphins captured in the set. Certain noticeable features emerge from these summary statistics. The mean kill per set and kill per ton are lowest for sets on schools of pure spotted dolphins. They are higher for sets involving eastern spinner dolphins and higher still for those involving whitebelly spinner, common, and striped dolphins. The kill rates

for mixed schools of spotted and whitebelly spinner dolphins are considerably higher than those for mixed schools of spotted and eastern spinner dolphins because of a higher kill rate for the spotted dolphins in the spotted-whitebelly schools. This study is continuing to investigate kill rates per dolphin captured in the nets so that differences between species or stocks in mixed schools can be compared.

Observed dolphin mortality in 1983

The data collected in 1983 from the 33 trips from the 1983 sample plus 9 additional trips from the 1982 sample which carried over into 1983 have been edited and examined. The sampled vessels made a total of 926 sets on tuna associated with dolphins, catching 10,634 tons of tuna. The following mortality by species and stock were observed:

| | |
|----------------------------------|-------|
| Offshore spotted dolphin | 1,549 |
| Eastern spinner dolphin | 189 |
| Whitebelly spinner dolphin | 1,660 |
| Unidentified spinner dolphin | 1 |
| Common dolphin | 70 |
| Striped dolphin | 1 |
| Others and unidentified dolphins | 86 |
| Total | 3,556 |

Preliminary estimates of total dolphin mortality in 1983

Each year, the staff of the Commission calculates estimates of total annual dolphin mortality incidental to purse-seining operations. In 1983, it was unable to sample sufficient non-U.S. trips to make estimates of the total mortality for the non-U.S. fleet. In the analyses presented this year, estimates have been made for the U.S. fleet for 1983 and for the non-U.S. fleet for 1979-1983 combined.

The data include, for each dolphin set, the tonnage of tuna brought aboard and the observed number of dolphins known to have been killed, by species or stock. Injured animals, which may have died later, are not included, nor are a small number of animals killed in sets made on tunas not associated with dolphins. All the dolphin sets in each trip were treated as a cluster sample. The total kill was estimated using both kill-per-ton and kill-per-set ratio estimators for each species or stock grouping for the sampled trips multiplied by independent data for the entire fleet as described in the Commission's annual report for 1981 (pages 61-62).

Estimates for the U.S. fleet, 1983

Shown below are the total and sampled number of trips which made dolphin sets, the number of dolphin sets, and the tons of tuna caught in dolphin sets for

the U.S. fleet in 1983. The totals were calculated from Commission logbook and landings data.

| | Sampled | Total | Coverage |
|-------------------------------------|---------|--------|----------|
| Trips which made dolphin sets | 35 | 109 | 0.321 |
| Dolphin sets | 862 | 2,853 | 0.302 |
| Tons of tuna caught in dolphin sets | 9,474 | 29,023 | 0.326 |

The following table presents estimates of mortality for the U.S. fleet for 1983 calculated using both kill-per-set and kill-per-ton estimators. Standard errors of the estimates are in parentheses.

| | Kill per set | | Kill per ton | |
|----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|
| Offshore spotted dolphin | 3671 | (672) | 3397 | (684) |
| Eastern spinner dolphin | 625 | (245) | 579 | (252) |
| Whitebelly spinner dolphin | 3846 | (1212) | 3560 | (1148) |
| Unidentified spinner dolphin | 3 | (3) | 3 | (3) |
| Common dolphin | 232 | (129) | 214 | (134) |
| Striped dolphin | 3 | (3) | 3 | (3) |
| Others and unidentified dolphins | 132 | (46) | 122 | (46) |
| Total | 8513 | (1414) | 7879 | (1367) |

These results show that there are no significant differences in the mortality estimates between the kill-per-set and kill-per-ton estimators for any species or stock grouping, a pattern which is consistent with the results from previous years. The estimates themselves are much lower for 1983 than for any of the previous four years. This is mostly a reflection of a decrease in the number of vessels fishing in the eastern Pacific in 1983, although kill rates also declined from the 1982 values.

Estimates for the non-U.S. fleet, 1979-1983 combined

During the 1979-1983 period the Commission has placed scientific technicians on 33 vessels from the non-U.S. fleets. These trips were apportioned among the different flags as follows:

| | |
|---------------------|----|
| Canada | 2 |
| Cayman Islands (UK) | 1 |
| Costa Rica | 7 |
| Mexico | 1 |
| New Zealand | 1 |
| Nicaragua | 1 |
| Panama | 15 |
| Venezuela | 5 |

The following table presents estimates of mortality for the non-U.S. fleet for 1979-1983 combined, using both kill-per-set and kill-per-ton estimators. The standard errors are in parentheses.

| | Kill per set | | Kill per ton | |
|----------------------------------|--------------|---------|--------------|---------|
| Offshore spotted dolphin | 41886 | (14493) | 28561 | (12124) |
| Eastern spinner dolphin | 2493 | (1397) | 1700 | (1531) |
| Whitebelly spinner dolphin | 20693 | (9513) | 14110 | (9177) |
| Unidentified spinner dolphin | 317 | (273) | 216 | (287) |
| Common dolphin | 9021 | (5606) | 6151 | (6000) |
| Striped dolphin | 1020 | (546) | 696 | (555) |
| Others and unidentified dolphins | 2176 | (1097) | 1484 | (1089) |
| Total | 77606 | (18316) | 52918 | (16466) |

There are no significant differences in the estimates between the kill-per-set and kill-per-ton estimators for any species or stock grouping, a result which is consistent with the annual estimates for the U.S. fleet. From the above results, the average total annual mortality for the non-U.S. fleet is approximately 10,000 to 14,000 dolphins per year. The precision of the combined estimates for 1979-1983 is much better than the annual estimates presented in previous years because of the larger sample sizes.

The number of trips of non-U.S. vessels sampled in 1979 through 1983 is not enough to give precise estimates of mortality from year to year. Substantial improvements in the precision of these estimates can be made only if more countries participate in the Commission's international data collection program.

Revised estimates of total dolphin mortality

The estimates of total mortality presented in the Commission's annual report for 1982 (pages 61-62 and 273) based on the kill-per-ton estimator have been found to be in error. Table 12 presents revised estimates for 1982, using both kill-per-ton and kill-per-set estimators. There are no significant differences between the two estimators for any species or stock grouping. Table 13 presents similar data for the combined years, 1979-1981.

Eastern spinner dolphin abundance, 1977-1982

The eastern spinner stock of dolphins is thought to have experienced the heaviest exploitation of any of the dolphin stocks involved in the tuna purse seine fishery in the eastern Pacific. In 1983, the Commission staff concentrated on making estimates of abundance for eastern spinner dolphins. The results for 1982 are presented below and compared with those from 1977-1981, presented in the Commission's annual report for 1982 (pages 62-67).

The estimates of abundance have been made from data collected by U.S. NMFS and Commission technicians aboard tuna vessels. They collect the following basic information for population estimation: 1) distance searched along the line of travel,

2) species and stock composition of sighted dolphin schools, 3) estimates of the school size, 4) distance to the school at the time of sighting, and 5) bearing of the school with respect to the line of travel. The last two elements are used to estimate the perpendicular distance from the sighted school to the line of travel. Abundance estimates are obtained from these data on the basis of line transect sampling. This method is based on the idea that the probability of detecting a school is a function of the perpendicular distance from the school to the projected line of travel. This function is estimated from the observed set of perpendicular distances, and its value at the origin, $f(0)$, provides the basis for density estimation. For the density estimates calculated here the Fourier series estimator, a cosine series, has been used to estimate this function. It has been shown to be a generally useful estimator with several properties of robustness.

The perpendicular distance data were grouped into intervals of 0.5 nm for the analyses. This was done in an attempt to alleviate the problems imposed by the tendency of technicians to round sighting angles and distances to convenient values in the data. The angles are typically recorded to the nearest 10° , implying that any given angle is accurate at best only to $\pm 5^\circ$ of its recorded value. In addition, the data were "smeared" across the intervals of sighting angle and distance in which they are assumed to have been rounded up or down. The effect of this is to reduce the adverse effects of having a large number of sightings recorded as having been detected exactly on the transect line even though they may have been as much as 5° or more off the transect line. Outlier points in the distribution of these data can adversely affect the estimates of density, and in the analyses the data were truncated at a perpendicular distance of 7.0 nm. This corresponds approximately to the distance of the horizon from a purse seiner. In cases where the technician was not able to identify the various species in the school, estimates of species composition given by the crew were used when these were available.

The data were stratified into areas for the analysis (Figure 30). Area A1 in the figure represents the region believed to be inhabited by eastern spinner dolphins, but not by whitebelly spinner dolphins. Area A2 is the region where the eastern spinner range overlaps with the whitebelly spinner range. The area outside A1 and A2 was previously thought to be uninhabited by eastern spinner dolphins. However, 10 percent of the sightings of eastern spinners in 1982 were outside A1 and A2, which suggests that for future analyses the areas will have to be expanded to include these sightings. For the current analysis the areas A1 and A2 provide a coarse stratification of the data.

Two estimates of density were made for each area to circumvent the difficult task of prorating those animals recorded as unidentified spinners. One estimate includes only the sightings positively identified as eastern spinners and the other contains all of these sightings plus those classified as unidentified spinners. The true estimate can then be expected to lie between these two extremes. Combined estimates for the two areas were made by weighting the estimates by the sizes of the areas. This amounts to adding up the estimates of the numbers of schools or individuals from each area.

Table 14 summarizes the results for 1982 by area. Figure 31 compares the combined estimates of density of schools and numbers of animals for 1977-1982. This is an extension of Figure 30 of the Commission's annual report for 1982. There is still no apparent trend in the estimates of either density of schools or number of animals. The lack of trend is not surprising, considering that the coefficient of variation of the estimates is approximately 13% and any change in the size of the population would be unlikely to be more than about the same percentage based on current knowledge of dolphin populations and the effects of the fishery. A variety of problems still remain in satisfying the assumptions of line transect techniques, but the staff believes that these do not prevent examining the density estimates for trends over years because the potential biases are probably similar among years. One factor which could affect estimates differentially among years is that of the prevailing weather conditions.

Estimation of length at age for the offshore spotted dolphin

The technique of fitting a growth curve to a progression of the means of monthly length distributions has been used to estimate the length at age of the offshore spotted dolphin and the spinner dolphin. The technique is based on the assumption that breeding in these dolphins is seasonal and that a cohort of animals born at approximately the same time can be treated as a distribution of lengths, identifiable by a mode in the overall length distribution, which can be followed from month to month as mean length of the cohort increases. If there are sufficient data in each month to follow this progression from birth to one year and beyond, a growth curve can be fitted to mean length by month to give an estimate of length at one year.

Since the original analyses done in 1976, the U.S. NMFS sample of measured lengths from offshore spotted dolphins killed incidental to the purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific has increased from about 3,500 to over 15,000 animals. Consequently, the data for offshore spotted dolphins could be analyzed more extensively than had been done previously.

In order to compare results for offshore spotted dolphins in the northern and southern areas of the purse seine fishery for tunas, these strata were analyzed separately. The data were grouped by month of capture for all years combined and flagged by area of capture for further stratification as required. These areas were determined subjectively by dividing the entire area based upon apparent hiatuses in animal distribution as observed by examining distributions of sightings of offshore spotted dolphins (Figure 32) and the searching effort expended by scientific technicians to obtain these sightings. The data for each month were analyzed separately using a version of the computer program NORMSEP, which fits a specified number of normal distributions to length-frequency data. This was the same program used in previous analyses.

Initially, data for the entire northern stratum (Areas 3-8) were analyzed for each month. The results from this analysis were confusing because the monthly progressions of the mean lengths of the fitted distributions were not consistent.

This indicated that there may be non-seasonal or seasonal but asynchronous elements in the data which could be masking the progression of cohorts from each year born in the same season. In order to try to identify these, the data for each month were stratified by area where there was a sufficient sample to do this.

As a first attempt to obtain consistency, data were eliminated which were collected in the offshore area (Area 3). The results of the analyses of the remaining data showed far more consistency than those from the initial analyses of all northern data. However, the results from some months still did not agree with the clear progression of mean lengths shown by the other months. Consequently, the data were stratified further by eliminating lengths from animals collected in the remaining Areas 4 and 5. The results from the analyses of these data were then more consistent with those from the other months.

Figure 33 shows the means of the fitted distributions plotted as monthly progressions up to approximately 24 months from the approximate month of birth. The means have been plotted to show two clear growth curves in the figure representing two cohorts born each year approximately six months apart in the spring and autumn.

In choosing a growth curve to fit to the set of monthly mean lengths, three models of growth were investigated. These were a linear equation, the Gompertz equation, and the von Bertalanffy equation. The Gompertz equation fitted the data well, and better than the other two models; only the curves from this model are shown in Figure 33. The time of birth was estimated by substituting a recently-determined estimate of length at birth into the model. The length at one year was then estimated by substituting time of birth plus one year into the model. This was done for both growth curves with the following results:

| | Curve A | Curve B |
|------------------------------|----------|--------------|
| Fixed length at birth | 85.4 cm | 85.4 cm |
| Estimated mean time of birth | May 7 | September 15 |
| Estimated length at one year | 131.6 cm | 127.2 cm |

The results from analyses of all southern data (Areas 1 and 2) showed inconsistencies which were similar to those found in the results for the northern data. Consequently, data for Area 2 were eliminated for those months for which this was possible, allowing for sample size considerations. The results from analyses of the stratified data showed more consistency than those for all the available data, indicating once again that the offshore data may be less seasonal or timed to a different seasonal pattern than the nearshore data.

Figure 34 shows the means of the fitted distributions plotted as a monthly progression up to approximately 18 months from the approximate month of birth. It is clear that there is only one growth curve for these data, indicating only one cohort of young born each year. The data were again fitted using the Gompertz growth model with the following results:

| | |
|------------------------------|-----------|
| Fixed length at birth | 83.2 cm |
| Estimated mean time of birth | January 6 |
| Estimated length at one year | 127.9 cm |

There are several sources of variability in the monthly estimates of mean length to which the growth models have been fitted to estimate length at one year. Four of these are biological in nature. There is individual variation in the time of birth; animals may be born at different lengths; animals may grow at different rates; and the birthing season may vary from year to year, from area to area, and within areas. In addition, the monthly distributions are subject to sampling error. All these factors combine to produce the variation about the mean lengths.

Several sources of bias in the data have been examined. Because these cannot be entirely eliminated from the data, the results cannot be accepted without reservation. Despite these reservations, however, the results are encouraging, and may provide the best estimates of length at one year currently available for the offshore spotted dolphin. Similar analyses are planned for the eastern spinner and the whitebelly spinner dolphin.

Dolphin distributions and stocks in the eastern Pacific

Recent data on dolphin species and stock distributions in the eastern Pacific have been examined by the staffs of the U.S. NMFS and the IATTC and presented at the 1983 U.S. NMFS Status of Porpoise Stocks (SOPS) panel meetings. This review updated previous reviews of dolphin distribution and stocks by the U.S. NMFS 1979 SOPS Workshop and by the IATTC.

The known ranges in the eastern Pacific of the spotted, spinner, striped, and common dolphins, (Figures 35-38), have been expanded since the 1979 SOPS analysis. The accumulation of new data, changes in environmental conditions, and the broader geographical coverage by the international fleet are all contributing factors in the expansion of the known ranges of these species. Some boundaries in Figures 35-38 have been labeled as uncertain because of the small amount of sighting effort from these areas. These areas are primarily on the southern and western edges of the *Stenella* spp. ranges and are indicated by dashed lines in Figures 35-37. Populations of *Stenella* spp. in the Hawaiian, Christmas, Marquesas, and Society Islands were provisionally considered to be disjunct from populations in the eastern Pacific.

The majority of these sightings were made aboard tuna purse seiners by U.S. NMFS and IATTC technicians. Also included were sightings from research cruises, aerial surveys, IATTC logbook data, and the literature. In total, approximately 30,000 sightings of spotted dolphins, 16,000 sightings of spinner dolphins, 2,000 sightings of striped dolphins, and 9,000 sightings of common dolphins, have been included in these figures. The sightings were overlaid on a plot of purse-seiner sighting effort to assess the validity of the boundaries.

The following stocks have been proposed for spotted, spinner, striped, and common dolphins.

Spotted dolphins (*Stenella attenuata*)

Three stocks were proposed for *S. attenuata*: the *coastal*, *northern offshore*, and *southern offshore* spotted dolphin. Morphological differences apparently separate all these units, but the differences between the *coastal* and the other forms are particularly marked. Using only location to identify stocks is problematic since the *coastal* form has been sighted as far as 90 miles offshore while the *offshore* forms have been sighted as close as 10 miles offshore. The known ranges of all these have expanded from those used in 1979.

Spinner dolphins (*Stenella longirostris*)

Four stocks were proposed for *S. longirostris*: the *Costa Rican*, *eastern*, *northern whitebelly*, and *southern whitebelly* spinner dolphin. While these forms differ morphologically, the question of stock structure for this species is complex. This is particularly true for the *eastern* and *northern whitebelly* forms, since the morphological differences which separate the forms are modal, and not absolutely, distinct. In addition, intergrades between the two forms have been found, particularly in the broad geographical area in which the two forms overlap. The morphological characteristics and the distributions are suggestive of a radial cline, and future analyses of distribution should be examined in this light. The known ranges of all the stocks have expanded since the 1979 review.

Striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*)

Two provisional stocks were proposed for *S. coeruleoalba*: the *northern* and *southern* striped dolphins. These units are separated by a distributional hiatus. Additional hiatuses which were used in the 1979 review to define up to five management units are no longer apparent in the data.

Common dolphins (*Delphinus delphis*)

Five stocks were proposed for *D. delphis*: the *Baja neritic*, *northern*, *central*, *southern*, and *Guerrero* common dolphins. Both morphological differences and distributional hiatuses have been used to separate these units. In the 1979 SOPS review, a *northern temperate* unit was recognized north of 28°N along the Baja California coast, but this unit and the previously-recognized *northern tropical* unit have been merged to form a single *northern* unit because there is no evidence of a gap or transition. The previously recognized *southern tropical* and *southern temperate* units were merged into a *southern unit* for similar reasons. The *Baja neritic* and *northern tropical* forms were previously considered a single management unit due to an overlap in ranges. These forms, however, can be distinguished morphologically, and thus the *Baja neritic* stock is considered a separate stock. The *Guerrero* unit was proposed provisionally due to apparent morphological differences from adjacent forms, but few specimens from this area are available. The *central* form is morphologically different from the more northern stocks, while the provisional *southern* unit is separated by a gap in distribution.

Use of models to describe the consequences of the tuna-dolphin association

The reason for the close association between tunas (primarily yellowfin) and dolphins is not fully understood, but it is clear from the strength and persistence of the bond that individuals of at least one species must obtain an advantage from the relationship. If this confers a disadvantage upon the individuals of the other species then that disadvantage must be less than the cost to them of evading it, in terms of reduced foraging time, energy expenditure, etc. Yellowfin appear to associate primarily with spotted dolphins (*Stenella attenuata*). Spinner dolphins (*S. longirostris*) are often present too, but they are rarely found with tuna unless spotted dolphin are also present. The diets of the spotted dolphin and yellowfin are similar, but they are dissimilar from that of the spinner dolphin. This suggests that the relationship is based upon feeding. Dolphins have the faculty of sonar, which tuna do not possess. This enables them to detect a school of their prey at an estimated distance of over 100 m. Thus tuna could be guided by dolphins to prey they might otherwise miss. The prey of tunas and dolphins is not distributed evenly, but in patches of high concentration separated by large expanses of ocean which are essentially devoid of food. Individual dolphins may therefore suffer little immediate disadvantage when accompanied by tuna because there is either a surplus of food or none at all available to the mixed species aggregation. The effect of such an association at the population level would be to enhance the predation rate of tuna and hence depress the population of the prey. This may result in the number of patches of prey decreasing or there being fewer individuals within each patch, or both. All dolphins would suffer from this decrease in their prey whether or not they, as individuals, have tuna accompanying them. Thus there would be no selective advantage on the part of a dolphins to expending time and energy to avoid tunas.

A mathematical model of the interaction among tunas, dolphins, and a common prey resource has been developed incorporating these hypotheses, and the stability properties of the equilibrium point have been investigated. The equilibrium point is that set of population levels of tunas, dolphins, and their prey such that they would remain constant indefinitely if unperturbed. The equilibrium is stable if small deviations in population size tend to diminish as time progresses. If a system such as this has an unstable equilibrium then it can persist only if it exhibits regular cycles in population size. There is no evidence for such cycles in the abundance of yellowfin or dolphins, suggesting that the interaction has a stable equilibrium. The model of the association has such an equilibrium only if the mortality rate of the beneficiary of the association is greater than that of the other species. The mortality rate of yellowfin is indeed greater than those of dolphins, which provides further evidence for believing yellowfin to be the beneficiary of the relationship.

The effect of any form of fishing upon the populations of tuna and dolphins in the model depends on how it affects the ratio of the mortality of dolphins to that of tunas. If the ratio becomes smaller then the population level of dolphins

increases while that of tuna decreases. If the ratio becomes larger then the converse occurs.

Models such as this provide an initial insight into the consequences of assuming certain relationships among species and into the effects of fishing on the system. They can also provide a framework for the development of more complicated models which incorporate more information about the animals and the fishery. Such more realistic models help in gaining a better understanding of the way in which the components interact and may be used to test the effects of different management decisions concerning the fishery.

Gear program

Vessels in port in San Diego were visited by the gear staff throughout the year and discussions were held with the captains and crews concerning dolphin release gear and procedures, gear problems, mortality levels, and other topics of interest. Related literature was frequently distributed, including a Commission "dolphin newsletter" which dealt with mortality levels and factors which affect mortality, new purse-seine gear, and information on anchored fish aggregating device projects undertaken in recent years in Pacific Ocean areas.

Informal discussions were held with the captains of five vessels who experienced higher than average dolphin mortality due to dolphin safety panel problems, and with the captain of one vessel whose high dolphin mortality was not gear associated. Of the five vessels with gear problems, two had their nets repaired which alleviated the problems, two did not make any panel modifications as they believed that the problems could be solved at sea with minor adjustments, and one removed its safety panel prior to going to fish in the western Pacific Ocean. The captain and the Commission technician on the vessel which had high mortality not related to gear problems attributed the mortality to atypical behavior of dolphin schools in southern latitudes and improper usage of the rescue raft by inexperienced crewmen during and after the backdown procedure.

During the year, the gear staff accompanied four vessels on local sea trials to align their dolphin safety panels for more efficient dolphin release during the backdown procedure. This involves the vessel making a set, simulating an actual backdown, and adjusting and marking the stern and bow tie-down points of the net so that the dolphin safety panel is correctly aligned in the backdown channel. Improper panel alignment is a major cause of dolphin mortality. One of the vessels was one of the two vessels mentioned above which had its net repaired to alleviate the dolphin mortality problem.

Testing of a floodlight for use when backing down at night began in 1981 and continued through 1983. The floodlights which the Commission has been testing are commercially-made 1000-watt, high-pressure sodium lights. Artificial lighting of the backdown channel when it is dark is common on most vessels, but the lighting procedure used most frequently is to shine a fixed or hand-held spotlight continuously or intermittently toward the dolphin-release area of the backdown channel, which leaves the majority of the channel in darkness. Some vessel captains

prefer not to use any lighting at all when backing down at night. The purpose of the floodlight is to illuminate all of the backdown channel at a lower intensity than a spotlight so that the vessel operator can observe dolphin movement, rescue, and net configuration around the entire channel. Ideally, the floodlight could be used in conjunction with the spotlight to observe the backdown release procedure.

In 1983, nine vessels carrying Commission scientific technicians were loaned Commission floodlights, bringing the total to 21 vessels which have taken a light since the Commission began loaning them to the fleet in mid-1981. Of these 21 vessels, 11 had an opportunity to use the light during a total of 15 trips, 14 of which were Commission-sampled trips. In all, the Commission lights have been used during 49 dolphin sets carried out at night, 48 of which were Commission sampled.

Of the eleven captains who have used the light during a backdown carried out at night, nine liked the light and two did not. The two captains that did not like the light believed that it did not provide enough illumination to be beneficial and one thought it attracted the dolphins toward the vessel. However, the nine captains who did like the light thought its illumination was adequate and beneficial and were either uncertain as to whether dolphins approached the light, or did not think the light caused the dolphins to approach the vessel. Dolphins approach the vessel on occasion during both day and night backdowns. Four captains have purchased a floodlight after using it, either from the Commission or from other sources.

Analysis of dark backdown set data, 1979-1982

Dark backdown sets are dolphin sets, usually made late in the day, in which all or part of the backdown procedure occurs in darkness, darkness being the period when there is not enough natural light to see dolphin release activities in the backdown channel from the vessel. The term "sundown set" is often used synonymously with "dark backdown set," although a "sundown set" is defined in the Commission's 1982 annual report as a set in which the sun sets prior to the end of backdown. The U.S. NMFS describes a "sundown set" as a set made 90 minutes or less before local sunset. During 1979-1982, dark backdown sets accounted for 9.1% of all dolphin sets, but 26.5% of all dolphin mortality.

In order to determine the kill rates for various types of dark backdown sets and compare them to daytime sets, and to determine if artificial lighting affects dark backdown kill rates, Commission data collected by scientific technicians during 1979-1982 were analyzed to compute kill-per-set ratios for different stratifications of the data. Daytime sets and dark backdown sets were stratified by area and the five most commonly captured species or stock groups. The area stratifications were: (1) north of the equator and inside the CYRA, (2) north of the equator and outside the CYRA, and (3) south of the equator. The species or stock stratifications were: 1) pure spotted dolphins, 2) mixed spotted and whitebelly spinner dolphins, 3) mixed spotted and eastern spinner dolphins, 4) mixed spotted and spinner dolphins (including unidentified), and 5) pure common dolphins. The

dark backdown sets were also separated into sets in which artificial lighting was used, sets in which no lighting was used, and, for the 1982 data, sets in which Commission-loaned floodlights were used. Then, using Student's "t-test," comparisons were made among set type categories to determine if there were significant differences among the kill ratios.

Five comparisons were made: (i) daytime versus dark backdown sets stratified by area, (ii) daytime versus dark backdown sets stratified by species or stock, (iii) daytime versus dark backdown sets stratified by both area and species or stock, (iv) light use versus no light use in dark backdown sets, and (v) Commission lights versus other lights in dark backdown sets.

Daytime versus dark backdown sets stratified by area

The kill per set for all daytime sets was 2.85 animals, and for all dark backdown sets, 9.95 animals, a 3.5-fold difference. When stratified by area, the kill rate for dark backdown sets ranged from 1.6 to 5.5 times higher than daytime sets, the lowest ratio increase being south of the equator (10.09 animals, daytime, and 16.51 animals, dark backdown), and the highest ratio increase being north of the equator, outside the CYRA (2.87 animals, daytime, and 15.93 animals, dark backdown). The differences in kill-per-set ratios were significant at the 5% level for the two northern areas and all areas combined, but not significant for the area south of the equator due to the relatively small numbers of dark backdown sets in that area.

Daytime versus dark backdown sets stratified by species or stock

When the data were stratified only by the five species or stock categories, the kill per set for dark backdown sets was higher than for daytime sets in all cases, ranging from 2.7 times higher for pure schools of spotted dolphins (1.39 animals, daytime, and 3.79 animals, dark backdown) to 6.9 times greater for mixed schools of spotted and eastern spinner dolphins (2.49 animals, daytime, and 17.17 animals, dark backdown). The kill ratios were statistically different at the 5% level for each species or stock group, except pure schools of common dolphins, because of the relatively few dark backdown sets involving that species. The schools with the highest kill per set for dark backdown sets were mixed schools of spotted and whitebelly spinner dolphins, with 20.09 animals.

Daytime versus dark backdown sets stratified by both area and species or stock

When the data were stratified by both species or stock groups and area the areas inside and outside the CYRA north of the equator were combined into one area north of the equator. For the five species or stock groups in the northern area, the dark backdown kill-per-set ratios were higher than the daytime kill-per-set ratios in each case; in all cases except pure common dolphins, because of the small dark backdown set sample, they were significantly different at the 5% level. For the area south of the equator, no data were available for dark backdown sets involving three of the species or stock groups. The kill-per-set ratios for the two remaining groups, pure spotted dolphins and mixed spotted and whitebelly spinner

dolphins, were higher for dark backdown sets than for daytime sets, but were not significantly different at the 5% level because of the small numbers of dark backdown sets.

Lights versus no lights in dark backdown sets

Dark backdown sets in which lights were used to illuminate the backdown channel were compared to dark backdown sets in which lights were not used for all areas and species combined. The kill-per-set ratio for the non-light-use sets was actually lower than for light-use sets (3.24 animals, non-light-use, and 9.71 animals, light-use). It was suspected that some of the non-light-use sets, of which there were only 25 during the 4-year period, may have been sets in which backdown occurred during the sundown/dusk period, a period when artificial lighting may not have been necessary but the observer decided that darkness had been reached. Of the 25 sets, 50% had backdown terminated between 8 and 23 minutes after sundown. A different observer may have determined these sets to be daytime sets, as illustrated by the 126 sets during the 4-year period which had backdown terminated from 1 to 27 minutes after sundown and were not considered to be dark backdowns by the observer. Thus, sets with backdown ending during dusk could be described as either dark backdown or daylight sets, depending on when the observer considers conditions to be dark. For the other half of the 25 dark backdown sets with no light use that had backdown terminated greater than 23 minutes after backdown, and were thus more likely to be true dark backdown sets, the kill-per-set was higher than for all 25 sets combined, but the sample size was too small for a worthwhile analysis.

Commission lights versus other lights in dark backdown sets

To determine the effectiveness of the Commission-loaned floodlights, sets made in 1982 utilizing these lights were compared to all other 1982 dark backdown sets in which lights were used. The kill per set for the Commission light sets was 8.15 animals (34 sets) as compared to 13.52 animals for all other dark backdown sets using lights (64 sets). Although the ratios are substantially different, the difference is not significant at the 5% level. There is little change in the ratios when sets made during completed 1983 trips are included in the analysis.

In summary, dark backdown sets had higher kill-per-set ratios compared to daytime sets in virtually every area and species category for which there were data. Dark backdown sets south of the equator had the highest kill rates when combining all species, and for individual species groups as well. Kill rates among species groups when combining all areas were highest for mixed schools of spotted and whitebelly spinner, followed closely by pure common and mixed schools of spotted and eastern spinner, then mixed schools of spotted and spinner (including unidentified), and finally pure schools of spotted. There are currently insufficient data to test whether light use affects kill rates in dark backdown sets. Among 1982 light-use sets, the sets in which Commission floodlights were used had lower kill-per-set ratios than all other dark backdown sets in which lights were used, although the difference was not significant at the 5% level.

The high kill rates for dark backdown sets are possibly due to a variety of factors, the most likely of which are as follows:

- 1) Reduced visibility restricts the vessel operator from clearly seeing dolphin release activities, the backdown channel configuration (including the presence of canopies and the amount of cork sinkage), hand signals from rescuers at the release area, and the number of dolphins remaining in the channel.
- 2) The effective effort on the part of any rescuers present in the release area would likely be less because of darkness.

The even higher kill rates for dark backdown sets in less frequently fished areas, such as south of the equator and north of the equator outside the CYRA, are possibly due to the schools in those areas having been set on less frequently and to rougher seasonal weather conditions in those areas.

OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

El Niño during 1982 and 1983

To understand properly the development and effects of the El Niño phenomenon in the Pacific Ocean it is necessary to have some knowledge of the general oceanic circulation. The movements of the surface layers of the eastern tropical Pacific Ocean are influenced by two major eastern boundary currents and their westward extensions and by three major counter currents which flow eastward within 10 degrees of latitude on either side of the equator. The eastern boundary currents, the California Current and the Peru (Humboldt) Current, are primarily wind driven. These currents move equatorward along the eastern edge of the two subtropical ocean gyres. The westward extensions of these currents form the North Equatorial (NEC) and South Equatorial Currents (SEC) which flow westward at speeds proportional to the surface wind speed.

The steadiest and most prominent counter-current is the Cromwell Undercurrent (CUC). This current flows eastward at the equator, returning water from the western and central Pacific to balance, in part, the flow of water piled up in the west by the NEC and the SEC. Two other counter currents, the North Equatorial Counter Current (NECC) and the South Equatorial Counter Current (SECC), also move water from the central to the eastern tropical Pacific. Figure 39 is a schematic representation of directions and speeds of the five major eastern tropical current systems. East of about 120°W the NECC progresses eastward below the surface during the winter and spring and at the surface during the summer and fall. Off Costa Rica one branch of the NECC turns northwestward, passing south of Mexico, and then joins the NEC east of the Revillagigedo Islands. Another branch of the NECC turns to the southwest off Costa Rica and joins the SEC east of the Galapagos Islands. The SECC normally remains below the surface under the SEC (Figure 39), and the eastern extension of the SECC moves toward the southeast as an offshore counter current to the coastal branch of the Peru Current.

During an El Niño all of these tropical currents and the two eastern boundary currents undergo changes from their normal strengths and positions. For example, the California and Peru Currents often shift westward and weaken as an El Niño begins. Along the coasts of Baja California and Ecuador weak counter currents often surface and replace the displaced principal eastern boundary currents. As an El Niño develops, the NEC and the SEC usually recede poleward and weaken primarily due to weaker than normal trade winds. In contrast, the NECC and SECC tend to become broader latitudinally and have higher central core speeds, indicating that these counter currents may carry a larger quantity of water eastward than usual during an El Niño. The SECC, which is nearly always a subsurface current during anti-El Niño years, became a prominent surface feature during the 1982-83 El Niño. Fishing boats operating west of the Marquesas Islands frequently encountered a fairly strong SECC at or near the surface in the central equatorial Pacific, especially between the southern summer of 1982 and the southern winter of 1983. Commercial ships sailing between Panama and the southwest Pacific from 1981 through the second quarter of 1983 recorded several vertical temperature profiles each month. These profiles showed that in the eastern tropical Pacific the thermocline was deeper from late 1982 through the first quarter of 1983 than it was in 1981 and early 1982 before the El Niño began. In addition, time sections of temperature profiles consistently revealed an eastward-flowing current, which at times apparently extended across the equator between 5°N and 5°S. Also, when westerly surface winds appeared on the equator in late 1982, the Cromwell Undercurrent became very weak and was not found at times by researchers from the University of Hawaii during frequent equator transects at 155°W from December 1982 to February 1983. During this period data from research cruises along the coasts of southern Ecuador and Peru also indicate that the thermocline was deeper than usual, especially during the period of peak warming. In spite of weaker surface winds and less ocean mixing during the El Niño in the eastern Pacific, the thermocline was usually deeper than normal because of the rise in sea level and a movement of warmer water in the surface layer eastward over upwelling regions.

The 1982-1983 El Niño began initially several hundred miles west of Peru in June 1982 as the southern winter approached. By June 1982 several large areas of sea-surface temperatures (SST's) more than 1°C above normal developed suddenly along the equator and several hundred miles west of Peru (Figure 40). In August, when the SST's normally approach minimum values, the ocean warming expanded rapidly along the equator east of 150°W and off the coast of South America from 5°N to 15°S. By October 1982 SST's more than 2°C above normal expanded eastward to the coast of Ecuador and Peru and poleward between 10°N and 25°S (Figure 41). During the last two months of 1982 the positive SST anomalies reached values as high as 8°C in equatorial areas centered around 130°W and also along the coast of Peru. In the first quarter of 1983 the magnitude and extent of above-normal SST's were similar to those of the fourth quarter of 1982. During the second quarter of 1983 the SST's remained 4° to 6°C above normal from the Galapagos Islands to the southern coast of Ecuador and along the coastal region of Peru to 12°S (Figure 42). In July and August 1983, at the

mid-point of the southern winter, the SST's remained 4° to 6° above normal from southern Ecuador to Callao, Peru. Seasonal cooling rates of the ocean surface layer had been normal during the winter south of the equator. However, ocean mixing by weak and variable southeast trade winds and weak coastal upwelling off Peru had not been sufficient to remove completely the surplus heat which extended from the ocean surface to depths of 30 meters or more. During October 1983 the positive anomalies were confined primarily to the tropical Pacific east of 110°W and from the equator to 20°S. Along the equator and west of 110°W, the SST's were 1° to 2°C below normal, indicating that equatorial upwelling was established again in the central part of the tropics (Figure 43). As the austral summer (November-December 1983) arrived, the SST's remained 1° to 2°C above normal from southern Ecuador to central Peru and westward to 170°W between 5°S and 20°S. In the near equatorial region the SST's were 1° to 2° below normal from 100°W to 170°W as upwelling became well established. Thus, by the end of 1983 the El Niño was greatly diminished, but in the warmer tropical ocean between 5°S and 20°S a residual surplus of heat energy will remain until the stronger surface winds of the austral fall and winter cool the upper ocean layer to near normal. If the normal surface winds and ocean circulation do not become established by mid-1984, mild El Niño conditions will continue.

During El Niño events there are periodic relaxations or decreases in the strength of the southeast trade winds off the coast of South America, particularly south of 15°S. This results in weaker than normal wind stress on the surface of the Peru Current. Strong, steady winds are needed to maintain vertical mixing and upwelling subsurface water. A weakening of the wind circulation in the South Pacific is related to large-scale changes in the atmospheric circulation and a weakening Southern Oscillation (S.O.). A rapid lowering S.O. index, for example, may mark the beginning of an El Niño, and is associated with weakening trade winds in the eastern tropical Pacific and above-normal SST's over large tropical areas. A weak or low S.O. index is also a manifestation of frequent shifts of the south Pacific high-pressure center from its usual location near 30°S, 90°W. During an El Niño this high-pressure center is often displaced westward by storms which move closer to the equator than usual as they cross the coast of Chile. Because the atmospheric circulation over the South Pacific plays an important role in maintaining or diminishing wind-induced upwelling in the Peru Current, variations in the sea-surface pressure gradient which are proportional to wind speed have been examined between the Island of Juan Fernandez (34°S, 80°W) and the coastal station at San Juan, Peru, near 15°S. Anomalies in the pressure gradient between these stations have provided a weekly index of the general strength of the southeast tradewinds over part of the Peru Current. (See the Commission's annual report for 1982 for more details on computing the coastal pressure index.) Figure 44 is a time section for 1983 of the mean monthly anomalies of the sea-surface pressure gradient (pressure difference between Juan Fernandez Island and San Juan for 1983). Negative pressure anomalies (below the zero line) reflect the weaker than normal surface pressure gradients and surface winds off the coasts of southern Peru and northern Chile. During the first half of 1983 the sea-surface

pressure gradient between Juan Fernandez Island and San Juan was weaker than normal (Figure 44). However, from May through October 1983 the pressure gradient returned to near normal, on the average, and the SST anomalies at coastal stations were reduced to half the earlier values. During 1983 the coastal SST's remained 3° to 8°C above normal until July, when there was a marked drop to less than +4°C at most coastal stations (Figure 44). For the remainder of 1983 the SST's at most coastal stations of Ecuador and Peru were less than 3°C above normal. The coastal pressure gradient vacillated about the normal, indicating that as the southern summer approached the offshore pressure and wind circulation had remained too weak to reverse the SST anomaly pattern in the coastal region from southern Ecuador to northern Chile.

Possible effects of El Niño on tuna fisheries

During 1983 the estimated total catch of yellowfin tuna in the eastern Pacific was 25% below the 1982 catch and only 52% of the average yellowfin catch for the 1977-1981 period. (Table 1). The estimated total catch of skipjack in the eastern Pacific was markedly depressed in 1983, with a 40% lower catch than in 1982. In 1983 the skipjack catch was only 46% of the average catch for the 1977-1981 period. Although fishing effort (based on boat days absence from port) was about 46% lower than for the 1978-1982 period, the percentage drop was less (48%) than that for the total yellowfin and skipjack catches (see the section entitled Statistics of catch and landings). During 1982 and 1983 many large seiners sailed to the western Pacific, where the vessels which were already there were making good catches. This was partly due to increased levels of skill in capturing fish in clear water with deep thermoclines of the western Pacific. However, during 1983 the eastern tropical Pacific experienced the culmination of one of the strongest El Niño events of this century, while the western tropical Pacific had oceanographic conditions more closely associated with a mild anti-El Niño event.

The distribution of yellowfin and skipjack in the eastern Pacific and the vulnerability of tunas to capture by purse seining may be markedly affected by a major environmental event such as El Niño, especially if it is widespread and prolonged for a year or more. During more than 30 years in which the Commission's staff has been recording and assessing tuna stocks and recruitment, there have been seven El Niño events. Some have been weak and short lived, but three (1957-1958, 1972-1973, 1982-1983) were strong and created abnormal ocean conditions for more than a year. In order to determine if there have been any significant environmental effects on tuna catch and recruitment, time sections of several mean annual environmental parameters have been compared to time sections of mean annual tuna catch and recruitment for 1955 to 1983.

During the three strong El Niño periods the environmental parameters in panels A-E of Figure 45 showed definite anomalies of more than 6 months duration. The mean annual SST's, rainfall amounts, and sea levels were above normal along the coasts of Ecuador and Peru where El Niño signals were usually strongest. Over Panama the rainfall was below normal during the El Niño events

because the Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ) remained farther south over Ecuador and northern Peru. An exception occurred in 1972-1973, when the ITCZ did not remain south of the equator. Over the South Pacific the Southern Oscillation (S.O.) air pressure index was weak, with negative anomalies during El Niños (Figure 45). Between the El Niño periods the S.O. was usually stronger than normal. However, since 1976 the sea-level pressure differences between Rapa-Easter Islands and Darwin have been below the long-term mean. In mid-1982 the S.O. index dropped sharply, and remained low thereafter, especially during 1983 (Figure 45). From 1976 to mid-1982 the SST's south of the equator and off the coast of South America had been slightly above normal on the average. In addition, the sea level had been higher than normal based on yearly averages for this period (Figure 45). However, the coastal SST's remained close to normal from 1977 to late 1982. Thus, offshore from Peru incipient El Niño conditions prevailed from 1977 until mid-1982, when the present El Niño developed rapidly.

Panels F and G in Figure 45 indicate that there are no clearly-defined patterns in the deviations from the mean for the annual catches of yellowfin and skipjack which can be directly linked with environmental parameters during El Niño or anti-El Niño years. Preliminary investigations show that the catch rates (tons/day) for both yellowfin and skipjack in 1982 and 1983 were close to those of 1979, 1980, and 1981, indicating that the recent El Niño had no overall effect on the availability or the vulnerability of the fish, although there may have been local effects that are masked when the data for the entire fishery are combined. Variations in the recruitment of the X and Y cohorts of yellowfin, and of the combined X and Y cohorts, shown in panels H, I, and J of Figure 45, also do not appear to be related to El Niño or anti-El Niño events.

The Commission staff considers it of value to make a more comprehensive study regarding the possible effects of individual El Niño events on tuna catches. This may be done by comparing environmental and catch data in specific fishing areas and at times when El Niño conditions prevailed. The central and western tropical Pacific apparently also had unusual oceanographic conditions in 1982 and 1983, but they were more of the anti-El Niño type. For example, reports from tuna fishermen and from bathythermograph observations taken aboard commercial ships during 1982-1983 revealed the existence of unusual east-setting (counter) currents, light easterly or westerly winds and shallower-than-normal thermoclines. These apparently abnormal conditions, which may have enhanced the fishing conditions and availability of forage, were created by the same displacements of ocean and atmosphere systems which generated El Niño conditions in the eastern tropical Pacific. The Commission staff plans to investigate environmental conditions in the central and western Pacific for locations and periods where there were unusually good tuna catches during 1982-83.

Yellowfin and the wind-mixing index

Because of the high correlation of skipjack catch rate to the wind-mixing index (W^3) (IATTC annual report for 1981), yellowfin recruitment and W^3 were also tested to determine whether a similar correlation might be found.

Yellowfin larvae are found across the entire Pacific in waters where the surface temperatures are 26°C and above. The concentrations are higher in the northern part of the eastern tropical Pacific (0°-25°N, and east of 110°W) than they are the central and western Pacific, but few larvae are found in the eastern Pacific south of the equator.

Assuming that the yellowfin caught in the eastern Pacific fishery are spawned in this area, then yellowfin recruits may be tested for correlation with W^3 in the eastern Pacific at the estimated time of spawning. Estimates of the numbers of yellowfin recruits in their first quarter in the fishery have been calculated from a cohort analysis. Since the recruits are approximately 3/4 of a year old, the numbers can be tested against W^3 three quarters earlier, at the time they are estimated to have been spawned.

The eastern Pacific area for yellowfin spawning, based on larval abundance, is east of 110°W and north of the equator. The mean quarterly values of W^3 for this entire area have not yet been calculated, but they have been for the nine 5-degree skipjack areas in the central part of the skipjack fishery between 5°N and 15°N. This area comprises about half of the delineated yellowfin spawning area, and the values of W^3 therefrom are judged to represent values from the spawning area, so preliminary tests using these W^3 values have been made. Yellowfin recruitment for the X cohort in the first quarter and W^3 in the second quarter of the previous year was not significantly correlated at the 5% level ($r_s = 0.23$) for 1965-1981; neither was the Y cohort in the third quarter and W^3 in the fourth quarter of the previous year ($r_s = 0.08$); and neither was the combined X and Y cohorts and the mean W^3 for the corresponding quarters of the previous year ($r_s = 0.11$). If the wind-mixing index determines the strength of the year classes for skipjack, one would expect that it might also do so for yellowfin, but these data show no correlation.

This weakens the hypothesis that the recruitment of skipjack is related to wind, since larvae of various species of tunas might be expected to respond to the concentration, or to the dispersal, of food organisms in the same manner. Both skipjack and yellowfin larvae generally are found above the thermocline, so they might occupy the same ecological niche in the areas where both occur together (in the Pacific, west of 130°W).

STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1983 AND OUTLOOK FOR 1984

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

YELLOWFIN

The status of the yellowfin resource in the eastern Pacific Ocean has been assessed by the employment of production models and age-structured models with data collected by the IATTC staff. These results will be summarized, followed by a discussion of the condition of the resource in 1983 and considerations for 1984.

Production models

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 be temporarily ignored in this discussion.

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

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the object of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the IATTC's convention) the fishing effort should be maintained

at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

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

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean. The previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 46) has been studied, and the results are discussed in previous annual reports of the IATTC. In summary, the results indicate that there is some intermixing of fish between the two areas, but not enough to invalidate the use of the model.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the overfishing side of the curve and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous IATTC annual reports. As far as can be determined, these effects usually balance out over fairly short periods of time, so in most cases they can be ignored without invalidating the use of the model. The period of late 1982 to early 1984 includes the strongest El Niño conditions which have been recorded, however, so the effects of this phenomenon on the fishery deserve special attention. This subject was discussed previously in a general manner, and some comments on the effects of the El Niño on the fishery for tunas will be made later in this section.

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 determined, 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's 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).

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

The fishery prior to the mid-1960's was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960's, however, the fishing fleet began to increase in size and to fish much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 46. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the two areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies have been described in more detail in previous annual reports of the IATTC.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good

estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

The present status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined from analysis of production models, will now be discussed. There are many factors which have not been mentioned in this report which apparently affect the model. These have been discussed in previous annual reports of the IATTC, so they will not be mentioned again here. Because of the complicated nature of the fishery and the rapid changes which have taken place in recent years there has been considerable experimentation in the selection and preparation of the data to be used and in the choice of the mathematical procedures to be employed for the analysis of the catch, effort, and CPUE data. Only the four methods which have been given the most emphasis during 1983 are discussed in this report. Two methods employ the logistic model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and effort is linear. The other two employ the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and effort need not be linear. For all methods only the effort and CPUE (CPDF) data for Class-6 vessels (greater than 400 tons capacity) are used. (In previous years another method, which employed the logistic model and data standardized to Class-3 vessels (101-200 tons capacity) was used. However, because of the paucity of Class-3 vessels, only the data for Class-6 vessels are presented in this report. Computations were made by the other method but, as has been the case for the last several years, they showed no differences from the Class-6 estimates.)

The quotas and catch and CPDF data for the CYRA and the area outside the CYRA for 1967 through 1983 are shown in Table 15. The CPDF data are shown in the top panel of Figure 47. The equilibrium production curves and the "observed" points representing non-equilibrium catch and effort are shown in Figure 48. The "observed" CPDF values are not identical to the CPDF values in Table 15 because of adjustments which have been made to compensate for the effects of regulations on the CPDF during the second half of the year, *etc.* For the top two curves q , the coefficient of catchability, was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for earlier years, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. For the bottom two curves no constraints were applied to q , *i.e.* it was reestimated while estimating the other parameters. The data for these four curves are as follows:

| m | q | Maximum sustainable yield in thousands of short tons | Sum of squares ($\times 10^{-9}$) |
|-----|----------|---|--|
| 2.0 | 0.000039 | 175 | 1.615 |
| 0.8 | 0.000039 | 173 | 1.601 |
| 2.0 | 0.000034 | 172 | 1.552 |
| 0.8 | 0.000021 | 152 | 1.289 |

m is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and vice versa. The sums of squares will be discussed in more detail later.

For three of the four methods the AMSY is estimated to be about 175 thousand tons, the same as estimated for previous years. For Panels 1, 3, and 4 the 1976-1981 points fall to the right of the maximum point of the curve, and for Panel 2 the same is the case for the 1977-1979 and 1981 points, implying that for those years the effort had exceeded the amount necessary to achieve the AMSY. The catches tended to decrease during those years, suggesting that the production models just discussed were doing a reasonably good job of describing the status of the yellowfin stock with regard to effects of fishing. It is still not certain whether the symmetrical or asymmetrical models better describe the dynamics of the yellowfin stock, but the data accumulated during the past few years seem to favor the latter.

Three other indices of abundance of yellowfin, catch per unit of searching time for fish not associated with porpoises, catch per unit of searching time for porpoise-associated fish, and biomass estimates from cohort analyses, are shown in Figure 47. The indices in the second and third panels show declines similar to that for catch per day's fishing by Class-6 vessels (top panel), while the bottom panel shows a lesser decline. Production model analyses carried out with catch per unit of searching time would give results similar to those obtained with catch per day's fishing.

The above results will be discussed in more detail in the section entitled *Condition of the stock in 1983 and considerations for 1984*.

Age-structured models

Age-structured models, in contrast to production models, make use of data on individual fish, rather than the population as a whole. The input to age-structured models consists of estimates of recruitment, growth, and fishing and natural mortality. Estimates of these parameters are obtained from analyses of data on the length-frequency distributions of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin and skipjack in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game.

Yield-per-recruit model

The most commonly employed type of age-structured analysis is the yield-per-recruit model. If a cohort of unexploited juvenile or young adult fish is present in an area its total weight first increases as the fish grow rapidly, while the losses due to natural mortality are moderate. Later, however, when the fish grow older the growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be

moderate. 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 fish which had not died previously at the age or size ("critical age" or "critical size") at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth. 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 mortality 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 the harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age corresponding to the minimum size of fish which are caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly less than the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age, and the yield would be almost as high as it would be under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably less than the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

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

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort of fish 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. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as such does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model as described here does not take the possibility of reduced recruitment into account, but this is an integral part of production models.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower or the natural mortality rate may be higher when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some

fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age and size will vary according to population density. This complication is also not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is an integral part of production models.

Proceeding now to yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the estimates of growth and natural mortality which the IATTC staff has obtained are not as reliable as desirable, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds or 28 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably less than the critical size. When most of the tuna fleet converted from bait fishing to purse-seine fishing in the late 1950's and early 1960's 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 has been considerably greater during the period after the conversion to purse seining than during the previous period. As pointed out previously, the offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960's was an important factor in these increased catches, but the increase in the average size of the fish caught may also have been partially responsible for the increase.

As stated previously, the object of management specified by the IATTC convention is to obtain the AMSY. The maximum yield per recruit is equivalent to the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 49. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon a coefficient of natural mortality of 0.8 (about 55 percent per year if there were no fishing mortality) and the following coefficients of fishing mortality:

| Group | Period | Weight | Annual coefficient of fishing mortality |
|-------|--|--------------------------------|---|
| X | First quarter of first calendar year in the fishery | 3.2-4.6 pounds (1.5-2.2 kg) | 0.3 (exploitation rate of 18 percent) |
| X | All subsequent quarters | 4.6-200 pounds (2.2-90 kg) | 0.6 (exploitation rate of 32 percent) |
| Y | Third quarter of first calendar year in the fishery | 3.2-4.6 pounds (1.5-2.2 kg) | 0.2 (exploitation rate of 13 percent) |
| Y | Fourth quarter of first calendar year in the fishery | 4.6-6.5 pounds (2.2-3.1 kg) | 0.6 |
| Y | All subsequent quarters | 6.5-200 pounds (3.1-90 kg) | 0.8 (exploitation rate of 40 percent) |

(The X and Y groups are defined in the section entitled *Age-structured biomass analysis*.) These are the conditions which appear to best describe the fishery during the 1980-1983 period, when there were no regulations and more effort was directed toward small yellowfin than was the case during the late 1960's and early 1970's. The values on the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 represent values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1980-1982. A multiplier of about 0.7 corresponds to the effort value for 1983. The maximum yields per recruit are obtainable at sizes at entry of about 10, 20, 32, 38, and 41 pounds (4.5, 9.1, 14.5, 17.2, and 18.6 kg) for multipliers of 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, and 4.0, respectively. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds, the critical size, and the yield per recruit would be 8.7 pounds (3.9 kg). At the 1983 level of fishing effort the yield per recruit could be increased from its present level of about 5.2 pounds (2.4 kg) to about 5.6 pounds (2.5 kg) by increasing the size at entry from its present 3.0 pounds (1.4 kg) to about 15 pounds (6.8 kg). If the effort were to increase to its 1979 level (multiplier of 1.6), however, the yield per recruit could be increased to about 7.3 pounds (3.3 kg) by increasing the size at entry to about 30 pounds (13.6 kg).

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

Age-structured biomass analysis

In addition to its studies of the yield-per-recruit model, age-structured biomass analyses have been performed by the IATTC's staff. As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X70 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1970 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y70 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1969 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1970. The recruitments to the X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same (Table 17). Then estimates are made of the numbers of the fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval.

These numbers are converted to weights from data on the average weights of fish of different sizes to calculate the biomass estimates. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency and length-weight data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Age-structured biomass analyses have been conducted for the 1965 through 1983 seasons. Different "initiating" rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates higher and lower than those considered to be the best estimates. The results indicate that the initiating rates can influence the general conclusions, especially for the present condition of the stock.

The results, using the "best" estimates of mortality resulting from the different rates of fishing during the initiating quarter, are shown in Table 16. Using this table, the estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, are apparent. For the X68 cohort, for example, there was an average of 23,519,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 19.3, 15.6, and 12.4 million fish, respectively (1968 row, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 9.9, 7.5, 5.9, and 4.8 million fish, respectively (1969 row, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year-olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 23.5 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968 row). The situation is the same for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 16 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was estimated indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

The numbers of recruits for each cohort (*i.e.*, the average numbers for the initial quarters) are listed in Table 17. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 25 million for the Y cohort and 22 million for the X cohort. The variability among years is greater for Y cohort (3.6) than for the X cohort (2.1), and that for the combined data (2.6) is intermediate. Although the recruitment is variable, there is no evident trend in recruitment over time.

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

| Quarter | Average weight | Quarter | Average weight | Quarter | Average weight |
|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| 1 | 4.0 | 7 | 27.0 | 13 | 98.0 |
| 2 | 5.6 | 8 | 36.1 | 14 | 111.1 |
| 3 | 8.0 | 9 | 45.0 | 15 | 122.0 |
| 4 | 10.2 | 10 | 55.1 | 16 | 130.0 |
| 5 | 13.5 | 11 | 67.0 | 17 | 134.0 |
| 6 | 18.9 | 12 | 83.0 | 18 | 136.0 |
| | | | | 19+ | 157.0 |

These values were multiplied by the corresponding values in Table 16 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 50. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the X74 and Y74 cohorts (diagonal lines) were both relatively strong, for even though the fish were fished heavily in 1974 when they were small their biomass remained high in the succeeding years. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, for after having been heavily fished in 1973 its biomass was low. The X66 cohort was a strong one, but the fish were not heavily exploited when they were young, so the biomass of the cohort was high for several years subsequent to 1966.

In Figure 51 are shown the average quarterly and average annual biomass estimates for 1968 through 1983 for all fish regardless of age and for all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters since recruitment plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters since recruitment. The data for 1965-1967 are not shown because during that period the fishery in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968-1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the fish of the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lower biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish began to increase in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all

of 1976, and early 1977. The largest catch of yellowfin in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish since 1973, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing to the lowest level observed in the fishery. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, so many of the fish were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. In 1980, 1981, and 1982 the recruitment was slightly above average, and preliminary estimates of the 1983 recruitment indicate that it was slightly below average. The biomass increased in 1982 and 1983, however, due to lesser fishing effort in those years. The increase is less for the large fish, of course, as the effects of the reduced fishing effort will not manifest themselves significantly until 1984 or 1985.

The purse-seine catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during the first 6 months of 1968-1983 are shown in Figures 52 and 53. In Figure 52 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 53 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

From comparison of these four figures, annual estimates of the biomass of the X and Y groups (Figure 50), quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish (Figure 51), and purse-seine catches during the first 6 months of each year by age and cohort (Figures 52 and 53), it is clear that the large catches of small fish in recent years have altered the age composition of the population and the catch. Fewer and fewer individuals have survived to reach the larger sizes, and the yield-per-recruit analysis discussed previously has shown that this probably reduces the potential for total catch (AMSY). The age-structured biomass analysis corroborates this and provides data to quantify the differences. The total contribution each X plus Y cohort has made to the fishery throughout its life in the fishery has been estimated for the 1967 through 1978 cohorts. The sums of the estimated catches for the combined cohorts, as shown in Table 16, range from 118 thousand tons for the 1967 and 1972 cohorts to 268 thousand tons for that of 1974, with an average for the 12 groups of 156 thousand tons. If the Y74 cohort had not been fished so heavily in its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these cohort catches by the corresponding estimates of recruitment (Table 17 values adjusted to initial numbers) gives yield-per-recruit estimates which varied from 4.3 to 7.3 pounds, (2.0 to 3.3 kg), while the recruitment varied from 32 million to 91 million fish (averages of 6.1 pounds (2.8 kg) and 51 million fish). In the yield-per-recruit model it was assumed that the recruitment occurred at about 3 pounds (40 cm) and the size composition of the catch was similar to those of recent years. This gives a prediction of the maximum yield per recruit of about 5.5 pounds (2.5 kg). The observed yield per recruit for the 1978 combined cohorts was 5.5 pounds and its catch composition (Figure 52) was similar to what is estimated for the within-year catch composition for 1979 to 1982. The estimated recruitment for the last 5 years has averaged 57 million fish, which would produce about 157 thousand tons at a yield per recruit of 5.5 pounds. If the yield per recruit were 6.1 pounds (2.8 kg) the 57 million recruits would produce about 174 thousand tons.

Condition of the stock in 1983 and considerations for 1984***Inside the CYRA***

In the section entitled *Production models* four analyses were presented for the yellowfin stock inside the CYRA. Two forms of the model were employed, the symmetrical form, for which $m = 2.0$, and the asymmetrical form, for which $m = 0.8$. For each of these two forms the productivity of the stock was estimated in two ways. In one a previous estimate of the parameter q , the coefficient of catchability, was used and in the other no constraints are placed on q . The results of these analyses are given in the text table on page 75 and in Figure 48. In that table the sum of squares is the sum of the squared differences of the expected values (computed from the estimated parameters of the model) from the observed values. These sums of squares are indices of the fits of the models to the data, lower sums of squares corresponding to better fits and vice versa. In the two unconstrained models the fits are better than in the two constrained models. This is not surprising, in view of the fact that for several years the relative age-specific fishing mortality has apparently been changing, *i.e.* small fish have been making up a much larger portion of the catch. This implies that q has been changing. The observed and expected values of CPDF for the asymmetrical model with q constrained and unconstrained are shown in Figure 54. The expected CPDF values for 1984 are included, as these can be calculated from the parameters of the models. In both cases the fits are relatively poor for 1968-1972 and relatively good for 1973-1982. For 1983, however, the fit for the constrained model (top panel) is much worse than that for the unconstrained model (bottom panel). For the former the expected value exceeds the observed value by about 50 percent, whereas in the latter case the expected value exceeds the observed value by only about 15 percent. The expected CPDF values for 1983 and 1984 are considerably higher for the constrained model than for the unconstrained one because in the latter case the estimated productivity of the stock is lower. This lower productivity is believed to be largely the result of recent changes in the age-specific fishing mortality, *i.e.* the tendency in recent years to fish more in areas where smaller fish occur.

In both cases depicted in Figure 54 the predicted CPDF in 1983 is greater than that for 1982, but the observed CPDFs for both years are about the same. There are several factors which may have been responsible for this discrepancy. First, a large portion of the fleet, including a majority of the larger, more efficient vessels, conducted its operations only in the western Pacific during 1983, so the fleet which remained in the eastern Pacific was made up of vessels which were probably less efficient, on the average, than those which made up the fleet a few years earlier. Second, the ability of the fleet which remained in the eastern Pacific in 1983 to find concentrations of fish and remain with them until large catches had been made may have been impaired relative to previous years by lack of sufficient vessels to search in all likely areas of occurrence of the fish. Third, the most intense and widespread El Niño conditions which have been documented occurred in 1983, and the adverse effects of this may have reduced the CPDF in that year.

With regard to first point above, the annual CPDFs of 15 Class-6 vessels which fished in the eastern Pacific from 1979 through 1983 with the same captains were tabulated. These data, and similar data for all Class-6 purse seiners, are shown in Figure 55. (The CPDF values for yellowfin in the upper panel of this figure differ slightly from those in Table 15 because landings data were used to calculate the values in the figure and logged catch data were used to calculate those in the table.) The CPDF for 1983 for the 15 vessels increased by about 29 percent over 1982, which compares favorably within the 15- to 50-percent expected increase mentioned above. (Since the 29-percent estimate is based on data for only 15 vessels, it should not be relied on to select a value within the 15- to 50-percent range estimated from the previous calculations.)

No way has been found to estimate the effect of reduced searching power on average annual CPDF (second point above), but nevertheless it is believed to be real.

With regard to the third point above, it is not possible to measure the effects of El Niño conditions on the fishery. Each El Niño manifests itself in a different way, and examination of fishery data collected during such conditions shows few consistent patterns. Generally, there is a poleward expansion in the areas of catches of yellowfin and skipjack and a deepening of the upper mixed layer. Recruitment, which has averaged about 50 million fish for the past several years, shows no trends (Table 17), so approximately the same numbers of fish would be distributed over a wider area and the density would be less, on the average, throughout their range. In addition, previous research by the IATTC staff has shown that fishing is best where the upper mixed layer is shallow, so one might expect that the vulnerability of the fish which were available would be less than in normal years. The overall effect of the recent El Niño conditions, then, would be reduced CPDFs. It is emphasized, however, that the data available on the effects of El Niño conditions on the fishery are inadequate, and therefore the above statements are largely conjectural.

Based on the age-structured biomass analyses presented above, estimates of the coefficients of fishing mortality by quarter for the X and Y groups for two periods, 1971-1975 and 1979-1981, were computed. These are shown in Figure 56. The earlier period represents a span of years when the fishery was conducted mostly during the first half of the year and the effort was directed more toward larger fish, while the later period represents present conditions, when the fishery is pursued throughout the year and the effort is directed more toward smaller fish. It can be seen that during the earlier period the coefficients of fishing mortality were high during the first two quarters and low during the second two quarters of each year, whereas during the later period the coefficients of fishing mortality are more nearly constant throughout the year. The effects of these changing mortality patterns on the yield per recruit are shown in Figure 57. The three curves in this figure show the yields per recruit at different multipliers of the coefficient of fishing mortality when the vulnerability of the fish during their

first year in the fishery relative to succeeding years is 0.00 (top line) 0.25 (middle line), and 1.00 (bottom line). The upper and lower curves correspond to conditions similar to those in the earlier years, when the catches of smaller fish were low, and the later years, when the catches of smaller fish were high, respectively. At a multiplier of 0.5, corresponding to effort a little less than in 1983, the yield per recruit is virtually the same for all three curves, but at greater multipliers, corresponding to the effort in previous years, the yield per recruit is greater when the fishing mortality on the smaller fish is reduced. The decrease in the productivity of the stock due to the recent changes in age-specific fishing mortality amounts to about 10 percent, which corresponds rather closely to the 15 percent decrease estimated from the production model analysis described previously.

The results obtained from the production and yield-per-recruit analyses are integrated in Figure 58, a three-dimensional representation of the relationship between productivity and fishing effort. In this figure the effects of changing the age-specific fishing mortality, or average size of fish in the catch, on productivity of the stock in terms of production-type models are depicted. The various curves represent the relationships between productivity and fishing effort with various regimes of age-specific fishing mortality. There is a maximum production value for the XY plane representing each regime, but somewhere in the XYZ space there is a single point representing the overall maximum production value, and the XY plane passing through that point corresponds to the regime of age-specific fishing mortality which can result in the maximum production.

During 1982 both the fishing effort and catches were less than the amounts that the stock could support on a sustained basis, and the same will be true for 1983 (Figure 48). The effect of this should be increased stock size in 1984. The amount of increase should be about 10 to 50 percent, depending upon which estimates of productivity are valid. It is very possible that the increase will be nearer to 10 percent, due to reduction in productivity caused by change in the age-specific fishing mortality. The estimates of the AMSY on page 75 range from 152 to 175 thousand tons. The stock size is estimated to be about 30 thousand tons greater than the size necessary to produce the AMSY for the most conservative model, so in 1984 about 182 thousand (152 thousand plus 30 thousand) tons could be taken without reducing the stock size below the optimum. For the other models even greater amounts of fish could be caught.

It should be emphasized that the major deviations in historic environmental conditions, as well as fishing patterns, make assessment of the yellowfin stock very difficult. To be more confident of the effects these anomalous conditions might have on the yellowfin stock will require the accumulation of at least another year or two of data. Notwithstanding these difficulties, it is still possible to provide recommendations to the Commissioners concerning the fishery for 1984. Considering that there has been a continuing change over the last few years in the age-specific fishing mortality and that such change has reduced the yield per recruit, and considering that the most recent estimates of the productivity of the

stock based on production modelling show a corresponding decrease in productivity, it is reasonable to assume that the stock is currently less productive than formerly. Because it is impossible to determine which of the two unconstrained estimates of the AMSY (152 versus 172 thousand tons) better represent the dynamics of the yellowfin stock, the staff recommends that the average of these should be considered as the recommended minimum quota for 1984, *i.e.*, 162,000 short tons. As already noted, for all estimates from production modelling the stock by the end of 1983 will be larger than the optimum size needed to produce the AMSY. Therefore, provisions to increase the quota by two increments of 15,000 tons each should be made. Although the unconstrained models are believed by the staff to be more likely to represent the actual dynamics of the yellowfin stock, it is possible that the constrained models are superior. If such is the case the CPDFs and catches in 1984 would be greater than if the unconstrained models best represent the dynamics of the stock. However, the two increments of 15,000 tons each provide for a total catch of up to 192,000 tons, which is well in excess of the AMSY values of 175 and 173 thousand tons estimated for the two constrained models (page 75).

It has been mentioned frequently in the previous discussions that the productivity of the stock could be increased if the catches of small fish could be decreased. There are several possible approaches to reducing the catches of small fish. One way would be to set a minimum size limit. Another would be to close certain areas during certain seasons to unrestricted fishing if and when small fish are predominant. Another way would be to shift the opening date of the season (assuming that a system of annual closures could be reinstated) so as to restrict fishing during a period when small fish are most abundant in the catch. Analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. Closure of areas where small yellowfin are most abundant might increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant. It does not appear as though shifting the opening date of the season would be as beneficial as thought earlier. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort was generated during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3.4 to 6.8 pounds (1.5 to 3.1 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped.

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

Outside the CYRA

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 46, Area A3) since 1968 (Table 15). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May-June, or soon thereafter, the CYRA has in most years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF was greater than 20 tons, but during the 1970-1982 period the CPDFs were remarkably constant, between 8 and 13 tons (Figure 59, upper panel). In 1983 the CPDF was reduced to about 7 tons, the lowest on record. It is believed that this could be due to environmental conditions, but the fishery will continue to be monitored closely to attempt to verify this. In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.6 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 59, lower panel). During the 1972-1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.1 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977-1983, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs (except for that of 1983) were down only slightly from those for 1970-1976. In the lower panel of Figure 59 it is clear that the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. If the logistic form of the general production model expresses adequately the relationship between catch and effort for the area outside the CYRA, as discussed earlier for the area inside the CYRA, then the fishery outside the CYRA appears to be operating on the underfishing side of the curve. Accordingly, these data indicate no biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

If the fish outside the CYRA are part of the stock which occurs inside the CYRA a reduction in the biomass and average size of the fish outside the CYRA during the last few years would be expected. No such reduction in biomass outside the CYRA is evident from the CPDF data. On the other hand, the average size of the fish caught outside the CYRA has declined from about 80 pounds (36 kg) in 1972-1975 to about 55 pounds (25 kg) in 1979-1983 (Figure 60). This could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.*, more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with porpoises. Since 55 pounds is near the optimum size in terms of the yield-per-recruit model, as discussed in the section on age-structured models, there is no need to curtail the catch outside the CYRA unless it can be demonstrated that the catching of fish in the area reduces the recruitment in the CYRA. In any event, the fishery in the area outside the CYRA should be closely monitored to evaluate these various possibilities.

SKIPJACK

Skipjack has been the most important species of tuna caught, in terms of weight, for many years. During the last 10 years or so the world catches of the other principal market species of tunas (yellowfin, albacore, bigeye, and northern and southern bluefin) have remained at about the same level, while those of skipjack have increased. Accordingly, the portion of the catch of the principal market species which was skipjack increased from 36 percent in 1970 to 42 percent in 1981. In the Pacific Ocean skipjack is even more important, with nearly 50 percent of the catch of the principal market species being 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. The catches in the eastern Pacific have increased less during the 1965-1981 period than those in the other areas because the increase in fishing effort has been less in the eastern Pacific than in the other areas.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific Ocean near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific Ocean 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 devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. In normal years tagging has shown that there is little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern Pacific tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years larger portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Japan, the Philippines, Indonesia, Papua New Guinea, the Solomon Islands, Fiji, New Zealand, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catch of skipjack in the eastern Pacific Ocean varies considerably from year to year (Figure 61). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 62). During the late 1950's large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950's to the early 1970's large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the past few years, however, the center of abundance of the southeastern group seems to have shifted to waters off Colombia and Central America.

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 during different times of the year and at different stages of their life histories. This problem has been

studied by various methods, including analyses of tagging, catch statistics, life history, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission, 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 South Pacific Commission in 1980, and the following account is based upon the conclusions reached at that workshop. These research results were as follows:

1. Skipjack spawning has been found to occur in all months of the year in the area between 130°W and 130°E bounded on the north and south by the 24°C isotherms.

2. There is apparently little skipjack spawning east of 130°W.

3. Tagging data (Figure 63) indicate that there is mixing among adolescent and adult fish of various areas. Fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured in the central and western Pacific, fish tagged in the central Pacific have been recaptured in the western Pacific, and fish tagged in the western Pacific have been recaptured in the central Pacific.

4. Schools of fish do not maintain their integrity for long periods of time, as fish tagged in the same schools have often been recaptured in different schools and fish tagged in different schools have often been recaptured in the same schools.

5. A west-east cline or gradient in gene frequencies of the enzyme serum naphthyl esterase has been observed in the spawning area, the highest frequencies occurring in the western Pacific and the lowest frequencies in the central Pacific. This cline was not observed in the eastern Pacific, the gene frequencies in that area approximately matching those in the eastern portion of the spawning area.

6. No relationship was evident between esterase gene frequencies for particular schools and subsequent movement of tagged fish from those schools. In other words, fish from schools with high frequencies of esterase occurring in the central Pacific do not appear to "home" toward the western Pacific, nor do fish from schools with low frequencies of esterase occurring in the western Pacific appear to "home" toward the central Pacific. (This was determined when parts of the fish in various schools were tagged and the remainders were sacrificed for biochemical genetic samples.)

7. Analysis of estimated dispersal coefficients for tagged fish from schools containing rare genetic combinations showed little evidence that these schools maintained their integrity for long periods of time.

Three models to describe the population structure of skipjack in the Pacific Ocean were hypothesized at the above-mentioned workshop.

The panmictic hypothesis states that all the skipjack in the Pacific Ocean belong to a single population in which each fish has the same probability of interbreeding with any other fish in the population.

The clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability

of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. The individuals at the extreme ends of the range are genetically semi-isolated from one another. The observed cline in esterase gene frequencies could be maintained by some combination of natural selection and genetic drift.

The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean. The genetic identity of the subpopulations is maintained by some mechanism which prevents interbreeding of the various subpopulations, such as maintenance of school integrity from hatching to spawning, homing of fish to separate spawning areas, or spawning of different subpopulations at different times of the year.

Considering all the available information, the participants in the SPC workshop concluded that:

1. The panmictic hypothesis is untenable because, although there is mixing of fish among different areas, most of the tagged fish which were recaptured had moved only relatively short distances from the locations where they were released.
2. The clinal hypothesis, involving factors of dispersal, homing, and natural selection, is a reasonable alternative to the separate subpopulation hypothesis advanced in the past, but the presently available data do not permit a reasonable choice to be made between these two hypotheses and unconditional support of either would be premature and unwarranted.

It was generally agreed by the workshop participants that more data on spawning and early life history of skipjack are needed if further progress is to be made in this field.

In 1983 Dr. B.J. Richardson of the Australian National University published a paper on these data which was essentially in agreement with the conclusions reached at the workshop.

It is the opinion of the IATTC's staff that the principal conclusions of the SPC workshop and Dr. Richardson are correct, *i.e.* that the data do not permit a reasonable choice between the clinal and subpopulation hypotheses and that more information on the spawning and early life history of skipjack is needed. However, it is believed that the acquisition of additional biochemical genetic samples in selected area-time strata and further analysis of all the available data may shed more light on the situation.

Turning now to the eastern Pacific Ocean, during the 1950's and 1960's it appeared from distributional and tagging data that in most years the skipjack of the northeastern and southeastern areas, as mentioned previously, did not mix to any appreciable extent in the eastern Pacific Ocean. The Clipperton Island fish had been included in the northeastern group because Clipperton Island, though located between 10° and 11°N, is nearer to the Revillagigedo Islands than to Central America, because tagged skipjack released at Clipperton Island had been recaptured in the northeastern area, but not the southeastern area, and because prior to 1982 19 fish from Baja California, 4 fish from the Revillagigedo Islands, and 2 fish from Clipperton Island had been recaptured in the central and western

Pacific Ocean, but none from Central America or northern South America had been recaptured anywhere but in the eastern Pacific. In the IATTC's annual report for 1980 it was stated that "the question arises as to whether the fish of the northeastern Pacific, southeastern Pacific, and other areas come from (1) a single group of spawners or (2) separate groups of spawners." Several bits of evidence have accumulated since then which favor the first hypothesis. First, a tagged skipjack released off Clipperton Island in October 1981 was recaptured at 2°27'S-106°52'W in January 1982. This might indicate that the distribution of skipjack in the eastern Pacific can best be described, not as two groups, but as a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at the Baja California-Revillagigedo Islands and Central America-northern South America areas and its center west, southwest, and south of the area of warm water off southern Mexico. This distribution is also suggested by charts of the geographical distributions of catches of skipjack during recent years. Second, the following tag returns are evidence that skipjack from the southeastern group spawn in the same area as those of the northeastern group:

| Release | | Recapture | |
|--------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Date | Area | Date | Area |
| October 1969 | 4°11'N-119°02'W | July 1971 | Hawaii |
| April 1979 | 6°26'N-86°55'W | August 1979 | 9°43'N-133°54'W |
| April 1981 | 4°56'N-86°38'W | August 1982 | Hawaii |

These migrations are also shown in Figure 63. The first fish (released by the U.S. NMFS, Honolulu, Hawaii) completed what may have been the second half of the trip from the southeastern area to Hawaii, the second one completed the first two thirds of that trip (although there is no assurance that its destination was Hawaii), and the third one completed the entire trip. It is not assumed from this, however, that skipjack of the eastern Pacific spawn only in the northern hemisphere, for catches of skipjack larvae and juveniles in the south central Pacific indicate that skipjack spawn also in that area. Many large individuals are included in the skipjack catches of both Hawaii and French Polynesia, which might indicate that the French Polynesia catches include fish from the eastern Pacific, as do the Hawaii catches. One fish tagged at 4°56'N-86°38'W in April 1981 was recaptured by a longline vessel at 9°19'S-105°15'W in April 1982 (Figure 63). This fish may have been en route to the spawning grounds south of the equator. It was released at the same "stop" as the third fish in the text table above, and the two fish were probably members of the same school at the time they were tagged.

In summary, it appears that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix to at least some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

Production models

Production models have been described above in the yellowfin section. 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 must be relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the eastern Pacific Ocean, and those in other areas where the species in question is exploited. Assuming that such models are applicable, if that fact is to be detected the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions must not be so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort, and there must be catch, effort, and catch-per-unit-of-effort (CPUE) data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the overfishing side of the curve.

The first condition is not met, as 27 skipjack tagged in the eastern Pacific Ocean have been recaptured in the central and western Pacific. The skipjack fishery of the eastern Pacific takes place mostly relatively near the coast, and most of the skipjack caught in this area apparently are the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific, the central Pacific, and the western Pacific. In the absence of evidence to the contrary, it is assumed that the adolescent fish which occur in the eastern Pacific are the progeny of spawners in the central and/or western Pacific which are also the parents of fish which remain in the central and/or western Pacific. If so, the amounts caught in the eastern Pacific may be determined more by the portions of juveniles hatched in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific than by the abundance of juveniles in that or those areas. Such being the case, a definitive study of this nature is not possible at this time.

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

The first analysis was performed because there is a high positive correlation between the concentration of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The second was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the U.S. NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations

and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. There was no significant relationship between skipjack abundance and sea-surface temperature, but there was a highly significant correlation between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 49 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent have been conducted because it would be expected that when this current is stronger than average young fish would be carried to the eastern Pacific in greater numbers, and when it is weaker than average young fish would be carried there in lesser numbers, if they do in fact use this current in their migration. 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 are not as satisfactory as might be desired, but some of the problem might be resolved if the IATTC's biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean during part of the life span.

Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

In spite of the above difficulties, attempts have been made to compare the effort and CPUE of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The fishing effort has increased in recent years, due to increases in the size of the fleet. This has apparently not depleted the resource, however, as some of the greatest total catches have been made during the last few years. The purse-seine CPUE and effort, in Class-6 units (vessels of more than 400 tons capacity), are shown in Figure 64. There does not appear to be a significant relationship. It is possible, however, that such a relationship might be masked by the nature of the fishery. For example, in different years the availability of skipjack might differ, but the amount of effort directed toward that species might be proportional to the availability, resulting in roughly equal CPUEs in each year. This could be the case if in years of high availability skipjack were present in more areas than in years of low availability, but the densities of fish within the areas were roughly the same in all years. At this time the data furnish little or no evidence that this phenomenon could be masking the relationship between the abundance of skipjack and the fishing effort,

but the question will continue to be examined as a part of the IATTC staff's broad studies of fishing effort and CPUE as an index of abundance.

Age-structured models

The types of data which are used for age-structured models, and the theory upon which these models are based, are discussed above in the yellowfin section.

The size compositions of skipjack samples taken in the eastern Pacific Ocean during 1967 through 1983 are shown in Figure 65. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (about 7.8 pounds) was highest in 1971-1973 and lowest in 1978-1983. The average weight of the fish caught during 1981 is the lowest for the 1967-1983 period.

The yield-per-recruit approach to age-structured modeling has been discussed above for yellowfin. The situation for skipjack is somewhat different, in that 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 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

The rate of growth of skipjack has also been estimated from studies of length-frequency and tag return data. Relative to yellowfin it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, but most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. The few long-term returns that have been received have nearly all been from fish recaptured in the central Pacific Ocean, and the reason that there are so few of them is that the fishing intensity is low in that area.

The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 66. The IATTC staff's estimates of skipjack growth, natural mortality plus emigration, and fishing mortality have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1967-1979, the middle panel is based upon rates estimated from data obtained during 1971-1973, and the lower panel is based upon rates estimated from data obtained during 1975-1977. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1967-1969. 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) the yield per recruit with a multiplier of 1 is between 1.00 and 1.10 pounds in the first panel and between 0.75 and 1.00 pounds in the second and third panels. In general, the yields are highest with a size at entry of 35 cm (about 1.7 pounds) and fishing effort considerably greater than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean. 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 only 35 cm long and presumably growing rapidly.

Considerations for 1984

Neither the production models nor the age-structured models applied so far indicate any need so far for the management of skipjack. The latter models indicate that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over 35 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but there is no evidence from the effort and CPUE data that this is so.

As pointed out previously, management should be directed toward all parts of a single population unit, rather than a part of a population unit, a mixture of several population units, or a mixture of parts of several population units. (Accordingly, it is of prime 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 during different times of the year and at different stages of their life histories.) The IATTC has recently increased its tagging of skipjack in the eastern Pacific Ocean and conducted tagging experiments in French Polynesia. A number of other organizations, especially the South Pacific Commission, have been tagging skipjack in large numbers in the western and central Pacific Ocean in recent years. Also, various organizations are striving to obtain better catch and effort data for skipjack in the western and central Pacific. When these studies are further along it may be possible to ascertain better the status of the Pacific Ocean skipjack population unit(s) with regard to fishing.

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the eastern Pacific Ocean and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the eastern Pacific several months ahead of time, which would be of great value to fishermen who must decide in advance whether to fish in the eastern Atlantic, eastern Pacific, or western Pacific Ocean. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the fishing fleet. A wide variety of information on skipjack and its relationships with the environment is currently being analyzed, and a major report on this subject it will be completed during 1984.

NORTHERN BLUEFIN

A preliminary model describing the life history of the northern bluefin tuna appears in the annual report of the IATTC for 1979. It is clear from this account that considerably more information is needed on the fishery and several phases of the life history of the northern bluefin.

A study of the bluefin fishery in the eastern Pacific was recently completed and published as IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2. For this purpose data on the catches of bluefin by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, were assembled and analyzed. Information of this type is necessary if an understanding of the population dynamics of this species is to be attained.

It should be determined whether there is more than one subpopulation of northern bluefin in the Pacific Ocean. The IATTC is currently conducting studies of this nature, on a contractual basis, on northern bluefin in the Atlantic Ocean, and it is hoped that techniques will be developed which can be used for northern bluefin in the Pacific Ocean. A history of each year class should be constructed. Ideally this would include, for each year class, estimates of the numbers of fish recruited into the surface fishery of the western Pacific, the numbers of them caught each year in the western Pacific, the numbers of them migrating each year to the eastern Pacific, the numbers of them caught each year in the eastern Pacific, the numbers of them migrating each year from the eastern Pacific, and the numbers of them caught each year by the longline fishery. This information could be estimated by analysis of adequate catch statistics data, length- and age-frequency data, and tagging data. Adequate catch statistical data have been collected for many years for the surface fishery of the eastern Pacific Ocean. Those for the western Pacific surface fishery are more difficult to collect and analyze, however, as several species are combined in the catch statistics for that area. The IATTC and the Far Seas Fisheries Research Laboratory of Japan are currently working on a scheme to collect better catch statistics data for the surface fishery of the western Pacific. Length-frequency data have been collected for the eastern Pacific surface fishery each year since 1952, and there are some length- and weight-frequency data for the surface fishery in the western Pacific and for the longline fishery available. Employees of the California Department of Fish and game have estimated the ages of bluefin from their scales, and age-frequency data for the eastern Pacific surface fishery for 1963-1969 derived from their work are available. Methods of estimating the ages of bluefin from hard parts are currently being re-examined, using material collected during 1980-1983, and hopefully this work will provide age-frequency data for that period and for the future. The current tagging program should help to provide the necessary information regarding the portions of fish of various ages which emigrate from the western to the eastern Pacific and *vice versa*.

Due to lack of information on this species, it is not anticipated that there will be any recommendations for management of the fishery for northern bluefin in the eastern Pacific in the near future.

INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL 1983

INTRODUCCION

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio establecido originalmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo esta estipulación, Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, los Estados Unidos Mexicanos en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978 y Costa Rica en 1979.

Las obligaciones principales de la Comisión bajo el convenio son (a) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar las consecuencias que la pesca y los factores naturales tienen sobre su abundancia y (b) recomendar las medidas apropiadas de conservación para que las poblaciones de peces puedan mantenerse a niveles que permitan sostener capturas máximas constantes, cuando y si las investigaciones de la Comisión indican que tales medidas son necesarias.

En 1976, se acrecentaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Se acordó que sus objetivos serían: “[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca.” Los puntos específicos de participación son: (1) observar la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental a la pesca, mediante la recolección de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realizar reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) analizar los índices de la abundancia de los delfines y realizar estudios computarizados de simulación y (4) proceder al entrenamiento e investigación sobre las artes y el comportamiento de los delfines.

Para llevar a cabo esta labor, se le ha asignado a la Comisión que realice una amplia variedad de investigaciones tanto en el mar como en el laboratorio. Las investigaciones las realiza un personal permanente de investigadores contratados internacionalmente por el Director de Investigaciones de la Comisión, quién a su vez tiene que responder directamente ante los delegados de esta entidad.

El programa científico se encuentra en su XXXIII año. Los resultados de las investigaciones son publicados por la Comisión en una serie de boletines tanto en inglés como en español, los dos idiomas oficiales. La revisión anual de la administración y de los trabajos se describen en un informe anual bilingüe. Se

publican otros artículos en revistas científicas exteriores de prensa y en publicaciones comerciales. Al final de 1983, la Comisión ha publicado 119 boletines, 4 informes especiales, 232 artículos en revistas exteriores de prensa y 32 anuarios. Todos estos escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance de la crítica de la comunidad científica del orbe.

REUNIONES DE LA COMISION

La XLI reunión de la Comisión fue convocada en Ottawa (Canadá) del 19 al 20 de octubre de 1983. El Sr. Michael Hunter de Canadá actuó como Presidente y el Sr. Jamil Urroz de Nicaragua como Secretario. Participaron en la reunión representantes de los seis países miembros, como también observadores de Australia, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, México, Venezuela, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la International Whaling Commission.

Se aprobó la siguiente agenda:

1. Apertura de la reunión
2. Consideración y aprobación de la agenda
3. Análisis de la investigación actual
4. Programa atún-delfín
5. El año pesquero de 1983
6. Condición de la población del aleta amarilla y recomendaciones en 1984
7. Programa recomendado de investigación y presupuesto en el AF 1985-1986
8. Revisión de las negociaciones referentes a la administración y conservación del atún en el Océano Pacífico oriental
9. Fecha y sede de la próxima reunión
10. Nombramiento de funcionarios
11. Otros asuntos
12. Clausura

La Comisión adoptó las siguientes medidas:

(1) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 162,000 toneladas americanas en el año pesquero de 1984, acordándose que hubiera flexibilidad para aumentar este límite mediante dos incrementos de 15,000 toneladas cada uno, en el caso de que el personal hubiera subestimado la abundancia de la población. La razón de esta recomendación se presentó en el Documento No. 2 de la reunión, que se puede obtener al solicitarlo a la Comisión. La siguiente resolución fue adoptada por la Comisión con respecto al programa de conservación del aleta amarilla en 1984:

Reconociendo que continúa siendo necesario un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1984, a fin de mantener los recursos de dicha especie a un nivel que garantice una productividad continua y elevada en el futuro,

La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto, a las Altas Partes Contratantes que cuando se adopte un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1984, debería establecerse una cuota anual para la captura total del atún aleta amarilla en el año civil de 1984, de 162,000 toneladas americanas en el ARCAA según se define en la resolución aprobada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y

Recomienda además, autorizar al Director de Investigaciones para que eleve este límite en no más de un incremento de 13,000 toneladas americanas, si después de examinar los datos disponibles, este incremento no constituirá un peligro considerable para la población. Debido al desconocimiento del efecto de los factores ambientales asociados con "El Niño" de 1982-1983, al igual que los factores de la pesca en la estimación de la abundancia de la población, el Director está autorizado a recomendar a las Altas Partes Contratantes para su aprobación, un segundo incremento basado en la mejor estimación de las condiciones de la población en ese momento, y

Recomienda finalmente que todos los estados miembros y otros estados interesados se esfuercen diligentemente, para lograr que se ponga en práctica dicho programa de conservación del atún aleta amarilla en 1984.

(2) La Comisión acordó el presupuesto propuesto de \$2,992,567, correspondiente al año fiscal de 1985-1986.

(3) La Comisión acordó que la próxima reunión anual se convocaría del 16 al 18 de octubre en San Diego, California.

(4) La Comisión nombró al Sr. Henry Beasley de los EEUU, como Presidente y al Sr. Luis Rodríguez de Panamá como Secretario de la Comisión en 1984.

ADMINISTRACION

PRESUPUESTO

En la XXXVIII reunión, convocada en Washington D.C., EEUU, el 28 y 29 de octubre de 1980, la Comisión aprobó unánimamente el presupuesto del año fiscal (AF) de 1982-1983, presentado por el Director de Investigaciones por la suma de \$2,632,860. Luego EEUU decidió reducir su cuota de la cantidad aprobada en \$519,574 dólares, lo que fijó el presupuesto total en \$1,901,114. Este presupuesto fue unos \$100,000 dólares superior a la cantidad recibida en el AF de 1981-1982, pero casi 732 mil dólares (-28%) inferior a la suma solicitada y aprobada en la XXXVIII reunión de la Comisión. Así que durante el segundo año consecutivo la Comisión se vió forzada a eliminar toda la investigación de atún en el mar y no le fue posible reemplazar personal clave que se había descontinuado el año fiscal pasado, debido a limitaciones presupuestales similares.

DECLARACION FINANCIERA

Las cuentas financieras de la Comisión en el año fiscal de 1982-1983, fueron revisadas por Peat, Marwick, Mitchell y Co. Se presentan a continuación tablas compendiadas de este informe:

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Balance General
30 de Septiembre de 1983

Activo

Activo circulante:

| | |
|--------------------------|-----------|
| Efectivo | \$ 13,306 |
| Certificados de depósito | 101,562 |
| Cuentas a cobrar | 48,262 |
| Anticipos y depósitos | 25,457 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Activo total circulante | 188,587 |
|-------------------------|---------|

Propiedad raíz, al costo

325,775

| | |
|--|------------|
| | \$ 514,362 |
|--|------------|

Pasivo y Balance de los Fondos

Pasivo circulante:

| | |
|-----------------------------|---------|
| Cuentas por pagar | 87,800 |
| Gastos acumulados por pagar | 248,397 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Pasivo total circulante | 336,197 |
|-------------------------|---------|

Balance de los fondos:

| | |
|-------------------------|-----------|
| Fondo general (déficit) | (147,610) |
| Fondo propiedad raíz | 325,775 |

| | |
|-----------------------------|---------|
| Balance total de los fondos | 178,165 |
|-----------------------------|---------|

| | |
|--|------------|
| | \$ 514,362 |
|--|------------|

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Declaración de los Cambios en la Situación Financiera
correspondiente al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1983

Utilización del capital de trabajo:

| | |
|-------------------------------------|------------|
| Exceso de gastos sobre los ingresos | \$ 143,912 |
| Adquisición de propiedad raíz | - |
| | - |
| Reducción en el capital de trabajo | \$ 143,912 |
| | - |

Cambios en los elementos del capital de trabajo:

Aumento (reducción) del activo circulante::

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Efectivo | (126,488) |
| Certificados de depósito | 1,562 |
| Cuentas por cobrar - contratos | 17,854 |
| Anticipos y depósitos | (2,198) |
| | - |
| | (109,270) |
| | - |

Aumento (reducción) en el pasivo circulante:

| | |
|-----------------------------|--------|
| Cuentas por pagar | 11,920 |
| Gastos acumulados por pagar | 22,722 |
| | - |
| | 34,642 |
| | - |

| | |
|------------------------------------|------------|
| Reducción en el capital de trabajo | \$ 143,912 |
| | - |

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Declaración de Ingresos y Gastos
Correspondiente al año fiscal que termina el 30 de septiembre de 1983

Ingresos:

Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados:

| | |
|---------------------------|--------------|
| Estados Unidos de América | \$ 1,850,000 |
| Canadá | 26,751 |
| Japón | 23,363 |
| Francia | 2,919 |
| Panamá | 500 |
| Nicaragua | - |

| | |
|------------------------|-----------|
| Contribuciones totales | 1,903,533 |
|------------------------|-----------|

| | |
|-----------------------|---------|
| Ingresos por contrato | 182,259 |
| Ingresos por interés | 18,203 |
| Otros ingresos | 13,626 |

| | |
|---------------|-----------|
| Ingreso total | 2,117,621 |
|---------------|-----------|

Gastos:

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Sueldos | 1,424,936 |
| Beneficios laborales | 350,014 |
| Gastos por contratos | 92,311 |
| Gastos de viajes | 113,557 |
| Gastos de los observadores | 69,177 |
| Imprenta y franqueo | 40,598 |
| Legales y profesionales | 22,157 |
| Materiales y suministros | 58,789 |
| Renta y servicios públicos | 47,383 |
| Seguros e impuestos | 10,073 |
| Pérdida cambio moneda extranjera | 7,019 |
| Teléfono y telex | 10,881 |
| Recompensa por marcas de peces | 1,611 |
| Misceláneo | 13,027 |

| | |
|----------------|-----------|
| Gastos totales | 2,261,533 |
|----------------|-----------|

| | |
|---------------------------------|------------|
| Exceso de gastos sobre ingresos | \$ 143,912 |
|---------------------------------|------------|

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Declaración de los Cambios en el Balance de los Fondos
correspondiente al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1983

| | Balance ilimitado de los fondos | Fondo propiedad raíz | Total |
|--|--|-------------------------------------|--------------|
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| Balance hasta el 30 de septiembre, 1981 | 292,457 | 315,000 | 607,457 |
| Exceso de gastos sobre los ingresos | (285,380) | - | (285,380) |
| Traspaso para la adquisición de propiedad raíz | (10,775) | 10,775 | - |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1982 | (3,698) | 325,775 | 322,077 |
| Exceso de gastos sobre los ingresos | (143,912) | - | (143,912) |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1983 | \$(147,610) | 325,775 | 178,165 |
| | <hr/> <hr/> | <hr/> <hr/> | <hr/> <hr/> |

COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Los investigadores en 1983, continuaron manteniendo un estrecho vínculo tanto al nivel nacional como internacional con instituciones y organizaciones investigadoras universitarias, gubernamentales y privadas. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al frente de la evolución y rápido desarrollo que se presenta actualmente en la oceanografía y en la investigación pesquera mundial. Se describen a continuación algunos de los aspectos en este campo.

La casa matriz de la Comisión se encuentra en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla (California). Este es uno de los centros principales del mundo en cuanto a ciencias marinas, siendo el centro de muchas oficinas federales y estatales de pesca, oceanografía y ciencias subordinadas. Esto ofrece una excelente oportunidad para que el personal se mantenga en comunicación diaria con científicos de estas entidades.

Se continuó durante el año la relación muy cordial y productiva con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la South Pacific Commission, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y otros organismos internacionales.

Además, en 1983, la Comisión mantuvo un estrecho vínculo de trabajo con las oficinas e institutos pesqueros de los países miembros y también con entidades similares en otros países de Asia, Europa, Hispanoamérica y las islas del Pacífico. Por ejemplo, un empleado de la Comisión estuvo un mes en Panamá, donde examinó la investigación emprendida por la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) sobre anchovetas, arenques de hebra y camarones e hizo recomendaciones para ampliar dicho programa. Además, los empleados del DGRM han participado en el proyecto de la cría de larvas de escómbridos en Achotines, Panamá.

OFICINAS REGIONALES

La Comisión, además de sus oficinas principales en La Jolla (California), tiene oficinas regionales en varios centros industriales e importantes de atún.

En Terminal Island (California), se encuentra una oficina con dos investigadores. El personal aquí, se encarga principalmente en recolectar y recopilar las estadísticas de la captura y el esfuerzo, anotar los descargues y medir los atunes. Además, recuperan las marcas de los atunes y obtienen según sea necesario otra información biológica, estadística y de la pesca en general.

Existe una oficina similar en Mayagüez (Puerto Rico) con dos empleados permanentes que, a su vez, contratan ayuda temporal. También visitan regularmente Ponce, el otro puerto más importante de atún en Puerto Rico.

En Ensenada (Baja California, México), el puerto atunero más importante de ese país, se encuentra un científico permanente, quien visita también otros puertos atuneros de México. Dedicar la mayor parte de su tiempo en medir atunes y en obtener, además, otros datos científicos de pesca.

En Panamá se encuentran dos empleados que trabajan en obtener los registros de bitácora de las embarcaciones que trasbordan su carga, en ese país, a frigoríficos y de las embarcaciones que pasan a través del Canal de Panamá para descargar en puertos del Atlántico o pescar en el Océano Atlántico después de haber pescado en el Océano Pacífico oriental. Dedicán también parte de su tiempo en medir atunes en Panamá y en obtener tres o cuatro veces al año estadísticas atuneras en Puntarenas (Costa Rica). Se está construyendo en la Bahía de Achotines, justamente al norte de Cabo Mala en la parte occidental de Panamá, el nuevo laboratorio experimental de la Comisión. Se empleará para investigar los primeros estadios del ciclo vital de los atunes.

La Comisión tiene dos empleados en Manta (Ecuador). La industria atunera considerable del Ecuador, se centraliza allí; Salinas, Posorja y Guayaquil son los otros tres puertos importantes que se encuentran a una distancia conveniente de Manta. El personal de la Comisión en el Ecuador trabaja principalmente en la obtención de datos estadísticos de captura, pero dedica también su tiempo en medir atunes y en recolectar otros datos biológicos. Obtiene también, de vez en cuando, estadísticas atuneras de Colombia y Venezuela.

En el Perú, la Comisión tiene un empleado permanente que se encuentra estacionado en Coishco; éste obtiene datos estadísticos de captura y otra información biológica y pesquera en Coishco, Salaverry y Paita, los tres puertos principales de atún.

PUBLICACIONES E INFORMES

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica y el público en general se enteran corrientemente de los resultados científicos de los investigadores de la Comisión. La publicación de los datos básicos, métodos de análisis y las conclusiones obtenidas, ofrecen la oportunidad de que sean revisados críticamente por otros investigadores, confirmando así la validez de los resultados logrados por el personal científico de la Comisión y al mismo tiempo despertando el interés de otros investigadores en dicha labor.

La Comisión divulga en su serie de boletines las investigaciones de sus científicos y de otros investigadores colaboradores. En 1983, se editó en esta serie otro boletín en inglés y español.

Boletín, Volumen 18, No. 3 - Estimación del número de lances realizados por embarcaciones cerqueras sobre atunes asociados con delfines en el Océano Pacífico oriental tropical en 1959-1980, *por* Richard G. Punsly. 1983.

En 1983, se publicó otro Informe de Datos de la Comisión:

Kane, William P. 1983. Report on the electrophoretic and morphometric studies conducted at the Inter-American Tropical Tuna Commission from 1969 to 1978 (No. 7).

Además de las publicaciones anteriores, los investigadores publicaron 12 escritos en otras revistas:

Bayliff, W.H. 1983. Analysis of population structure of fishes from life-history data. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 18 (3): 776-791.

Bratten, David A. 1983. Reducing dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern tropical Pacific Ocean: a review of the tuna-dolphin fishery gear program of the Inter-American Tropical Tuna Commission. Rep. int. Whal. Commn, 33: 599-602.

Calaprice, J.R. 1983. X-ray vision - a new method of examining an old problem. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 18 (3): 792-793.

Hammond, P.S. and J.L. Laake. 1983. Trends in estimates of abundance of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) involved in the purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean, 1977-81. Rep. int. Whal. Commn, 33: 565-588.

Hammond, P.S. and Kao-Tai Tsai. 1983. Dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern Pacific Ocean, 1979-81. Rep. int. Whal. Commn, 33: 589-597.

Hohn, Aleta A. and P.S. Hammond. 1983. Growth in the first year of the offshore spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the eastern tropical Pacific. Administrative Report, Southwest Fisheries Center, LJ-83-08: 33 pp.

Joseph, James. 1983. Management of tuna fisheries in the eastern Pacific Ocean. In: The Law of the Sea and Ocean Development Issues in the Pacific Basin. Edited by Edward L. Miles and Scott Allen. Proc. Law of the Sea Institute, Fifteenth Ann. Conf., Oct. 5-8, 1981, Honolulu: 145-157.

Joseph, James. 1983. International Tuna Management Revisited. In: Global Fisheries, Perspectives for the 1980s. Edited by B.J. Rothschild. Springer-Verlag, New York: 123-149.

Perrin, W., M. Scott, G. Walker, F. Ralston, and D. Au. 1983. Distribution of four dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern Pacific, with an annotated catalog of data sources. NMFS Tech. Memo. NOAA-TM-NMFS-SWFC 38.

Ratti, J.T., L.M. Smith, J.W. Hupp and J.L. Laake. 1983. Line transect estimates of density and the winter mortality of gray partridge. Jour. Wild. Manag., 47(4): 1088-1096.

Rau, G.H., A.J. Mearns, D.R. Young, R.J. Olson, H.A. Schafer, and I.R. Kaplan. 1983. Animal $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ correlates with trophic level in pelagic food webs. Ecology, 64(5): 1314-1318.

Scott, Michael D. and Peter C. Wussow. 1983. Movements of a Hawaiian spotted dolphin. In: Proceedings: Fourth International Conference on Wildlife, Aug. 22-24, 1983, Halifax, Nova Scotia. Edited by D. Pincock: 353-364.

LA PESCA EN 1983**RESUMEN**

Las embarcaciones de 12 naciones (Bermuda, Canadá, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos de América, las Islas Caimán, Japón, México, Panamá, Perú y Venezuela) pescaron atún en el Océano Pacífico oriental en 1983. Estos barcos capturaron principalmente atún aleta amarilla y barrilete, junto con algunas pequeñas cantidades de otros atunes. Los tres tipos principales de arte empleados en las capturas en orden de importancia fueron: redes de cerco, caña y sedal y palangres.

Debido a la gran explotación, la pesca del atún aleta amarilla estuvo desde 1966 hasta 1979, bajo administración internacional, pero hasta ahora no se ha presentado la necesidad de aplicar estas medidas de conservación a otras especies de túnidos obtenidas por la pesca en el Pacífico oriental. La zona en la que se aplicó el programa de conservación del atún aleta amarilla, denominada Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA), se presenta en la Figura 1.

En la XXXVII reunión convocada en octubre de 1979, la Comisión no llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla en 1980, sin embargo, se acordó luego una cuota de 165 mil toneladas americanas con la estipulación de aumentarla a discreción del Director de Investigaciones, pero esta cuota no llegó a ser vigente. En las reuniones XXXVIII, XXXIX y XL, celebradas en octubre de 1980, 1981 y 1982, el personal de la CIAT recomendó que se fijaran las cuotas en 160 mil toneladas en 1981 y 1982, y en 170 mil toneladas en 1983, con la estipulación de aumentarlas, según el criterio del Director. Estas fueron aprobadas, pero no se hicieron vigentes. En la XLI reunión celebrada en octubre de 1983, el personal de la CIAT recomendó una cuota de 162 mil toneladas en 1984, estipulando de nuevo que se aumentaría si el Director así lo juzgaba. La cuota fue aprobada de nuevo (véase la resolución anterior) pero sin que se haya hecho vigente.

De 1965 a 1980, aumentó la capacidad colectiva de la flota internacional que pesca atún en el Océano Pacífico oriental de 48,637 a 189,426 toneladas. Desde entonces, debido principalmente al éxodo de los barcos al Pacífico occidental, la capacidad de acarreo se ha reducido a 141,679 toneladas. En 1983, esta flota capturó 90,391 toneladas de aleta amarilla y 56,023 toneladas de barrilete en el ARCAA. Además de la captura del ARCAA, los barcos cerqueros que pescan al oeste del ARCAA pero al este de los 150°W capturaron 13,495 toneladas de aleta amarilla y 8,644 toneladas de barrilete. Además nueve barcos que participaron en la pesca del ARCAA en 1983, pescaron también en el Océano Atlántico, en el Mar Caribe o en ambos y capturaron allí 9,126 toneladas de atún aleta amarilla y 7,188 toneladas de barrilete. Finalmente, 37 barcos que pescaron en el Pacífico oriental en 1983, pescaron también en el Pacífico occidental en ese año; estos barcos capturaron allí 23,878 toneladas de aleta amarilla y 45,277 toneladas de barrilete.

La captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1983, fue la más baja desde

1967. Esta captura baja refleja, en parte, la fuerte pesca efectuada desde 1977 hasta 1981, que redujo significativamente la magnitud de la población, pero aún más importante fue el resultado de la reducción en el esfuerzo de pesca en 1983. La reducción de captura en 1982 y 1983, ha aumentado la magnitud de la población, lo que debe resultar en un aumento de la captura por unidad de esfuerzo y también en un incremento en las capturas, a no ser que el esfuerzo se reduzca aún más en 1984. La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental fue la más baja desde 1973. La reducción del esfuerzo de pesca en 1983, fue responsable en su mayor parte por esta reducción, pero además, parece que el barrilete fue menos abundante que en otros años en el Pacífico oriental. Se examina detalladamente la evaluación hecha por los investigadores de la CIAT sobre la condición de los recursos del aleta amarilla, barrilete y el atún aleta azul del norte, en la sección de este informe titulada "Condición de las poblaciones de atún en 1983 y perspectivas en 1984".

ESTADISTICAS DE CAPTURA Y DESEMBARQUE

Las capturas de aleta amarilla, barrilete, patudo, atún aleta azul, bonito, albacora, barrilete negro y otras especies misceláneas, obtenidas en el Océano Pacífico oriental desde 1961 a 1983, se presentan en la parte A de la Tabla 1. En esta tabla se incluyen solo las capturas de las artes epipelágicas, con excepción de las capturas palangreras de aleta amarilla del ARCAA que están incluidas. Las cifras de captura del aleta amarilla y del barrilete en el ARCAA antes de 1983, se encuentran esencialmente completas con excepción de cantidades insignificantes obtenidas por algunas pescas deportivas y artesanales. Grandes cantidades de bonito, albacora y barrilete son capturadas por deportistas o barcos que no se consideran forman parte de la flota atunera del Pacífico oriental. Por ejemplo, en 1983, la captura total de albacora obtenida por la flota epipelágica de los EEUU en el Pacífico oriental fue de unas 11,154 toneladas, de las cuales la flota atunera del Pacífico oriental (definida más adelante) descargó solamente 249 toneladas.

La flota atunera del Pacífico oriental está formada por aquellos barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete o aleta azul en el ARCAA todo el año o parte de éste. Algunos de estos barcos pescan casi exclusivamente estas especies; en cambio otros, especialmente los de pequeño porte, pescan en su mayoría otras especies de atún durante todo el año. Por ejemplo, la mayoría de los caceros (pesca con curricán) pescan normalmente albacora en la costa occidental de los EEUU pero a veces se dedican a pescar atún tropical cuando la pesca de albacora es pobre. Además, algunos barcos que se encuentran equipados principalmente para pescar otras especies que no son atunes, cambian ocasionalmente los aparejos pesqueros con el fin de participar en la pesca del atún aleta amarilla, barrilete o aleta azul. Por ejemplo, algunos pequeños cerqueros que normalmente llevan redes para pescar anchovetas, sardinas o caballas, equipan algunas veces sus embarcaciones temporalmente para pescar atunes. Cuando estos barcos de pequeño porte están pescando albacora, bonito, barrilete negro u otras especies que no son atunes, sus capturas se incluyen solamente en el sistema estadístico, si durante el año, alguna parte de sus capturas consiste en atún aleta amarilla, barrilete o aleta azul del

ARCAA. En 1983, nueve cerqueros pescaron tanto en el ARCAA como en el Océano Atlántico o el Caribe; además 37 cerqueros pescaron en el Pacífico occidental y en el ARCAA. La definición de la Comisión de un barco atunero en el Pacífico oriental, sigue igual a como se describió anteriormente, aun cuando cerca del 32% de la captura en 1983, obtenida por la flota atunera del Pacífico oriental se obtuvo en otras zonas de pesca.

Las capturas de aleta amarilla, barrilete y patudo obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en el Pacífico occidental y en el Océano Atlántico se presentan en la parte B de la Tabla 1. Naturalmente que estas cifras representan solo una pequeña fracción de la cantidad total capturada de estas especies en estas dos zonas, ya que otras flotas pescan también allí.

La estimación preliminar de la captura de atún aleta amarilla en el ARCAA en 1983, de 90,391 toneladas es 28,708 toneladas inferior a la captura del ARCAA en 1982 y 73,671 toneladas inferior al promedio anual de captura de los cinco años anteriores. La estimación preliminar de la captura de barrilete en el ARCAA es de 56,023 toneladas, es decir, 49,727 toneladas inferior a la registrada en 1982 y 79,892 toneladas inferior al promedio de captura de los cinco años anteriores. La estimación preliminar en 1983, de la captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete en el ARCAA de 146,414 toneladas, es 78,435 toneladas inferior a la captura de 1982 y 153,563 toneladas inferior al promedio de los cinco años anteriores. Las estimaciones preliminares de la capturas de aleta amarilla y barrilete en la zona entre los límites del ARCAA y los 150°W en 1983, fueron respectivamente 13,495 y 8,644 toneladas, un total combinado de 22,139 toneladas que es 718 toneladas inferior a la captura de 1982 y 5,788 toneladas inferior al promedio de la captura anual de los cinco años anteriores. La captura de 265,944 toneladas de todas las especies, en todas las zonas de pesca en 1983 (parte B, Tabla 1) fue 22,185 toneladas inferior a la de 1982 y 107,493 toneladas inferior al promedio de los cinco años anteriores.

En 1983, la captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico al este de los 150°W ascendió a 168,553 toneladas, 79,153 toneladas inferior a la captura de 1982 y 160,071 toneladas inferior al promedio de captura de 1978-1982. La fuerte reducción en la captura se relaciona estrechamente a la reducción del esfuerzo de pesca en esta zona. Se estimó que en 1983, la flota cerquera del Pacífico oriental, estuvo en el mar unos 26.0 mil días, en comparación con 36.0 mil días en 1982. La captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete obtenida en el Pacífico oriental en 1983, fue aproximadamente 49% inferior al promedio de captura de 1978-1982. La reducción del esfuerzo de los barcos cerqueros (días de ausencia) durante el mismo período, fue de un 44%. La reducción del esfuerzo y la captura se examina detalladamente en este informe en la sección titulada "Condición de las poblaciones de atún en 1983".

Las capturas obtenidas en 1983, de atún aleta amarilla, barrilete y otros varios atunes en el ARCAA y en la zona adyacente al oeste de la misma, por la flota del Pacífico oriental se presentan en la Tabla 2, por abanderamiento de los barcos. Al usar como comparación, la captura total de todas las especies obtenida en el

ARCAA en 1982 y al excluir cambios inferiores a 500 toneladas, se observaron los siguientes incrementos en la captura: Canada (+85%), Ecuador (+6%), Perú (+635%) y Venezuela (+63%). Los países siguientes capturaron menos: Bermuda (-79%), Islas Caimán (-55%), México (-28%) y Panamá (-76%). Los barcos del Salvador, España y la URSS realizaron capturas en 1982, pero no en 1983. Se presentan además en la Tabla 2, los descargues por país. Los descargues son las cantidades de peces descargadas durante un año civil, omitiendo el año de captura. El país de desembarque es aquel donde el barco pesquero descargó los peces o en el caso de trasbordos, el país que recibió los peces trasbordados.

La distribución geográfica de las capturas registradas de atún aleta amarilla en 1983, obtenidas por barcos cerqueros en el Océano Pacífico oriental se presentan en la Figura 2. La captura de atún aleta amarilla comparada con la de 1982, fue inferior en la mayoría de las zonas de pesca. El número de zonas de 1 grado que produjeron 500 o más toneladas registradas de esta especie en 1983, fue cerca de 29, comparado con 32 en 1982 y 61 en 1981. La captura de aleta amarilla y el esfuerzo de pesca fueron inferiores en la parte central de la pesca, pero superiores a lo común al sur de los 10°S. En la zona al oeste del ARCAA pero al este de los 150°W, las capturas de aleta amarilla fueron las más bajas desde 1968 y las localidades de captura se redujeron algo con referencia a las de los años anteriores. Se presentó poca captura al norte de los 20°N en la mayoría de las zonas, especialmente en el Golfo de California.

La distribución geográfica de la captura registrada de barrilete en 1983, se presenta en la Figura 3. Igual que con la del aleta amarilla, la captura de barrilete fue inferior en la mayoría de las zonas, si se compara con la de 1982. Hubo muy poca captura de barrilete en la región central de la pesca, pero bastante buena en una faja estrecha al norte de los 12°N y al oeste de aproximadamente los 112°W. Las concentraciones más grandes de captura se presentaron cerca a la costa entre los 9°N y 5°S.

LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

La Comisión mantiene archivos sobre las artes, bandera y capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan aleta amarilla, barrilete o atún aleta azul en el Océano Pacífico oriental. No se tienen archivos de barcos individuales palangreros, ni de barcos pesqueros de deporte ni de canoas y otras embarcaciones pequeñas.

Las embarcaciones se clasifican por clase de arqueo, basados en la capacidad de acarreo, en la siguiente forma: clase 1, menos de 51 toneladas; clase 2, 51-100 toneladas; clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas y clase 6, más de 400 toneladas. Anualmente se examinan los registros de descargue de cada embarcación y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. En las embarcaciones nuevas se emplean los cálculos de los propietarios o armadores de la capacidad de acarreo. Las embarcaciones que se van a pique o abandonan la pesca después de haber pescado durante el año se incluyen en la flota de ese año. Las embarcaciones que cambian de pabellón se enumeran bajo la nueva bandera si iniciaron por lo menos un viaje bajo ese pabellón.

En la Tabla 3, se presenta el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica del Pacífico oriental en 1983, por bandera, arte y clase de arqueo. En términos de la capacidad, la flota en 1983, estuvo formada el 97.2% por embarcaciones cerqueras, el 2.4% por embarcaciones de carnada, 0.2% por bolicheros y 0.2% por barcos con curricán. En términos del número de barcos, los cerqueros formaron el 73.4%, los de carnada 19.2%, los bolicheros 4.4% y los barcos con curricán el 3.0% de la flota.

En 1983, participaron en la pesca epipelágica del Pacífico oriental embarcaciones de 11 naciones. El Salvador, España y la URSS tuvieron barcos en la flota en 1982, pero no en 1983. Perú que no tuvo barcos en la flota en 1982, excepto por algunas pequeñas embarcaciones de las cuales la Comisión no mantiene archivos, tuvo tanto cerqueros como bolicheros en la flota en 1983. De los países que tuvieron barcos de pesca tanto en 1982 como 1983, las flotas de Ecuador, México y Venezuela aumentaron su capacidad, la capacidad de la flota de Canadá (un barco) y de Panamá no cambió y las flotas de Bermuda, Costa Rica, EEUU y las Islas Caimán redujeron su capacidad en 1983. La flota de los EEUU fue la que más perdió en capacidad unas 25,563 toneladas con una pérdida neta de 29 cerqueros de la clase 6 de arqueo. Aproximadamente un tercio de éstos se fueron a pescar en el Pacífico occidental y la mayoría del resto permanecieron inactivos en 1983. Las flotas de México y Venezuela tuvieron cada cual una ganancia neta de dos cerqueros de la clase 6 de arqueo y cada flota aumentó en capacidad 2,500 toneladas.

Se presenta a continuación el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1983 y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior:

| Año | Número de embarcaciones | Capacidad | Cambio en la capacidad |
|------|-------------------------|-----------|------------------------|
| 1965 | 279 | 48,637 | |
| 1966 | 248 | 46,255 | - 2,382 |
| 1967 | 244 | 46,488 | + 233 |
| 1968 | 265 | 58,125 | + 11,637 |
| 1969 | 264 | 63,656 | + 5,531 |
| 1970 | 285 | 73,822 | + 10,166 |
| 1971 | 358 | 95,569 | + 21,747 |
| 1972 | 379 | 120,942 | + 25,373 |
| 1973 | 358 | 139,568 | + 18,626 |
| 1974 | 335 | 152,556 | + 12,988 |
| 1975 | 335 | 169,420 | + 16,864 |
| 1976 | 397 | 184,864 | + 15,444 |
| 1977 | 365 | 183,298 | - 1,566 |
| 1978 | 367 | 186,791 | + 3,493 |
| 1979 | 329 | 186,887 | + 96 |
| 1980 | 321 | 189,426 | + 2,539 |
| 1981 | 290 | 186,886 | - 2,540 |
| 1982 | 262 | 170,579 | - 16,307 |
| 1983 | 271 | 141,679 | - 28,900 |

Debido a la construcción de nuevos cerqueros de gran porte, la capacidad de la flota aumentó substancialmente cada año entre 1968 y 1976, ganando unas 127 mil toneladas. Entre 1976 y 1981, la capacidad de la flota permaneció bastante estable con una ganancia neta de unas 2,000 toneladas. Durante este período continuó la construcción de nuevos barcos, pero la capacidad agregada de los barcos fue compensada por la pérdida de barcos que se retiraron de la pesca. En 1982, la capacidad de la flota se redujo en unas 16,000 toneladas, a causa de que algunas embarcaciones se fueron a pescar a otras zonas, especialmente al Pacífico occidental y a barcos inactivos. En 1983, continuó esta tendencia y la capacidad de la flota se redujo en unas 29,000 toneladas. La capacidad de la flota en 1983, de 141,679 toneladas, es la más baja desde 1973. Se espera que la capacidad se reduzca en 1984, por las mismas razones. Sin embargo, la mayoría de las embarcaciones que se han ido a pescar en el Pacífico occidental y muchos de los barcos que se encuentran inactivos, pueden entrar de nuevo a pescar en el Pacífico oriental, si cambian las condiciones.

En 1983, el número de palangreros japoneses que maniobraron en el ARCAA, fluctuó mensualmente de 14 a 97.

INVESTIGACION EN 1983

ABUNDANCIA DE ATUNES Y RESULTADOS DE PESCA

Orientación anual de la captura por día normal de pesca

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día normal de pesca (CPDNP) como un índice de la abundancia relativa y aparente del aleta amarilla y del barrilete y, también, como un índice del éxito relativo de pesca. Se estima la CPDNP según los datos de bitácora que se obtienen de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. La CPDNP se encuentra afectada por los cambios temporales y geográficos de la disponibilidad y vulnerabilidad de los peces, como también por la variabilidad en la distribución del esfuerzo pesquero. Se pueden calcular algunos de estos cambios y corregir la CPDNP basados en estos mismos; se supone que otros se compensan a la larga. Desde el comienzo de la década de 1960, la mayor parte del atún aleta amarilla y barrilete ha sido capturada por embarcaciones con redes de cerco; por consiguiente, la CPDNP de estas embarcaciones sirve como un índice principal para examinar los cambios en la abundancia relativa y aparente.

Las estimaciones anuales de la CPDNP, en unidades de la clase 6 de arqueo de los barcos, en 1960-1983, se presentan en la Figura 4 para el aleta amarilla en el ARCAA (recuadro superior) y el barrilete en el Pacífico al este de los 150°W (recuadro inferior). Los valores de 1983 son preliminares.

La CPDNP del atún aleta amarilla

Hasta 1966, no hubo restricción en la pesca del atún aleta amarilla en el ARCAA y se emplearon todos los registros de bitácora de los barcos que llenan ciertos requisitos sobre la composición de las especies y la precisión de los datos

para calcular la CPDNP. Desde 1966 hasta 1980, cuando estuvieron vigentes las reglamentaciones que limitaban la captura del aleta amarilla, se emplearon solo los datos de viajes sin reglamentar para calcular la CPDNP.

La CPDNP anual llegó a su máximo en 1960, en la época en que por primera vez las redes de cerco fueron el método predominante de pesca. La CPDNP se redujo fuertemente en 1961 y 1962, reduciéndose en ese entonces el índice a menos de la mitad del valor de 1960. La CPDNP aumentó en 1964, pero se redujo en 1965, hasta llegar aproximadamente al mismo nivel de 1962-1963. En 1966 la CPDNP ascendió moderadamente y luego se incrementó fuertemente en 1967 y 1968, a medida que la pesca se extendía mar afuera. Sin embargo, no recobró el nivel de 1960. La CPDNP se redujo algo en 1969 y 1970, le siguió a esto una fuerte reducción en 1971, cuando el índice se redujo al nivel de 1966. En 1972, la CPDNP aumentó nuevamente, volviendo al nivel de 1970. Sin embargo, después de 1972, la CPDNP empezó de nuevo a disminuir y continuó reduciéndose hasta 1982, con solo pequeñas interrupciones en 1976 y 1981. El valor de la CPDNP en 1982, fue aproximadamente una cuarta parte de lo que había sido en 1972. El valor preliminar de la CPDNP de 1983, es un poco superior al de 1982.

La CPDNP del barrilete

La CPDNP del barrilete no ha demostrado ninguna tendencia a largo plazo. El índice más elevado durante el período de 1960-1983, se obtuvo en 1967 y el índice más bajo en 1960, cuando la mayor parte del esfuerzo de pesca fue aplicado al atún aleta amarilla. Se obtuvieron otros índices elevados en 1963, 1971 y 1978. Se obtuvieron índices bajos en 1972 y 1973. La CPDNP fue casi constante entre 1979 y 1982. Los valores preliminares de 1983, son algo inferiores a los de 1982.

Captura por tonelada de capacidad de acarreo

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) sirve como un índice para examinar los cambios relativos de las ganancias brutas de las diferentes capacidades de los barcos de un año a otro. La CPTCA de un grupo de barcos es el cociente de la captura total de todas las zonas de pesca, dividido por el tonelaje total de la capacidad de acarreo del grupo de barcos. Cada año se calcula la CPTCA de cada especie capturada y de todas las especies combinadas correspondiente a todos los cerqueros de la flota atunera internacional del Pacífico oriental que tienen más de 101 toneladas de capacidad de acarreo y que han pescado en el ARCAA. Con este propósito se han clasificado las embarcaciones de acuerdo a la clase de arqueado como sigue: clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas; clase 6, 401-600 toneladas; clase 7, 601-800 toneladas; clase 8, 801-1000 toneladas; clase 9, 1001-1200 toneladas; clase 10, más de 1201 toneladas.

En la Tabla 4 se presenta la CPTCA de 1973-1983, por clase de arqueado y por todas las clases combinadas de arqueado, de atún aleta amarilla, barrilete, otras especies y todas las especies combinadas. Las "otras especies" incluyen *Thunnus obesus*, *Thunnus thynnus*, *Sarda chiliensis*, *Thunnus alalunga*, *Euthynnus lineatus* y pequeñas cantidades de otras tres o cuatro especies. Las capturas de las otras

especies, forman, en algunos años, una porción importante de toda la captura de las embarcaciones de la clase 3, 4 y 5, pero no contribuyen demasiado a la captura de las embarcaciones de gran porte. Los valores de 1983, son preliminares.

En 1973-1978, hubo un descenso en la CPTCA del aleta amarilla, en todas las clases de arqueo combinadas. Desde 1978, el índice ha sido regularmente constante. Durante el período de 1973-1983, la CPTCA de barrilete, de todas las clases de arqueo combinadas, tuvo un nivel bajo en 1973 y 1977 y máximo en 1978. Desde 1979 hasta 1983, el índice ha sido más bien constante. En 1983, la CPTCA de aleta amarilla fue máxima para la clase 4 (1.55) y mínima para la clase 6 (0.72). El valor de todas las clases de arqueo combinadas fue 1.04. La clase 4 tuvo también la CPTCA más elevada de barrilete (1.82); la clase 7 tuvo el valor más bajo (0.39). El valor de todas las clases combinadas de arqueo fue 0.81.

Normalización de los índices de captura

Los investigadores de la Comisión han estado estudiando cómo substituir la captura por día normal de pesca como índice de la abundancia del atún aleta amarilla. Con el otro índice, se definió el esfuerzo de pesca como el tiempo transcurrido entre lances positivos y se empleó un modelo lineal general para estimar la variación anual en los índices de captura, independientes de la eficacia, condiciones ambientales y modas de pesca. Anteriormente el modelo incluía los factores de la eficacia de la embarcación, la capacidad (0-499, 500-999 toneladas y 1000 o más toneladas), la velocidad, longitud de la red, altura de la misma y si se dispuso o no de ayuda aérea; las variables ambientales, la temperatura de la superficie del mar, la temperatura de la superficie del mar al cuadrado y la temperatura de la superficie del mar al cubo; y las modas de pesca, cardúmenes asociados con delfines, cardúmenes de peces o cardúmenes de peces con objetos flotantes. Se encontró recientemente que al agregar otros dos factores, los efectos de la captura de barrilete y la latitud, se podía explicar más la variación de los índices de captura del aleta amarilla.

Como en el modelo anterior, se consideró cada viaje de pesca en cada estrato de mes y zona de 5° como una observación individual y se determinó la moda de pesca en la forma siguiente: se clasificaron los estratos de mes y zona de 5° como “estratos de delfines” si dos tercios o más de la captura del aleta amarilla y barrilete provenía de cardúmenes asociados con delfines, o estratos de “objetos flotantes o cardúmenes de peces” si dos tercios o más de la captura provenía de cardúmenes no asociados con delfines. Los estratos de mes y zona en los que no predominó ninguno de estos tipos de pesca no fueron lo suficientemente comunes para que sirvieran en el modelo.

En el nuevo modelo las modas de pesca de los barcos en los estratos de cardúmenes de peces o asociados con objetos flotantes se clasificaron aún más en una o dos categorías de acuerdo a si el barco capturó algún barrilete en el estrato de mes y zona de 5°. Las tres modas de pesca en el nuevo modelo son 1) “moda con delfines” correspondiente a los barcos que pescan en los estratos con delfines, 2) “moda con cardúmenes puros de aleta amarilla o con objetos flotantes” referente a los barcos que pescaron cardúmenes puros o asociados con objetos flotantes y

que no capturaron barrilete y 3) "moda con cardúmenes de aleta amarilla y barrilete, y con objetos flotantes" de barcos que pescaron en estratos de cardúmenes de peces y objetos flotantes y capturaron barrilete.

Los efectos de la latitud y las interacciones de otros factores con la latitud aumentaron también la cantidad de variación en los índices de captura, explicada por el modelo. Las tres divisiones latitudinales que mejoraron más el modelo fueron 1) al norte de los 20°N, 2) entre el ecuador y los 20°N y 3) al sur del ecuador. Las interacciones significativas ($\alpha = .001$) con la latitud fueron la moda de pesca, el trimestre del año y la temperatura de la superficie del mar, siendo esta última la más importante. Se encontró que el índice de captura aumentaba al ascender la temperatura de la superficie del mar al norte de los 20°N y disminuía al ascender la temperatura superficial del mar al sur del ecuador, dentro de los límites de las temperaturas superficiales del mar observadas en las zonas respectivas. Fue más débil la relación entre el índice de captura y la temperatura de la superficie del mar entre el ecuador y los 20°N.

Cuando se agregaron al modelo los resultados que tuvieron la latitud y el barrilete sobre los índices de captura del aleta amarilla, llegaron a ser insignificantes los siguientes factores considerados anteriormente importantes: la temperatura de la superficie del mar al cuadrado, la temperatura de la superficie del mar al cubo, la longitud y altura de la red. Además, fue pequeña la magnitud del resultado de la interacción entre los años y las modas de pesca en comparación a los resultados principales; por consiguiente, puede ignorarse la interacción y puede obtenerse un índice individual de la abundancia que abarque todas las modas de pesca del ARCAA. En la Tabla 5 se presentan los factores que han tenido un resultado significativo ($\alpha = .001$) en el logaritmo de los índices de captura del aleta amarilla en el ARCAA, al emplear los datos de 1970 a 1983. En la Figura 5 se indica la variación anual en el índice de captura referente a 1970, después de ajustarla por la acción de cada uno de los factores significativos. Como no se han incluido todos los datos de 1983 en el modelo, la estimación de ese año es provisional.

Cambios en la eficacia del esfuerzo cerquero sobre el barrilete

Se han investigado los efectos de las propiedades de las embarcaciones cerqueras en el logaritmo del índice de captura del aleta amarilla (informe anual de la CIAT de 1981). Las propiedades usadas fueron la capacidad, velocidad, antigüedad, el empleo de aeronaves para descubrir cardúmenes y las dimensiones de la red. La más efectiva fue la velocidad del barco; la segunda el uso de aeronaves; los otros efectos fueron menores o no tuvieron importancia. El efecto de la velocidad puede explicarse parcialmente por la zona más grande de búsqueda lograda por hora por los barcos más veloces. Otras propiedades que no han sido estudiadas en estas primeras investigaciones, pueden relacionarse a la velocidad y han contribuido evidentemente a su causa. Una posibilidad puede ser la pericia de los capitanes y de los tripulantes, donde los mejores se pueden encontrar en los barcos más nuevos y veloces. No se ha hecho un análisis similar para el barrilete, pero probablemente la velocidad del barco es también importante así que esta

suposición se hizo para tratar de ajustar los cambios en la eficacia de la captura del barrilete. Se calculó la media de la velocidad del barco en cada año de todos los barcos cerqueros que han pescado en el Pacífico oriental que han capturado una o más toneladas de aleta amarilla o barrilete. En los últimos años se incluyó también el atún aleta azul (*T. thynnus*). Los valores varían de 9.3 nds en 1961 a 12.6 nds en 1977 y luego se redujeron algo, debido posiblemente al costo creciente del combustible (Tabla 6 y Figura 6).

Sin embargo, no se hicieron ajustes por la velocidad del barco, porque se supuso más tarde que el efecto de la velocidad ya estaba incluido en los factores de la eficacia obtenidos según las varias clases de arqueo de los cerqueros y empleados para el esfuerzo normalizado a días de los barcos de la clase 3 de arqueo. Como la velocidad es una función de la dimensión del barco, se supuso que la velocidad de los cerqueros de la clase 3 no había cambiado con el tiempo, así que la zona explorada por hora ha permanecido igual para esta clase de arqueo.

Debido a que había muy pocos barcos de la clase 3 de arqueo después de 1973, con el fin de obtener factores significativos de la eficacia en años individuales, se han empleado desde entonces los factores de la eficacia de 1973, para normalizar el esfuerzo de otras clases a días de la clase 3 de arqueo. Sin embargo, la velocidad de los barcos ha aumentado desde 1973, como se presenta en la Figura 6, pero solo un poco (cerca del 4% en 1977 y 1978) así que es posible que al usar los mismos factores de la eficacia de los barcos de más porte después de 1973, no haya contribuido a que los factores de la eficacia sean significativamente inferiores en los últimos años a los factores actuales de la eficacia de los años individuales, si se hubieran podido calcular.

Se supone que la razón de los lances positivos (RLP) ha aumentado con el tiempo en todas las clases cerqueras a causa de innovaciones en las redes y artes relacionadas, como también a la mayor pericia de los tripulantes. La RLP probablemente varía también con la velocidad del barco y, por consiguiente, con la clase de arqueo, ya que los barcos más veloces pueden cercar un cardumen en menos tiempo, reduciendo la probabilidad de que los peces se escapen. El efecto de la velocidad como se mencionó anteriormente, ha sido incluido en los factores de la eficacia usados en la normalización de los días de la clase 3 de barcos, pero no se incluyen los efectos de la mayor pericia ni de la innovación de las artes de todas las clases. Se decidió por lo tanto ajustar el esfuerzo normalizado por los cambios en la RLP.

La RLP de barrilete es la proporción de todos los lances de los cerqueros sobre barriletes que capturan media tonelada o más de barrilete. Los lances se dividen en tres categorías: lances sin delfines (lances en cardúmenes de peces y objetos flotantes); lances sobre delfines y lances de tipo desconocido. Como los lances sobre delfines capturan principalmente atún aleta amarilla y solo rara vez se captura barrilete, éstos se han ignorado en este análisis. Por consiguiente, se puede suponer que los lances desconocidos sobre barrilete son lances sin delfines y se han combinado con los lances conocidos sin delfines para obtener la RLP de barrilete presentada en la Tabla 6 e indicada en la Figura 6.

La RLP del barrilete en cardúmenes no asociados con delfines tiende a aumentar con el tiempo pero indica gran variabilidad desde 1961 a 1973; hay menos variabilidad desde 1973 hasta 1981. La RLP en los años impares tiende a ser relativamente inferior y la de los años pares relativamente superior. La RLP del aleta amarilla en cardúmenes no asociados con delfines tiende a cambiar similarmente en dirección, lo que indica que estas variaciones son causadas por algún factor ambiental, posiblemente la profundidad y la estructura de la termoclina o la oxiclina. Las cuatro RLP más bajas de aleta amarilla referentes a la línea de la tendencia de las RLP de esta especie se encuentran en 1961, 1965, 1969 y 1972. En los últimos tres de estos años la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico oriental fue también elevada comparada con la de los otros años. La RLP con más desviación para el barrilete fue en 1972. Se supone que una línea suavizada trazada a través de las medias móviles de los 4 años de la RLP del barrilete, excluyendo 1972, como valor atípico, representa los cambios en la eficacia de los cerqueros al capturar barrilete. El porcentaje de desviación de la línea de tendencia de la RLP de barrilete no se correlaciona significativamente con la RLP en las 22 zonas de barrilete ($r_s = -0.20$) ni tampoco el porcentaje de desviación de la RLP de aleta amarilla, de la línea de tendencia de la RLP de esta especie ($r_s = -0.39$). El porcentaje de desviación de las RLP de las dos especies se correlaciona positiva y significativamente ($r_s = 0.51$, $P < 0.05$).

Los valores anuales de la línea de tendencia de la RLP del barrilete se presentan en la Tabla 6. Fluctúan de 0.518 en 1961 a 0.714 en 1981. Los factores de ajustamiento (FA') se basan en la RLP de 1961 y varían de 1.00 a 1.38. En la Tabla 6 se indican también los factores de ajustamiento de los valores actuales de la RLP de barrilete (FA''), en lugar de los valores de la línea de tendencia. Los valores ajustados del esfuerzo (f') crean una diferencia considerable en los índices de captura en los últimos años. Por ejemplo, el índice de captura de barrilete a la edad 1+ (12-24 meses de edad) en los tres primeros trimestres de 1981, basado en un índice de crecimiento de 24 cm/año, se reduce de un valor no ajustado de 1,640 peces por día a un valor ajustado de 1,190 peces por día.

No se incluye en el análisis actual el uso de aeronaves, porque los datos en su forma actual no se consideran confiables. Se conoce cuando los barcos llevaron por primera vez helicópteros a bordo, pero en muchos casos no se conoce cuando fueron actualmente usados o si más tarde se quitaron. Debe hacerse un ajuste por el uso de helicópteros, ya que pueden incrementar grandemente la eficacia del barco en la zona de búsqueda. Entre 1961 y 1973, solo 6 cerqueros tenían helicópteros a bordo; en el período de 1974-1977, 16 barcos los tenían y en el período de 1978-1980, 55 barcos los llevaban a bordo. Después de que se recopilen los datos puede que se conciba más tarde un método para ajustar el esfuerzo de pesca cuando se usan helicópteros.

Indíces de pérdida de las cohortes de barrilete

Las poblaciones explotadas de peces se reducen exponencialmente por la mortalidad natural y la mortalidad por pesca; algunas poblaciones pueden reducirse también por el desplazamiento, como se supone que sea el caso del barrilete en

el Pacífico oriental. El índice instantáneo de pérdida total, Z , con una base anual, incluye tres índices instantáneos de pérdida como sigue:

$$Z = F + M + E$$

donde F , M y E son respectivamente los coeficientes de la mortalidad por pesca, de la mortalidad natural y de desplazamiento. Para los peces marcados Z''' se incluye G , el coeficiente de mortalidad debido a la llevada de las marcas y L , el coeficiente de pérdida debido al desprendimiento de las marcas. Se refiere a estos dos coeficientes combinados como Q , así que:

$$Z''' = F + M + E + Q$$

Según 26 estimaciones de Z''' de los experimentos de marcado de barrilete en el Pacífico oriental, los valores medios de Z''' de cada una de las cuatro zonas de marcado y recaptura de barrilete, fueron ponderados por la proporción de la captura total registrada en toda la pesca incluida en cada zona en los años en que los peces marcados fueron recapturados para obtener un valor medio representativo de la pesca global del barrilete en el Pacífico oriental. El valor medio obtenido fue $Z''' = 6.86$, que parece ser demasiado elevado. Se supone que Q sea 0.4 para el barrilete del Pacífico oriental, así que $Z''' - Q = Z = 6.46$. Al usar el mismo método de la ponderación por captura de las estimaciones de Z hechas por el South Pacific Commission de barriletes marcados en el Pacífico central y occidental, resulta en estas zonas una media de $Z = 3.90$. La media sin ponderar de dos experimentos japoneses de marcado de barriletes en el Atlántico frente al Africa resultó en $Z = 3.52$.

Puede esperarse que Z sea superior para el barrilete del Pacífico oriental ya que ocurre muy poco desove en las zonas de pesca y los peces que se desplazan a las zonas de reproducción harían que E fuera superior. Como el desove ocurre en todo el Pacífico central y occidental en donde la temperatura de la superficie del mar (TSM) excede 24°C , los peces en estas zonas no tienen probablemente que abandonar las zonas para desovar (con excepción de la pesca en Nueva Zelanda en donde las temperaturas son demasiado bajas para el desove) y E debe ser inferior, haciendo que Z sea inferior. Igualmente, ocurre desove en toda la zona de pesca de barrilete del Atlántico oriental y E y Z deben también ser inferiores con relación al Pacífico oriental.

Debido a la pequeña cantidad recapturada de barrilete en la mayoría de los experimentos de marcado en el Pacífico oriental y a la gran variación de los valores obtenidos de Z , se calcularon también las estimaciones de Z según los índices trimestrales de captura (número de barriletes capturados por día de pesca por cerqueros) de un grupo a medida que los índices de captura disminuyen con el tiempo. Se estimó la edad de los peces según la distribución de la frecuencia de talla y tres índices supuestos del crecimiento lineal. Los resultados, con base anual, son los siguientes:

| | | Indice de crecimiento (cm/año) | | |
|---|---------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| | | 17 | 24 | 32 |
| Z | Intervalo | 0.80-4.44 | 1.71-5.24 | 1.92-5.88 |
| Z | Media | 2.62 | 3.35 | 3.98 |
| Z | Desviación normal | 0.91 | 1.02 | 1.27 |
| Z | Coefficiente de variación | 0.347 | 0.304 | 0.319 |
| A | Razón media de pérdida | 93% | 96% | 98% |

Los valores medios de Z son inferiores a $Z = 6.46$ obtenidos de los datos de marcado. Los coeficientes de variación (C) son inferiores a $C = 0.488$ según los datos de marcado, lo que significa que la variación de las estimaciones de Z es inferior en los datos de los índices de captura. El índice de pérdida (A) es el porcentaje de peces que se captura colectivamente, que muere debido a otras causas y que se desplaza en un año. En los datos de marcado $A = 99.8\%$. Estos valores elevados de Z y A indican que F o M o E o alguna combinación de éstos puede ser muy grande.

Aunque el valor medio de $Z = 6.46$ de los datos de marcado parece ser elevado cuando se compara con aquellos de los datos de los índices de captura, los resultados de los datos de marcado se consideran más confiables ya que se han hecho menos suposiciones que en los datos de los índices de captura.

Al estimar M se aplicaron dos métodos al barrilete del Pacífico oriental. El primero se basa en las TSM y en los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, K y L_{∞} , que producen un valor de $M = 1.30$, usando $K = 0.92$ y $L_{\infty} = 82.3$ cm. El segundo es solo una función de K y produce un valor de $M = 1.73$. Se prefiere el segundo método ya que se basa en los datos de tres especies de atunes, mientras que el primer método se basa en todas las especies de peces de los que se tienen datos. Estas estimaciones de M del barrilete se consideran dudosas ya que se basan en otras especies de peces y se ha demostrado que el barrilete es fisiológicamente excepcional, aún cuando se compara con otros atunes.

No ha sido posible, hasta ahora, obtener estimaciones confiables de F o E y como las estimaciones de M son dudosas, se puede solo concluir que estas pruebas de cuantificar los componentes de Z del barrilete del Pacífico oriental han sido insuficientes y los prospectos de obtener en el futuro una solución a este problema con los datos que se tienen actualmente no son muy promisorios.

ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y MIGRACION

Marcado

Durante los últimos años, se ha seguido intermitentemente, según lo han permitido las circunstancias, un estudio sobre los desplazamientos de los atunes aleta amarilla y barriletes marcados y liberados frente a la América Central y Colombia, en los alrededores de las Islas Galápagos y la Isla Clipperton. En 1983, se terminó el primer borrador de un manuscrito en el que se describen estos

análisis. Se examinan tres métodos en este manuscrito, el método cartográfico, el método de Jones y el método de la proporción en la zona. Estos métodos fueron presentados respectivamente en los boletines de la CIAT, Vol. 15, No. 1, Vol. 16, No. 1 y Vol. 16, No. 6. (El último fue denominado el método de las "zonas paralelas" en el Vol. 17, No. 6, pero como las zonas de estudio no tienen que ser paralelas y no son paralelas en este último estudio, se le ha cambiado el nombre por el método más general de la "proporción en la zona").

Se han compendiado aquí los resultados obtenidos por el método de la proporción en la zona correspondientes al atún aleta amarilla liberado en el Golfo de Panamá en abril de 1961. Se han indicado (Figura 7) seis zonas, que incluyen aproximadamente todas las localidades de recaptura de los peces marcados. Las pocas recapturas obtenidas fuera de estas zonas, se han ignorado en este análisis. Se ajustó el número de recapturas en cada estrato de zona-mes de acuerdo a la cantidad ejercida de esfuerzo de pesca en ese estrato mediante

$$P_{ijk} = \frac{r_{ijk} / f_{jk}}{\sum_{j=i}^6 r_{ijk} / f_{jk}}$$

donde

P_{ijk} = proporción de peces liberados en la zona i que aparecen en la zona j durante el mes k ,

r_{ijk} = número de recapturas de peces liberados en la zona i y recapturados en la zona j durante el mes k , y

f_{jk} = esfuerzo en la zona j durante el mes k .

Los valores de P_{ijk} se presentan en la Figura 8. Las devoluciones de peces que estuvieron en libertad más de 6 meses fueron inusualmente elevadas, por lo que los resultados de este crucero son especialmente valiosos. Los peces se concentraron en la zona de liberación durante abril-junio de 1961 y nuevamente durante enero-mayo de 1962. Aparecieron en su mayoría al oeste del Golfo de Panamá (Zonas F2 y F3) principalmente durante el período en que su abundancia era mínima en el Golfo de Panamá. Se capturaron frente al Ecuador y el Perú (Zona F10) especialmente en septiembre-noviembre de 1961 y en marzo-mayo de 1962. Estos resultados indican la posibilidad de que los peces que se desplazaron hacia el oeste, manifestaron la tendencia de regresar a la zona de liberación durante los primeros meses del año siguiente, en cambio los que se desplazaron hacia el sur no regresaron.

En las páginas 127-128 del informe anual de la CIAT de 1982, se presenta la descripción de un estudio sobre el crecimiento del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental y los datos del índice de crecimiento de esta especie en la Zona 1 (al norte de los 20°N). En 1983 se estimaron los índices de crecimiento de las otras zonas, Zona 2 (Islas Revillagigedo), Zona 3 (alta mar), Zona 4 (frente al sur

de México). Zona 5 (frente a la América Central) y Zona 6 (al sur de los 0°). * Los resultados, por zona, tiempo en libertad y talla de liberación de grupos que incluían por lo menos 10 peces, son los siguientes:

| Zona | Días en libertad | Talla de liberación | Cantidad de peces | Indice (mm por día) | Promedio días en libertad | Varianza |
|------|------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|----------|
| 2 | 61-180 | 425-524 | 14 | 1.0725 | 134.9 | 0.150 |
| | | 525-624 | 34 | 1.1366 | 121.2 | 0.186 |
| | | 625-724 | 65 | 1.0446 | 119.6 | 0.168 |
| | | 725-824 | 54 | 0.9847 | 99.1 | 0.150 |
| | | 825-924 | 36 | 0.9978 | 119.2 | 0.162 |
| | | 925-1024 | 15 | 1.1037 | 143.5 | 0.224 |
| | 181-365 | 625-724 | 18 | 1.2931 | 300.2 | 0.043 |
| | | 925-1024 | 23 | 1.3601 | 203.7 | 0.084 |
| 3 | 61-180 | 525-624 | 12 | 1.1644 | 128.0 | 0.203 |
| | | 625-724 | 26 | 1.1810 | 94.5 | 0.308 |
| | | 725-824 | 34 | 0.9795 | 99.6 | 0.468 |
| | | 825-924 | 29 | 0.6963 | 96.9 | 0.238 |
| | 181-365 | 525-624 | 78 | 0.8255 | 291.8 | 0.049 |
| | | 625-724 | 90 | 0.7272 | 294.7 | 0.037 |
| | >365 | 525-624 | 11 | 1.0984 | 457.9 | 0.055 |
| 4 | 61-180 | 525-624 | 13 | 1.0781 | 118.5 | 0.247 |
| | | 625-724 | 26 | 1.1833 | 107.0 | 0.274 |
| | | 725-824 | 96 | 0.8083 | 111.5 | 0.188 |
| | | 825-924 | 44 | 0.5211 | 106.0 | 0.240 |
| | | 925-1024 | 10 | 0.6530 | 124.8 | 0.219 |
| | 181-365 | 725-824 | 22 | 1.1810 | 231.6 | 0.068 |
| 5 | 61-180 | 275-324 | 23 | 0.7915 | 124.3 | 0.043 |
| | | 325-374 | 23 | 0.5885 | 110.0 | 0.054 |
| | | 375-424 | 12 | 0.6079 | 114.6 | 0.066 |
| | | 425-474 | 13 | 0.8098 | 112.2 | 0.225 |
| | | 475-524 | 85 | 0.8672 | 141.3 | 0.072 |
| | | 525-574 | 57 | 0.6345 | 136.2 | 0.137 |
| | | 575-624 | 55 | 0.5940 | 133.9 | 0.207 |
| | | 625-674 | 13 | 0.0115 | 142.7 | 0.327 |
| | | 181-365 | 475-524 | 95 | 0.8919 | 249.3 |
| | | 525-574 | 44 | 0.7504 | 279.0 | 0.079 |
| | 575-624 | 45 | 0.6164 | 279.2 | 0.059 | |
| 6 | 181-365 | 425-524 | 12 | 0.3632 | 208.8 | 0.268 |

* Se incluyen en este análisis los datos de los Cruceros 1093 y 1096 y uno que le sigue sobre el crecimiento del barrilete. El Departamento de Pesca de México concedió la licencia 242-654 y una extensión de la misma, 242-754 correspondiente al Crucero 1093, y la licencia 240-210 con una rectificación de la misma, 242-0069, para el Crucero 1096.

El índice normal de crecimiento es un poco inferior a 1 mm por día en los peces que miden de 25 a 100 cm cuando son liberados. El índice de crecimiento no indica un descenso al aumentar la talla o al estar más tiempo en libertad, así que no fue posible hacer estimaciones realísticas de los parámetros de la ecuación del crecimiento de von Bertalanffy. Parece que el crecimiento sea más rápido en las Zonas 2 y 3, y más lento en las Zonas 1, 5 y 6.

Se enumeraron anteriormente las varianzas de los índices del crecimiento lineal. Los datos del Crucero 1096 proveen una oportunidad única para examinar aún más esta varianza. Se tienen datos de 160 peces que fueron liberados en la Isla de Clipperton y recapturados en el mismo lugar 277 o 302 días más tarde. Es probable que cuando estos peces estuvieron en libertad, la mayoría permanecieron en los alrededores de la Isla de Clipperton durante todo el período o la mayor parte de éste y, por lo tanto, las diferencias del crecimiento entre los peces individuales se deben probablemente a las diferencias en los mismos peces (características genéticas, infección de parásitos, etc.) y no a las diferencias en el ambiente. Como los peces estuvieron en libertad durante un período tan prolongado, los efectos de los errores o sesgos han de ser mínimos, si es que existen en las medidas. Los datos de crecimiento de estos peces son:

| Talla de liberación (mm) | Cantidad de peces | Índice de crecimiento (mm por día) | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------------------|----------|------------------------------|--------|--------|
| | | Media | Varianza | Límites de confianza del 95% | Mínimo | Máximo |
| 525-624 | 65 | 0.7619 | 0.030 | 0.4168-1.1070 | 0.4175 | 1.1628 |
| 625-724 | 90 | 0.7268 | 0.047 | 0.2944-1.1592 | 0.1347 | 1.3555 |
| 725-824 | 5 | 0.9079 | 0.112 | | 0.4314 | 1.0141 |

Esta información debe ser valiosa para las personas que tratan de determinar el crecimiento del aleta amarilla mediante el análisis de las partes duras o según los datos de la frecuencia de talla y para las personas dedicadas a los estudios del modelado de esta especie.

Sería útil saber si el crecimiento del aleta amarilla se afecta al llevar una o más marcas. Es relativamente sencillo comparar los índices de crecimiento de los peces que llevan ya sea una o dos marcas; si éstos no son significativamente diferentes, no es probable que los índices de crecimiento de los peces marcados y no marcados sean diferentes. En el período del 25 de octubre al 4 de noviembre, 1969 (Crucero 1055) se marcó alternativamente atún aleta amarilla con una o dos marcas, para determinar si existía alguna diferencia en las proporciones de recaptura de los peces marcados con una marca sencilla o doble. Los resultados indicaron que las proporciones de recaptura fueron más elevadas para los peces con doble marca, así que desde entonces, casi todo el aleta amarilla que se ha marcado ha sido con dos marcas, exceptuando los peces que miden menos de unos 40 cm. Por consiguiente, los únicos datos adecuados para comparar los índices de crecimiento de los peces con una y dos marcas, son aquellos del Crucero 1055, marcados durante el período del 25 de octubre al 4 de noviembre. Se asignaron estos datos de acuerdo a la talla y al tiempo en que estuvieron en libertad los grupos

liberados, similares a los de la tabla anterior. Solo dos grupos, 725-824 mm-61-180 días y 825-924 mm-61-180 días incluyeron suficientes cantidades de peces para hacer comparaciones estadísticas. Los datos son:

| Tipo de marca | Talla de liberación (cm) | Cantidades de peces | Indice de crecimiento (mm por día) |
|---------------|--------------------------|---------------------|------------------------------------|
| sencilla | 73-82 | 23 | 0.7939 |
| doble | 73-82 | 63 | 0.7931 |
| sencilla | 83-92 | 10 | 0.6187 |
| doble | 83-92 | 38 | 0.5143 |

Los datos en las líneas 1 y 2 y las líneas 3 y 4 se compararon por las pruebas *t* para determinar si los índices de crecimiento eran diferentes. Los valores *t* fueron respectivamente 0.018 con 84 grados de libertad y 1.098 con 46 grados de libertad. Ninguno de éstos es significativo al nivel del 5 por ciento, así que no se rechaza la hipótesis de que los índices de crecimiento son iguales para los peces marcados sencilla o doblemente.

Los estudios de crecimiento del aleta amarilla en el Pacífico oriental basados en los datos de la frecuencia de talla (Boletín, Vol. 8, No. 4 de la CIAT) y los del Atlántico oriental basados en los datos de la frecuencia de talla y el marcado (CICAA, Coll. Vol. Sci. Pap., Vol. 9, No. 1, páginas 152-168) indicaron que el crecimiento es más lento para los peces pequeños que para los grandes dentro de los límites de 25 a 100 cm, en cambio un estudio sobre el crecimiento del aleta amarilla en el Pacífico central, basado en los datos de las partes duras (U.S. NMFS, Fish. Bull., Vol. 79, No. 1, páginas 151-162) produce resultados opuestos. Como se observó anteriormente, los resultados del estudio actual, indican que el índice de crecimiento entre los límites de 25 a 100 cm, es constante o casi constante en el Pacífico oriental. Se cree que las estimaciones del crecimiento basadas en los datos del marcado son más objetivas que aquellas basadas en los datos de las partes duras o de la frecuencia de talla, siempre que las marcas no impidan el crecimiento de los peces. Los índices de crecimiento de los peces con marcas sencillas o dobles son aproximadamente iguales (véase más arriba), así que es probable que las marcas causen muy poco o ningún impedimento en el crecimiento.

En el informe anual de la CIAT de 1982, se dan los datos del crecimiento del barrilete. En 1983, se calcularon según estos datos las estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. Primero, se alinearon los datos $y = a + bx$

donde

- $y = \Delta l / \Delta t$,
- $x = l_1 + \Delta l (K\Delta t + e^{-K\Delta t} - 1) / [K\Delta t (1 - e^{K\Delta t})]$,
- Δl = incremento en milímetros,
- Δt = incremento del tiempo en años
- l_1 = talla de liberación en milímetros, and
- K = parámetro de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Se empleó un valor de 0.8 para K, basado en los resultados de los análisis preliminares. (No es necesario en este procedimiento que el valor de K sea preciso, ya que una amplia serie de valores de K dará casi los mismos resultados). Se empleó luego un programa de regresión lineal con el fin de determinar cuáles valores de y se encontraban fuera de los límites de confianza del 99 y 95 por ciento de los valores esperados y éstos se designaron como valores atípicos. Los valores correspondientes a los valores atípicos fueron luego eliminados de los datos sin alinear y se estimaron los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. En los cruceros anteriores a 1968, en el momento de la liberación se medían los peces hasta los 5 centímetros más cercanos, en cambio, desde 1968, se midieron al centímetro más cercano. Por consiguiente, los datos del primer grupo de cruceros se excluyeron experimentalmente para ver si se podían obtener resultados diferentes y presumiblemente más confiables. Los resultados, excluyendo los datos de los peces en donde los valores de y se encontraban fuera del 95 por ciento de los límites de confianza de los valores esperados, fueron:

| Zona | Datos incluidos | Cantidad de peces | K (anual) | Var (K) | l_{∞} (cm) | Var (l_{∞}) | Var (y) |
|-------------|-----------------|-------------------|-----------|---------|-------------------|----------------------|---------|
| al oeste de | todos | 456 | 0.61 | 0.005 | 907 | 1,424 | 31,755 |
| los 100°W | seleccionados | 293 | 0.53 | 0.006 | 953 | 2,915 | 31,684 |
| al este de | todos | 244 | 1.77 | 0.050 | 679 | 288 | 19,966 |
| los 100°W | seleccionados | 184 | 1.48 | 0.070 | 717 | 1,045 | 20,221 |
| total | todos | 699 | 0.77 | 0.005 | 841 | 624 | 27,656 |
| | seleccionados | 477 | 0.68 | 0.005 | 890 | 1,236 | 28,224 |

Puede verse que las estimaciones de K y l_{∞} de las dos series de datos son similares y que las varianzas de l_{∞} son superiores en los datos seleccionados.

Además, siguiendo un método usado primero en el Boletín Vol. 13, No. 1 de la CIAT, se agruparon los peces que tenían tallas semejantes cuando fueron liberados y que estuvieron en libertad durante el mismo tiempo, con el fin de darles más peso a los peces más grandes y pequeños y aquellos que estuvieron en libertad durante períodos más prolongados. Los resultados, al excluir los datos de los peces en los que los valores se encontraban fuera de los límites de confianza del 95 por ciento de los valores esperados fueron:

| Zona | Datos incluidos | Número de grupos | K (anual) | Var (K) | l_{∞} (cm) | Var (l_{∞}) | Var (y) |
|-------------|-----------------|------------------|-----------|---------|-------------------|----------------------|---------|
| al oeste de | todos | 94 | 0.79 | 0.019 | 858 | 1,833 | 16,718 |
| los 100°W | seleccionados | 80 | 0.71 | 0.017 | 885 | 2,606 | 13,924 |
| | todos | 69 | 1.66 | 0.074 | 689 | 487 | 13,202 |
| al este de | seleccionados | 58 | 1.35 | 0.102 | 724 | 1,928 | 12,679 |
| los 100°W | todos | 115 | 0.85 | 0.017 | 837 | 1,271 | 14,352 |
| total | seleccionados | 100 | 0.79 | 0.014 | 860 | 1,549 | 12,188 |

Estos resultados no se diferencian demasiado de aquellos obtenidos según los datos sin agrupar.

Se han realizado los análisis preliminares de la sensibilidad, al fijar K y al calcular las sumas de los cuadrados de las desviaciones según los valores esperados de los diferentes valores de l_{∞} y al fijar l_{∞} , calculando las sumas de los cuadrados de las desviaciones según los valores esperados de los diferentes valores de K . Las sumas de los cuadrados son casi iguales en la amplia escala de valores de estos parámetros, lo que indica que las estimaciones han sido pobremente determinadas por las sumas de los cuadrados. Esto se debe a la falta de datos correspondientes a la liberación de peces grandes y pequeños y también de la recapturas de peces que han estado en libertad durante períodos más prolongados, junto con la variabilidad considerable de los índices de crecimiento de los peces individuales. Se sospecha especialmente acerca de los resultados de los peces liberados al este de los $100^{\circ}W$, debido a la falta de datos de peces que estuvieron en libertad más de 1 año.

Los atunes que residen en la superficie aparecen habitualmente en cardúmenes. Los observadores de las embarcaciones pesqueras y de las aeronaves, han informado que los cardúmenes frecuentemente se dividen y vuelven a formarse. Estas observaciones pueden conducir a la conclusión de que existe una mezcla considerable de peces de diferentes cardúmenes y que los peces de una misma especie y aproximadamente de una misma talla que habitan en la misma zona, se mezclan completamente unos con otros en un lapso de tiempo de unos pocos días o semanas. Sin embargo, es posible que puedan tener otras características que los atrae hacia peces que tengan características similares que no sean las de la especie o talla, así que hay más probabilidad que los peces que se congregan durante algún tiempo se unan nuevamente en el futuro en lugar de congregarse con otros peces. Si la afinidad (del uno al otro) de los peces similares es lo suficientemente fuerte, puede que los peces permanezcan juntos durante la mayor parte del tiempo desde el nacimiento hasta la reproducción. Si es así, esto puede tener repercusiones importantes con respecto a la administración.

Algunos peces marcados y liberados al mismo tiempo y en el mismo lugar han sido recapturados semanas o meses más tarde en los mismos lances cerqueros o en las mismas paradas de los barcos de carnada, y otros han sido recapturados semanas o meses más tarde en la misma fecha en zonas extensamente separadas. Los primeros resultados pueden deberse únicamente a la casualidad. Los últimos resultados indican que no todos los peces permanecen juntos todo el tiempo, pero esta información tiene un valor limitado. Se necesita un método mucho más eficaz de análisis. En 1983, se emprendieron algunos estudios exploratorios de esta naturaleza, los cuáles se describen más adelante.

Si una población de peces incluye 10,000,000 de individuos y se marcan 1,000 de ellos, se marcará 1 pez de cada 10,000. Si los peces se mezclan rápidamente, los lances realizados unos días después del marcado que consistan de 10,000 peces, tendrán casi siempre 0, 1, 2 o 3 individuos marcados, con un promedio de 1. Si se mezclan lentamente la mayoría de los lances de 10,000 peces realizados unos días después del marcado tendrán 0 individuos marcados y unos pocos de ellos tendrán, tal vez, de 10 a 100 individuos marcados. Más tarde habrá más lances

con 1, 2 o 3 individuos marcados y menos con 0 o grandes cantidades de individuos marcados. Se ha tratado de estudiar ésto cuantitativamente. Se estratifican los datos seleccionados para el estudio, así que las probabilidades de que los peces marcados sean recapturados ya sea por un lance de un cerquero o en la parada de un barco de carnada (referidos colectivamente en lo sucesivo como "lances") de igual magnitud en estos estratos serían aproximadamente iguales si los peces marcados se encuentran distribuídos aleatoriamente en la población. Los estratos de zona se seleccionan al examinar los mapas de la distribución de las zonas de recaptura de los peces marcados. Se emplean los meses en la estratificación del tiempo. Se escribió un programa de cómputo para calcular las probabilidades de recapturar 0, 1, 2, . . . peces marcados en cada lance. Los datos de entrada de los estratos apropiados de tiempo-zona, están formados por el promedio del peso de los peces de la especie susodicha (estimada según el muestreo de las capturas), la cantidad total de los peces marcados y recapturados y el tonelaje capturado en cada lance de la especie mencionada. El programa calcula la cantidad de peces capturada en cada lance según el peso de los peces capturados y el peso promedio de los mismos. Luego suma las estimaciones de las cantidades capturadas de peces en cada lance y divide la cantidad de peces marcados y recapturados por la suma de las cantidades de peces capturados para calcular la proporción marcada con relación al total. Esta proporción se emplea luego con ecuaciones para la distribución binomial con el fin de estimar la probabilidad de que aparezcan 0, 1, 2, . . . peces marcados en cada lance si los peces se han mezclado aleatoriamente. Luego se calculan las sumas de las probabilidades de todos los lances con 0, 1, 2, . . . peces marcados para compararlos con los datos observados.

En la Tabla 7 se presentan los datos de los barriletes liberados frente a la América Central en abril de 1979. Se consideraron solamente los peces liberados durante las cuatro paradas de barcos de carnada, que produjeron las mayores recapturas, ya que se necesita una gran cantidad de datos. Los estratos de tiempo-zona de los lances cerqueros se localizaron entre los 0° y 5°N y al este de los 82°W en mayo, junio, julio y agosto de 1979, ya que la mayoría de las recapturas se obtuvieron en esta zona durante esos meses. En el caso de los lances que incluyeron mezcla de aleta amarilla y barrilete, de los que no se pudieron obtener estimaciones del peso del barrilete, se supuso que incluían la mitad de barrilete (en términos de peso). Se hizo esta suposición para producir tanto como fuera posible datos útiles de la recuperación de marcas, ya que es evidente (véase más adelante) que la inseguridad principal del análisis se debe a la falta de datos sobre la recuperación de marcas. El promedio del peso, obtenido según las muestras capturadas en la zona 6 de muestreo de la CIAT (Informe Anual de 1981, de la CIAT: Figura 30) fue el siguiente: mayo, 6.84 libras; junio, 6.59 libras; julio, 6.85 libras; agosto, 6.62 libras.

Hubo 13 o más recuperaciones en los 7 estratos en la fecha de liberación - mes de recaptura, lo que hace que fueran por lo menos marginalmente convenientes en cuanto a las comparaciones estadísticas. Se emplearon las pruebas del ji cuadrado para comparar las distribuciones observadas y esperadas de las recapturas en estos estratos. Los resultados de estas pruebas fueron:

| Fecha de liberación | Mes de recaptura | Valor del ji cuadrado | Grados de libertad | Probabilidad |
|---------------------|------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| 14 abril | junio | 13.358 | 2 | <0.01 |
| | julio | 0.040 | 1 | >0.05 |
| 16 abril | junio | 8.066 | 2 | <0.05 |
| 18 abril | mayo | 0.367 | 1 | >0.05 |
| | junio | 0.017 | 1 | >0.05 |
| 27 abril | mayo | 9.031 | 1 | <0.01 |
| | junio | 0.082 | 1 | >0.05 |

Así que en tres de los siete casos las distribuciones fueron significativamente diferentes de lo que se esperaría si los peces marcados se mezclaran aleatoriamente con el resto de la población.

Se hicieron otros estudios similares de peces liberados frente a Baja California en junio de 1973, junio de 1976 y octubre de 1976. Estos datos se suman en la Tabla 8. Sin embargo, en esta tabla se suman las cantidades observadas y esperadas de los peces marcados, correspondientes a las diferentes fechas de liberación para tener grandes cantidades de datos referentes a las pruebas estadísticas. Los datos en la Tabla 7, se presentan también de esta manera en la Tabla 8. Los resultados de las pruebas del ji cuadrado en donde se comparan los valores esperados y observados son:

| Crucero | Mes de recaptura | Valor del ji cuadrado | Grados de libertad | Probabilidad |
|---------|------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| 1070 | julio | 0.000 | 1 | >0.05 |
| | agosto | 0.010 | 1 | >0.05 |
| | septiembre | 0.351 | 1 | >0.05 |
| | octubre | 0.017 | 1 | >0.05 |
| | noviembre | 0.049 | 1 | >0.05 |
| 1079 | julio | 138.096 | 3 | <0.01 |
| | agosto | 0.173 | 1 | >0.05 |
| | septiembre | 31.707 | 2 | <0.01 |
| | octubre | 1.286 | 1 | >0.05 |
| 1082 | noviembre | 113.946 | 3 | <0.01 |
| 1084 | mayo | 4.260 | 1 | <0.05 |
| | junio | 17.554 | 2 | <0.01 |
| | julio | 0.032 | 1 | >0.05 |
| | agosto | 0.039 | 1 | >0.05 |

Los valores del ji cuadrado no fueron significativos en cada caso al nivel del 5 por ciento en el cuarto mes de la liberación, lo que indica que los peces marcados se habían probablemente mezclado aleatoriamente con los peces sin marcar en ese período en las zonas consideradas.

Se han recibido 14 marcas de atunes aleta azul que fueron liberados frente al Japón durante el período de 1980-1982 y recapturados en 1983. En la Tabla

9 se presenta un resumen de todas las marcas recibidas hasta la fecha. Los datos de los tres peces liberados en 1980 y recapturados en 1983 son:

| Liberación | | | Recaptura | | | Días libertad | Distancia (mn) |
|----------------|------------------|-------|----------------|------------------|--------------------|---------------|----------------|
| Fecha | Zona | Talla | Fecha | Zona | Talla | | |
| enero 25, 1980 | 31°20'N-129°55'E | 51 cm | junio 5, 1983 | 37°N-148°E | 153 cm | 1,228 | 958 |
| marzo 8, 1980 | 31°20'N-129°55'E | 55 cm | junio 8, 1983 | 38°04'N-150°15'E | 49 kg (ca. 134 cm) | 1,188 | 1,078 |
| marzo 22, 1980 | 31°35'N-129°40'E | 50 cm | junio 23, 1983 | 38°N-149°E | 66 kg (ca. 148 cm) | 1,189 | 1,025 |

Las tallas de recaptura de los dos últimos peces se estimaron según su peso, se empleó la relación talla-peso para los peces de más de 80 cm de talla, indicada en la página 120 del informe anual de la CIAT de 1980. Estos datos han de ser útiles en los estudios del crecimiento que se proyectan en un futuro cercano.

Estudios de los índices de migración usando los microelementos químicos

En 1979, la CIAT y el National Marine Fisheries Service de los EEUU (NMFS) acordaron un programa conjunto con el fin de explorar la posibilidad de utilizar las diferencias de los microelementos químicos para descubrir el origen del *T. thynnus* capturado en el Océano Atlántico norte y en el Mar Mediterráneo. El objetivo de esta investigación es determinar si los organismos pelágicos marinos adquieren una forma de huella digital química en las partes duras (vértebras, espinas, etc.) que sean indicativas de las propiedades específicas de su hábitat. Si es así, estas "marcas" naturales pueden emplearse para determinar la proporción de intercambio, si es que existe, de los juveniles (cardúmenes de peces) y de los adultos *T. thynnus* (gigantes) que aparecen en la parte oriental y occidental del Océano Atlántico.

Este programa se está llevando a cabo en dos fases. El objetivo de la primera fase fue ensamblar equipo electrónico y emprender los estudios preliminares necesarios para examinar la hipótesis de si era posible distinguir los *T. thynnus* de diferentes zonas de crianza por las diferencias en la formación química de las partes duras. Se examinaron varios métodos para hacer estos análisis; se concibió y produjo un nuevo sistema para analizar los microelementos químicos, ideado especialmente para los trabajos propuestos. Además, durante la primera fase del programa, se hicieron pruebas para determinar la sensibilidad, seguridad y funcionamiento del equipo, realizando estudios preliminares de las vértebras de *T. thynnus*. Se irradiaron y analizaron las pautas de las vértebras caudales de dos grupos de *T. thynnus* juveniles, uno proveniente del Golfo de Vizcaya y el otro del Atlántico occidental. Se encontró que existía variación entre las zonas, entre los peces de la misma zona y entre las diferentes partes de la misma vértebra. Sin embargo, se encontró que la diferencia entre las zonas era más pronunciada que aquella entre los peces dentro de la misma zona, lo que indica el valor que tienen dichos análisis en determinar el origen de los *T. thynnus* juveniles.

Estos resultados se juzgaron promisorios, así que en 1981, se comenzó una segunda fase del programa. El objetivo de esta segunda fase ha sido juntar muestras representativas de las partes duras de *T. thynnus* juveniles y adultos del Atlántico occidental, oriental y del Mediterráneo, y hacer una evaluación del intercambio de los peces entre las varias zonas.

Los gastos de la primera fase de este programa fueron compartidos por la CIAT y el NMFS, en cambio los de la segunda fase han sido subvencionados casi totalmente por el NMFS. La National Science Foundation ha provisto fondos para la Universidad de Princeton y el California Institute of Technology de varios de los gastos secundarios referentes a la experimentación y desarrollo, por ejemplo el mantenimiento de los aceleradores empleados en este estudio y para contratar personal auxiliar.

Proporción de mezcla de los *T. thynnus* juveniles

Cada espectro de los rayos X está formado por una serie de 2,048 variables muchas de las cuales se correlacionan las unas con las otras. Se hicieron transformaciones de factores en los datos brutos de las muestras de juveniles recolectados en las tres zonas mencionadas anteriormente, lo que dió como resultado una nueva serie de 79 variables sin correlacionar. Se llevaron luego a cabo los análisis de la función discriminante (otra forma de análisis de las variables múltiples) de los valores de los factores obtenidos según los datos de peces individuales de las tres zonas. Los resultados de este análisis indican que se pueden distinguir estos grupos de peces por las pautas de los microelementos en las vértebras. La probabilidad de que esta serie de datos pueda haberse originado de la misma población estadística es menos de uno en mil. Se emplearon doce de las 79 variables originales para obtener las funciones discriminantes. Estas funciones se emplearon luego para asignar la serie de los valores de cada pez a una de las tres zonas. Los resultados indicaron que todos los 88 peces juveniles examinados del Atlántico oriental tenían pautas de rayos X similares las unas a las otras. La mayoría de los 95 peces juveniles del Atlántico occidental tenían pautas de rayos X similares las unas con las otras, pero aproximadamente el 3 por ciento tenía pautas similares a las del Atlántico oriental. Esto parece indicar que existe alguna mezcla de juveniles a través del Atlántico.

Las muestras de los peces del Atlántico oriental y del Mediterráneo occidental fueron también diferentes, aunque se cree que estas se originaron en la misma zona de crianza del Mediterráneo. Las diferencias entre el Atlántico oriental y el Mediterráneo fueron menos pronunciadas que aquellas entre el Atlántico oriental y el occidental (Figura 9). Los grupos del Atlántico oriental y del Mediterráneo son, ya sea genéticamente diferentes u ocupan diferentes hábitats durante el primer año de vida o ambas cosas. Los análisis indican que ocurre alguna mezcla entre estos grupos, cerca del 7 al 8 por ciento (total de 124 peces). Se supone que las muestras de los peces del Atlántico oriental y del Mediterráneo se diferencian en otro aspecto. Se cree que los juveniles usados en los análisis anteriores tenían de 2 a 5 años de edad. Una hipótesis prevaleciente es que los peces capturados en el Golfo de Vizcaya son aquellos que se desplazaron del Mediterráneo en alguna

época antes de su segundo año de vida, mientras que los peces capturados en el Mediterráneo son aquellos que permanecieron allí desde que nacieron.

Indice de mezcla de los T. thynnus adultos

Las vértebras obtenidas de dos grupos de *T. thynnus* adultos del Atlántico occidental (muestras de dos años diferentes) y dos del Atlántico oriental (una muestra del Mediterráneo y otra del Estrecho de Gibraltar) fueron irradiadas en la misma forma que las de los juveniles. La parte de la vértebra formada durante el primer año fue irradiada en tres lugares diferentes. Se analizaron los datos resultantes, usando tanto las estadísticas de una variable como de variables múltiples. Durante el año se trabajó arduamente en la preparación e irradiación de cantidades relativamente grandes de adultos en cada uno de los cuatro grupos y se juntaron los datos en un formato para poderlos analizar fácilmente. Como los términos del acuerdo entre la CIAT y el NMFS requería que las estimaciones de la mezcla se tuvieran a tiempo para la reunión de CICAA en noviembre de 1983, se hicieron varios análisis preliminares y se preparó un informe sumariado y detallado a fines de octubre. Se emplearon los análisis de la varianza y de otras técnicas estadísticas de una variable descriptiva como medio para examinar los datos y corregir los errores. Se empleó como con los juveniles el análisis de factores para transformar los datos. Se emplearon los análisis discriminantes y los análisis por conglomerado con el fin de estimar los índices de mezcla y para determinar si las vértebras de los peces de los grupos estudiados eran estadísticamente diferentes. Los resultados preliminares indican que las muestras de los adultos de la parte oriental y occidental del Atlántico son estadísticamente diferentes. La probabilidad de percibir diferencias tan grandes como las observadas, solo por casualidad, es menos de una en mil. Las pautas de los rayos X de los adultos del Atlántico occidental son, en su mayor parte, similares a aquellas de los juveniles del Atlántico occidental y lo mismo puede decirse en cuanto a los del Atlántico oriental. Sin embargo, como fue el caso con los juveniles, un número de individuos en cada lado exhibió pautas de rayos X similares a las de aquellos individuos del otro lado, lo que indica que ocurrió alguna mezcla. Como las pautas de los rayos X fueron obtenidas de los depósitos formados en las vértebras durante el primer año de crecimiento o con más probabilidad en los primeros 6 meses, se considera razonable concluir que los *T. thynnus* de la parte oriental y occidental ocupan diferentes ambientes o hábitats cuando son juveniles y, en su mayor parte, no se entremezclan. Sin embargo, los datos indican además, que una parte de los peces emprende migraciones trasatlánticas.

En septiembre de 1983, se hicieron las estimaciones preliminares de los índices de mezcla de los adultos para dar un informe al NMFS. Estos resultados se basaron en el análisis de solo una parte de los datos, ya que el horario no permitió que se completaran los análisis. Se hicieron luego otros análisis en el cuarto trimestre y se emprenderán otros en 1984. Las estimaciones hechas hasta ahora, indican que entre el 12 y 17 por ciento de los 95 *T. thynnus* adultos capturados en el Atlántico oriental se originaron en el Atlántico occidental y entre el 20 y el 26 por ciento de los 101 adultos de esta especie capturados en el Atlántico occidental se originaron en el Atlántico oriental o en el Mediterráneo. Los análisis más

recientes indican que estas estimaciones pueden, en realidad, representar el límite máximo. Existe también alguna evidencia que los índices de mezcla se diferencian entre los años. Se recolectaron luego otras muestras y éstas se han de analizar para obtener más conocimiento sobre la variación anual de los índices de mezcla.

Repetición y exactitud de los cálculos

La repetición como se emplea aquí, se aplica al error experimental, es decir, a las diferencias observadas cuando se irradia la misma vértebra aproximadamente en el mismo lugar dos o más veces. La exactitud trata de conocer si las conclusiones que se logran son correctas.

Se obtuvieron cálculos repetidos al irradiar más de una vez la misma muestra. En la Figura 10 se presentan los resultados de un estudio de este tipo. Las vértebras anteriormente irradiadas en este estudio de los peces individuales de la parte oriental y occidental del Atlántico se volvieron a irradiar casi dos años más tarde bajo diferentes condiciones experimentales. Se comparan las proporciones de la abundancia del cloro y del estroncio, dos de los varios elementos que se diferencian en los huesos de los peces de diferentes zonas. Se puede observar fácilmente que aunque existe alguna variación entre las réplicas, nunca se ocultan las diferencias entre las muestras de las dos zonas.

La exactitud es un tema mucho más difícil de evaluar. Sería conveniente, en este contexto, tener acceso a los peces marcados que se conoce han hecho migraciones trasatlánticas. Como no se dispone de éstos, se han investigado otros métodos independientes para obtener estas estimaciones. Se ha trabajado bastante en 1983, en la búsqueda y la creación de otros métodos posibles para evaluar la exactitud. Uno de éstos es muy prometedor. Se debería poder diferenciar entre los *T. thynnus* que han pasado el primer invierno de su vida en el Mediterráneo y aquellos que lo han pasado en el Golfo de México. Se espera que las diferencias de temperatura de estas dos zonas, durante este período, conduzcan a diferencias que puedan calcularse por la razón de los isótopos naturales de oxígeno (masa de oxígeno 18/masa de oxígeno 16) en las vértebras. Las técnicas para calcular las concentraciones de estos isótopos en la misma parte de la vértebra, mencionadas anteriormente, fueron concebidas y experimentadas y, hasta ahora, confirman los resultados de los estudios de los microelementos.

OTROS ASPECTOS DE LA BIOLOGIA ATUNERA

Stock y reclutamiento

El método más común, empleado actualmente para pronosticar la cantidad de reclutas en la pesca de cualquier año, es ajustar una curva a través del plano que incluye puntos definidos por la estimación del número de reclutas en cada año anterior y la estimación del stock adulto del año en que esos reclutas nacieron. Se han propuesto modificaciones de este método: el plano de stock-reclutamiento se ha dividido en grupos, basados en la talla del stock reproductor; se determina luego ya sea un valor medio del stock y de los reclutas de cada grupo formado por la división, pronosticándose el reclutamiento de cualquier stock según la

interpolación entre estos valores o se puede dividir también el eje del reclutamiento, obteniéndose la distribución de la frecuencia de cada grupo en el stock. Estos procedimientos se basan en la suposición implícita de que las desviaciones del reclutamiento esperado son independientes de un año a otro.

Si el lapso de tiempo es mayor que el período entre los desoves, entonces cualquier cambio en el ambiente o la comunidad que afecta una generación de prereclutas ha de influir probablemente en la generación del año siguiente. Aún en los casos en los que no hay traslape de prereclutas, las autocorrelaciones en los agentes de variación (ambientales, ecológicos, etc.) probablemente han de invalidar la suposición de que cada valor stock-recluta es independiente .

Se ha concebido otro método. El stock reproductor y, por consiguiente, los reclutas, se consideran como componentes del mismo vector, se divide el espacio de todos los vectores posibles, se calcula una matriz de la probabilidad de transición ofreciendo la probabilidad condicional de que el vector se ubicará en cualquier grupo, siempre que el vector precedente se ubique en cada grupo definido por la división. Este método incluye asignar probabilidades tanto al stock como a los reclutas nacidos de esa población, basados en los valores del stock y el reclutamiento del año anterior apropiado. Se puede incorporar una estimación (si es que se dispone de ésta) de la abundancia del stock de la que nacieron los reclutas cuya abundancia ha de pronosticarse. Esta información puede usarse para limitar los grupos, asignando una probabilidad de cero a aquellos grupos que no incluyen la abundancia estimada del stock. La probabilidad de cada grupo de reclutamiento puede entonces hacerse condicional sobre ese grupo del stock reproductor, como también del vector anterior stock-recluta. Existen técnicas disponibles que pueden usarse para determinar según la probabilidad de la transición de la matriz, la distribución a largo plazo del vector stock-recluta y el tiempo esperado de la clasificación del vector referente al cambio entre dos grupos cualesquiera.

Se excluye la suposición de que cada vector stock-recluta es un suceso independiente; pero se ha reemplazado con otro que, aunque más débil, puede violarse en algunos casos. Cada suceso es solamente condicional sobre su predecesor inmediato y las probabilidades condicionales son constantes. Una desventaja de este método es que el número de las probabilidades condicionales que debe estimarse, aumenta como sucede con el cuadrado del número de los grupos formado por la división. Con el fin de tener alguna confianza en las probabilidades, es necesario mantener bajo el número de los grupos, limitando la resolución, aunque la gran varianza asociada con el proceso del ajuste de la curva produce una precisión ilusoria. Este método indica claramente que estas técnicas empíricas requieren series cronológicas de largo plazo y se justificaría la investigación de los mecanismos causales de la variación en el reclutamiento.

Composición de talla en la captura de 1983

El personal de la Comisión obtiene las muestras de la frecuencia de talla del aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul y barrilete negro de las capturas de cerqueros y barcos de carnada en los puertos de descargue de California, Puerto Rico, México, Panamá, Ecuador y Perú. En 1954, se muestreó por primera vez

la captura del aleta amarilla y barrilete. Se ha continuado, hasta ahora, con el muestreo cada año. Se ha empleado la información obtenida según las muestras frecuencia-talla para estimar el índice del crecimiento, la mortalidad, el rendimiento por recluta y la abundancia de una generación. Los resultados de estos estudios han sido publicados en varios boletines e informes anuales de la Comisión. A fines de 1983, se habían recolectado y procesado unas 400 muestras de aleta amarilla y 375 muestras de barrilete de la captura obtenida en 1983, por barcos cerqueros y de carnada en el Pacífico oriental. Se obtuvieron otras muestras de la captura de 1983, en los primeros días de 1984, ya que los barcos que habían pescado en 1983, continuaban el descargue.

En la Figura 11, se presenta la distribución anual frecuencia-talla del aleta amarilla muestreado en el ARCAA desde 1978 hasta 1983. La estimación preliminar del peso promedio del aleta amarilla en 1983, es 18.0 libras (8.2 k). Esta es una reducción de 4.2 libras según el peso promedio de 1982 y es el peso promedio más bajo desde 1979. La moda mayor, localizada entre los 50 y 60 cm, está formada principalmente por peces que fueron capturados al norte de los 15°N en el segundo y tercer trimestre del año. Una moda más pequeña entre 110 y 120 cm, está formada principalmente por peces capturados al sur de los 5°N en el último trimestre del año.

En la Figura 12, se presenta la distribución anual frecuencia-talla del aleta amarilla capturado en el Océano Pacífico oriental entre el límite del ARCAA y los 150°W correspondiente a 1978-1983. Como en los años anteriores, el peso promedio de esta especie en 1983, en esta zona, es 55.2 libras (25.0 k), considerablemente superior al peso promedio en el ARCAA. Existe una moda entre los 50 y 60 cm que parece relacionarse a la moda más grande de la distribución frecuencia-talla del ARCAA. Las otras dos modas principales aproximadamente de 100 y 130 cm, se ubican entre las modas de la distribución del ARCAA.

La distribución frecuencia-talla del barrilete muestreado en el Océano Pacífico oriental al este de los 150°W en 1978-1983, se presenta en la Figura 13. La estimación preliminar del peso promedio en 1983, es 5.4 libras (2.4 k), justamente 0.1 libras menos que el peso promedio de 1982.

La distribución anual frecuencia-talla del patudo muestreado en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental en 1978-1983, se presenta en la Figura 14. En 1982, la captura de patudo fue inferior a la mitad del promedio de 1978-1981 (Tabla 1) y, por consiguiente, se redujo el número de peces muestreados. En 1983, la captura de patudo fue considerablemente inferior a la captura de 1982 y la cantidad de muestras se redujo casi a la mitad. Tanto en 1982, como en 1983, hubo una proporción mayor de peces de menos de 80 cm, que en los años anteriores.

Estudios de la alimentación y la energética del atún aleta amarilla

Se han terminado los análisis de los datos de los experimentos de la evacuación gástrica realizados a fines de 1981 y se han obtenido las estimaciones de la media de la ración diaria de la población del aleta amarilla del Pacífico oriental. Estos estudios proveen información de las interacciones bióticas entre el aleta amarilla

y su presa. Además, la estimación directa del consumo de alimento provee una confirmación independiente para los modelos bioenergéticos o pueden indicar sesgos potenciales en las estimaciones. Los modelos bioenergéticos pueden suministrar información sobre las demandas de energía de los atunes durante varias funciones (ej. d., alimentación, desove y migración), que se encuentran, según se cree, entre los mecanismos causantes que reglamentan la distribución y los movimientos de los atunes.

Un científico de la CIAT realizó los experimentos en atunes aleta amarilla cautivos en las instalaciones del Kewalo Research Facility (KRF) del National Marine Fisheries Service de los EEUU en Honolulu, Hawai. Se seleccionaron para los experimentos cuatro organismos de prueba, basados en su similitud a los tipos comunes de presa del aleta amarilla en el Pacífico oriental. Sesenta y nueve atunes aleta amarilla marcados diferencialmente y que fluctuaban en longitud de 24 a 45 cm, se alimentaron voluntariamente de una mezcla de caballas (*Scomber japonicus*), calamares (*Loligo opalescens*), eperlanos (*Hypomesus pretiosus*) y nehu (*Stolephorus purpureus*). En breve, el proceso experimental consistió que se anotara el peso de cada partícula alimenticia, el tiempo en que fue ingerida y por cuál pez, sacrificando luego los peces a varios intervalos de tiempo después de la alimentación y quitando, pesando y secando el alimento parcialmente digerido que permanecía en los estómagos inmediatamente después de la muerte. Algunas de las caballas y de los calamares se dividían aproximadamente por la mitad antes de los experimentos porque muchos eran demasiado grandes para que fueran ingeridos enteros por los aleta amarilla. Los ejemplares frescos de cada tipo de alimento se analizaron para obtener el contenido calórico, el del agua, las cenizas, y los lípidos.

Cuarenta y cinco atunes aleta amarilla devoraron caballas, 46 se alimentaron de calamares, 50 comieron eperlanos y 30 nehu. En las 4 series de datos, se eliminaron antes del análisis todos los datos después de la línea t' (Figura 15), para excluir el sesgo causado por el hecho de que los animales en la muestra que tuvieron una digestión rápida, tenían en las etapas más tardías los estómagos vacíos. Si no se corrige este sesgo inherente en los datos de la evacuación gástrica, dará como resultado que los extremos de las distribuciones aparezcan excesivamente curvilíneos. Al utilizar las técnicas estadísticas del análisis residual, se determinó que los datos se ajustaban mejor en la representación de una línea recta (Figura 15). (En la mayoría de los estudios de la evacuación gástrica de los peces, se ha encontrado que una representación exponencial o de una raíz cuadrada describe mejor los datos). La evacuación de las caballas fue significativamente más lenta que la de los calamares, eperlanos y nehu. El tamaño de la comida (porcentaje del peso del cuerpo) tuvo un efecto significativo en el índice de evacuación de las caballas, pero no en aquellos de los calamares, eperlanos y nehu. Los índices de evacuación no se afectaron significativamente por las diferencias de talla de los aleta amarilla, ni a causa de la costumbre de dividir las partículas alimenticias antes de la comida experimental. Los índices de la evacuación se correlacionaron negativamente con el contenido de energía (cal/g peso húmedo) (y, por lo tanto, correlacionado con el contenido lípido de los organismos de prueba) y fue considerablemente superior al característico de la mayoría de los peces.

Se calcularon las raciones diarias al incorporar en un modelo matemático los índices de la evacuación gástrica obtenidos experimentalmente y los datos de las muestras de los estómagos de atunes aleta amarilla, recolectados en la captura de embarcaciones cerqueras en 1970-1972, como se ha descrito en informes anuales anteriores. Se estratificaron los datos del contenido estomacal por la talla de los aleta amarilla de los grupos de edad 1, 2, 3 y 4+ de acuerdo al cálculo de la CIAT de los incrementos en los otolitos. Se ajustaron los datos cuando se tenían solamente partes de estómagos, debido al proceso de evisceración de las enlatadoras atuneras. Para calcular la ración diaria, se empleó la adaptación de un modelo del consumo de alimento anteriormente inédito, concebido por D.S. Robson, Universidad de Cornell. Si se considera que la alimentación de la población es continua y que la cantidad de comida y la distribución de la probabilidad de los tiempos de alimentación son constantes, entonces, se estima el índice (\hat{r}) de la alimentación por hora, al dividir la media del peso del contenido estomacal (\bar{W}) por la integral de una línea que se ajusta a los datos de la evacuación (A). Para un depredador que consume una variedad de organismos de presa que son evacuados a diferente velocidad:

$$\hat{r} = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^I \frac{W_i}{A_i} \right)$$

donde N es el número de los peces muestreados, incluso aquellos con estómagos vacíos y los subíndices i se refieren a cada uno de los tipos de presa I.

Las categorías de presa encontradas en los estómagos de los aleta amarilla (Figura 16) formaron serie con los organismos alimenticios más similares, ensayados en los experimentos de la evacuación gástrica. Se supuso que los índices de evacuación de los aleta amarilla cautivos en el KRF de caballas, calamares y nehu se aproximaban a aquellos de los aleta amarilla libres, respectivamente de *Aurix* spp., cefalópodos y gonostomátidos/nomeidos. La media del índice de los cuatro organismos alimenticios experimentales se aplicó a todas las otras categorías de presa en los estómagos (Figura 16) para calcular la ración diaria. Se calcula la ración diaria (porcentaje del peso del cuerpo) al multiplicar \hat{r} por el período diario de alimentación en la naturaleza y al dividirla por la media del peso de los aleta amarilla en cada grupo de edad. Como se supone que el atún aleta amarilla se alimenta principalmente durante las horas diurnas (y también por la noche aunque no se conoce qué tanto), se presentan las raciones diarias fluctuando entre $12\hat{r}$ y $24\hat{r}$. Se ajustan las W_i por el promedio del tiempo que los peces fueron perseguidos antes de ser cercados por la red, además del tiempo que estuvieron en la red antes de morir (2.25 horas), ya que se supone que continúa la digestión durante ese período mientras cesa la alimentación.

La estimación de la media de las raciones diarias del atún aleta amarilla del Pacífico oriental fluctúa de 1.4-2.8, 2.3-4.6, 1.8-3.6, 2.3-4.5% del peso del cuerpo por día en los grupos respectivos de edad de 1, 2, 3 y 4+. Se calcularon las raciones máximas basados en los estómagos más llenos de cada grupo de edad. Las raciones fluctuaron de 16 a 34% del peso del cuerpo, de acuerdo a las raciones máximas consumidas por barriletes cautivos en el KRF. Se cree que los límites inferiores

(modelo de 12 horas) de la ración diaria, son subestimaciones del promedio verdadero de los índices diarios de ingestión en la naturaleza, debido a las insuficiencias del modelo referentes a los peces que cesan de alimentarse por la noche y a causa de los problemas del muestreo de los estómagos. Las raciones estimadas usando los modelos bioenergéticos existentes, son superiores a las presentadas aquí.

Si se supone que la media de las dos raciones estimadas por los modelos de 12 y 24 horas de cada grupo de edad, provee la mejor estimación hasta la fecha, de la ración diaria, puede calcularse el consumo mínimo de la biomasa de la presa de la población del aleta amarilla en el ARCAA en 1970-1972. Parece que anualmente se consumieron en promedio 3.2 millones toneladas métricas de alimento, cerca de 1.8 millones de toneladas eran *Auxis* spp.

Estos resultados indican que en el Océano Pacífico oriental aparecen grandes poblaciones de *Auxis* y otros organismos. La acción recíproca que posiblemente existe entre algunas de las presas, que son en sí mismas depredadoras en los niveles tróficos inferiores, y los estados jóvenes de los atunes pueden tener implicaciones importantes en los stocks de atún. Si por ejemplo, los *Auxis* spp., los cefalópodos y los peces voladores, se alimentan habitualmente de larvas de aleta amarilla, entonces el aumento de la explotación comercial del aleta amarilla, resultaría en stocks constantemente más grandes de estos organismos de presa, teniendo a su vez un efecto pernicioso en las generaciones futuras del aleta amarilla. Sería interesante empezar a observar los hábitos alimenticios de estos miembros importantes de la trama alimenticia pelágica con el fin de identificar la relación depredador-presa que es tan importante en cuanto a las fluctuaciones naturales de la población.

Tolerancia térmica y actividad locomotriz con relación a la temperatura

Se cree que la temperatura sea uno de los factores ambientales más importantes que afectan la abundancia, disponibilidad y distribución de los peces marinos. Se ha demostrado que la temperatura limita tanto la distribución geográfica horizontal como vertical de las especies neríticas y oceánicas. Los gradientes de la temperatura vertical en el océano tienen varios grados más de magnitud que los gradientes de la temperatura horizontal (es decir, la superficie del mar). Como se deben investigar las tolerancias y reacciones que tienen las especies pelágicas a la temperatura con relación a las fluctuaciones de la misma, a causa del valor que puedan tener en pronosticar el comportamiento, aparición o distribución, se realizaron experimentos en el laboratorio de los efectos de la temperatura sobre *Scomber japonicus*, utilizando los servicios del Hubbs-Sea World Research Institute de San Diego, Calif.

El *S. japonicus*, un miembro de la familia Scombridae, que incluye también atunes, tiene una distribución cosmopolita en todas las aguas templadas y subtropicales de ambos hemisferios. Sin embargo, en contraste a los atunes esta especie carece del mecanismo fisiológico que regula la temperatura del cuerpo. Con el fin de sobrevivir en un ambiente heterotermal, poseen dos tipos principales de adaptación. Primero, pueden funcionar a través de una amplia escala de

temperaturas. Segundo, poseen capacidades locomotrices y una aguda sensibilidad a la temperatura que les permite ejercer mediante su comportamiento algún control sobre la temperatura del cuerpo.

Se determinaron los límites termal de la tolerancia y se calculó la velocidad de natación de *S. japonicus* cautivos, aclimatados durante 3 semanas a temperaturas de 16.5°C y sometidos luego a cambios progresivos de temperatura de $\pm 1^\circ\text{C}/\text{día}$. La media inferior y superior de los extremos críticos de tolerancia fueron respectivamente de unos 6° y 29°C. El *S. japonicus* indicó una relación significativa entre las temperaturas, en su autonomía de la tolerancia termal, y la velocidad de natación. Después de corregir la autocorrelación al usar el procedimiento de Durbin de dos etapas, el modelo lineal ajustado de regresión de la velocidad de natación con relación a la temperatura fue:

$$\hat{Y} = 0.431 + 0.043X_1 + 0.747D_1 - 0.245D_2 - 0.044D_1X_1$$

$$(0.029) \quad (0.004) \quad (0.152) \quad (0.018) \quad (0.008)$$

donde

Y = velocidad de natación (L / seg),

X₁ = temperatura del agua (°C),

D₁ = 1 si 11°C < X₁ si < 24°C y
de otra manera 0

D₂ = 1 si las observaciones en las 1300 h cuando la temperatura es de
>23°C y
-1 si las observaciones en las 1700 h cuando la temperatura es de
>23°C.

Las desviaciones normales de los coeficientes de regresión se presentan entre paréntesis debajo de cada término de la ecuación. Además, $r^2 = 0.707$, $F = 79.57$, $D = 1.86$ y $DF = 132$. En la Figura 17 se grafican los datos junto con la regresión ajustada.

El modelo de regresión de la velocidad sostenida de natación de *S. japonicus* versus la temperatura, no indica relación entre la actividad locomotriz y la temperatura sobre una amplia escala de temperatura (12° a 23°). Esta fluctuación se encuentra dentro de los límites normales de las temperaturas encontradas por *S. japonicus* frente al sur de California, así que su habilidad en compensar los cambios de la temperatura entre estos límites, al mantener una actividad locomotriz bastante constante, demuestra un alto grado de su adaptación al ambiente.

Los límites de la tolerancia termal son valores extremos que pueden considerarse sólo como extremos letales. Se indica que las temperaturas más bajas y elevadas en la que los animales no sufren son los extremos inferiores y superiores de la temperatura que tienen el mayor significado ecológico para pronosticar la aparición y distribución de una especie. Las temperaturas más bajas y elevadas en las que pueden vivir *S. japonicus* sin efectos perniciosos se ubican respectivamente en algún punto entre los 10° a 12°C y 23° a 27°C. Estas se derivan de las temperaturas en las que han ocurrido cambios en la actividad (alimentación y natación). En un reconocimiento de 5 años, realizado desde agosto

de 1963 a julio de 1968, frente al sur de California, las temperaturas de la superficie del mar en las capturas de *S. japonicus* tuvieron una fluctuación de 10° a 23°C. Así que existe una correlación entre las temperaturas experimentalmente determinadas que no son perniciosas y las temperaturas frente a Baja California en las que se observaron *S. japonicus*.

Se conoce que la temperatura afecta el índice de los procesos metabólicos y, por consiguiente, se modifica la actividad de los peces. Consecuentemente, los índices de la alimentación, reproducción y crecimiento se ven también afectados por la temperatura ambiental. Se necesitan más experimentos para investigar no solo los efectos termales sobre estos factores de los atunes comercialmente importantes, sino también para conocer la relación entre el comportamiento de los peces y aquellos factores ambientales que pueden calcularse fácilmente.

Estudios del atún aleta azul (Thunnus thynnus)

La pesca en 1983

Las primeras captura de *T. thynnus* en 1983, se obtuvieron en el Banco de Cortés (entre los 32° y 33°N) en enero. No se registraron luego capturas sino hasta julio, lo que hace que 1983, sea el segundo año consecutivo en el que no se ha capturado *T. thynnus* en mayo y junio. Las últimas capturas del año se obtuvieron a mediados de octubre. Aproximadamente el 74 por ciento de la captura se obtuvo al norte de los 30°N y no hubo pesca durante el segundo año consecutivo al sur de los 27°N. En la mayoría de los años se captura el *T. thynnus* tan lejos al sur como los 23°N.

La estimación preliminar de la captura total de *T. thynnus* en 1983, fue 641 toneladas. Esta es la captura más baja desde 1933 y la tercera más baja desde que se inició la pesca en 1918.

La distribución anual frecuencia-talla de los peces muestreados en la captura de *T. thynnus* obtenida frente a California y Baja California en 1978-1983, se presenta en la Figura 18. El peso promedio fue de 23.4 libras en 1983 y la única moda fue entre los 70 y 80 cm. La distribución en 1983, es bastante similar a la de 1979 y 1980.

Estudios de la edad

En informes anuales anteriores de la CIAT los investigadores han tratado el problema de comprobar las marcas temporales de crecimiento y han determinado el método para identificarlas. La investigación realizada en 1983, trata de estos problemas.

Estudios de los otolitos

En los estudios de la edad, es primordialmente importante, minimizar el sesgo de los cálculos de la edad. Los primeros investigadores al estudiar la microestructura de los otolitos se habían interesado principalmente en obtener la edad de los peces contando los incrementos diarios, en lugar de estudiar su estructura o las causas fisiológicas, y trataron de realizar esta investigación sobre

especies cuyos otolitos tenían incrementos grandes y bien definidos, especialmente en los primeros estadios del ciclo vital de los peces. Ningún estudio ha utilizado la técnica de los incrementos diarios durante todo el ciclo de vida para obtener la edad de especies comercialmente importantes. Desafortunadamente, los patrones de incremento pueden variar en las diferentes especies de acuerdo a la edad, estadio ontogenético, factores exógenos, etc., confundiendo subsecuentemente la interpretación. Los otolitos de los atunes y otros peces escómbridos presentan comparativamente una amplia variación en magnitud y en el espacio entre las diferentes áreas del mismo otolito y tienen características morfológicas que hacen que el análisis de los incrementos diarios en los otolitos de los atunes sea más difícil que para otras especies; todos estos factores contribuyen al sesgo cuando se desea obtener la edad.

La técnica preparatoria es principalmente importante para aumentar la legibilidad de cualquier parte dura. Uno de los objetivos más importantes en estos análisis es definir los procedimientos mediante los cuáles producir preparaciones de mejor calidad y, por consiguiente más legibles.

En la mayoría de los estudios de la edad, referentes a los otolitos, se definen los incrementos diarios como formados por una capa mineral (es decir, el área de incremento) relativamente ancha (1-20 μm) bordeada por una capa orgánica (área discontinuada) delgada (0.1-1 μm). El problema al interpretar los incrementos proviene comúnmente de la técnica inapropiada de preparación o por la falta de un criterio determinado y apropiado de reconocimiento. Son pocos los investigadores que establecen una norma estricta para salir adelante con el análisis de tales formaciones como son los incrementos subdiarios y dobles o la morfología secundaria (crecimiento lateral, área amorfa, etc.). En 1983, se emprendió un estudio que trata de estos problemas al nivel microestructural, utilizando un microscopio eléctrico de barrido y varias técnicas iniciales.

El grabado se realiza para que los incrementos diarios sean ópticamente visibles, ya que una formación de cristales finos (Figura 19) cubre la composición ósea diaria y se debe eliminar antes de que se pueda hacer el análisis. Esta capa tiene un espesor variable a lo largo del plano de crecimiento del otolito, lo que causa problemas durante el grabado con ácido, ya que la formación diaria puede destruirse si se graba excesivamente un área. Por consiguiente, el grabado no es un proceso rutinario que pueda producir resultados idénticos en diferentes otolitos o en áreas de los mismos. Sin embargo, comúnmente la selección de las partes del otolito que se han de grabar puede ayudar a superar este problema.

Con el fin de comparar los efectos sobre la apariencia estructural de los incrementos, mejorando al mismo tiempo su lectura, se prepararon otolitos de *T. thynnus* de varios tamaños (70-151 cm) mediante diferentes técnicas. Se prepararon muestras tanto de la superficie distal del otolito como también a lo largo del plano de crecimiento máximo. Las soluciones del grabado incluyeron glutaraldehído (GA), ácido etilendiaminetetracético (EDTA) y ácido hidroclicórico (HCl). Otros investigadores han encontrado que GA y EDTA tenían mejores propiedades de grabado que el HCl más ácido.

La descalcificación casi completa de las secciones del otolito con GA de un *T. thynnus* de 75 cm, resultó en una matriz (Figura 20) que define claramente la estructura incremental e interincremental. Las formaciones entre los incrementos consisten de una matriz proteínica de cristales longitudinales alargados que pueden pasar a través de varios incrementos en lugar de terminar en cada área de discontinuación, aunque son evidentes pequeños filamentos proteínicos entre las áreas de discontinuación. Estas formaciones son muy semejantes a las de otras especies descritas por otros investigadores. Los incrementos diarios en los otolitos de los atunes son similares a aquellos de otras especies. Por consiguiente, el problema principal en asignar la edad de los atunes mediante los otolitos se encuentra en la forma específica del otolito y en la manera en que se forman los incrementos con relación el uno con el otro.

Los investigadores que están trabajando en otras especies han encontrado en las preparaciones de otolitos enteros o fraccionados, diferencias en las estimaciones de la edad, basadas tanto en incrementos diarios como anuales. Esto indica que tanto la cara exterior superficial o el pequeño desplazamiento lateral en el plano del crecimiento máximo o las dos cosas ocultan los incrementos. Una sección obtenida cerca del primordium del otolito (Figura 21) indica varios casos de obscurecimiento que pueden afectar la estimación de la edad derivada de la preparación de una muestra de la superficie. La orientación de los incrementos en la preparación de una muestra es algo oblicua con relación al plano del que se analiza. La división se hace en un plano perpendicular al del incremento, lo que permite que sea mejor el acceso de la solución del grabado a los extremos de los cristales, formando así incrementos más definidos. En una buena preparación es muy importante tener mucho cuidado al hacer el fraccionamiento a través del plano. Puede existir algún problema al fraccionar los otolitos de *T. thynnus* ya que la trayectoria de cálculo a lo largo del plano del crecimiento máximo parece tener una pequeña curva, especialmente en los peces de más edad. Por esta razón, se han de investigar aún más los resultados del fraccionamiento antes de su empleo rutinario.

La apariencia granulada de la superficie de algunas de las preparaciones grabadas con ácido (Figura 22) parecen ser causadas por la desintegración de los extremos de los cristales longitudinales interincrementales (Figura 23) de tal modo que se interrumpe su continuidad. Esta apariencia granulada no fue evidente en las preparaciones con GA o EDTA. La mayoría de la subjetividad al contar los incrementos diarios (especialmente en peces más viejos) se origina en áreas relativamente anchas (20-50 μm) donde parece que cesa la formación de los incrementos o que son extremadamente tenues cuando se realiza el grabado con ácido. Estos incrementos tenues (Figura 24) son también evidentes en la sección sagital. Se cree que las causas fisiológicas de estas áreas anchas se deben a la fatiga de la repetición de la reproducción, migración o a las dos cosas, aunque no hay estudios en la literatura técnica que compruebe esto. Ninguno de los métodos usados parece mejorar la lectura de tales formaciones.

Los incrementos subdiarios, es decir, aquellos que se forman entre los incrementos diarios, se han descrito en varios estudios pero no se reconocen en

otros. El reconocimiento y la exclusión de los incrementos subsidiarios es vital en los estudios de la edad, ya que puede resultar en una estimación excesiva de la edad. Los incrementos subsidiarios pueden distinguirse más fácilmente en incrementos grandes y anchos donde se encuentran limitados por las áreas de discontinuación mucho más grandes, pero probablemente se pueden encontrar en incrementos menos anchos aunque son irreconocibles. Una sección sagital a través de un área de incrementos anchos (Figura 21) presenta varios incrementos subsidiarios y después del examen, usando una ampliación más elevada (6000X) se comprobó la declaración de otro investigador de que los incrementos subsidiarios no se pueden grabar tan bien con ácido como los incrementos diarios.

Se seguirán examinando los méritos relativos de la capacitación de calcular lateralmente una muestra preparada de la superficie y la nitidez principal provista por los incrementos (en términos del sesgo) de las secciones grabadas con GA o EDTA.

Estudios de las vértebras

Se ha comenzado el procesamiento de las vértebras marcadas con oxitetraciclina (OTC) de los experimentos de marcado de *T. thynnus* realizados en 1981, en el Japón. Como se informó anteriormente, se inyectaron *T. thynnus* pequeños con OTC, un factor específico de calcio que se incorpora en las partes duras durante el crecimiento y hace que se forme una marca fluorescente en los otolitos y las vértebras cuando se miran bajo una luz ultravioleta (UV). Esta marca sirve como punto de referencia para determinar el significado temporal de las marcas naturales.

Después de quitar la carne del pedúnculo caudal y de separar la 35ava vértebra, el centro espinal (cara cónica) muestra claramente una marca brillante amarilla cuando se ve bajo la luz UV. Se descubrió en las pruebas que la tintura con alizarina roja S para intensificar las marcas naturales, hacía difícil la observación de la marca de OTC. Por consiguiente, se lee y se mide la marca de OTC antes de aplicarse la tintura.

Con el fin de determinar matemáticamente las relaciones (1) entre la marca de OTC, (2) cualquier marca natural y (3) el borde vertebral, se debe medir la distancia desde cada marca al centro vertebral. Las medidas horizontales (a) (Figura 25) se realizan al utilizar un microscopio con platina micrométrica y las medidas de la profundidad (b) por la diferencia en el recorrido vertical del lente del microscopio entre los planos focales. Las distancias entre las marcas (c) pueden estimarse al usar el teorema de Pitágoras.

Se seccionó una vértebra lateralmente y cada trozo de la sección transversal se midió 10 veces con un micrómetro a los 0.025 mm más cercanos. Se encontró una diferencia entre la longitud de los fragmentos al usar el análisis de la varianza en una dirección ($F_{1,18,05} = 85.39$, $P < .0005$). Así que el foco del cono parece estar lateralmente descentrado. Se están haciendo otros estudios para determinar el efecto que tiene esta diferencia en los cálculos y las estimaciones de la edad.

Desde que se conoce el momento en que se forma una marca OTC (fecha de

marcado y liberación) como también el tiempo de la formación del borde de la vértebra (fecha de recaptura), se puede interpolar el tiempo de la formación de los anillos por la razón de las distancias entre las marcas. Al graficar estos datos de las recapturas de marcas OTC de los diferentes meses, se puede determinar la variabilidad en el momento de la formación de los anillos y por último la edad. Un método como éste para calcular la edad permite que se separen los grupos sobrepuestos de edad en polígonos de la frecuencia de talla, siempre que haya suficiente precisión y no se encuentre sesgo al hacerlo. Los trabajos anteriores de otros investigadores han indicado una amplia fluctuación en las estimaciones del tiempo de la formación de los anillos, es decir, de enero a junio, lo que hace que sean imprecisas las estimaciones de la edad. Los índices de crecimiento de *T. thynnus* que se han desplazado del Japón al Pacífico oriental son diferentes de aquellos que permanecen en el Pacífico occidental. Por consiguiente, puede que con estimaciones precisas de la edad, sea posible determinar qué modas representan en la captura del Océano Pacífico oriental los peces que se han desplazado del Japón en años anteriores, ya que el pez migratorio sería pequeño para su edad. Afortunadamente, se puede estimar con más exactitud la edad de estos peces mediante los incrementos diarios de los otolitos que al confiar solamente en los anillos. Actualmente, sin embargo, no es práctico realizar un trabajo rutinario para determinar la edad de grandes cantidades de peces usando el análisis de los incrementos diarios. Así que se intensifica la importancia de concebir una técnica referente a los anillos.

Estudios del barrilete negro (Euthynnus lineatus)

La investigación de la biología del barrilete negro que se realiza actualmente incluye un estudio de la biología reproductiva. Los cálculos del potencial reproductivo son de suma importancia en lo que se refiere a la dinámica de las poblaciones de peces, ya que es un factor determinante de la productividad. El momento oportuno de la reproducción como también las temporadas de desove, son importantes en cuanto a las estrategias de la reproducción y han de incrementar nuestro conocimiento sobre la ecología de los atunes al investigar si existe alguna relación entre los aspectos de la reproducción, la localidad geográfica y también los factores ambientales.

En 1983, se inició un estudio completo sobre la madurez sexual y el desove del barrilete negro frente a la América Central entre los 7°N y los 12°N y al este de los 92°W. La distribución frecuencia-talla de las hembras y machos muestreados, fluctuó de 33 a 63 cm, con una moda predominante de 44 cm. El análisis del ji cuadrado de las proporciones mensuales del sexo, indicó una desviación significativa de una proporción 1:1 en las muestras de abril, agosto y diciembre. Hubo más frecuencia de machos que de hembras en las mismas muestras, sin que existiera una correlación significativa en lo referente a la etapa de la madurez sexual ($r_{0.5,7} = 0.267$). Aunque la heterogeneidad de la prueba del ji cuadrado indica que no se justifica el agrupar los datos ($\chi^2_{.05,8} = 28.76$) se encuentra que el porcentaje de machos es 52.5% cuando se agrupan los datos. El análisis del ji cuadrado indica que algunos barriletes negros se separan por sexo y que las proporciones del sexo pueden cambiar con la estación.

La sola apariencia externa de los ovarios de los atunes no es suficiente para realizar la clasificación general de los estados de madurez. En realidad, parece que la mejor manera de determinar los estados de madurez y de seleccionar los ejemplares en las estimaciones de la fecundidad en las muestras recolectadas según los descargues de pesca, es usar el índice gonosomático (IGS), llamado también índice gonádico o índice de madurez, junto con la medida del tamaño de los óvulos de la moda más avanzada y el examen minucioso del lumen de los ovarios para ver si hay vestigios o residuos de oocitos hialinos. El índice gonosomático que se emplea es el porcentaje del peso del ovario con relación al peso del cuerpo menos el ovario. En la Tabla 10 se presenta el método de una clasificación tentativa, mediante el cual se pueden asignar a los peces de uno a cinco estados de desarrollo. Se estudiará un método objetivo para separar y clasificar la madurez sexual del barrilete negro, usando las variables antes mencionadas y empleando el análisis estadístico con variables múltiples, principalmente el análisis de la función discriminante (AFD). Se ha de comprobar este sistema de clasificación usando los datos de los ejemplares recolectados frescos en el mar, a los que se les puede también aplicar el criterio histológico.

En la Figura 26 se indica la distribución de la frecuencia del diámetro de los oocitos en cada estado de madurez. Cada histograma se basa en las medidas de 300 oocitos enteros de un solo ovario. La frecuencia del diámetro de los huevos indica, que el barrilete negro desova alternativamente o en serie, interpretándose mediante una distribución continua de tamaños de los oocitos, por modas múltiples en la frecuencia del diámetro de los huevos, y la presencia de óvulos próximos a ser desovados en ovarios parcialmente evacuados. El número de modas indica que los individuos durante la temporada de reproducción, desovan por lo menos varias tandadas de huevos.

La periodicidad del desove se indica al graficar la media mensual de los diámetros de los óvulos del grupo modal más avanzado de los oocitos (Figura 27) y los índices de la media mensual gonosomática (Figura 28) excluyendo los peces inmaduros (1 etapa). No se obtuvieron muestras en febrero, marzo o mayo y el desarrollo de los ovarios fue mínimo en agosto y septiembre. Hay un máximo en ambos gráficos en octubre, observándose el desove de los peces en todos los meses, excepto en agosto y septiembre. Estos hallazgos coinciden con los datos del ictioplancton de las larvas de barrilete negro capturadas frente a Costa Rica durante la década de 1950 y comienzos de la de 1960, que indican que existe una actividad de desove durante la mayor parte del año en esa zona. La mayoría de los peces en este estudio se encontraban en un estado avanzado de desarrollo (3 etapa), comprobado por el diámetro de los oocitos.

Las 323 hembras de barrilete negro, recolectadas frente a la América Central en 1980-1981, se separaron en dos grupos, (1) inmaduras (etapas 1 y 2) y (2) maduras (etapas 3, 4 y 5), basados en la clasificación de los estados de madurez de la Tabla 10. Se determinó el porcentaje de peces maduros (2 grupo) en cada intervalo de longitud de la clase de 20 mm. La regresión lineal de la transformación arcoseno del porcentaje de peces maduros en el logaritmo natural de la media de la longitud de los intervalos de clase, indica que el 50% de las hembras en esta

zona están maduras cuando llegan a medir 497 mm (Figura 29). Se encontró en esta zona en 1980-1981, que la talla mínima del primer desove (etapas 4 o 5) de barrilete negro fue de 406 mm con un peso de 1.28 kg.

INVESTIGATION ATUN-DELFIN

La investigación atún delfín de la Comisión recibió por primera vez los fondos a fines de 1978 y el programa de la recolección de datos de los técnicos científicos se inició a principios de 1979. Se contrató personal para que emprendiera la investigación referente (1) al avalúo de la población, incluso la estimación de la abundancia de los animales, los índices de la mortalidad incidental y los parámetros del ciclo vital, (2) los medios para reducir la mortalidad de los delfines como también de mejorar o concebir nuevas técnicas de pesca, estudiando además el comportamiento de los delfines y (3) la acción recíproca que existe entre atunes y delfines.

Los objetivos de las investigaciones se concentran en mantener niveles elevados de la producción de atunes, tratando al mismo tiempo de evitar la mortalidad innecesaria de los delfines y de asegurar la sobrevivencia de todas las razas de delfines implicadas en la pesca. Este método de capturar peces es una parte importante de la pesca, produciendo cerca de la mitad del tonelaje total anual de aleta amarilla.

Recolección de datos

Los métodos empleados para determinar el patrón de muestreo de los viajes de la flota cerquera internacional en 1983, incluyó dividir arbitrariamente el año civil en tres intervalos. La asignación del número de viajes a estos intervalos por abanderamiento de barcos, de los países participantes, se llevó a cabo usando un patrón de muestreo en el que se minimizaba la varianza de la estimación de la mortalidad total de los delfines de las flotas participantes. Los países cuyas flotas se incluyeron en el muestreo, fueron las naciones miembros de Panamá y los EEUU (Canadá, Francia, Nicaragua y el Japón no se incluyeron ya que actualmente no tienen barcos cerqueros maniobrando en la pesca epipelágica del Pacífico oriental) y los países no miembros de Costa Rica, las Islas Caimán y Venezuela. Como en años anteriores se asignó un número arbitrario de viajes a los cerqueros mexicanos previendo un posible acuerdo entre México y la Comisión. Los viajes programados de los varios países se presentan más adelante.

| Viajes programados para llevar a bordo técnicos de la Comisión en 1983 | | | | |
|--|-------------|--------------|---------------|-------|
| | I Intervalo | II Intervalo | III Intervalo | Total |
| Islas Caimán | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Costa Rica | 0 | 1 | 0 | 1 |
| México | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Panamá | 1 | 2 | 2 | 5 |
| EEUU | 20 | 8 | 15 | 43 |
| Venezuela | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Total | 25 | 15 | 23 | 63 |

La Comisión en marzo de 1983, en un arreglo interino, asumió la responsabilidad de colocar técnicos científicos a bordo de viajes originalmente programados para llevar técnicos del National Marine Fisheries de los Estados Unidos. Por consiguiente, aumentó en ese tiempo el número de viajes que se habían de muestrear. Sin embargo, como en años anteriores, se presentaron varios factores los que ocasionaron que el número de viajes muestreado fuera inferior al número programado. Estos incluyeron, la falta de un acuerdo con México, la transferencia de abanderamiento de un país a otro, barcos seleccionados para el muestreo que están pescando en otras zonas que no son las del Pacífico oriental, a un gran número de barcos seleccionados que actualmente están inactivos y al hecho de que el programa de la embarcada de los técnicos en 1983, no fue obligatorio. El número muestreado de viajes que se da más adelante, refleja el incremento de los viajes disponibles que se han de muestrear y la reducción resultante debida a los factores antes mencionados.

| Viajes Muestreados en 1983 | | | | |
|----------------------------|------------|-------------|--------------|-------|
| | I Interval | II Interval | III Interval | Total |
| Islas Caimán | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Costa Rica | 0 | 0 | 0 | 0 |
| México | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Panamá | 1 | 0 | 0 | 1 |
| EEUU | 13 | 15 | 3 | 31 |
| Venezuela | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 14 | 15 | 4 | 33 |

Base de los datos atún-delfín

Desde 1979, se han obtenido datos para el programa atún-delfín de los técnicos científicos que se encuentran a bordo de embarcaciones cerqueras. Estos datos incluyen información útil sobre la mortalidad accidental de los delfines ocasionada por las maniobras de cerco cuando se pesca atún, la abundancia de los delfines, el comportamiento de los delfines con relación a la pesca y los problemas de las artes que causan un aumento en la mortalidad. En conjunto forman la base de los datos atún-delfín. Empleados de la Comisión editan los datos que se reciben, almacenándolos en la computadora y examinándolos en busca de errores antes de hacerlos disponibles para su análisis. Se realiza también trabajo considerable en el manejo de la base de datos, la documentación de los errores encontrados, y el desarrollo de programas para la computadora que facilitan la busca rápida de información y la generación de resúmenes estadísticos.

En la Tabla 11 se presenta un sumario de los datos combinados de la captura observada y de la mortalidad correspondiente a los años de 1979-1983. Se enumera en la tabla el número de lances realizados sobre atunes asociados con delfines (lances con delfines), la cantidad de delfines muertos, el tonelaje de atún capturado en lances con delfines, la media de la mortalidad por lance, la media de la mortalidad por tonelada y la media de las toneladas por lance de cada uno de los varios tipos de lances definidos por composición de raza o especie de los delfines capturados en el mismo. Emergen ciertas características reconocibles según estas estadísticas

sumarizadas. La media de la mortalidad por lance y la media de la mortalidad por tonelada, son inferiores en los lances sobre cardúmenes puros de delfines manchados (*Stenella attenuata*). Son más elevadas en los lances que incluyen delfines tornillo oriental (*Stenella longirostris*) y aún más elevadas en aquellos que incluyen delfín tornillo panza blanca, delfín común (*Delphinus delphis*) y delfín listado (*Stenella coeruleoalba*). Los índices de la mortalidad de los cardúmenes mixtos de delfines manchados y tornillo panza blanca, son considerablemente superiores a los de cardúmenes mixtos de delfines manchados y tornillo oriental, debido al índice superior de mortalidad que tienen los delfines manchados en cardúmenes de manchados-panza blanca. Se continúa con este estudio para investigar los índices de la mortalidad de los delfines capturados en las redes y poder en esta forma, comparar las diferencias entre las especies o stocks en cardúmenes mixtos.

Mortalidad observada de los delfines en 1983

Se han examinado y editado los datos recolectados en 1983, de los 33 viajes de la muestra de 1983, además de otros 9 viajes de la muestra de 1982, iniciados en ese año y terminados en 1983. Los barcos muestreados realizaron en total 926 lances sobre atunes asociados con delfines, capturando 10,634 toneladas de aleta amarilla. Se observó la siguiente mortalidad por especie y stock:

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Delfines manchados de altura | 1,549 |
| Delfines tornillo oriental | 189 |
| Delfines tornillo oriental | 1,660 |
| Delfines tornillo sin identificar | 1 |
| Delfín común | 70 |
| Delfín listado | 1 |
| Delfines sin identificar y otros | 86 |
| Total | 3,556 |

Estimaciones preliminares de la mortalidad total de los delfines en 1983

Cada año, los investigadores de la Comisión calculan las estimaciones de la mortalidad anual accidental de los delfines causada por las maniobras de la pesca con cerco. En 1983, no les fue posible muestrear suficientes viajes de las flotas de otros países (en este informe el término “las flotas de otros países” se refiere a las flotas no pertenecientes a los EEUU) para obtener las estimaciones de la mortalidad total de estas flotas. En los análisis presentados en este año, se han hecho las estimaciones de 1983, de la flota de los EEUU y de las flotas de otros países de los años combinados de 1979-1983.

Los datos, para cada lance sobre atunes asociados con delfines (lances con delfines), incluye el tonelaje de atún cargado a bordo y la cantidad observada de delfines (por especie o stock) que se conoce han muerto. No se incluyeron los animales lesionados que murieron tal vez más tarde, ni tampoco un pequeño número de animales muertos en lances realizados sobre atunes no asociados con delfines. Se procesaron todos los lances sobre delfines de cada viaje como una

muestra por conglomerado. La mortalidad total se calculó usando los estimadores de las proporciones tanto de la mortalidad por tonelada como de la mortalidad por lance, de cada conglomerado especie o stock de los viajes muestreados, multiplicada por los datos independientes de toda la flota como se describió en el informe anual de la Comisión de 1981 (pp. 158-159).

Estimaciones de la flota de EEUU, 1983

Más adelante se presenta el número total de los viajes y el número muestreado de éstos en los que se realizaron lances sobre delfines, la cantidad de lances sobre delfines y el tonelaje capturado de atún por la flota de los EEUU en 1983, en lances sobre delfines. Se calcularon los totales según los datos de los descargues y los cuadernos de bitácora de la Comisión.

| | Muestreado | Total | Abarcado |
|--------------------------------------|-------------------|--------------|-----------------|
| Viajes en los que se hicieron lances | | | |
| sobre delfines | 35 | 109 | 0.321 |
| Lances sobre delfines | 862 | 2,853 | 0.302 |
| Tonelaje capturado de atún en lances | | | |
| sobre delfines | 9,474 | 29 023 | 0.326 |

En la tabla siguiente se presentan las estimaciones de 1983, de la mortalidad de la flota de los EEUU, calculada al usar tanto los estimadores de la mortalidad por lance como de la mortalidad por tonelada. Las estimaciones de los errores normales se encuentran entre paréntesis.

| | Mortalidad por lance | | Mortalidad por tonelada | |
|----------------------------------|-----------------------------|--------|--------------------------------|--------|
| Delfín manchado de altura | 3671 | (672) | 3397 | (684) |
| Delfín tornillo oriental | 625 | (245) | 579 | (252) |
| Delfín tornillo panza blanca | 3846 | (1212) | 3560 | (1148) |
| Delfín tornillo sin identificar | 3 | (3) | 3 | (3) |
| Delfín común | 232 | (129) | 214 | (134) |
| Delfín listado | 3 | (3) | 3 | (3) |
| Delfines sin identificar y otros | 132 | (46) | 122 | (46) |
| Total | 8513 | (1414) | 7879 | (1367) |

Estos resultados indican que no existen diferencias significativas en las estimaciones de la mortalidad entre los estimadores de la mortalidad por lance y de la mortalidad por tonelada de ningún conglomerado de especie o stock, un patrón compatible con los resultados de los años anteriores. Las estimaciones en 1983, son en sí, muy inferiores a las de cualquiera de los 4 años anteriores. Esto refleja en su mayoría la reducción del número de barcos que ha estado pescando en el Pacífico oriental en 1983, aunque los índices de mortalidad también se redujeron con relación a los valores de 1982.

Estimaciones de las flotas de otros países, en los años combinados de 1979-83

Durante el período de 1979-1983, la Comisión ha colocado técnicos científicos a bordo de 33 embarcaciones en las flotas de otros países. Estos viajes se asignaron entre los diferentes pabellones como sigue:

| | |
|-------------------|----|
| Canadá | 2 |
| Islas Caimán (UK) | 1 |
| Costa Rica | 7 |
| México | 1 |
| Nueva Zelanda | 1 |
| Nicaragua | 1 |
| Panamá | 15 |
| Venezuela | 5 |

En la tabla siguiente se presentan las estimaciones de la mortalidad de las flotas de otros países en los años combinados de 1979-1983, usando los estimadores tanto de la mortalidad por lance como de la mortalidad por tonelada. Los errores normales se indican entre paréntesis.

| | Mortalidad por lance | | Mortalidad por tonelada | |
|----------------------------------|----------------------|---------|-------------------------|---------|
| Delfin manchado de altura | 41886 | (14493) | 28561 | (12124) |
| Delfin tornillo oriental | 2493 | (1397) | 1700 | (1531) |
| Delfin tornillo panza blanca | 20693 | (9513) | 14110 | (9177) |
| Delfin tornillo sin identificar | 317 | (273) | 216 | (287) |
| Delfin común | 9021 | (5606) | 6151 | (6000) |
| Delfin listado | 1020 | (546) | 696 | (555) |
| Delfines sin identificar y otros | 2176 | (1097) | 1484 | (1089) |
| Total | 77606 | (18316) | 52918 | (16466) |

No existen diferencias significativas en las estimaciones entre los estimadores de la mortalidad por lance y de la mortalidad por tonelada de cualquier conglomerado de especie o stock, este resultado es compatible con las estimaciones anuales de la flota de los EEUU. Según los resultados anteriores, el promedio de la mortalidad total anual de las flotas de otros países es aproximadamente de 10,000 a 14,000 delfines. Es mucho mejor la precisión de las estimaciones combinadas de 1979-1983, que aquella de las estimaciones anuales presentadas en años anteriores, ya que se tenían más muestras.

El número muestreado de viajes de barcos de otros países desde 1979 hasta 1983, no es suficiente para suministrar estimaciones precisas de la mortalidad de un año a otro. Solo se podrá mejorar considerablemente la precisión de estas estimaciones, si participan más países en el programa internacional de la recolección de datos de la Comisión.

Revisión de las estimaciones de la mortalidad total de los delfines

Se han encontrado erradas las estimaciones de la mortalidad total, presentadas en el informe anual de la Comisión de 1982 (páginas 161 y 273) basadas en el estimador de la mortalidad por tonelada. En la Tabla 12 se presentan las estimaciones revisadas de 1982, usando tanto los estimadores de la mortalidad por lance como de la mortalidad por tonelada. No existen diferencias significativas entre los dos estimadores en ninguna conglomeración de especie o stock. En la Tabla 13 se presentan datos similares correspondientes a los años combinados de 1979-1981.

Abundancia del delfín tornillo oriental, 1977-1982

Se cree que el stock del delfín tornillo oriental ha sido el más explotado de todos los stocks de delfines incluidos en la pesca atunera con cerco del Pacífico oriental. En 1983, los investigadores de la Comisión se dedicaron a realizar las estimaciones de la abundancia de los delfines tornillo oriental. Más adelante se presentan los resultados de 1982 y se comparan con los de 1977-1981, presentados en el informe anual de la Comisión de 1982 (páginas 161-167).

Se han obtenido las estimaciones de la abundancia de los datos recolectados por los técnicos del NMFS de los EEUU y de la Comisión a bordo de embarcaciones cerqueras. Ellos obtienen la siguiente información básica para estimar la población: 1) la distancia explorada a lo largo de la derrota, 2) la composición de las especies y razas de los cardúmenes de delfines observados, 3) las estimaciones acerca de la magnitud del cardumen, 4) la distancia con referencia al cardumen en el momento de la observación y 5) el rumbo del cardumen con respecto a la derrota. Los dos últimos elementos se emplean para calcular la distancia perpendicular desde el cardumen observado a la línea de la derrota. Las estimaciones de la abundancia se obtienen según estos datos, basados en el muestreo de la derrota. Este método se basa en la idea de que la probabilidad de descubrir un cardumen es una función de la distancia perpendicular del cardumen a la derrota. Esta función se calcula según la serie observada de las distancias perpendiculares, y su valor en el origen, $f(0)$, provee la base para estimar la densidad. En las estimaciones de la densidad calculadas aquí, se ha usado el estimador de la serie de Fourier, una serie de cocientes, para estimar esta función. Se ha indicado que es un estimador generalmente útil que posee varias características eficaces.

Los datos de la distancia perpendicular se agruparon por intervalos de 0.5 mn en los análisis. Esto se hizo para tratar de reducir los problemas impuestos por los técnicos al redondear a valores convenientes las distancias y los ángulos de observación. Los ángulos se anotan usualmente a los 10° más cercanos, dando a entender que cualquier ángulo dado es en el mejor de los casos preciso solo a $\pm 5^\circ$ de su valor anotado. Además, se "suavizaron" los datos a través de los intervalos de la distancia y del ángulo de observación en donde se supone que se han redondeado ya sea en forma ascendente o descendente. Se hace ésto para reducir los efectos adversos cuando se ha anotado una gran cantidad de observaciones como si se hubieran descubierto exactamente en la derrota aunque hayan estado tan alejadas como 5° o más de la misma. Los puntos atípicos en la

distribución de estos datos pueden afectar adversamente las estimaciones de la densidad y en los análisis se han truncado los datos a una distancia perpendicular de 7.0 mn. Esto corresponde aproximadamente a la distancia del horizonte vista desde la embarcación cerquera. En el caso en que el técnico no pueda identificar las varias especies que se encuentran en un cardumen, se emplean las estimaciones de la composición de especies provistas por la tripulación cuando se tienen éstas.

Los datos fueron estratificados geográficamente para el análisis (Figura 30). En la Figura la zona A1 representa la región en la que se cree habitan los delfines tornillo oriental, pero no los delfines tornillo panza blanca. La zona A2 es la región en la que la distribución de los delfines tornillo oriental se traslapa con la distribución de los delfines tornillo panza blanca. Se había pensado anteriormente que la zona fuera de la A1 y A2 no se encontraba habitada por delfines tornillo oriental. Sin embargo, el 10 por ciento de las observaciones de delfines tornillo oriental en 1982, se hicieron fuera de las zonas A1 y A2, lo que indica que en los próximos análisis se tendrán que ampliar las zonas para incluir estas observaciones. En el análisis actual las zonas A1 y A2 proveen una estratificación burda de los datos.

Se hicieron dos estimaciones de la densidad de cada zona para evitar la tarea difícil de prorratear aquellos animales anotados como delfines tornillo sin identificar. Una estimación incluye solamente las observaciones positivamente identificadas como delfines tornillo y la otra, incluye todas estas observaciones más aquellas clasificadas como delfines tornillo sin identificar. Se puede esperar entonces que la verdadera estimación se encuentre entre estos extremos. Se hicieron las estimaciones combinadas de las dos zonas al ponderar las estimaciones por la extensión de las zonas. Esto se hace al sumar la estimación de las cantidades de cardúmenes o individuos de cada zona.

En la Tabla 14 se suman los resultados por zona de 1982. En la Figura 31 se comparan las estimaciones combinadas de la densidad de los cardúmenes y de la cantidad de animales correspondientes a 1977-1982. Esta es una prolongación de la Figura 30 del informe anual de la Comisión de 1982. Aún en este caso no existe una tendencia evidente en las estimaciones ya sea de la densidad de los cardúmenes o de la cantidad de animales. Basados en el conocimiento actual de las poblaciones de los delfines y de los efectos de la pesca, no es sorprendente que no exista una tendencia, al considerar que el coeficiente de variación en las estimaciones es aproximadamente 13% y no es probable que ocurra un cambio en la magnitud de la población que sea superior al mismo porcentaje. Existen aún varios problemas si se quieren satisfacer las suposiciones de la técnica de la derrota, pero los investigadores creen que éstos no impiden examinar las estimaciones de la densidad correspondientes a las tendencias sobre los años, ya que probablemente la mayoría de los sesgos potenciales son similares entre los años. El único factor que podría afectar diferencialmente las estimaciones entre los años, es el de las condiciones predominantes meteorológicas.

Estimación de la talla con relación a la edad de los delfines manchados de altura

Se ha empleado la técnica de ajustar una curva de crecimiento a la progresión de las medias de las distribuciones mensuales de talla para estimar la talla con relación a la edad del delfín manchado de altura (*Stenella attenuata*) y el delfín tornillo (*S. longirostris*). La técnica se basa en la hipótesis de que la reproducción de estos delfines es estacional y que una cohorte de animales nacida aproximadamente al mismo tiempo puede considerarse como una distribución de tallas, identificables por una moda en la distribución general de las tallas, que puede seguirse de un mes a otro a medida que aumenta la media de la cohorte. Si hay suficientes datos en un mes para seguir esta progresión desde el nacimiento hasta cumplir el primer año y más allá, puede ajustarse una curva de crecimiento a la talla media mensual para proveer una estimación de la talla del pez al cumplir su primer año.

Desde que se realizaron los análisis originales en 1976, la muestra del NMFS de los EEUU, de las tallas medidas de los delfines manchados de altura, que han muerto accidentalmente a causa de la pesca de atunes con cerco en el Pacífico oriental ha aumentado de unos 3,500 a más de 15,000 animales. Consecuentemente, fue posible analizar más extensamente los datos de los delfines de altura de lo que se había hecho anteriormente.

A fin de comparar los resultados de los delfines manchados de altura de las zonas norte y sur en la pesca con cerco de atunes, se analizaron separadamente estos estratos. Los datos de todos los años combinados se agruparon por mes de captura y se catalogaron por zona de captura para estratificarlos aún más según fuera necesario. Estas zonas se determinaron subjetivamente al dividir toda la zona basados en hiatos aparentes en la distribución de los animales como se observó al examinar las distribuciones de las observaciones sobre delfines manchados de altura (Figura 32) y el esfuerzo de búsqueda realizado por los técnicos científicos para obtener estas observaciones. Los datos mensuales fueron analizados separadamente usando una versión del programa computarizado NORMSEP, mediante el cuál se ajusta un número determinado de distribuciones normales a los datos frecuencia-talla. Este fue el mismo programa usado en los análisis anteriores.

Se analizaron inicialmente, en cada mes, los datos de todo el estrato norte (Zonas 3-8). Los resultados de este análisis fueron confusos, debido a que no concordaron las progresiones mensuales de la media de talla de las distribuciones ajustadas. Esto indicó que en los datos podían (1) existir elementos que no son estacionales o (2) elementos estacionales sin cronología, los que podían ocultar la progresión de las cohortes de cada año, nacidas en la misma temporada. Para tratar de identificarlos, se estratificaron por zona los datos de cada mes en los que hubiera una muestra suficiente para hacerlo.

Como primera prueba para obtener consistencia, se eliminaron los datos que fueron recolectados en la zona de altura (Zona 3). Los resultados de los análisis

del resto de los datos indican más afinidad que aquellos de los análisis iniciales de todos los datos del norte. Sin embargo, los resultados en algunos meses aún no estuvieron de acuerdo con la progresión evidente de la media de las tallas indicadas por los otros meses. Consecuentemente, se estratificaron aún más los datos al eliminar las tallas de los animales recolectados en el resto de las zonas, es decir las zonas 4 y 5. Los resultados de los análisis de estos datos estuvieron más de acuerdo con los de los otros meses.

La Figura 33 presenta las medias de las distribuciones ajustadas, graficadas como una progresión mensual hasta unos 24 meses desde el mes aproximado de nacimiento. En la figura se han graficado las medias para indicar dos curvas evidentes de crecimiento que representan dos cohortes nacidas con unos seis meses de separación cada año en la primavera y el otoño.

Se investigaron tres modelos de crecimiento al escoger la curva de crecimiento que se ajustara a la serie de las tallas medias mensuales. Estos fueron una ecuación lineal, la ecuación de Gompertz y la ecuación de von Bertalanffy. La ecuación de Gompertz se ajustó bien y mejor a los datos que los otros dos modelos, así que en la Figura 33 se presentan solo las curvas de este modelo. El tiempo del nacimiento se estimó al sustituir en el modelo una estimación recientemente determinada de la talla al nacer. Luego se calculó la talla a un año de edad al substituir en el modelo el tiempo del nacimiento más un año. Esto se hizo en ambas curvas del crecimiento con los siguientes resultados:

| | Curva A | Curva B |
|--|-----------|------------------|
| Talla determinada al nacer | 85.4 cm | 85.4 cm |
| Media estimada de la fecha de nacimiento | 7 de mayo | 15 de septiembre |
| Longitud estimada a un año de edad | 131.6 cm | 127.2 cm |

Los resultados de los análisis de todos los datos del sur (zonas 1 y 2) indicaron inconsistencias similares a las encontradas en los resultados de los datos del norte. Consecuentemente, se eliminaron los datos de la zona 2 en aquellos meses en que ésto fue posible, al considerar el tamaño de la muestra de talla. Los resultados de los análisis de los datos estratificados indicaron mayor consistencia que aquellos de todos los datos que se tenían, lo que indica de nuevo que los datos de las zonas de altura pueden ser menos estacionales o que han sido programados con un patrón diferente estacional del de los datos obtenidos cerca a la costa.

En la Figura 34 se presenta la media de las distribuciones ajustadas que ha sido graficada como una progresión mensual desde el mes aproximado de nacimiento hasta unos 18 meses. Es evidente, en estos datos, que solo hay una curva de crecimiento, indicando que solamente nace una cohorte cada año. Se ajustaron de nuevo los datos usando el modelo de crecimiento de Gompertz con los siguientes resultados:

| | |
|--|------------|
| Talla determinada al nacer | 83.2 cm |
| Media estimada de la fecha de nacimiento | 6 de enero |
| Longitud estimada al cumplir su primer año | 127.9 cm |

Existen varias fuentes de variabilidad en las estimaciones mensuales de la talla media a las que se han ajustado los modelos de crecimiento para estimar la talla al cumplir un año. Cuatro de éstas son de naturaleza biológica. Existe variación individual en la fecha de nacimiento; los animales pueden nacer con diferentes tallas; puede que los animales tengan distintos índices de crecimiento y la temporada de natalidad puede variar de un año a otro, de una zona a otra y dentro de las zonas. Además, las distribuciones mensuales están sujetas a error en el muestreo. Todos estos factores se combinan produciendo la variación en las tallas medias.

Se han examinado varias fuentes de sesgos en los datos. Como no pueden eliminarse completamente de éstos, hay que aceptar los resultados con cierta cautela. Sin embargo, a pesar de estas restricciones, los resultados aquí presentados son alentadores y puede que provean las mejores estimaciones de talla del primer año de las que se dispone actualmente del delfín manchado de altura. Se proyectan análisis similares para los delfines tornillo oriental y tornillo panza blanca.

Distribución de los delfines y stocks en el Pacífico oriental

Los investigadores de la CIAT y del NMFS de los EEUU, han examinado los datos recientes de la distribución de las especies y stocks de delfines en el Pacífico oriental y los han presentado en 1983, en las reuniones de los grupos de expertos del Status of Porpoise Stocks (SOPS) del NMFS de los EEUU. Este análisis actualiza los exámenes anteriores de la distribución de los delfines y de los stocks del Comité SOPS de 1979 del NMFS de los EEUU y de la CIAT.

Desde el análisis de 1979 de SOPS, se han extendido en el Pacífico oriental tropical los límites conocidos del delfín manchado *Stenella attenuata*, del delfín tornillo, *S. longirostris*, del delfín listado, *S. coeruleoalba* y del delfín común, *Delphinus delphis* (Figuras 35-38). La acumulación de datos nuevos, los cambios en las condiciones ambientales y el abarcamiento geográfico más extenso realizado por la flota internacional, todos son factores que contribuyen al aumento de los límites conocidos de estas especies. Se han clasificado como imprecisos algunos de los límites en las Figuras 35-38 debido a la pequeña cantidad de observaciones obtenidas en estas zonas. Estas se encuentran principalmente en los extremos meridional y occidental de la distribución del *Stenella* spp. y están indicadas por líneas a trazos en las Figuras 35-37. Las poblaciones de *Stenella* spp. de las islas Hawai, Navidad, Marquesas y Sociedad se consideraron provisionalmente separadas de las poblaciones del Pacífico oriental.

La mayoría de estas observaciones fueron hechas por técnicos del NMFS de los EEUU y de la CIAT a bordo de embarcaciones atuneras de cerco. Se incluyen,

además, observaciones de los cruceros de investigación, de los reconocimientos aéreos, de los datos de bitácora de la CIAT y según la literatura. En estas figuras se han incluido en total unas 30,000 observaciones de *S. attenuata*, 16,000 de *S. longirostris*, 2,000 de *S. coeruleoalba* y 9,000 de *D. delphis*. Se compararon las observaciones con aquellas realizadas a bordo de cerqueros, éstas fueron graficadas para calcular la validez de los límites.

Se han propuesto los siguientes stocks para el delfín manchado, el delfín tornillo, el delfín listado y el delfín común.

Delfines manchados (*Stenella attenuata*)

Se propusieron tres stocks de *S. attenuata*: el delfín *manchado costero*, el *norte de altura* y el *sur de altura*. Todas estas unidades se encuentran aparentemente separadas por diferencias morfológicas, pero las diferencias entre las formas *costeras* y las otras son especialmente marcadas. Es un problema cuando se usa solo la localidad para identificar los stocks, ya que se ha observado la forma *costera* tan lejos como a 90 millas de la costa, mientras las formas de *altura* se han visto tan cerca de la costa como a 10 millas. Se han extendido los límites conocidos de todas ellas con relación a los usados en 1979.

Delfines tornillo (*Stenella longirostris*)

Se han propuesto cuatro stocks de *S. longirostris*: el delfín tornillo *costarricense*, el delfín tornillo *oriental*, el *panza blanca norteño* y el *panza blanca meridional*. Aunque estas formas son diferentes morfológicamente, la cuestión de la estructura del stock de esta especie es compleja. Esto especialmente es verdad en cuanto a las formas del *panza blanca oriental* y *norteño* ya que las diferencias morfológicas que separan estas formas no son absolutamente distintas pero si modalmente. Además, se ha encontrado mezcla entre las dos formas, especialmente en la extensa zona geográfica en la que las dos formas se traslapan. Las características morfológicas y la distribución indican un gradiente radial y se deben examinar los análisis futuros de la distribución bajo esta luz. Se han extendido los límites conocidos de todos estos stocks desde el análisis de 1979.

Delfines listados (*Stenella coeruleoalba*)

Se propusieron dos stocks provisionales de *S. coeruleoalba*: el delfín listado *norteño* y *sureño*. Estas unidades están separadas por un hiato distribucional. En el análisis de 1979, se emplearon otros hiatos para definir hasta cinco unidades que ya no son evidentes en estos datos.

Delfín común (*Delphinus delphis*)

Se propusieron cinco stocks de *D. delphis*: el delfín común *nerítico de Baja*, el *norteño*, el *central*, el *sureño* y el *Guerrero*. Se han usado tanto las diferencias morfológicas como los hiatos distribucionales para separar estas unidades. En el análisis de SOPS en 1979, se reconoció una unidad *templada norteña* al norte de los 28°N a lo largo de la costa de Baja California, pero esta unidad y la unidad *tropical norteña* anteriormente reconocida se han unido en este análisis para formar una unidad *norteña* individual, ya que no hay evidencia de ninguna

transición o separación. Las unidades anteriormente reconocidas *tropical sureña* y *templada sureña* se combinaron en una *unidad sureña* por razones similares. Las formas *nerítica Baja* y *tropical norteña* se habían considerado anteriormente como una unidad individual administrativa debido a un traslape de los límites. Estas formas, sin embargo, pueden distinguirse morfológicamente, así que el stock *nerítico Baja* se considera como un stock aparte. Se propuso provisionalmente la unidad *Guerrero* debido a las diferencias morfológicas aparentes de las formas adyacentes, pero se tienen pocos ejemplares de esta zona. La forma *central* es morfológicamente diferente de los stocks que se encuentran más al norte, mientras que la unidad provisional *sureña* se encuentra aislada por un hiato en la distribución.

El uso de los modelos en los que se describen las consecuencias de la asociación atún-delfín

No se entiende completamente la razón de la estrecha asociación entre los atunes (especialmente el atún aleta amarilla) y los delfines, pero es evidente por la fuerza y persistencia del vínculo que los individuos, por lo menos de una especie, deben obtener una ventaja de esta relación. Si ésto ofrece una desventaja sobre los individuos de la otra especie, ésta, para ellos, debe ser inferior al costo de evadirlos en términos de la reducción del tiempo en que se alimentan, gasto de energía, etc. Parece que el atún aleta amarilla se asocia principalmente con los delfines manchados (*Stenella attenuata*). Los delfines tornillo (*S. longirostris*) se encuentran también frecuentemente presentes, pero rara vez se encuentran con atunes a no ser que haya también delfines manchados. La dieta de los delfines manchados y del aleta amarilla es similar, pero la del delfín tornillo es diferente. Esto indica que la relación se basa en la alimentación. Los delfines poseen la facultad del sonar que los atunes no poseen. Esto los capacita para descubrir un cardumen de su presa a una distancia estimada de más de 100 m. Así que los atunes pueden ser guiados por los delfines para obtener presas que de otra manera hubieran perdido. Las presas de los delfines y atunes no se encuentran distribuidas uniformemente, se encuentran en manchas de concentraciones muy elevadas, separadas por grandes extensiones oceánicas desprovistas básicamente de comida. Por consiguiente, puede que los delfines individuales sufran muy poca desventaja inmediata cuando van acompañados con atunes ya sea porque la agregación de especies mixtas encuentra un excedente de comida o porque no encuentra ningún alimento. Al nivel de la población el efecto de la asociación sería aumentar el índice depredador de los atunes y, por consiguiente, reducir la población de la presa. Esto puede producir una reducción en el número de las manchas de presa o que haya menos individuos en cada mancha o ambas cosas. Todos los delfines sufrirían con esta reducción de las presas, ya sea o no que como individuos vayan acompañados de atunes. Así que no existiría una ventaja selectiva de parte de los delfines en gastar tiempo y energía en evitar los atunes.

Se ha concebido un modelo matemático en el que se incluye esta hipótesis de la acción recíproca entre los atunes, delfines y una presa común, además se han investigado las propiedades de la estabilidad del punto de equilibrio. El punto de equilibrio lo forma la serie de los niveles de una población de atunes, delfines y

su presa que si no se modifican permanecen indefinidamente constantes. El equilibrio es estable si tienden a disminuir las pequeñas desviaciones en la magnitud de la población a medida que transcurre el tiempo. Si un sistema como éste no tiene un equilibrio constante, entonces, solo podría continuar si exhibe ciclos regulares en la magnitud de la población. No existe evidencia de dichos ciclos en la abundancia del aleta amarilla o de los delfines, lo que indica que la acción recíproca tiene un equilibrio estable. El modelo de la asociación tiene tal equilibrio solo si el índice de mortalidad del beneficiario de la asociación es superior al de la otra especie. El índice de mortalidad de los aleta amarilla es realmente superior al de los delfines, lo que confirma aún más la creencia de que esta especie es la que se beneficia con esta relación.

Las consecuencias sobre las poblaciones de los atunes y delfines de cualquier forma de pesca en el modelo, dependen de la forma en que se afecta la proporción de la mortalidad de los delfines con relación a la de los atunes. Si la proporción llega a ser más pequeña, entonces se incrementaría el nivel de la población de los delfines, en cambio, se reduciría el de los atunes. Si la proporción es superior ocurriría lo contrario.

Los modelos como éste proveen una percepción preliminar sobre las consecuencias que pueden ocurrir al suponer ciertas relaciones entre las especies y también sobre los efectos que tiene la pesca en el sistema. Además, pueden suministrar una estructura para concebir modelos más complicados que incluyan más información sobre los animales y la pesca. Estos modelos más realísticos ayudarán a comprender mejor la manera en que los componentes se relacionan recíprocamente y podrán emplearse para probar el efecto de las diferentes decisiones administrativas referentes a la pesca.

Programa de las artes

Los investigadores, durante el año, visitaron los barcos en el puerto de San Diego y conversaron con los capitanes y las tripulaciones sobre las artes para librar delfines, su desempeño, los problemas de las artes, los niveles de la mortalidad y otros puntos de interés. Se distribuyó frecuentemente literatura, incluso los "Resúmenes Informativos Atún-Delfín" que tratan de los factores que afectan la mortalidad y los niveles de la mortalidad, las nuevas artes de cerco e información sobre los proyectos de los dispositivos anclados para congrega peces que se han emprendido en los últimos años en las zonas del Pacífico oriental.

El año pasado se sostuvieron deliberaciones informales con los capitanes de cinco barcos que habían tenido una mortalidad de delfines superior al promedio, causada por problemas en los paños de seguridad de la red y con el capitán de un barco, en la que la elevada mortalidad de los delfines no se relacionaba a las artes. De los cinco capitanes con problemas en las artes, dos enviaron sus redes para que fueran reparadas, lo que remedió el problema, dos no hicieron ningún arreglo ya que creían que el problema podía solucionarse a bordo al hacer unos pequeños ajustes y uno quitó el paño de seguridad antes de irse a pescar al Océano Pacífico occidental. En el caso del barco en el que hubo una elevada mortalidad no relacionada a las artes el capitán y el técnico de la Comisión atribuyeron la

elevada mortalidad al comportamiento atípico de los cardúmenes de delfines en las latitudes australes y a que los tripulantes inexpertos no emplearon apropiadamente la balsa de rescate durante y después de la maniobra de retroceso.

Durante el año, los encargados del programa de las artes se embarcaron localmente en cuatro barcos, para hacer pruebas de cómo acoplar los paños de seguridad para poder librar más eficazmente los delfines durante las maniobras de retroceso. Estas pruebas incluían que el barco que realizaba un lance, simulara una faena de retroceso y que se ajustaran y marcaran los puntos de amarre de la red en la proa y en la popa, para poder acoplar correctamente el paño de seguridad en el canal formado por el retroceso. Una de las causas principales de la mortalidad de los delfines es el acoplamiento inapropiado del paño. Uno de los barcos fue uno de los dos mencionados anteriormente en el que se reparó la red para remediar el problema de la mortalidad de los delfines.

En 1981, la Comisión empezó a ensayar las lámparas durante las maniobras de retroceso y se continuó con el experimento en 1983. Las lámparas experimentadas por la Comisión han sido fabricadas comercialmente usando vapor de sodio de alta presión de 1000 vatios. La mayoría de los barcos tienen comúnmente luces artificiales para iluminar en la oscuridad el canal formado por el retroceso, pero el proceso de iluminación que se emplea con más frecuencia es un reflector fijo o manual que ilumina continuamente o intermitentemente la zona de liberación de los delfines en el canal formado por el retroceso, lo que deja la mayor parte de éste en la oscuridad. Algunos capitanes prefieren no tener ninguna iluminación cuando están realizando por la noche la maniobra de retroceso. El propósito de la lámpara es iluminar todo el canal de retroceso con menor intensidad que un reflector, así que la persona encargada de maniobrar el barco puede observar los movimientos de los delfines, el rescate y la configuración de la red alrededor de todo el canal. Sería ideal poder usar el reflector junto con la lámpara para observar el proceso de liberación en la maniobra de retroceso.

En 1983, nueve barcos que llevaron técnicos científicos de la Comisión, obtuvieron en préstamo lámparas de la Comisión, formando así un total de 21 barcos que han llevado a bordo lámparas desde que la Comisión empezó a prestarlas a la flota a mediados de 1981. De estos 21 barcos, 11 tuvieron la oportunidad de emplear la lámpara durante un total de 15 viajes, 14 de los cuáles fueron viajes muestreados por la Comisión. En general, se han empleado estas lámparas en 49 lances nocturnos sobre delfines, 48 de éstos fueron muestreados por la Comisión.

De los once capitanes que han usado las luces durante los retrocesos nocturnos, nueve las aprobaron y dos no. Los dos capitanes a quienes no les gustó, pensaron que no suministraban suficiente iluminación para que fueran útiles y uno pensó que atraían los delfines hacia el barco. Sin embargo, los nueve capitanes que aprobaron las luces, pensaron que la iluminación era adecuada y útil, pero algunos no estaban seguros si los delfines se aproximaban o no a la luz y otros pensaron que la luz no causaba que los delfines se aproximaran al barco. Los delfines se aproximan al barco ocasionalmente tanto en los retrocesos diurnos como nocturnos. Cuatro capitanes han comprado lámparas después de usarlas, ya sea directamente a la Comisión o en otros lugares.

Análisis de los datos de los lances que incluyen retrocesos nocturnos, 1979-1982

Los lances en los que se realizan los retrocesos nocturnos (RN), son lances sobre delfines, comúnmente realizados tarde en el día, en los que parte o toda la maniobra de retroceso ocurre en la oscuridad, considerándose ésta cuando no hay suficiente luz natural para ver desde el barco las faenas de la liberación de los delfines en el canal de retroceso. El término "lance crepuscular" se emplea comúnmente como sinónimo de "lance y retroceso en la oscuridad", aunque en el Informe Anual de 1982, se define el "lance crepuscular" como un lance en el que el sol desaparece antes de que se termine el retroceso. El NMFS de los EEUU, describe un "lance crepuscular" como un lance realizado 90 minutos o menos antes del ocaso local. Durante el período de cuatro años 1979-1982, se considera que en 9.1% de los lances sobre delfines, el retroceso se realizó en la oscuridad, pero son responsables por el 26.5% de toda la mortalidad de los delfines.

Con el fin de determinar los índices de la mortalidad en varios tipos de lances en RN hechos en la oscuridad y compararlos con los lances de retrocesos diurnos (RD), y para determinar si la iluminación artificial afecta los índices de mortalidad en los retrocesos realizados en la oscuridad, se analizaron los datos recolectados por los técnicos científicos en 1979-1982, para calcular la proporción de la mortalidad por lance en las diferentes estratificaciones de los datos. Los lances de RD y los de RN fueron estratificados por zona y por las cinco especies o grupos de razas capturadas con más frecuencia. Las zonas de estratificación fueron: (1) al norte del ecuador y en el ARCAA, (2) al norte del ecuador y fuera del ARCAA y (3) al sur del ecuador. Las especies y razas estratificadas fueron: 1) delfines manchados puros, 2) mezcla de delfines manchados y tornillo panza blanca, 3) mezcla de delfines manchados y tornillo oriental, 4) mezcla de delfines manchados y tornillo (incluso sin identificar) y 5) delfín común puro. Se separaron también los lances de los RN en lances en los que se empleó luz artificial, lances en los que no se usó iluminación y en el caso de los datos de 1982, los lances en los que la Comisión prestó lámparas que fueron usadas. Luego, al usar la prueba-T de Student, se hicieron las comparaciones entre las categorías de los tipos de lance para determinar si existían diferencias significativas entre las proporciones de la mortalidad.

Se hicieron cinco comparaciones: (i) lances de RD versus RN, estratificados por zona, (ii) lances de RD versus RN, estratificados por especie o stock, (iii) lances de RD versus RN, estratificados tanto por zona como por especie y stock, (iv) iluminación versus no iluminación en lances de RN y (v) lances de la Comisión versus otras lances en lances de RN.

Lances de retrocesos diurnos versus nocturnos, estratificados por zona

La mortalidad por lance de todos los lances de RD fue 2.85 animales y en todos los lances de RN, 9.95 animales, una diferencia de 3.5 veces. Cuando el índice de mortalidad se estratificó por zona, los lances de RN fluctuaron de 1.6 a 5.5 veces más que los lances de RD, presentándose la proporción más pequeña de aumento al sur del ecuador (10.09 animales durante el día y 16.51 animales en

los retrocesos nocturnos) y el mayor aumento en la proporción al norte del ecuador, fuera del ARCAA (2.87 animales durante el día y 15.93 animales en los RN). Las diferencias en las proporciones de la mortalidad por lance fueron significativas al nivel del 5% en las dos zonas septentrionales y en todas las zonas combinadas, pero no fueron significativas en la zona al sur del ecuador, debido relativamente a la poca cantidad de lances de RN realizados allí.

Lances de retrocesos diurnos versus nocturnos, estratificados por especie o stock

Cuando se estratificaron solo los datos según las cinco categorías de especie o stock, fue superior la mortalidad por lance de los lances de RN a la de los lances de los RD en todos los casos, fluctuando de 2.7 veces más en cardúmenes puros de delfines manchados (1.39 animales durante el día y 3.79 animales en los RN) a 6.9 veces más en los cardúmenes mixtos de delfines manchados y tornillo oriental (2.49 animales durante el día y 17.17 animales en los RN). Las proporciones de la mortalidad fueron estadísticamente diferentes al nivel del 5% en cada especie o stock, excepto en los cardúmenes puros de delfines comunes, debido a que se realizan relativamente muy pocos lances que incluyan esta especie. Los cardúmenes que han tenido la mayor mortalidad por lance (20.09 animales) en los RN fueron cardúmenes mixtos de delfines manchados y tornillo panza blanca.

Lances de retrocesos diurnos versus nocturnos, estratificados tanto por especie o stock y zona

Cuando se estratificaron los datos tanto por especie o stock y zona, se combinaron en una sola las zonas dentro y fuera del ARCAA al norte del ecuador. En los cinco grupos (especie o stock) de la zona septentrional, las proporciones de la mortalidad por lance en los RN fueron superiores en cada caso a las proporciones de la mortalidad en lances de RD y en todos los casos, excepto en el caso de los delfines comunes, fueron significativamente diferentes al nivel del 5%, debido a la pequeña muestra de los lances en los RN. No se obtuvieron datos de lances de RN al sur del ecuador correspondientes a tres grupos (especie o stock). La proporción de la mortalidad por lance de los dos grupos restantes, delfines manchados puros y mezcla de delfines manchados y tornillo panza blanca, fue superior en los lances de RN que en los lances de RD, pero no fueron significativamente diferentes al nivel del 5% a causa del pequeño número de los lances de RN.

Luces versus no luces en lances de retrocesos nocturnos

Se compararon los lances de los RN en los que se usaron luces para iluminar el canal de retroceso con los lances de los RN en los que no se usaron luces, de todas las zonas y especies combinadas. La proporción de la mortalidad por lance en los que no se emplearon luces fue actualmente inferior a la de los lances en los que se usaron luces (3.24 animales, en los que no se emplearon luces y 9.71 animales cuando se usaron luces). Se sospechó que algunos de los lances en los que no se usaron luces, de los que solo había 25 durante el período de 4 años, pueden haber sido lances en los que el retroceso se hizo durante el período ocaso/oscuridad,

un período en el que probablemente no se necesitaba la luz artificial, pero en el que el observador decidió que había oscuridad. En el 50% de los 25 lances, se terminó el retroceso entre 8 y 23 minutos después del ocaso. Puede que otro observador hubiera clasificado estos lances como lances diurnos, como lo ilustran durante el período de 4 años 126 lances en los que se terminaron las maniobras de retroceso de 1 a 27 minutos después del ocaso, considerándolos el observador RN. Así que los lances con retrocesos que terminaron durante el ocaso pueden describirse ya sea como lances de RD o RN, depende de cuándo el observador considere que las condiciones son nocturnas. En la otra mitad de los 25 lances de RN en los que no se emplearon luces y en los que el retroceso terminó más de 23 minutos después del ocaso (estos lances, en realidad, pueden considerarse como lances de RN) la mortalidad por lance fue más elevada que en todos los 25 lances combinados, pero la muestra fue muy pequeña y no valía la pena analizarla.

Luces de la Comisión versus otras luces en los lances de retrocesos nocturnos

Con el fin de determinar la eficacia de las lámparas prestadas por la Comisión, se compararon los lances realizados en 1982, en los que se utilizaron estas lámparas, con todos los otros lances en los que se realizaron retrocesos ese año en los que se utilizaron otras luces. La mortalidad por lance en los que se emplearon las luces de la Comisión fue 8.15 animales (34 lances) comparada con 13.52 animales en todos los demás lances en los que se emplearon otras luces (64 lances). Aunque las proporciones son substancialmente diferentes, la diferencia no es significativa al nivel del 5%. Cuando se incluyen en el análisis los lances hechos en 1983, en viajes terminados en 1983 o hasta la fecha en 1984, las proporciones cambian muy poco.

En resumen, los lances de RN tienen proporciones más elevadas de la mortalidad por lance, si se comparan con las de los lances diurnos en casi cada zona y categoría de especie de las que se tienen datos. Los lances de RN al sur del Ecuador tienen los índices más elevados de mortalidad cuando se combinan todas las especies y también los grupos individuales de especies. Cuando se combinan todas las zonas, los índices de mortalidad entre los grupos de especies fueron; (1) superiores en los cardúmenes mixtos de los delfines manchados y panza blanca, (2) algo menos que (a) en los cardúmenes puros de delfín común y (b) en los cardúmenes mixtos de delfín manchado y tornillo oriental, (3) aún más reducidos en los cardúmenes mixtos de delfín manchado y tornillo (incluso sin identificar) y finalmente (4) los más bajos en los cardúmenes puros de delfín manchado. No se tienen actualmente datos suficientes para comprobar si el empleo de las luces afecta los índices de la mortalidad en los lances de RN. Entre los lances en los que se usaron luces en 1982, los lances en los que se usaron las lámparas de la Comisión, tuvieron proporciones inferiores de mortalidad por lance que todos los otros lances de RN en los que se usaron otras luces, aunque la diferencia no fue significativa al nivel del 5%.

Los índices elevados de la mortalidad en los lances de RN se deben posiblemente a varios factores, los más probables son los siguientes:

1. La reducción en la visibilidad limita la visión clara del piloto para ver las faenas de liberación de los delfines, la configuración del canal de retroceso (incluso la presencia de ondulaciones en la red y la cantidad de corchos que se han hundido en la línea de flotación), las señales manuales de los rescatadores en el área de liberación y el número de delfines que permanece en la red.
2. Debido a la oscuridad, cualquier esfuerzo que haga un rescatador en el área de liberación no sería probablemente tan eficaz.

Los índices elevados de la mortalidad de los lances en RN realizados en zonas en las que no se pesca con tanta frecuencia, como al sur y al norte del ecuador fuera del ARCAA, se deben posiblemente a que no se han hecho frecuentes lances en los cardúmenes de esas zonas y a que se presentan estacionalmente allí peores condiciones de tiempo.

OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DE LOS ATUNES

El Niño de 1982 y 1983

Con el fin de comprender apropiadamente el desarrollo y los efectos del Niño en el Océano Pacífico, es necesario tener algún conocimiento en general de la circulación oceánica. El movimiento de las capas superficiales del Océano Pacífico oriental tropical se encuentra influenciado por dos corrientes principales a lo largo de la costa oriental junto con sus ramificaciones que se extienden hacia el oeste y por tres contracorrientes principales que fluyen hacia el este a unos 10 grados de latitud a cada lado del ecuador. Las corrientes a lo largo de la costa oriental, la Corriente de California y la Corriente del Perú (Humboldt), son conducidas principalmente por el viento. Estas corrientes se mueven hacia el ecuador a lo largo del extremo oriental de las dos espirales subtropicales oceánicas. Las ramificaciones de estas corrientes con rumbo oeste, forman la Corriente Ecuatorial Norte (CEN) y la Corriente Ecuatorial Sur (CES) que fluyen hacia el oeste a velocidades proporcionales a la velocidad del viento en la superficie.

La contracorriente más constante y prominente es la Subcorriente de Cromwell (SCC). Esta corriente fluye hacia el este en el ecuador, devolviendo agua del Pacífico central y occidental para compensar, en parte, el flujo de agua acumulado en el oeste por la CEN y la CES. Otras dos contracorrientes, la Contracorriente Ecuatorial Norte (CCEN) y la Contracorriente Ecuatorial Sur (CCES), desplazan también agua del Pacífico central al Pacífico oriental tropical. La Figura 39 es una representación esquemática de la dirección y la velocidad de los cinco sistemas principales de las corrientes orientales tropicales. Al este de aproximadamente los 120°W la CCEN avanza debajo de la superficie, hacia el este, en el invierno y la primavera y en la superficie en el verano y el otoño. Frente a Costa Rica una ramificación de la CCEN vira hacia el noroeste pasando al sur de México y luego se une a la CEN al este de las Islas Revillagigedo. Otra rama de la CCEN vira al sudoeste frente a Costa Rica y se une a la CES al este de las Islas Galápagos. La CCES permanece normalmente debajo de la superficie bajo la CES (Figura 39) y la ramificación oriental de la CCES se desplaza hacia el sudeste, mar adentro,

como una contracorriente de la rama costera de la Corriente del Perú.

Cuando se presenta un el Niño, todas estas corrientes tropicales junto con la Corriente del Perú y la de California, sufren cambios en su posición y fuerza normal. Por ejemplo, las corrientes de California y el Perú viran frecuentemente al oeste y se debilitan cuando se inicia un el Niño. A lo largo de las costas de Baja California y el Ecuador surgen frecuentemente en la superficie contracorrientes débiles que reemplazan las corrientes del Perú y California de esta región que se han desplazado. A medida que se forma un el Niño la CEN y la CES comúnmente retroceden respectivamente hacia los polos y se debilitan debido principalmente a que los vientos alisios son más débiles que lo normal. En contraste, la CCEN y la CCES se dispersan más latitudinalmente y tienen un núcleo central mayor de velocidad, lo que puede indicar que estas contracorrientes aportan una cantidad inusitada de agua hacia el este durante un el Niño. La CCES que casi siempre es una corriente subsuperficial durante los años en los que no se presenta el Niño, llegó a ser una característica prominente de la superficie durante el Niño de 1982-83. Las embarcaciones pesqueras que estaban maniobrando al oeste de las Islas Marquesas, encontraron frecuentemente una CCES bastante fuerte en la superficie o cerca a ésta en el Pacífico ecuatorial central, especialmente entre el verano austral de 1982 y el invierno austral de 1983. Las embarcaciones mercantes que navegaron entre Panamá y el Pacífico sudoeste desde 1981 hasta el segundo trimestre de 1983, registraron varios perfiles verticales de las temperaturas mensuales. Estos perfiles indicaron que en el Pacífico oriental tropical la termoclina fue más profunda desde fines de 1982, hasta el primer trimestre de 1983, de lo que había sido en 1981 y a comienzos de 1982, antes de que se iniciara el Niño. Además, las secciones cronológicas de los perfiles de la temperatura indicaron constantemente una corriente que fluía hacia el este que, a veces, se extendía aparentemente a través del ecuador entre los 5°N y los 5°S. Además, cuando los vientos superficiales del oeste aparecieron en el ecuador a fines de 1982, la subcorriente de Cromwell fue muy débil y a veces, los investigadores de la Universidad de Hawai, no pudieron encontrarla durante las frecuentes derrotas realizadas en el ecuador a los 155°W desde diciembre de 1982 a febrero de 1983. Durante este período los datos de los cruceros de investigación a lo largo de las costas al sur del Ecuador y en el Perú, indicaron también que la termoclina era más profunda que lo normal, especialmente durante la época del calentamiento más intenso. A pesar de los vientos más débiles y a la reducción de la mezcla oceánica en el Pacífico oriental, durante el Niño, la termoclina generalmente se encontró a más profundidad que lo normal, debido al ascenso del nivel del mar y a un movimiento al este de las aguas cálidas en la capa superficial en las regiones de afloramiento.

El Niño de 1982-1983, comenzó inicialmente a varios cientos de millas al oeste del Perú en junio de 1982, al aproximarse el invierno austral. En junio de 1982, se formaron repentinamente varias zonas extensas con temperaturas superficiales del mar (TSM) de más de 1°C superiores a lo normal, a lo largo del ecuador y a varios centenares de millas al oeste del Perú (Figura 40). En agosto, cuando las TSM se aproximan normalmente a valores mínimos, el calentamiento del océano

se extendió rápidamente a lo largo del ecuador al este de los 150°W y frente a la costa sudamericana desde los 5°N a los 15°S . En octubre de 1982, se extendieron hacia el este las TSM de más de 2°C superiores a lo normal hacia las costas del Ecuador y el Perú y hacia los polos entre los 10°N y los 25°S (Figura 41). En los últimos dos meses de 1982, las anomalías positivas de las TSM alcanzaron valores tan elevados como de 8°C en las zonas ecuatoriales centralizadas alrededor de los 130°W y también a lo largo de la costa del Perú. En el primer trimestre de 1983, el alcance y la magnitud de las TSM superiores a lo normal fueron similares a las del cuarto trimestre de 1982. En el segundo trimestre de 1983, las TSM permanecieron de 4° a 6°C superiores a lo normal desde las Islas Galápagos hasta la costa meridional del Ecuador y a lo largo de la región costera del Perú hasta los 12°S (Figura 42). En julio y agosto de 1983, las TSM, a mediados del invierno austral, permanecieron de 4° a 6°C superiores a lo normal desde el sur del Ecuador hasta Callao (Perú). Los índices temporales de enfriamiento de la capa superficial oceánica fueron normales durante el invierno al sur del ecuador. Sin embargo, la mezcla oceánica producida por los vientos alisios del sudeste, débiles y variables, y el afloramiento débil costero frente al Perú no fueron suficientes para eliminar completamente el exceso de calor en la capa superficial hasta profundidades de 30 o más metros. En octubre de 1983, las anomalías positivas se limitaron principalmente al Pacífico tropical al este de los 110°W y desde el ecuador hasta los 20°S . Las TSM a lo largo del ecuador y al oeste de los 110°W , fueron de 1° a 2°C inferiores a lo normal, lo que indica que se había establecido de nuevo el afloramiento ecuatorial en la parte central de los trópicos (Figura 43). A medida que se aproximó el verano austral (noviembre-diciembre de 1983), las TSM permanecieron de 1° a 2°C superiores a lo normal desde la parte meridional del Ecuador hasta la parte central del Perú y hacia el oeste hasta los 170°W entre los 5°S y los 20°S . En la región ecuatorial cercana, las TSM fueron de 1° a 2°C inferiores a lo normal desde los 100°W a los 170°W , a medida que se establecía bien el afloramiento. Así que a fines de 1983, se había reducido bastante el Niño; pero en el océano tropical cálido entre los 5°S y los 20°S permanecerá una energía residual sobrante de calor hasta que los fuertes vientos de la superficie del otoño austral y del invierno enfríen la capa superior del océano hasta llegar a ser casi normal. Si los vientos superficiales y la circulación oceánica normal no se restablecen a mediados de 1984, continuará una condición leve del Niño.

En los acontecimientos del Niño se presentan periódicamente reducciones o treguas en la fuerza de los vientos alisios del sudeste frente a la costa sudamericana, especialmente al sur de los 15°S . Esto resulta en que la fuerza del viento sea más débil que lo normal en la superficie de la Corriente del Perú. Se necesitan vientos constantes y fuertes para mantener la mezcla vertical y el afloramiento del agua subsuperficial. Se relaciona el debilitamiento de la circulación del viento en el Pacífico sur a los cambios en gran escala de la circulación atmosférica y a un debilitamiento de la Oscilación Austral (OA). Por ejemplo, el descenso rápido del índice de la O.A., puede indicar el comienzo de un el Niño y se asocia al debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico oriental tropical y a las TSM superiores a lo normal sobre grandes zonas tropicales. Un índice bajo o débil de

la O.A. es, también, una manifestación de los cambios frecuentes del centro de alta presión del Pacífico sur, de su ubicación habitual cerca de los 30°S, 90°W. Durante un el Niño, este centro de alta presión se desplaza con frecuencia hacia el oeste a causa de las tormentas que se localizan más cerca de lo común al ecuador a medida que atraviesan la costa de Chile. Como la circulación atmosférica en el Pacífico del sur juega un papel importante en mantener y en reducir el afloramiento (inducido por el viento) en la Corriente del Perú, se examinaron las variaciones del gradiente de la presión de la superficie del mar que son proporcionales a la velocidad del viento, entre la Isla de Juan Fernández (34°S, 80°W) y la estación costera de San Juan (Perú), cerca a los 15°S. Las anomalías en el gradiente de la presión entre estas estaciones suministraron un índice semanal de la fuerza general de los vientos alisios del sudeste sobre una parte de la Corriente del Perú (véase el Informe Anual de la Comisión de 1982, para obtener más detalles sobre el cálculo del índice de la presión costera). En la Figura 44 se presenta una sección cronológica de 1983, de la media de las anomalías mensuales del gradiente de la presión de la superficie del mar (la diferencia en 1983, de la presión entre la Isla de Juan Fernández y San Juan, Perú). Las anomalías negativas de la presión (debajo de la línea cero) reflejan los gradientes de la presión superficial y de los vientos más débiles que lo normal en la superficie frente a las costas del sur del Perú y el norte de Chile. En el primer semestre de 1983, el gradiente de la presión de la superficie del mar entre la Isla de Juan Fernández y San Juan, Perú, fue más débil que lo normal (Figura 44). Sin embargo, de mayo a octubre de 1983, el gradiente de la presión volvió casi a la normalidad y las anomalías de las TSM, de las estaciones costeras, se redujeron a la mitad de los valores anteriores. En 1983, las TSM permanecieron de 3° a 8°C superiores a lo normal hasta julio, cuando se presentó una reducción predominante, menos de +4°C en la mayoría de las estaciones costeras (Figura 44). En el resto de 1983, las TSM en la mayoría de las estaciones costeras del Ecuador y Perú, fueron menos de 3°C superiores a lo normal. El gradiente de la presión costera fue más o menos normal lo que indicó que a medida que se aproximaba el verano, la presión y la circulación del viento fuera de la costa, habían permanecido demasiado débiles para que se invirtiera el patrón anómalo de las TSM en la región costera desde el sur del Ecuador hasta el norte de Chile.

Las consecuencias que puede tener el Niño sobre la pesca atunera

En 1983, la captura total estimada de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental fue 25% inferior a la captura de 1982 y solo 52% del promedio de captura de esta especie correspondiente al período de 1977-1981 (véase Tabla 1). La captura total estimada de barrilete en el Océano Pacífico oriental fue marcadamente reducida en 1983, siendo 40% inferior a la captura de 1982. En 1983, la captura de barrilete fue solo el 46% del promedio de captura en el período de 1977-1981. Aunque el esfuerzo de pesca (basado en los días de ausencia del puerto por barco) fue cerca de 46% inferior al del período de 1978-1982, la reducción del porcentaje fue inferior (48%) al de la captura total del aleta amarilla y barrilete (véase la sección titulada Estadísticas de la captura y el descargue). En 1982 y 1983, muchos cerqueros de gran porte navegaron hacia el Pacífico occidental, donde los barcos estaban obteniendo buenas capturas. Esto se debió en parte a la pericia en capturar

los peces en aguas claras con termoclinas profundas en el Pacífico occidental. Sin embargo, en 1983, el Pacífico oriental tropical sufrió uno de los fenómenos más intensos del Niño que se haya presentado en este siglo, en cambio en el Pacífico occidental tropical se presentaron condiciones oceanográficas relacionadas más con una condición leve contraria al estado del Niño.

La distribución de aleta amarilla y barrilete en el Pacífico oriental y la vulnerabilidad de los atunes a la captura con redes de cerco pueden verse afectadas marcadamente por un suceso ambiental como es el Niño, especialmente si se dispersa extensamente y perdura por un año o más. En más de 30 años en que los investigadores de la Comisión han registrado y evaluado los stocks de atún y el reclutamiento, se han presentado siete casos del Niño. Algunos han sido débiles y de poca duración, pero tres (1957-1958, 1972-1973, 1982-1983) fueron fuertes y produjeron condiciones anormales oceánicas por más de un año. Con el fin de determinar si han habido efectos ambientales significativos en cuanto a la captura y el reclutamiento de los atunes, se han comparado series cronológicas de varias medias anuales de parámetros ambientales con las series cronológicas de la media anual de la captura y el reclutamiento de los atunes correspondientes a 1955-1983.

En los períodos en que se presentaron los tres fenómenos intensos del Niño, los parámetros ambientales en los recuadros A-E en la Figura 45 indicaron anomalías definidas de más de 6 meses de duración. La media anual de la TSM, la cantidad de pluviosidad y los niveles del mar fueron superiores a lo normal a lo largo de las costas del Ecuador y el Perú, donde comúnmente eran más fuertes las señales del Niño. En Panamá, la pluviosidad fue inferior a lo normal durante los sucesos del Niño, a causa de que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) permaneció más lejos al sur en el Ecuador y el norte del Perú. Ocurrió una excepción en 1972-1973, cuando la ZCIT no permaneció al sur de la línea ecuatorial. En el Pacífico sur el índice de la presión del aire de la oscilación austral (OA) fue débil con anomalías negativas durante los sucesos del Niño (Figura 45). Entre los períodos del Niño la OA fue comúnmente más fuerte que lo normal. Sin embargo, desde 1976, las diferencias de la presión atmosférica en la superficie del mar entre las Islas de Rapa, Pascua y en Darwin, han sido inferiores a la media de largo plazo. A mediados de 1982, el índice de la OA se redujo fuertemente y permaneció después bajo, especialmente en 1983 (Figura 45). Desde 1976 hasta mediados de 1982, las TSM al sur del Ecuador y frente a la costa sudamericana fueron, en promedio, algo superiores a lo normal. Además, el nivel del mar fue más elevado que lo normal, basados en los promedios anuales del período susodicho (Figura 45). Sin embargo, las TSM permanecieron casi normales desde 1977 hasta fines de 1982. Así que a la altura del Perú prevalecieron las condiciones iniciales del Niño desde 1977 hasta mediados de 1982, cuando se desarrolló rápidamente el Niño actual.

Los recuadros F y G en la Figura 45, indican que no hay un patrón claramente definido en las desviaciones de la media de las capturas anuales del aleta amarilla y barrilete que puedan vincularse directamente a los parámetros ambientales durante los años del Niño o en los que no se presenta este fenómeno. Las investigaciones preliminares indican que los índices de captura (tonelada/día) tanto

de aleta amarilla como de barrilete en 1982 y 1983, fueron muy semejantes a los de 1979, 1980 y 1981, lo que indica que el Niño reciente no tuvo consecuencias generales en la disponibilidad o la vulnerabilidad de los peces, aunque pueden que se hayan presentado efectos locales que se ocultan cuando se combinan los datos de toda la pesca. Las variaciones en el reclutamiento de las cohortes X e Y de aleta amarilla y de estas cohortes combinadas, indicadas en los recuadros H, I, J, de la Figura 45, no parecen tampoco relacionarse a los sucesos del Niño o cuando no se presentó este fenómeno.

Los investigadores de la Comisión consideran que vale la pena realizar un estudio más completo referente a los posibles efectos que puedan tener los fenómenos individuales del Niño sobre las capturas atuneras. Esto se puede realizar al comparar los datos ambientales y de la captura en zonas determinadas de pesca y en épocas en que prevalecen las condiciones del Niño. Aparentemente en la parte central y occidental del Pacífico tropical, se presentaron también condiciones oceanográficas inusitadas en 1982 y 1983, pero fueron más de un tipo contrario a las del Niño. Por ejemplo, las noticias de los pescadores atuneros y de las observaciones batitermográficas obtenidas a bordo de embarcaciones mercantes en 1982-83, revelaron la existencia de (contra) corrientes que se habían desplazado insólitamente hacia el este, vientos suaves de levante o del poniente y termoclinas menos profundas que lo normal. Estas condiciones anormales evidentes que pueden haber incrementado la disponibilidad de alimento y mejorado las condiciones de pesca, fueron formadas por los mismos desplazamientos de los sistemas oceánicos y atmosféricos que produjeron las condiciones del Niño en el Pacífico oriental tropical. Los investigadores de la Comisión piensan investigar las condiciones ambientales en el Pacífico central y occidental e indagar acerca de las localidades y períodos en los que se obtuvieron mejores capturas que lo común en 1982-1983.

El atún aleta amarilla y el índice de la mezcla del viento

A causa de una alta correlación entre el reclutamiento del barrilete y el índice de la mezcla del viento (W^3) (Informe Anual de la CIAT de 1981), se investigó también el reclutamiento del aleta amarilla y el W^3 para determinar si se podía encontrar una correlación similar.

Se encuentran larvas de atún aleta amarilla a través de todo el Pacífico en aguas en donde la temperatura de la superficie del mar es de 26°C o más. Las concentraciones son más grandes en la parte norte del Pacífico oriental tropical (0°-25°N y al este de los 110°W) de lo que se encuentran en el Pacífico central y occidental, pero se encuentran muy pocas larvas en el Pacífico oriental al sur del ecuador.

Si se supone que el aleta amarilla capturado en la pesca del Pacífico oriental se reproduce en esta zona, se puede entonces experimentar con los reclutas del aleta amarilla para ver si existe alguna correlación con el W^3 en el Pacífico oriental en el momento estimado del desove. Las estimaciones de la cantidad de reclutas en su primer trimestre en la pesca se han calculado según el análisis de las cohortes. Como los reclutas tienen aproximadamente una edad de 3/4 de año, se pueden comprobar las cantidades contra el W^3 tres trimestres antes, en la época en que se calcula fueron desovados.

La zona de desove del aleta amarilla en el Pacífico oriental, basada en la abundancia de las larvas se encuentra al este de los 110°W y al norte del ecuador. Los valores medios trimestrales del W^3 en toda esta zona, no han sido aún calculados pero se han calculado para las nueve zonas de 5 grados del barrilete en la parte central de la pesca de esta especie entre los 5°N y los 15°N. Esta zona incluye cerca de la mitad de la zona de desove delineada para el aleta amarilla y de ahí se juzgan que los valores del W^3 representan los valores de la zona de desove, así que se han hecho las pruebas preliminares, usando estos valores de W^3 . El reclutamiento del aleta amarilla de la cohorte X en el primer trimestre y el W^3 en el segundo trimestre del año anterior, no se correlacionaron significativamente al nivel del 5% ($r_s = 0.23$) en los años de 1965-1981; ni tampoco la cohorte Y en el tercer trimestre y el W^3 en el cuarto trimestre del año anterior ($r_s = 0.08$); ni ninguna de las cohortes combinadas X e Y y la media del W^3 de los trimestres correspondientes del año anterior ($r_s = 0.11$). Si el índice de la mezcla del viento determina la fuerza de las generaciones de barrilete, se esperaría que hiciera lo mismo para el atún aleta amarilla, pero estos datos no indican que haya correlación.

Esto debilita la hipótesis de que el reclutamiento del barrilete se relaciona al viento, ya que se esperaría que las larvas de varias especies de atunes reaccionaran del mismo modo en cuanto a la concentración o dispersión de los organismos alimenticios. Generalmente las larvas de atún aleta amarilla y de barrilete se encuentran sobre la termoclina, así que tal vez ocupen el mismo hábitat ecológico en las zonas en donde aparecen juntas (en el Pacífico, al oeste de los 130°W).

CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1983 Y PERSPECTIVAS EN 1984

Los investigadores de la CIAT tienen la responsabilidad de vigilar las fluctuaciones de la abundancia de los atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental y determinar las consecuencias que tiene la intervención del hombre sobre su abundancia. La información científica obtenida cada año por los investigadores se utiliza para recomendar la conservación de estas especies y se presenta oralmente y mediante documentos básicos en las reuniones de la Comisión. Con el fin de divulgar esta información se compendia en este informe anual.

ATUN ALETA AMARILLA

La condición de los recursos del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, se calcula mediante la aplicación de los modelos generales de producción y de la estructura de la edad, con los datos recolectados por los investigadores de la CIAT. Estos resultados se presentarán en forma abreviada después de que se examine la condición del recurso en 1983 y las perspectivas de 1984.

Modelos de producción

Cuando una población de peces no ha sido expuesta a la pesca, se encuentra en su óptima magnitud según lo permiten las condiciones ambientales. La falta

de alimento, de espacio habitable conveniente, la presencia de depredadores, etc., impide que la población se desarrolle más allá de ese máximo. Se dice que la población está en equilibrio cuando el aumento de la población mediante el reclutamiento y el crecimiento se compensa a la larga por la pérdida debida a la mortalidad natural. Puede que haya años en los que las condiciones ambientales sean especialmente favorables y la población sea superior al promedio y años en que las condiciones ambientales sean especialmente pobres, en los que la población es inferior al promedio, pero éstos se pueden ignorar temporalmente en este análisis.

Si una o más embarcaciones pesqueras empiezan a pescar sobre la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone sea proporcional a la magnitud de la población sería inicialmente bastante elevada, ya que la población estaría al máximo. El aumento de la población seguiría incluyendo el reclutamiento y el crecimiento, pero las pérdidas de la población incluirían no solamente la mortalidad natural, pero también la mortalidad por pesca. Por consiguiente, se reduciría la población. Debido a esta reducción, los índices del reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural cambiarían, excediendo la ganancia de los dos primeros la pérdida del último. Si las embarcaciones cesaran de pescar, esta ganancia neta causaría que la población alcanzara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproxime a esa magnitud, los índices del reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural se aproximarían gradualmente a los niveles anteriores, hasta llegar a ser iguales a los de antes del comienzo de la pesca. En esta forma, se restauraría (1) el equilibrio de la población y (2) su magnitud máxima. Sin embargo, si las embarcaciones continúan pescando al mismo nivel, la población eventualmente llegaría a equilibrarse con diferentes índices de reclutamiento, crecimiento o mortalidad natural, alcanzando la población una magnitud inferior a la magnitud original de la misma. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si solo hubiera una pocas embarcaciones, la magnitud de la población se reduciría solo un poco y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubiera muchos barcos se reduciría considerablemente la población y la CPUE sería muy inferior.

La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, los incrementos módicos del esfuerzo compensarían en exceso las reducciones correspondientes a la CPUE, lo que daría como resultado mayores capturas, pero este no sería el caso si se aumentara el nivel del esfuerzo. A cierto nivel intermedio del esfuerzo el producto estaría a su máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un promedio máximo constante de producción (PMCP) de peces (que es el objetivo declarado en el convenio de la CIAT) el esfuerzo de pesca debería mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es una ganancia máxima, el esfuerzo debería ser algo inferior (suponiendo que el precio permanezca constante) y si el objetivo es que haya un empleo máximo de pescadores, el esfuerzo debe ser algo más elevado. Si el esfuerzo es inferior a cualquier óptimo seleccionado, se diría que la población ha sido subexplotada y si el esfuerzo es superior a ese óptimo se diría que la población ha sido explotada en exceso.

Es más fácil considerar las relaciones recíprocas del esfuerzo, la captura y de la CPUE en condiciones equilibradas, pero debe reconocerse que no existen siempre tales condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca al máximo y se aumenta de repente el esfuerzo, la CPUE se reduciría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE inferior. Las capturas serían superiores durante el período de transición de lo que serían en el nuevo punto de equilibrio. Igualmente, si la población se encuentra en equilibrio a un nivel bajo y se disminuye de repente el esfuerzo, la CPUE aumentaría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE superior. Las capturas serían inferiores durante el período de transición de lo que serían en el nuevo punto de equilibrio.

Es ahora apropiado examinar la aplicabilidad y la utilidad de los modelos de producción referentes al recurso del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. En el análisis anterior se analizó "una población de peces". Los modelos de producción no pueden aplicarse a no ser que haya relativamente poco intercambio entre los peces de la zona de estudio y las zonas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio del aleta amarilla en el ARCAA y la zona fuera de ésta (Figura 46) y los resultados han sido analizados en informes anuales previos de la CIAT. En resumen, los resultados indican que existe algún intercambio de peces entre las dos zonas, pero no lo suficiente como para impedir el uso del modelo.

Si se supone que los modelos de producción son aplicables, esto puede descubrirse solo (1) si hay datos de la captura, el esfuerzo y de la CPUE de una amplia escala de los niveles del esfuerzo de pesca incluyendo preferiblemente niveles al lado de la sobrepesca en la curva y (2) si las perturbaciones causadas por las fluctuaciones de las condiciones ambientales no son tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente causados por las fluctuaciones en el esfuerzo de pesca. Más adelante se verá que se dispone de datos de un amplio margen de niveles del esfuerzo de pesca. Se han estudiado y examinado los efectos de las condiciones ambientales en los informes anuales de la CIAT. Hasta donde se puede determinar, estos efectos se compensan comúnmente durante períodos de tiempo relativamente cortos, así que en la mayoría de los casos se pueden ignorar sin que esto incapacite el uso del modelo. Sin embargo, el período comprendido entre la última parte de 1982, hasta comienzos de 1984, incluye las condiciones más fuertes del Niño que se hayan jamás registrado, así que merece un interés especial observar qué consecuencias va a tener este fenómeno sobre la pesca. Este asunto se examinó anteriormente en una forma general y más adelante en esta sección se presentarán algunos comentarios sobre las consecuencias que ha tenido el Niño en la pesca de los túnidos.

Se ha mencionado el esfuerzo, pero hasta ahora no se ha hablado sobre el hecho de que existen varias clases de esfuerzo, es decir, el esfuerzo de las embarcaciones de carnada, de los cerqueros y palangreros, además del esfuerzo aplicado por embarcaciones con diferentes capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no pueden sencillamente combinarse las diferentes clases de datos sobre el esfuerzo para obtener el esfuerzo total. Existen dos opciones. Primero se pueden considerar

solo los datos de una clase de arte, comúnmente la más predominante. Esta se llamará clase normal. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase normal, provee una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase normal. Segundo, se puede determinar la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase normal y puede obtenerse el esfuerzo normalizado de cada clase al ajustar los datos del esfuerzo bruto por los factores apropiados. Luego pueden sumarse los datos del esfuerzo bruto de la clase normal de arte y los datos del esfuerzo normalizado de las otras clases para obtener el esfuerzo total normalizado. Los investigadores de la CIAT han escogido la primera opción y varias combinaciones de las dos opciones. Se ha calculado respectivamente el esfuerzo normal y no normal en días de pesca y en días normalizados de pesca y, se refiere a la correspondiente CPUE como captura por día de pesca (CPDP) y captura por día normal de pesca (CPDNP).

El modelo simétrico de producción se aplicó primero con los datos de la captura, el esfuerzo y la CPUE de las embarcaciones de carnada durante el período de 1934-1955, lo que suministró una amplia serie de datos del esfuerzo al lado de la subpesca en la curva. Estos datos indicaron que dentro de los límites del esfuerzo pesquero del que se tenían datos, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961, el esfuerzo, por primera vez, fue superior al óptimo y la población reaccionó en los años siguientes con capturas y CPUE inferiores, lo que indicó aún más que se podía aplicar el modelo.

La pesca antes de mediados de los años sesenta se realizaba solamente en la región del ARCAA cercana a la costa y en los alrededores de unas pocas islas y bancos lejos de la costa. Sin embargo, a mediados y fines de la década de los sesenta, la flota pesquera empezó a aumentar en magnitud pescando más lejos fuera de la costa. Las zonas de bajura y altura, denominadas respectivamente zonas A1 y A2, se presentan en la Figura 46. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el PMCP de las dos zonas combinadas sería igual solo al de la zona A1, pero si no hay intercambio, el PMCP de las dos zonas combinadas sería la suma de los PMCP individuales de las dos zonas. Los estudios han indicado que el intercambio de peces es relativamente lento entre las dos zonas, así que el PMCP de toda el ARCAA es superior al de la zona A1, pero inferior a la suma de los PMCP individuales. Estos estudios han sido descritos detalladamente en informes anuales previos de la CIAT.

Como se mencionó anteriormente se necesitan datos que abarquen una amplia distribución del esfuerzo con el fin de estimar el PMCP y el correspondiente esfuerzo y la CPUE. En 1968, después de que fue evidente que la estimación del PMCP calculado para la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA, los delegados autorizaron que los investigadores emprendieran un programa experimental de sobrepesca con el objeto de poder obtener tan pronto como fuera posible una estimación del PMCP en el ARCAA. Esto fue necesario debido a que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los pocos años en los que se había extendido la pesca mar afuera. Al exceder los niveles óptimos del esfuerzo se

reduciría la captura o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta poder obtener una estimación lo suficientemente buena del PMCP. Sin embargo, esto toma demasiado tiempo ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también a que las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de la sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se examinará ahora la condición actual del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, según ha sido determinada por el análisis de los modelos de producción. Existen varios factores que no han sido mencionados en este informe que afectan aparentemente el modelo. Estos han sido examinados en informes anuales previos de la CIAT, así que no se mencionarán de nuevo. Debido a la naturaleza complicada de la pesca y a los rápidos cambios ocurridos en los últimos años, se han realizado bastantes experimentos en la selección y preparación de los datos y procedimientos matemáticos que se han de emplear en el análisis de los datos de captura, esfuerzo y CPUE. Se examinan en este informe solo los cuatro métodos a los que se les ha dado más importancia en 1983. Dos métodos emplean el modelo logístico, en el que se supone que la relación de equilibrio entre la captura y el esfuerzo es lineal. Los otros dos emplean el modelo general de producción de la población, en el que la relación de equilibrio entre la captura y el esfuerzo no necesita ser lineal. Se usan en todos los métodos solo los datos del esfuerzo y de la CPUE (CPDP) equivalente a los barcos de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad). (En años anteriores se empleó un tercer método, en el que se usaba el modelo logístico y los datos normalizados de acuerdo a la clase 3 de barcos (101-200 toneladas de capacidad). Sin embargo, debido a la escasez de barcos de la clase 3, se presentan en este informe solo los datos de la clase 6. Se hicieron cálculos según el tercer método, pero como ha sido el caso en los últimos años, no hubo diferencias al compararlos con las estimaciones de la clase 6).

En la Tabla 15 se presentan las cuotas, la captura y los datos de la CPDP del ARCAA y de la zona fuera de la misma, correspondientes al período de 1967-1983. Los datos de la CPDP se presentan en el recuadro superior de la Figura 47. Las curvas de producción equilibradas y los puntos "observados" que representan la captura y el esfuerzo sin equilibrar se presentan en la Figura 48. Los valores "observados" de la CPDP no son idénticos a los valores de la CPDP de la Tabla 15 debido a que se han hecho ajustes para compensar los efectos de las reglamentaciones en la CPDP durante el segundo semestre del año, *etc.* En las dos curvas superiores, se fijó el coeficiente de capturabilidad q igual a 0.000039, la estimación obtenida anteriormente con los datos de años anteriores, lo que indica que la capturabilidad de los peces de diversas edades en la pesca no ha cambiado con el tiempo. En las dos curvas inferiores no se aplicaron límites a q , es decir, se volvió a estimar cuando se calcularon los otros parámetros. Los datos de estas cuatro curvas son:

| m | q | Rendimiento máximo constante en miles de toneladas americanas | Suma de cuadrados ($\times 10^{-9}$) |
|-----|----------|--|--|
| 2.0 | 0.000039 | 175 | 1.615 |
| 0.8 | 0.000039 | 173 | 1.601 |
| 2.0 | 0.000034 | 172 | 1.552 |
| 0.8 | 0.000021 | 152 | 1.289 |

m es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hace que la curva sea asimétrica hacia la derecha y los valores superiores a 2 la hace asimétrica a la izquierda. La suma de los cuadrados es una medida de la bondad del ajuste de los puntos a la curva, indicando los valores más bajos de la suma de los cuadrados, mejores ajustes y viceversa. Las sumas de los cuadrados se discute detalladamente más adelante.

En tres de los cuatro métodos se estima que el PMCP es de unas 175 mil toneladas, igual a como se estimó en años anteriores. En los recuadros 1, 3 y 4 los puntos de 1976-1981, se ubican a la derecha del punto máximo de la curva y el caso es el mismo para los puntos de 1977-1979 y 1981, en el recuadro 2, lo que indica que el esfuerzo en esos años ha excedido la cantidad necesaria para lograr el PMCP. Las capturas tendieron a reducirse durante esos años, lo que indica que los modelos de producción que se acaban de examinar lograron describir razonablemente la condición de la población del aleta amarilla en lo referente a las consecuencias de la pesca. No es aún evidente cuál de los dos modelos, el simétrico o el asimétrico describe mejor la dinámica de la población del aleta amarilla pero los datos acumulados en los últimos cuatro años parecen apoyar lo último.

En la Figura 47 se presentan otros tres índices de la abundancia del aleta amarilla, la captura por unidad del tiempo de búsqueda de los peces no asociados con delfines, la captura por unidad del tiempo de búsqueda de los delfines asociados con los peces y las estimaciones de la biomasa según los análisis de las cohortes. Los índices en los recuadros dos y tres, indican reducciones similares a las de la captura por día de pesca de los barcos de la clase 6 (recuadro superior), en cambio el recuadro inferior, presenta menos reducción. Los análisis del modelo de producción realizados con la captura por unidad del tiempo de búsqueda darían resultados similares a los obtenidos con la captura por día de pesca.

Los resultados anteriores se examinarán más detalladamente en la sección titulada *Condición del stock en 1983 y perspectivas en 1984*.

Modelos estructurados de acuerdo a la edad

Los modelos estructurados de acuerdo a la edad, en contraste a los modelos de la producción emplean los datos de peces individuales en lugar del conjunto de la población. La entrada de los datos en los modelos estructurados según la edad está formada por las estimaciones del reclutamiento, crecimiento y de la

mortalidad natural y por pesca. Los estimativos de estos parámetros se obtienen mediante el análisis de los datos sobre la distribución frecuencia-talla de los peces en la captura, complementados por los datos de la devolución de marcas y otros datos de varias clases. El personal de la CIAT ha obtenido desde 1954, datos sobre la composición de talla de las capturas del aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha tenido además, acceso a datos análogos obtenidos en 1951-1954, por el California Department of Fish and Game.

Modelos del rendimiento por recluta

El análisis estructurado según la edad que se emplea más comúnmente, es el modelo del rendimiento por recluta. Si una cohorte sin explotar de juveniles o de peces jóvenes adultos se encuentra en una zona, su peso total aumenta a medida que los peces crecen rápidamente, mientras que las pérdidas debidas a la mortalidad natural son moderadas. Más tarde, sin embargo, cuando los peces envejecen, el índice de crecimiento es más lento, mientras la mortalidad natural continúa siendo moderada. Así que las pérdidas con relación al peso total debidas a la mortalidad natural, en esa época, son superiores a las ganancias debidas al crecimiento y hay una pérdida neta con relación al peso total. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal para obtener el rendimiento máximo en peso de una cohorte de peces (si se supone en este estudio, que este es el objetivo de la administración) sería la de pescar cada pez justamente antes de que muriera debido a causas naturales. Claro está que esto es imposible. La mejor opción, después de esto, sería capturar todos los peces que no han muerto antes de que alcancen la edad o talla ("edad crítica" o "talla crítica") en la que la pérdida con relación al peso total debido a la mortalidad natural, compense exactamente la ganancia proveniente del crecimiento. Esto es posible en algunos animales, como son las ostras o almejas que están expuestas a la marea baja y por lo tanto pueden capturarse allí fácilmente. Cuando el encargado de un banco de ostras o almejas lo vigila a intervalos frecuentes y saca los ejemplares que han alcanzado la talla crítica, esta labor produce una cantidad ilimitada de mortalidad por pesca de los animales que han alcanzado esa talla. Es evidente que esta opción no es práctica con respecto a la mayoría de las especies de peces.

Parece, instintivamente, que si no es posible la segunda opción, se deben pescar al principio peces que no han aún alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera opción y la única práctica con referencia a la mayoría de las especies de peces. Se supone, por el momento, que la edad de entrada (es decir, la edad correspondiente a la talla mínima de los peces capturados) puede controlarse eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es elevado, se seleccionaría una edad de entrada solo un poco inferior a la edad crítica, la mayor parte de los peces capturados estarían cerca a la edad crítica y el rendimiento sería casi tan elevado como sería bajo en la segunda opción. Si el esfuerzo de pesca es más bajo, se seleccionaría una edad de entrada considerablemente inferior a la edad crítica, los peces capturados exhibirían una fluctuación mayor en edades y tallas, y el rendimiento sería considerablemente inferior a lo que sería bajo la segunda opción (pero seguiría siendo el máximo posible sin aumentar el esfuerzo).

Sin embargo, puede que no sea posible controlar eficazmente la edad de entrada. Si es así, la única manera de administrar la pesca es controlando el esfuerzo. Si la edad de entrada es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si la edad de entrada es inferior a la edad crítica, la limitación del esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

No se ha mencionado, hasta ahora, que se debe permitir la reproducción, por lo menos, una vez, de algunos de los ejemplares de una cohorte de peces antes de que se capturen. Si el desove ocurre mucho antes de que el pez alcance la talla crítica, probablemente no hay peligro desde ese punto de vista, pero si el desove no ocurre sino después de que el pez ha alcanzado la talla crítica y el esfuerzo de pesca es elevado, existe la posibilidad de que el número de reproductores se reduzca tanto, que el reclutamiento se reduciría también en los años siguientes. (No debe suponerse, sin embargo, que una modesta reducción de reproductores disminuiría el reclutamiento en los próximos años, ya que éste no es el caso en la mayoría de las especies de peces). El modelo del rendimiento por recluta, como se describe aquí, no toma en cuenta la posibilidad de una reducción en el reclutamiento, pero éste forma parte integral de los modelos de producción.

Además, no se ha mencionado que el crecimiento de un pez individual puede ser más lento o que el índice de la mortalidad natural pueda ser mayor cuando una población de peces es densa que cuando no lo es. Por consiguiente, puede que la pérdida debida a la captura de algunos peces de una talla inferior a la talla crítica, se compense al menos parcialmente por el rápido crecimiento o la poca mortalidad natural del resto de los peces. Además, si los índices de crecimiento o de la mortalidad natural se encuentran afectados por la densidad de la población, la talla y la edad crítica han de variar de acuerdo a la densidad de la misma. Tampoco se considera este problema en el modelo del rendimiento por recluta, conforme se describe aquí, pero forma parte integral de los modelos de producción.

Al continuar ahora con el aleta amarilla del Océano Pacífico oriental, las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural, que los investigadores de la CIAT han obtenido no son tan confiables como se desearía, pero se estima que la talla crítica es aproximadamente de 111 cm (62 libras o 28 k). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son considerablemente inferiores a la talla crítica. Cuando la mayor parte de la flota atunera fue reacondicionada de la pesca con carnada a la pesca con redes de cerco a fines de los años cincuenta y al comienzo de los sesenta, el promedio de talla de los peces en la captura aumentó, siendo muchos de ellos aproximadamente iguales o más grandes que la talla crítica. El promedio anual de captura del aleta amarilla ha sido considerablemente superior después del período del reacondicionamiento a cerqueros que durante el período anterior. Como se indicó antes, la expansión mar afuera de la pesca a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en el aumento de las capturas, pero el incremento en el promedio de talla de los peces capturados puede haber sido en parte responsable por el aumento.

Como se declaró anteriormente, el objetivo administrativo determinado por el convenio de la CIAT, es obtener el PMCP. El rendimiento máximo por recluta es equivalente al PMCP, siempre que el reclutamiento sea independiente del

número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 49 se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Varias de las combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen varios rendimientos por recluta, los que se indican mediante curvilíneas. Los cálculos se basan en un coeficiente de la mortalidad natural de 0.8 (cerca del 55 por ciento anual si no hubiera mortalidad por pesca) y los siguientes coeficientes de la mortalidad por pesca:

| Cohorte | Periodo | Peso | Coefficiente anual de la mortalidad por pesca |
|---------|---|-------------------------------|---|
| X | Primer trimestre del primer año civil en la pesca | 3.2-4.6 libras (1.5-2.2 k) | 0.3 (índice de explotación del 18 por ciento) |
| X | todos los trimestres siguientes | 4.6-200 libras (2.2-90 k) | 0.6 (índice de explotación del 32 por ciento) |
| Y | tercer trimestre del primer año civil en la pesca | 3.2-4.6 libras | 0.2 (índice de explotación del 13 por ciento) |
| Y | cuarto trimestre del primer año civil en la pesca | 4.6-6.5 libras (2.2-3.1 k) | 0.6 |
| Y | todos los trimestres siguientes | 6.5-200 libras (3.1-90 k) | 0.8 (índice de explotación del 40 por ciento) |

Los cohortes X e Y se definen en la sección titulada *Análisis de la biomasa según la estructura de la edad*. Estas son las condiciones que parecen describir mejor la pesca durante el período de 1980-1983, cuando no hubo reglamentaciones de pesca y se aplicó más esfuerzo hacia el atún aleta amarilla pequeño, de lo que fue el caso a fines de los años sesenta y al principio de los setenta. Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.5, 0.1 y 2.0 representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y el doble de los valores actuales del esfuerzo de 1980-1982. Un multiplicador de aproximadamente 0.7 corresponde al valor del esfuerzo de 1983. El rendimiento máximo por recluta se obtiene con un peso de entrada de 10, 20, 32, 38 y 41 libras (4.5, 9.1, 14.5, 17.2 y 18.6 k) para los respectivos multiplicadores de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0. Con una cantidad infinita de esfuerzo el peso óptimo de entrada sería de 62 libras, el peso crítico, y el rendimiento por recluta sería de 8.7 libras (3.9 k). Al nivel del esfuerzo de pesca de 1983, el rendimiento por recluta podría incrementarse de su nivel actual de unas 5.2 libras (2.4 k) a unas 5.6 libras (2.5 k) al aumentar la talla de entrada actual de 3.0 libras (1.4 k) a unas 15 libras (6.8 k). Sin embargo, si se aumentara el esfuerzo al nivel de 1979 (multiplicador de 1.6), se podría aumentar el rendimiento por recluta a unas 7.3 libras (3.3 k) al incrementar la talla de entrada a unas 30 libras (13.6 k).

La descripción anterior incluye la suposición implícita de que si se altera la edad de entrada, la distribución zonal del esfuerzo de pesca no cambia. Este sería el caso si la pesquería maniobrara de la siguiente manera. Primero, cuando la edad

de entrada fuera baja, las embarcaciones buscarían cardúmenes de peces y encontrarían algunos formados por pequeños peces y otros con grandes peces y realizarían lances sobre ambos. Más tarde, cuando se aumentara la edad de entrada, los barcos buscarían en la misma forma de antes, pero solo harían lances en cardúmenes con grandes peces. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia los grandes peces sería igual en el segundo período que en el primero. Sin embargo, se cree que si por alguna razón la edad de entrada del aleta amarilla se aumentara, los pescadores tratarían de buscar menos en los estratos de tiempo y zona que tuvieran preponderancia de peces pequeños y más en aquellos que tuvieran preponderancia de peces grandes, así que el esfuerzo de pesca aumentaría sobre los grandes peces. En general, esto probablemente aumentaría el rendimiento por recluta más de lo indicado en la Figura 49.

Análisis de la biomasa estructurado según la edad

Además de los estudios del modelo del rendimiento por recluta, los investigadores de la Comisión han realizado un análisis sobre la biomasa estructurado según la edad. Como un primer paso, los peces en la captura deben asignarse a cohortes. (Una cohorte está formada por todos los peces reclutados al mismo tiempo en la pesca, como la cohorte (grupo) X70 que entró primero en pequeñas cantidades a la pesca durante el primer semestre de 1970 y contribuyó significativamente a ella por primera vez durante el segundo semestre de ese año y la cohorte Y70 que entró por primera vez en pequeñas cantidades en la pesca en el segundo semestre de 1969, contribuyendo por primera vez significativamente a ella en el primer semestre de 1970. Se ha estimado que el reclutamiento de las cohortes X e Y son en promedio iguales (Tabla 17)). Luego se hacen las estimaciones de las cantidades de peces de cada cohorte en el momento del reclutamiento y luego a varios intervalos, y de las cantidades de peces que se capturan y mueren durante cada intervalo. Estas cantidades se convierten en peso según los datos de los promedios del peso de peces de diferentes tallas para calcular las estimaciones de la biomasa. La información que se necesita para estos cálculos incluye la cantidad y el promedio del peso en la captura de los peces de cada generación, una estimación del índice de la mortalidad natural (o las estimaciones de una serie de índices si la mortalidad natural no es constante en los peces de diferentes edades) y una estimación del índice de la mortalidad por pesca, al menos en un intervalo de captura de cada cohorte. Todos estos cálculos se obtienen según el análisis de los datos de las estadísticas de captura, de la frecuencia de talla y peso-talla. Los resultados de estos análisis no son tan precisos como se desearía porque aunque los peces de las diferentes generaciones pueden distinguirse los unos de los otros cuando son jóvenes, es cada vez más difícil a medida que crecen, así que probablemente se asignan los peces más viejos a cohortes erradas. Consecuentemente, no solo las estimaciones de las capturas de los peces de cada generación son menos precisas de lo que se desearía, pero las estimaciones de los índices de mortalidad son en cierta forma crudas. Se emplea específicamente una estimación de 0.8 para el índice anual instantáneo de la mortalidad natural, pero

se sospecha que este índice varía con la edad, siendo superior para los peces más jóvenes e inferior para los más viejos. Además, la capturabilidad de los peces varía de acuerdo a la edad, zona, temporada, tiempo y otras circunstancias y éste presenta interferencia (“ruido de fondo”) y posiblemente también sesgo, en los cálculos.

Se ha analizado la biomasa según la estructura de la edad de las temporadas de 1965 a 1983. Se estimaron diferentes índices “iniciales” de la mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez diferentes cohortes, basados en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además, con fines comparativos se hicieron los cálculos de todas las cohortes con índices iniciales más elevados y bajos que aquellos considerados como los mejores estimativos. Los resultados indicaron que estos índices iniciales pueden influir en las conclusiones generales, especialmente con referencia a las condiciones actuales del stock.

Los resultados, al emplear las “mejores” estimaciones de la mortalidad procedentes de los diferentes índices de pesca en el trimestre inicial, se presentan en la Tabla 16. Cuando se emplea esta tabla, es evidente el promedio estimado de la magnitud de la población de cualquier cohorte, en cantidades de peces. Por ejemplo, en la cohorte X68, el promedio fue de 23,519,000 peces de 1 año en el primer trimestre de ese año y la población de esa cohorte tuvo respectivamente en el segundo, tercero y cuarto trimestre de ese año un promedio de 19.3, 15.6 y 12.4 millones de peces (línea de 1968, 1 columna). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de esa cohorte fue respectivamente del primero al cuarto trimestre 9.9, 7.5, 5.9 y 4.8 millones de peces (línea de 1969, II columna) y así sucesivamente. El promedio de la cantidad de peces de 1, 2, 3 y 4 años de edad de las cuatro cohortes X (1968, 1967, 1966 y 1965) fue respectivamente en el primer trimestre de 1968, 23.5 millones, 8.3 millones, 3.6 millones y 0.1 millones (línea de 1968). Esta situación es igual para las cohortes Y que para las cohortes X, excepto que existe una columna 0 de los peces más jóvenes, ninguno de los que se supone sea capturado antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 16 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de más edad ninguno de los cuáles puede asignarse a las cohortes y se estimó indirectamente la magnitud de la población según los datos de captura y las estimaciones de la mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a las cohortes X y la mitad a las cohortes Y.

El número de reclutas de cada cohorte (es decir, la cantidad promedio de los trimestres iniciales) se enumera en la Tabla 17. Los promedios anuales de las cohortes X e Y son casi iguales, 25 millones para la cohorte Y y 22 millones para la cohorte X. La variabilidad entre los años es superior para la cohorte Y (3.6) que para la cohorte X (2.1) y la de los datos combinados (2.6) es intermedia. Aunque el reclutamiento es variable no existe una tendencia evidente del reclutamiento sobre el tiempo.

Se estimó que el peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando con el trimestre en que se reclutan en la pesca es:

| Trimestre | Peso promedio | Trimestre | Peso promedio | Trimestre | Peso promedio |
|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 1 | 4.0 | 7 | 27.0 | 13 | 98.0 |
| 2 | 5.6 | 8 | 36.1 | 14 | 111.1 |
| 3 | 8.0 | 9 | 45.0 | 15 | 122.0 |
| 4 | 10.2 | 10 | 55.1 | 16 | 130.0 |
| 5 | 13.5 | 11 | 67.0 | 17 | 134.0 |
| 6 | 18.9 | 12 | 83.0 | 18 | 136.0 |
| | | | | 19+ | 157.0 |

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 16 para calcular el promedio estimado anual de la biomasa (promedio total del peso durante cuatro trimestres) de cada cohorte. Estos datos se presentan en la Figura 50. Es fácil ver la fuerza relativa de las varias cohortes según esta figura. Por ejemplo, las cohortes X74 e Y74 (líneas diagonales) fueron ambas relativamente fuertes, porque aunque hubo una gran captura de peces pequeños en 1974, su biomasa permaneció elevada en los años siguientes. La cohorte Y73, por otra parte, fue solamente promedia, ya que después de haberse pescado fuertemente en 1973, su biomasa fue baja. La cohorte X66 fue cuantiosa y los peces no fueron fuertemente explotados cuando eran jóvenes, así que durante varios años después de 1966, hubo una gran biomasa de esa cohorte.

En la Figura 51 se presenta de 1968 a 1983, el promedio trimestral y el promedio anual de las estimaciones de la biomasa de todos los peces, omitiendo su edad y de todos los peces de la cohorte Y que estuvieron en la pesca más de seis trimestres desde el reclutamiento, más todos los peces de la cohorte X que han estado en la pesca más de ocho trimestres desde el reclutamiento. No se presentan los datos de 1965-1967, ya que durante este período seguía desarrollándose la pesca en el ARCAA y las estimaciones de la biomasa de las cohortes durante esos años tienen un sesgo descendente. En 1968-1971, el promedio de la biomasa total fue aproximadamente 350 mil toneladas. Esta estaba formada por una gran proporción de peces más viejos procedentes de un reclutamiento elevado de peces de 1966 y 1967, habiendo sido poco explotados como peces jóvenes. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento en los índices de explotación durante 1969-1972, dió como resultado una reducción en la biomasa durante 1972 y 1973, tanto de peces jóvenes como viejos. La poca biomasa de peces más viejos persistió durante 1974, en cambio la abundancia de peces más pequeños empezó a aumentar en ese año como resultado de una generación extremadamente grande de 1974. Se puede considerar esa generación como productora de la mayoría del aumento en la biomasa de grandes peces a fines de 1975, todo 1976 y principios de 1977. La captura más grande de aleta amarilla en la historia de la pesca se logró en 1976. El reclutamiento durante 1976 y 1977, inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de los peces jóvenes desde 1973, dió como resultado una reducción en la biomasa tanto de peces jóvenes como viejos, alcanzando los niveles más bajos observados en la pesquería. Aunque el reclutamiento de 1978 y 1979, fue grande, excediéndolo solamente el de 1974, se capturaron tantos peces de 1 y 2 años de edad que no se espera que hayan

contribuido mayormente a la pesca de 1981 o 1982. El reclutamiento en 1980, 1981 y 1982, fue algo superior al promedio y las estimaciones preliminares del reclutamiento en 1983, indican que fue algo inferior al promedio. Sin embargo, la biomasa aumentó en 1982 y 1983, debido a que hubo menos esfuerzo de pesca en esos años. Claro está que el aumento es inferior en cuanto a los grandes peces, ya que los efectos de la reducción en el esfuerzo de pesca no se han de manifestar significativamente hasta 1984 o 1985.

Las capturas cerqueras de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante los 6 primeros meses de 1968-1983, se presentan en las Figuras 52 y 53. En la Figura 52 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes cohortes en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 53 se incluyen las capturas de peces de la misma cohorte en diferentes años.

Al comparar estas cuatro figuras, las estimaciones anuales de la biomasa de las cohortes X e Y (Figura 50), las estimaciones trimestrales de la biomasa total, de la biomasa de los grandes peces (Figura 51) y de las capturas cerqueras obtenidas durante los 6 primeros meses de cada año por edad y cohorte (Figuras 52 y 53), es evidente que las grandes capturas de peces pequeños en los últimos años ha alterado la composición de edad en la población y la captura. Cada vez sobreviven menos individuos que alcanzan grandes tallas y el análisis del rendimiento por recluta examinado anteriormente, ha indicado que ésto reduce probablemente el potencial de la captura total (PMCP). El análisis de la biomasa estructurada según la edad corrobora ésto y provee datos para cuantificar las diferencias. Desde 1967 hasta 1978, se ha estimado la contribución total aportada a la pesca por cada cohorte X e Y durante su ciclo de vida en ésta. Las sumas de las capturas estimadas de las cohortes combinadas, fluctúan de 118 mil toneladas para las cohortes de 1967 y 1972, a 268 mil toneladas para las de 1974, con un promedio de 156 mil toneladas (Tabla 16), correspondiente a las 12 cohortes. Si la cohorte Y74, no se hubiera pescado tan intensamente en su primer año, las capturas de esa cohorte hubieran sido aún más elevadas. La división de las capturas de estas cohortes por las estimaciones correspondientes del reclutamiento (los valores de la Tabla 17 ajustados a las cantidades iniciales) dan estimaciones del rendimiento por recluta que varían de 4.3 a 7.3 libras (2.0 a 3.3 k), mientras que el reclutamiento varía de 32 millones a 91 millones de peces (promedios de 6.1 libras (2.8 k) y 51 millones de peces). En el modelo del rendimiento por recluta se supuso que el reclutamiento ocurrió cuando pesaban aproximadamente 3 libras (40 cm) y la composición de talla en la captura fue similar a la de los últimos años. Esto pronostica un rendimiento máximo por recluta de unas 5.5 libras (2.5 k). El rendimiento observado por recluta de las cohortes combinadas en 1978, fue de 5.5 libras y la composición de la captura (Figura 52) fue similar a lo que se estimó para la composición anual de la captura en los años de 1979 a 1982. El reclutamiento estimado de los últimos 5 años ha tenido un promedio de 57 millones de peces, que producirían cerca de 157 mil toneladas con un rendimiento por recluta de 5.5 libras. Si el rendimiento por recluta fuera de 6.1 libras (2.8 k) los 57 millones de reclutas producirían cerca de 174 mil toneladas.

Condición del stock en 1983 y perspectivas en 1984 en el ARCAA

En la sección titulada *Modelos de Producción* se presentaron cuatro análisis para el stock del aleta amarilla dentro del ARCAA. Se emplearon dos formas del modelo, la forma simétrica, en la que $m = 2.0$ y la forma asimétrica, en la que $m = 0.8$. Se estimó en estas dos formas la productividad del stock de dos maneras. En una, se empleó una estimación previa del parámetro q , el coeficiente de capturabilidad y en la otra, no se emplearon límites en q . Los resultados de estos análisis se presentan en la tabla del texto en la página 172 y en la Figura 48. En esa tabla la suma de los cuadrados es la suma de las diferencias al cuadrado entre los valores esperados (calculada de los parámetros estimados del modelo) y los valores observados. Estas sumas de cuadrados son los índices de los ajustes de los modelos con relación a los datos, las sumas inferiores de cuadrados corresponden a mejores ajustes y viceversa. En los dos modelos que no han sido limitados los ajustes son mejores que en los dos modelos limitados. Esto no es sorprendente, en vista de que en varios años la mortalidad relativa por pesca a edad específica, ha estado evidentemente cambiando, es decir, los peces pequeños han formado una porción mucho mayor en la captura. Esto significa que q ha cambiado. Los valores observados y esperados de la CPDP del modelo asimétrico con q limitado y sin limitar se presentan en la Figura 54. Se incluyen los valores esperados de la CPDP de 1984, ya que éstos se pueden calcular según los parámetros de los modelos. En ambos casos, los ajustes son relativamente pobres en 1968-1972 y relativamente buenos en 1973-1982. Sin embargo, en 1983, el ajuste del modelo limitado (recuadro superior) es mucho peor que el del modelo no limitado (recuadro inferior). En el primero los valores esperados exceden el valor observado en un 50 por ciento, mientras que en el último caso el valor esperado excede el valor observado solo en un 15 por ciento. Los valores esperados de la CPDP en 1983 y 1984, son considerablemente más elevados en el modelo limitado que en el modelo no limitado, ya que en el último caso la productividad estimada de la población es inferior. Se cree que esta productividad inferior es en su mayor parte el resultado de cambios recientes en la mortalidad por pesca a edad específica, es decir la tendencia en los últimos años de pescar más en zonas en donde aparecen peces más pequeños.

En ambos casos la CPDP pronosticada para 1983, es superior a la de 1982, conforme se describe en la Figura 54, pero la CPDP observada en ambos años es casi igual. Existen varios factores que pueden ser responsables por esta discrepancia. Primero, una gran parte de la flota, inclusive la mayoría de las embarcaciones de gran porte más eficaces, condujeron sus maniobras de pesca en 1983, solo en el Pacífico occidental, así que la flota que permaneció en el Pacífico oriental estaba formada, en promedio, por barcos probablemente menos eficaces que aquellos que formaban la flota unos pocos años antes. Segundo, puede que la capacidad de la flota que permaneció en el Pacífico oriental en 1983, para encontrar concentraciones de peces y permanecer allí hasta obtener grandes capturas, se haya perjudicado con relación a los años anteriores por la falta de suficientes barcos que exploraran todas las zonas en donde con más probabilidad

podían aparecer los peces. Tercero, se han presentando en 1983, las condiciones más severas y difundidas que se hayan jamás documentado del fenómeno del Niño y las consecuencias adversas de éstas pueden haber reducido en este año la CPDP.

Con respecto al primer punto arriba mencionado, se tabuló la CPDP anual en el Pacífico oriental de 15 embarcaciones de la clase 6 de arqueo que pescaron allí desde 1979 hasta 1983, teniendo los mismos capitanes. Estos datos y otros datos similares de todos los cerqueros de la clase 6 de arqueo se presentan en la Figura 55. (Los valores de la CPDP del aleta amarilla en el recuadro superior de esta figura son algo diferentes a los de la Tabla 15, debido a que se emplearon los datos de descargue para calcular los valores de la figura y los datos de bitácora de la captura para calcular los de la tabla). La CPDP de los 15 barcos en 1983, aumentó en un 29 por ciento con respecto a la de 1982, lo que puede compararse favorablemente con el aumento esperado del 15 al 50 por ciento mencionado anteriormente. (Como la estimación del 29 por ciento se basa solo en los datos de 15 barcos, no se debe confiar al seleccionar un valor dentro de los límites del 15 al 50 por ciento estimado en los cálculos anteriores).

No se ha encontrado la manera de estimar el efecto de la reducción del poder de búsqueda en la media de la CPDP anual (punto segundo anterior) pero se cree, sin embargo que es real.

Con respecto al tercer punto antes mencionado, no es posible calcular las consecuencias de las condiciones del Niño sobre la pesca. Cada fenómeno del Niño se manifiesta de una manera diferente y el examen de los datos de pesca recolectados durante ese evento indican pocas pautas uniformes. Generalmente, en las zonas de captura del aleta amarilla y del barrilete se presenta una expansión hacia los polos y una profundización de la capa superior mixta. El reclutamiento que ha tenido un promedio de unos 50 millones de peces en varios de los últimos años, no indica tendencia alguna (Tabla 17), así que aproximadamente se distribuiría la misma cantidad de peces sobre una zona más amplia y, en promedio, la densidad sería inferior a través de su distribución. Además, las investigaciones anteriores del personal de la CIAT han indicado que se encuentra mejor pesca en donde la capa superior mixta es menos profunda, de manera que puede esperarse que la vulnerabilidad de los peces en donde se puede disponer de ellos sería inferior que en años normales. Entonces, el efecto general de las recientes condiciones del Niño sería reducir la CPDP. Sin embargo se recalca que los datos que se tienen sobre los efectos de las condiciones del Niño sobre la pesca son inadecuados y, por consiguiente, las declaraciones anteriores son en su mayoría hipotéticas.

Basados en los análisis de la biomasa según la estructura de la edad presentados anteriormente, se calcularon las estimaciones de los coeficientes de la mortalidad por pesca trimestral de las cohortes X e Y de los dos períodos 1971-1975 y 1979-1981. Estos se presentan en la Figura 56. El primer período representa una etapa de años en los que se realizó la pesca en su mayoría en el primer semestre del año y el esfuerzo se aplicaba más hacia los grandes peces, mientras que en el último período representa las condiciones actuales, en las que la pesca tiene lugar durante todo el año y el esfuerzo se aplica más hacia peces más pequeños. Puede verse que durante el primer período los coeficientes de la mortalidad por

pesca fueron elevados durante los dos primeros trimestres y bajos durante los dos últimos trimestres de cada año, en cambio, durante el último período los coeficientes de la mortalidad por pesca son más constantes durante el año. En la Figura 57 se presentan los efectos del cambio en el patrón de la mortalidad sobre el rendimiento por recluta. Las tres curvas en esta figura presentan los rendimientos por recluta con diferentes multiplicadores del coeficiente de la mortalidad por pesca cuando la vulnerabilidad de los peces durante su primer año en la pesca con relación a los años sucesivos es 0.00 (línea superior), 0.25 (línea del medio) y 1.00 (línea inferior). La curva superior corresponde a las condiciones similares a las de los primeros años, cuando había menos captura de peces pequeños y la curva inferior corresponde a los años en los que la captura de peces pequeños fue elevada. Con un multiplicador de 0.5 correspondiente a un nivel del esfuerzo un poco inferior al de 1983, el rendimiento por recluta es virtualmente igual en las tres curvas, pero con multiplicadores más grandes, correspondientes al esfuerzo en años anteriores, el rendimiento por recluta es más elevado cuando se reduce la mortalidad por pesca de los peces más pequeños. La reducción del 10 por ciento en la productividad de la población debida a los cambios recientes en la mortalidad por pesca a edad específica, corresponde más bien muy de cerca a la reducción del 15 por ciento estimada según el análisis del modelo de producción descrito anteriormente.

Los resultados obtenidos en los análisis del rendimiento por recluta y de la producción, se han incorporado en la Figura 58, una representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca. En esta figura se describen los efectos sobre la productividad de la población (en términos de diferentes tipos de modelos de producción) al cambiar la mortalidad por pesca a edad específica o al cambiar el promedio de talla de los peces en la captura. Las varias curvas representan la relación entre el esfuerzo de pesca y la productividad según varios niveles de la mortalidad por pesca a edad específica. Existe un valor máximo de producción en el plano XY que representa cada nivel, pero en alguna parte en el espacio XYZ hay un punto particular que representa el valor general de la producción máxima, y el plano XY que pasa a través de ese punto corresponde al nivel de la mortalidad por pesca a edad específica que puede resultar en una producción máxima.

En 1982, tanto el esfuerzo de pesca como las capturas fueron inferiores a las cantidades que el stock podía sostener con base continua y lo mismo es verdad en cuanto a 1983 (Figura 48). Como resultado de esto se debe presentar un aumento en la magnitud del stock en 1984. La cantidad del incremento debe ser aproximadamente del 10 al 50 por ciento, depende de cuál de las estimaciones de la productividad sea válida. Es muy posible que el aumento se acerque más al 10 por ciento, que al 50 por ciento debido a la reducción en la productividad causada por el cambio en la mortalidad por pesca a edad específica. Las estimaciones del PMCP en la página 172 fluctúan de 152 a 175 mil toneladas. Se estima que la magnitud del stock es aproximadamente 30 mil toneladas superior a la magnitud necesaria para producir el PMCP en el modelo más conservador, así que en 1984, se pueden capturar cerca de 182 mil (152 mil más 30 mil) toneladas

sin reducir el stock por debajo de su límite óptimo. Según otros modelos se pueden capturar aún mayores cantidades de peces.

Se debe recalcar que las principales desviaciones históricas en las condiciones ambientales, como también en los patrones de pesca, hace que sea muy difícil evaluar el stock del aleta amarilla. Para tener más confianza respecto a las consecuencias que estas condiciones anómalas puedan tener sobre el stock del aleta amarilla, sería necesario acumular datos por lo menos de uno o dos años más. A pesar de estas dificultades, es aún posible hacer recomendaciones a los delegados sobre la pesca en 1984. Al considerar que en los últimos años han habido continuamente cambios en la mortalidad por pesca a edad específica y que estos cambios han reducido el rendimiento por recluta y, al considerar que las estimaciones más recientes de la productividad del stock basadas en el modelado de producción indican una reducción correspondiente en la productividad, es razonable suponer que el stock es actualmente menos productivo que anteriormente. Como es imposible determinar cual de las dos estimaciones sin limitar del PMCP (152 versus 172 mil toneladas) representa mejor la dinámica de la población del aleta amarilla, los investigadores recomiendan que se debe considerar el promedio de estas cantidades como la cuota mínima recomendada para 1984, es decir, 162,000 toneladas americanas. Como ya se había indicado en lo referente a todas las estimaciones del modelado de producción, el stock a fines de 1983, será superior a la magnitud óptima necesaria para producir el PMCP. Consecuentemente, se deben tomar las medidas necesarias para permitir que se haga un aumento de la cuota mediante dos incrementos de 15,000 toneladas cada uno. Aunque los investigadores creen que los modelos sin limitaciones representan probablemente más la dinámica actual del stock del aleta amarilla, es posible que los modelos limitados sean superiores. Si este es el caso, la CPDP y la captura en 1984, sería superior que si los modelos sin limitaciones representaran mejor la dinámica del stock. Sin embargo, los dos incrementos de 15 mil toneladas cada uno, suministrarían una captura total hasta de 192 mil toneladas, muy superior a los valores del PMCP de 175 y 173 mil toneladas estimados por los dos modelos limitados (página 172).

Se ha mencionado frecuentemente, en las secciones anteriores, que la productividad del stock puede aumentarse si se pueden reducir las capturas de peces pequeños. Existen varios métodos posibles para reducir las capturas de peces pequeños. Uno sería fijar un límite mínimo de talla. Otro sería vedar ciertas zonas durante algunas temporadas si predominan peces pequeños o cuando se encuentren allí. Otra forma sería cambiar la fecha de apertura de la temporada (suponiendo que se pueda volver a reinstalar el sistema anual de veda) para limitar la pesca durante un período en el que los peces pequeños son más abundantes en la captura. Los análisis de los datos de la composición de talla indican que en general existe una ocurrencia elevada de peces pequeños mezclados con peces más grandes y de barrilete mezclado con atunes aleta amarilla pequeños. Esto haría difícil el problema de proteger al aleta amarilla pequeño, porque pueden ser capturados en grandes cantidades por barcos que tratan de capturar atunes aleta amarilla y barriletes más grandes. Si no se pudieran descargar estos atunes aleta amarilla

pequeños, se arrojarían de nuevo al mar ya muertos y se reduciría el rendimiento por recluta en lugar de aumentar. La veda de las zonas en donde el aleta amarilla pequeño es más abundante, podría aumentar el rendimiento por recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera maniobrar con éxito en zonas donde hay grandes peces, pero la reducción en las capturas de barrilete excedería probablemente el aumento en las capturas del aleta amarilla, ya que el barrilete es más abundante en zonas en las que son más abundantes los aleta amarilla pequeños. No parece que el cambio en la fecha de apertura de la temporada fuera tan beneficioso como se había pensado anteriormente. En los primeros años del período en que fueron vigentes las vedas anuales, cuando la mayoría del esfuerzo de pesca se aplicaba durante el primer semestre del año, solo se obtenían pequeñas capturas de los peces de la cohorte Y que entraban por primera vez a la pesca cuando pesaban de 3.4 a 6.8 libras (1.5 a 3.1 k) en el segundo semestre del año. Se había pensado que esto se debía en su mayoría a la falta de vulnerabilidad de los peces de este grupo a la pesca. Sin embargo, durante los últimos años, hubo una fuerte pesca durante el segundo semestre del año y aumentó substancialmente la captura de peces de la cohorte Y entrante. Consecuentemente, los beneficios del cambio de temporada puede que no sirvan para proteger los peces más jóvenes como se esperaba originalmente. Los investigadores no pueden recomendar actualmente ninguna de las medidas anteriores, a causa de que no puede pronosticarse el efecto que tenga tal reglamentación sobre la captura actual (no descargues) de peces pequeños.

Fuera del ARCAA

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 46, zona A3) desde 1968 (Tabla 15). En el primer semestre del año existe relativamente poca pesca allí, debido principalmente al mal tiempo. Cuando el tiempo mejora allí en mayo-junio o poco tiempo después, el ARCAA se encontraba vedada en la mayoría de los años a la pesca libre, desplazándose varios de los barcos de gran porte de la flota internacional a la zona fuera del ARCAA. Los experimentos de marcado han indicado que el índice de mezcla es bajo entre esta zona y la del ARCAA, así que hasta ahora, se considera separadamente el aleta amarilla que habita en la zona fuera del ARCAA del que vive en el ARCAA.

En 1969, la CPDP fue superior a 20 toneladas, pero durante el período de 1970-1982, la CPDP fue notablemente constante entre 8 y 13 toneladas (Figura 59, recuadro superior). En 1983 la CPDP se redujo a unas 7 toneladas, la más baja que se haya registrado. Se cree que esto se debe, tal vez, a las condiciones ambientales, pero se ha de continuar vigilando muy de cerca la pesca para tratar de verificar esto. En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.6 mil días y las capturas fueron menos de 31 mil toneladas (Figura 59, recuadro inferior). En el período de 1972-1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el primero entre 3.5 y 4.1 mil días y la última entre 41 y 51 mil toneladas. Desde 1977 a 1983, debido aparentemente a la reducción del esfuerzo, el promedio de captura fue solamente de unas 20 mil toneladas, pero la CPDP (excepto en 1983) se redujo solamente un poco con relación a la de 1970-1976. En el recuadro inferior de la Figura 59 es evidente que la captura en la zona fuera del ARCAA ha

permanecido proporcional al esfuerzo. Si la forma logística del modelo general de producción expresa adecuadamente la relación entre la captura y el esfuerzo de la zona fuera del ARCAA, como se examinó anteriormente en la zona del ARCAA, entonces, parece que la pesca fuera de esta zona esté maniobrando al lado de la subpesca de la curva. Así que actualmente no parece que exista una razón biológica para establecer límites en la captura o en la intensidad de pesca fuera del ARCAA.

Si los peces que habitan fuera del ARCAA forman parte del stock que aparece en el ARCAA, se esperaría que hubiera habido en los últimos años, fuera del ARCAA, una reducción en la biomasa y en el promedio de talla de los peces. Según los datos de la CPDP no es evidente que exista tal reducción en la biomasa fuera del ARCAA. Por otra parte, el promedio de talla de los peces capturados fuera del ARCAA se ha reducido de unas 80 libras (36 k) en 1972-1975, aproximadamente a 55 libras (25 k) en 1979-1983 (Figura 60). Puede que esto se deba al aumento en la mortalidad por pesca, pero puede que sea también debido a los cambios en los métodos de pesca, es decir, se pescan más cardúmenes asociados con objetos flotantes y menos cardúmenes asociados con delfines. Como el peso óptimo es aproximadamente de 55 libras en términos del modelo del rendimiento por recluta, como se examinó en la sección sobre el modelo estructurado según la edad, no hay necesidad de limitar la captura fuera del ARCAA a no ser que se pueda demostrar que la captura de los peces en esa zona reduce el reclutamiento en el ARCAA. En todo caso, la pesca en la zona fuera del ARCAA debe supervisarse muy de cerca para analizar estas varias posibilidades.

BARRILETE

El barrilete durante muchos años ha sido la especie de atún capturada más importante en términos del peso. Más o menos en los últimos 10 años, las capturas mundiales comercialmente importantes de otros atunes (aleta amarilla, albacora, patudo y el aleta azul del norte y del sur) han permanecido casi al mismo nivel, mientras que las del barrilete han aumentado. Consecuentemente, la porción de la captura de estas especies formada por el barrilete aumentó en 1970, del 36 por ciento al 42 por ciento en 1981. En el Océano Pacífico, el barrilete es aún más importante, formando casi el 50 por ciento de la captura de las especies principales comerciales. En la Figura 61 se presentan, por zona, las capturas mundiales de barrilete. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son muy superiores a las del Océano Atlántico o Indico y que las capturas en la parte central y occidental del Pacífico son mucho más elevadas que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Pacífico oriental no han aumentado tanto como en otras zonas durante el período de 1965-1981, debido a que el incremento en el esfuerzo de pesca ha sido inferior en el Pacífico oriental que en otras zonas.

Se encuentran grandes pescas de barrilete en el Océano Pacífico nordeste, cerca a Baja California, las Islas Revillagigedo, la Isla Clipperton y en la parte sudeste del Océano Pacífico cerca a la América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito y en las Islas Galápagos. La zona de aguas muy cálidas a la altura de México meridional que separa las dos áreas

carece comúnmente de barrilete, pero en algunos años, como en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. En años normales, el marcado ha demostrado que existe poca mezcla de peces entre las dos zonas. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se explota más cerca al litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años se ha capturado mayor cantidad de barrilete más lejos mar afuera. En el Océano Pacífico central se encuentra una pesca menos importante de barrilete cerca a las islas hawaianas y la Polinesia francesa (las islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad). Más lejos al oeste, existen pescas más importantes de barrilete cerca al Japón, las Filipinas, Indonesia, Papua Nueva Guinea, Fiji, las Islas Salomón, Nueva Zelanda y otras muchas islas.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 61). Las capturas de la zona nordeste y sudeste se encuentran moderadamente bien correlacionadas la una con la otra, pero en algunos años, por ejemplo 1970, la captura fue superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 62). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S y desde esa época hasta el comienzo de los años setenta se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca a la costa, a la altura del Ecuador y en el norte del Perú. Sin embargo, parece que en los últimos años, el centro de abundancia del grupo sudeste se ha cambiado a las aguas frente a Colombia y la América Central.

Estructura de la población

Es básicamente importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una o más de una subpoblación. Si consiste de varias subpoblaciones se debe determinar en que zonas aparecen las diferentes subpoblaciones durante diferentes épocas del año y diferentes etapas de su ciclo vital. Se ha estudiado este problema por medio de varios métodos que incluyen el análisis de marcado, las estadísticas de captura, el ciclo vital y los datos genéticos bioquímicos. La investigación en este campo ha sido emprendida por varias organizaciones, incluso la CIAT, la South Pacific Commission, el National Marine Fisheries Service de los EEUU y varias entidades del Japón. En un comité de biólogos pesqueros y de geneticistas patrocinado por la South Pacific Commission en 1980, se examinaron los resultados de investigación relacionados a la solución de este problema y la siguiente descripción se basa en las conclusiones obtenidas en este comité. Los resultados de la investigación fueron:

1. Se ha encontrado que existe reproducción de barrilete en todos los meses del año en la zona entre los 130°W y 130°E, limitada al norte y al sur por las isothermas de 24°C.

2. Parece que existe poco desove de barrilete al este de los 130°W.

3. Los datos del marcado (Figura 63), indican que hay mezcla entre los peces adolescentes y adultos de varias zonas. Los peces marcados en el Pacífico oriental se han recapturado en el Pacífico central y occidental, los peces marcados en el Pacífico central se han recapturado en el Pacífico occidental y los peces marcados en el Pacífico occidental han sido recapturados en el Pacífico central.

4. Los cardúmenes de peces no mantienen su integridad durante períodos prolongados, ya que los peces marcados en los mismos cardúmenes han sido recapturados frecuentemente en diferentes cardúmenes de peces y peces marcados en diferentes cardúmenes han sido recapturados frecuentemente en los mismos cardúmenes.

5. Se ha observado una gradación o gradiente oeste-este en la frecuencia de los genes de la estearasa naftila, una enzima del suero, en la zona de desove, apareciendo las frecuencias más elevadas en el Pacífico occidental y las más bajas en el Pacífico central. No se observó esta gradación en el Pacífico oriental; la frecuencia de los genes en esa zona se compara aproximadamente con aquella en la parte oriental de la zona de desove.

6. No fue evidente una relación entre la frecuencia de los genes en la estearasa de cardúmenes determinados y el siguiente desplazamiento de los peces marcados en esos cardúmenes. En otras palabras, los peces de cardúmenes que tienen frecuencias elevadas de estearasa que aparecen en el Pacífico central no parecen dirigirse a su "domicilio" en el Pacífico occidental, ni los peces de cardúmenes con frecuencias bajas de estearasa que aparecen en el Pacífico occidental parecen dirigirse a su "domicilio" en el Pacífico central. (Esto fue determinado cuando se marcaron porciones de peces de varios cardúmenes y el resto se sacrificó para obtener muestras genéticas bioquímicas).

7. El análisis de los coeficientes estimados de dispersión de los peces marcados en cardúmenes que tienen combinaciones genéticas raras, mostraron poca evidencia de que estos cardúmenes mantuvieron su integridad durante períodos prolongados.

Se consideraron tres modelos para describir la estructura de la población del barrilete en el Océano Pacífico en el comité antes mencionado.

La hipótesis panmixia establece que todo el barrilete en el Océano Pacífico pertenece a una sola población en la que cada pez tiene la misma probabilidad de hibridación con cualquier otro pez de la población.

La hipótesis de gradación establece que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico, pero existe aislamiento debido a la distancia, es decir, la probabilidad de hibridación de dos peces determinados es una función inversa de la distancia del uno al otro. Los individuos en los extremos de la distribución se encuentran genéticamente semiaislados el uno del otro. La gradación observada en la frecuencia de los genes de la estearasa podría mantenerse mediante alguna combinación de selección natural y desviación genética.

La hipótesis de la subpoblación separada establece que existen dos o más subpoblaciones genéticamente diferentes de barrilete en el Océano Pacífico. La identidad genética de las subpoblaciones se mantiene por algún mecanismo que evita la hibridación de las varias subpoblaciones, como es (1) el mantenimiento de la integridad del cardumen desde el nacimiento hasta la reproducción, (2) la capacidad por la que los peces regresan a zonas separadas de reproducción o (3)

el desove de las diferentes subpoblaciones ocurre en diferentes épocas del año.

Al considerar toda la información utilizable, los participantes en el comité de la SPC decidieron que:

1. La hipótesis panmixia es insostenible porque aunque hay mezcla de peces entre las diferentes zonas, la mayoría de los peces marcados que fueron recapturados se habían desplazado solo a distancias relativamente cortas de las localidades donde se habían liberado.

2. La hipótesis de gradación, que incluye los factores de dispersión, el regreso a zonas separadas de reproducción y selección natural, es una alternativa razonable en lo que se refiere a la hipótesis de la subpoblación separada, formulada en el pasado, pero los datos que pueden emplearse actualmente no permiten que se haga una selección razonable entre estas dos hipótesis y el apoyo incondicional ya sea de una u otra sería prematuro e injustificado.

Los participantes del comité acordaron, en general, que se necesitaban más datos sobre el desove y los primeros estadios del ciclo vital del barrilete si se deseaba avanzar en este campo.

En 1983, Dr. B.J. Richardson de la Universidad Nacional de Australia, publicó un estudio sobre estos datos, que está esencialmente de acuerdo con los resultados obtenidos en el comité.

Los investigadores de la CIAT opinan que los principales resultados obtenidos por Dr. Richardson y el comité de la SPC son correctos, es decir, que los datos no permiten una selección razonable entre la hipótesis de gradación y aquella de la subpoblación y que se necesitan más datos sobre la reproducción y los primeros estadios del ciclo vital del barrilete. Sin embargo, se cree que la adquisición de otras muestras genéticas y bioquímicas en estratos seleccionados de tiempo-zona como también otros análisis de los datos que se tienen, podrían suministrar más conocimiento en este campo.

Volviendo de nuevo al Océano Pacífico oriental, parece que en la mayoría de los años, durante las décadas de 1950 y 1960, según los datos de la distribución y del marcado, el barrilete de las zonas nordestes y sudestes, anteriormente mencionado, no tuvo una mezcla apreciable en el Océano Pacífico oriental. Los peces en la Isla de Clipperton se han incluido en el grupo nordeste (1) debido a que la Isla de Clipperton aunque se encuentra localizada entre los 10°N y 11°N, está más cerca de las Islas Revillagigedo que de la América Central, (2) porque los barriletes marcados y liberados en la Isla de Clipperton han sido recapturados en la zona nordeste y no en la sudeste y (3) porque antes de 1982, se recapturaron en el Océano Pacífico central y occidental 19 peces de Baja California, 4 peces de las Islas Revillagigedo y 2 peces de la Isla de Clipperton, pero no se recapturaron peces de la América Central o de la parte septentrional de Sudamérica en ningún lugar fuera del Pacífico oriental. En el Informe Anual de la CIAT de 1980, se dijo “surge la pregunta de si los peces del Pacífico nordeste, del Pacífico sudeste y de otras zonas provienen (1) de un grupo individual de reproductores o (2) de diferentes grupos de desovadores”. Desde entonces se han acumulado varios datos

que apoyan la primera hipótesis. Primero, un barrilete marcado y liberado frente a la Isla de Clipperton en octubre de 1981, fue recapturado a los 2°27'S-106°52'W en enero de 1982. Esto puede indicar que la distribución de barrilete en el Pacífico oriental puede describirse mejor, no como dos grupos, pero como uno solo que habita una zona en forma de arco que tiene sus límites en Baja California-Islands Revillagigedo y en la América Central-Sudamérica septentrional y su centro al oeste, sudoeste y al sur de la zona de aguas cálidas frente al sur de México. Esta distribución está también indicada por los mapas de la distribución geográfica de las capturas de barrilete en los últimos años. Segundo, las siguientes devoluciones de marcas comprueban que el barrilete del grupo sudeste desova en la misma zona que el del grupo nordeste:

| Liberación | | Recaptura | |
|--------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Fecha | Zona | Fecha | Zona |
| octubre 1969 | 4°11'N-119°02'W | julio 1971 | Hawai |
| abril 1979 | 6°26'N-86°55'W | agosto 1979 | 9°43'N-133°54'W |
| abril 1981 | 4°56'N-86°38'W | agosto 1982 | Hawai |

Estos desplazamientos se presentan también en la Figura 63. El primer pez (liberado por el NMFS de los EEUU, Honolulu, Hawai) terminó lo que pudiera haber sido la segunda mitad del viaje de la zona sudeste al Hawai, el segundo terminó los dos primeros tercios de ese viaje (aunque no se puede asegurar que su destino era Hawai) y el tercero terminó todo el viaje. Sin embargo, no se supone según esto, que el barrilete del Pacífico oriental desova solo en el hemisferio norte, ya que la captura de larvas y juveniles de esta especie en el Pacífico central del sur, indican que el barrilete desova también en esa zona. En las capturas de barrilete tanto del Hawai como de la Polinesia francesa se encuentran muchos ejemplares grandes, lo que puede indicar que las capturas de la Polinesia francesa incluyen peces del Pacífico oriental como también las capturas de Hawai. Un pez marcado a los 4°56'N-86°38'W en abril de 1981, fue recapturado por un barco palangrero a los 9°19'S-105°15'W en abril de 1982 (Figura 63). Puede que este pez haya estado en ruta hacia la zona de desove al sur del ecuador. Se liberó en la misma "parada" que el tercer pez mencionado anteriormente en la Tabla del texto y probablemente los dos peces eran miembros del mismo cardumen en la época en que fueron marcados.

En resumen, parece que el barrilete del norte de México, y el barrilete de la América Central y la parte septentrional de Sudamérica forman parte de un grupo que habita una zona en forma de arco que tiene sus límites en estas dos zonas y que los peces en los extremos de la distribución se mezclan por lo menos, hasta cierto punto, en las localidades de desove del Pacífico central, occidental o en ambos.

Modelos de producción

Los modelos de producción han sido descritos anteriormente en la sección del aleta amarilla. Se indicó que el modelo no se puede aplicar a no ser que los peces de los que se trata, pertenezcan a una población distinta, es decir, debe existir

relativamente poco intercambio entre los peces que habitan la zona que se está considerando, en este caso el Océano Pacífico oriental y aquellos en otras zonas en las que la especie susodicha es explotada. Suponiendo que se puedan aplicar dichos modelos, si se ha de descubrir este caso, las perturbaciones causadas por las fluctuaciones en las condiciones ambientales no deben ser tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente, causados por las fluctuaciones del esfuerzo de pesca y se deben tener datos de la captura, el esfuerzo y de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca, incluyendo preferiblemente niveles correspondientes a la sobrepesca.

No se satisface la primera condición, ya que 27 barriletes marcados en el Océano Pacífico oriental han sido recapturados en el Pacífico central y occidental. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se efectúa, por lo general, relativamente cerca de la costa y la mayoría del barrilete capturado en esta zona proviene aparentemente de los desoves en el Pacífico central, occidental o de ambos y estos desoves pueden surtir también las regiones de alta mar del Océano Pacífico oriental, central y occidental. Como no se tiene prueba de lo contrario, se supone que los peces adolescentes que aparecen en el Pacífico oriental son la progenie de los peces que se reproducen en el Pacífico central u occidental, que son también los progenitores de los peces que permanecen en el Pacífico central u occidental o en ambos. Si es así, puede que las cantidades capturadas en el Pacífico oriental sean fijadas más bien por las porciones de juveniles nacidos en el Pacífico central u occidental que se desplazan al Pacífico oriental, que por la abundancia de juveniles en esa o esas zonas. Siendo este el caso, no es posible efectuar actualmente un estudio definitivo de esta naturaleza.

Se ha realizado una investigación en modesta escala durante varios años, para determinar las consecuencias que tienen las condiciones ambientales sobre el barrilete con referencia a su abundancia, disponibilidad y vulnerabilidad a la captura en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en los informes anuales de la CIAT, en los últimos años incluye el análisis de la relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental y (1) el promedio de la temperatura de la superficie del mar en la zona del Océano Pacífico entre los 135°W y los 180° con temperaturas del mar superiores a los 82°F (27.8°C) y (2) el índice de la mezcla del viento (el promedio de la velocidad del viento al cubo, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del Océano) en esta zona.

El primer análisis se hizo porque existe una alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de las larvas de barrilete en los arrastres de redes de zooplancton y, se pensó, que puede haber más desove o sobrevivencia de larvas en los años cálidos. Se realizó el segundo análisis debido a que la sobrevivencia de las larvas de barrilete puede depender del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas en el NMFS Southwest Fisheries Center de la Jolla, indican que en la Corriente de California las concentraciones de alimento que pueden servir como primer alimento para las larvas de anchoveta aparecen en grupos y estratos bien definidos. El afloramiento

y la mezcla obstruyen los estratos y dispersan los organismos alimenticios, así que muchas de las larvas no pueden obtener suficiente alimento para sobrevivir. Parece que las fuertes generaciones adultas de anchoveta se asocian a los vientos débiles durante su etapa larval y viceversa. Se pensó que esto ocurriría también en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. No se presentó una relación significativa entre la abundancia del barrilete y la temperatura superficial del mar, pero hubo una correlación altamente significativa entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable por el 49 por ciento de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Además, se han realizado investigaciones sobre si existe una posible relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte que fluye hacia el este, porque se esperaba que cuando esta corriente es más fuerte que lo común, los peces jóvenes serían transportados al Pacífico oriental en mayores cantidades y cuando es más débil que lo normal, los peces jóvenes serían transportados allí en menores cantidades, si es que realmente usan esta corriente en sus migraciones. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y los índices de la velocidad de la corriente. En general, los resultados de los investigadores de la CIAT, cuando han intentado relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, no son tan satisfactorios como se desearía, pero tal vez podrían resolverse algunos de los problemas si pueden realizarse los estudios biológicos y estadísticos de la CIAT en todas las unidades de la población que contribuyen a la pesca en el Pacífico oriental, en lugar de solo una porción de ésta (o éstas) que habita(n) el Océano Pacífico oriental durante parte del ciclo de su vida.

Se tienen datos útiles de la captura, del esfuerzo y de la CPUE de alguna porción de las unidades de la población del Pacífico pero no de otras. Además, existe el problema de separar las capturas de los peces de las unidades de la población que contribuyen a la pesca en el Pacífico oriental de aquellas que no lo hacen.

A pesar de los problemas antes mencionados, se ha tratado de comparar el esfuerzo y la CPUE del barrilete en el Océano Pacífico oriental. El esfuerzo de pesca ha aumentado en los últimos años, debido al incremento en la capacidad de la flota. Sin embargo, esto evidentemente no ha agotado el recurso, ya que se han obtenido algunas de las capturas totales más grandes durante los últimos años. La CPUE de los cerqueros y el esfuerzo, normalizado a unidades de la clase 6 de arqueo (embarcaciones de más de 400 toneladas de capacidad), se presentan en la Figura 64. No parece existir una relación significativa. Sin embargo, es posible que tal relación se encuentre opacada por la naturaleza de la pesca. Por ejemplo, en diferentes años, la disponibilidad del barrilete puede variar, pero la cantidad de esfuerzo que se ha aplicado a esa especie puede ser proporcional a su disponibilidad, lo que da como resultado que la CPUE sea aproximadamente igual en cada año. Puede que este sea el caso, si en los años de gran disponibilidad se

encontrara el barrilete en más zonas que en los años de poca disponibilidad, pero la densidad de los peces en las zonas sería casi igual durante todos los años. Actualmente, los datos ofrecen poca o ninguna evidencia de que este fenómeno pueda opacar la relación entre la abundancia del barrilete y el esfuerzo de pesca, pero se seguirá examinando esta cuestión como parte de los extensos estudios de la CIAT sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE como índice de la abundancia.

Modelos estructurados según la edad

La clase de datos que se utilizan para los modelos estructurados según la edad y la teoría sobre la que se basan estos modelos se examinan anteriormente en la sección del aleta amarilla.

La composición de talla de las muestras de barrilete obtenidas en el Océano Pacífico oriental desde 1967 hasta 1983, se presenta en la Figura 65. Las diferencias entre los años son evidentes. La incidencia de peces de más de 55 cm (unas 7.8 libras) fue máxima en 1971-1973 y mínima en 1978-1983. El peso promedio de los peces capturados en 1981, es el más bajo durante el período de 1967-1983.

El estudio del rendimiento por recluta, relativo al modelado de la estructura de la edad, ha sido discutido antes con referencia al aleta amarilla. La situación del barrilete es algo diferente ya que la reducción natural del aleta amarilla consiste solo en la mortalidad natural, mientras que para el barrilete consiste tanto en la mortalidad natural como en el desplazamiento al Pacífico occidental y central. Se calcula que el índice anual combinado de la mortalidad natural y del desplazamiento del barrilete según los datos de la frecuencia de talla y del marcado, es aproximadamente 90 por ciento anualmente, en comparación al 55 por ciento del aleta amarilla, debido a la mortalidad natural.

El índice de crecimiento del barrilete ha sido también estimado según los estudios de los datos de la frecuencia de talla y por la devolución de las marcas. En comparación con el aleta amarilla es mucho más difícil seguir las progresiones de los grupos modales, ya que la longitud modal varía erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento del Pacífico central al oriental, y el desplazamiento en dirección opuesta es evidentemente la mayor causa de esto, pero parece además, que la vulnerabilidad de los grupos de peces de diferentes tallas varía considerablemente de un mes a otro en el Océano Pacífico oriental. Los datos del marcado son también útiles a este respecto, pero la mayoría de las recapturas son de peces que han estado en libertad solo poco tiempo y por consiguiente, son de valor limitado. Las pocas recapturas a largo plazo que se han recibido, han sido casi todas de peces recapturados en el Océano Pacífico central y la razón por la que hay tan pocas es la poca intensidad de pesca en esa zona.

En la Figura 66, se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Se han integrado los cálculos de los investigadores de la CIAT sobre el crecimiento del barrilete, la mortalidad natural más el desplazamiento y la mortalidad por pesca, para obtener los cálculos

que forman la base de esta figura. El recuadro superior se basa en la estimación de los índices de la mortalidad por pesca a edad específica de los datos de la frecuencia de talla obtenidos desde 1967 hasta 1969, el recuadro del medio se basa en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1971 hasta 1973 y el recuadro inferior se basa en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1975 hasta 1977. Los valores en la escala horizontal son los múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, en el recuadro superior 0.5, 1.0 y 1.0 representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y duplica los valores actuales del esfuerzo de 1967 a 1969. Varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada proveen varios rendimientos por recluta que se indican por medio de curvas. Por ejemplo, si la talla de entrada se fija en 40 cm (unas 2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es entre 1.00 y 1.10 libras en el primer recuadro y entre 0.75 y 1.00 en el segundo y tercer recuadro. En general, los rendimientos por recluta son más elevados con una talla de entrada de 35 cm (cerca de 1.7 libras) y un esfuerzo de pesca considerablemente más elevado de lo que ha sido el caso hasta ahora en el Océano Pacífico oriental. Esto se debe a que las pérdidas en el peso total de una generación de peces debida a la mortalidad natural y al desplazamiento, exceden las ganancias que resultan del crecimiento, aunque los peces midan solo 35 cm y aparentemente crecen con rapidez.

Perspectivas en 1984

Ni los modelos de producción, ni los modelos estructurados según la edad aplicados hasta ahora, indican que haya necesidad de administrar el barrilete. Los últimos modelos indicaron que el rendimiento máximo por recluta de barriletes adolescentes en el Océano Pacífico oriental, puede obtenerse al pescar tanto como sea posible ejemplares de más de 35 cm. Esto concebiblemente puede reducir el reclutamiento en los próximos años, pero según los datos del esfuerzo y de la CPUE, no se ha demostrado que ésto sea así.

Como se indicó anteriormente, se debe orientar la administración hacia todos los segmentos de una población individual, en lugar de solo una parte de la población, una mezcla de varias poblaciones o una mezcla de segmentos de varias poblaciones. (Por consiguiente, es muy importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una o más de una subpoblación y si este último es el caso, dónde aparecen las diferentes subpoblaciones en las diferentes épocas del año y en los diferentes estadios de su ciclo vital). La CIAT ha aumentado recientemente el marcado de barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha realizado experimentos de marcado en la Polinesia francesa. Varias otras organizaciones, especialmente la Comisión del Pacífico Sur, han marcado barrilete en grandes cantidades en el Océano Pacífico occidental y central en los últimos años. Además, varias organizaciones se están esforzando en obtener mejores datos sobre la captura y el esfuerzo referentes al barrilete en la región central y occidental del Océano Pacífico. Cuando estos estudios estén más avanzados, puede que sea posible determinar mejor la condición de las unidades de la población del barrilete en el Océano Pacífico con respecto a la pesca.

Se tiene casi la certeza que el barrilete ha sido subexplotado en el Océano Pacífico oriental y que esta situación ha de continuar en un futuro previsible. No obstante es importante obtener más conocimiento sobre esta especie y su relación con el ambiente, al menos por dos razones. Primero, puede que este conocimiento permita pronosticar la abundancia del barrilete en el Pacífico oriental con varios meses de anticipación, lo cual sería muy valioso para los pescadores, quienes deben decidir por adelantado si han de pescar en el Océano Atlántico oriental, en el Pacífico oriental o en el Pacífico occidental. Segundo, el conocimiento de las condiciones ambientales favorables a la existencia del barrilete, junto con la noción de los procesos dinámicos del océano, permitirían pronosticar en dónde y cuándo hay más probabilidad de capturar el barrilete, lo que aumentaría la eficacia de la flota pesquera. Se está analizando actualmente una amplia variedad de informes sobre el barrilete y su relación con el ambiente y en 1984, se terminará un informe sobre este estudio.

ATUN ALETA AZUL DEL NORTE (*Thunnus thynnus*)

En el informe anual de la CIAT de 1979, se presentó un modelo preliminar en el que se describió el ciclo vital del atún aleta azul del norte (*Thunnus thynnus*). Es evidente según este informe, que es necesario obtener muchos más datos sobre varias de las fases del ciclo vital y de la pesca de esta especie.

Se terminó recientemente y se publicó en el Boletín Vol. 18, No. 2 un estudio sobre la pesca del *T. thynnus* en el Pacífico oriental. Con este propósito se reunieron y analizaron los datos de las capturas de esta especie por zona, fecha, clase de arqueo de los barcos, magnitud de los cardúmenes, tipo de cardumen, etc. Se necesitan informes de esta clase, si se desea obtener conocimiento sobre la dinámica de la población de esta especie.

Se debe determinar si existe o no más de una subpoblación de *T. thynnus* en el Océano Pacífico. La CIAT está actualmente realizando estudios de esta naturaleza (por contrato) sobre el atún aleta azul del Océano Atlántico y se espera poder idear técnicas que puedan emplearse en el *T. thynnus* del Océano Pacífico. Será necesario preparar una historia de cada generación. Esta idealmente, debe incluir para cada generación, estimaciones de la cantidad de peces reclutados en la pesca epipelágica del Pacífico occidental, la cantidad capturada cada año en esta región, la cantidad que se desplaza cada año al Pacífico oriental, la cantidad capturada cada año en esa región, la cantidad que emigra cada año del Pacífico oriental y la cantidad capturada anualmente por la pesca palangrera. Se pueden estimar estos datos al analizar las estadísticas apropiadas de captura, los datos de la frecuencia de la edad y de talla y los datos del marcado. Hace ya varios años que se han obtenido datos adecuados de las estadísticas de captura en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental. Sin embargo, es más difícil obtener y analizar los datos de la pesca epipelágica del Pacífico occidental, ya que se combinan varias especies en las estadísticas de captura de esa zona. El Far Seas Fisheries Research Laboratory del Japón y la CIAT, están trabajando actualmente en un esquema para obtener mejores datos sobre las estadísticas de captura de la pesca

epipelágica del Pacífico occidental. Cada año, desde 1952, se han obtenido los datos de la frecuencia de talla de la pesca epipelágica del Pacífico oriental y se tienen algunos datos de la frecuencia de talla y del peso de la pesca epipelágica del Pacífico occidental y de la pesca con palangre. Los empleados del California Department of Fish and Game han estimado la edad del *T. thynnus* según las escamas y se tienen los datos obtenidos según este trabajo, de la frecuencia de la edad de la pesca epipelágica del Pacífico oriental desde 1963 hasta 1969. Se están volviendo a examinar los métodos para estimar la edad del *T. thynnus* según las partes duras, empleando el material recolectado durante 1980-1983 y esperamos que este trabajo suministre los datos de la frecuencia de la edad correspondientes a ese período y al futuro. El proyecto actual de marcado debe proporcionar la información necesaria sobre las proporciones de peces de varias edades que se desplazan de la región occidental del Pacífico a la oriental y viceversa.

Debido a la falta de información sobre esta especie, no se anticipa que en un futuro cercano se hagan recomendaciones para controlar su pesca en el Pacífico oriental.

APPENDIX I - APENDICE I

STAFF*-PERSONAL*

| | |
|---|------------------------------|
| James Joseph, Ph.D (Washington) Director of Investigations | -Director de Investigaciones |
| Clifford L. Peterson, B.S. (Washington) Assistant Director | -Subdirector |

SCIENTIFIC-CIENTIFICO

Senior Scientists-Científicos principales

| | |
|--|--|
| William H. Bayliff, Ph.D (Washington) Biology | -Biología |
| John R. Calaprice, Ph.D. (California) Biology | -Biología |
| Bruce M. Chatwin, B.A. (British Columbia) Biology (From 12 September | -Biología -Desde el 12 de septiembre (Panama) |
| Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard) Biology | -Biología |
| Joseph W. Greenough, M.S. (Washington) Fisheries management (To 31 October | -Administración pesquera -Hasta el 31 de octubre) |
| Philip S. Hammond, D. Phil. (York, England) Population dynamics | -Dinámica de poblaciones |
| Witold L. Klawe, M.A. (Toronto) Biology | -Biología |
| Jeffrey L. Laake, M.S. (Utah State) Biology (To 31 October | -Biología -Hasta el 31 de octubre) |
| Forrest R. Miller, M.A. (California) Meteorology | -Meteorología |
| Craig J. Orange, B.S. (Oregon State) Biology: statistics | -Biología: estadística |
| George Schumann, Ph.D. (Hamburg) Biology | -Biología (Panama) |
| Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State) Biology: population dynamics | -Biología: dinámica de poblaciones |

Alexander Wild, Ph.D. (British Columbia)
Biology

-Biología

Associate Scientists-Científicos asociados

David A. Bratten, B.S. (San Diego State)
Biology

-Biología

Thomas P. Calkins, B.S. (Washington)
Biology

-Biología

Jon S. Cole, B.S. (Washington)
Biology
(To 7 October

-Biología
-Hasta el 7 de octubre)

Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching)
Biology: statistics

-Biología: estadísticas
(San Pedro, California)

Terry J. Foreman, B.S. (San Diego State)
Biology

-Biología

Milton F. López, B.S. (Rhode Island)
Computer science

-Ciencia de computadoras

Ashley J. Mullen, B.A. (Warwick)
Population dynamics

-Dinámica de poblaciones

Robert J. Olson, M.A. (San Diego State Univ.)
Biology

-Biología

Richard G. Punsly, M.S. (Washington)
Population dynamics

-Dinámica de poblaciones

Kurt M. Schaefer, B.S. (Humboldt State)
Biology

-Biología

Michael D. Scott, M.A. (California)
Biology

-Biología

Kao-Tai Tsai, Ph.D. (California)
Statistics

-Estadísticas

Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State)
Computer programmer

-Programadora de computadoras

Peter C. Wussow, B.S. (Humboldt State)
Biology

-Biología

Edward H. Everett, B.S. (San Jose State)
Biology: statistics

-Biología: estadísticas

Richard E. Irvin, B.S. (San Diego State)
Biology

-Biología

| | |
|--|------------------------|
| Andris Purmalis, B.S. (Michigan) Biology | -Biología (Panama) |
| Lesly Rodriguez, B.S. (Univ. Autónoma, Nicaragua) Biology | -Biología |
| Vernon P. Scholey, B.S. (Washington) Biology | -Biología (Ecuador) |

TECHNICAL-TECNICO

| | |
|--|---|
| Javier Barandiarán, B.A.C (Univ. Puerto Rico) Waterfront contact: laboratory technician | -Representante en el muelle: técnico de laboratorio |
| Julio Carranza Waterfront contact: laboratory technician | -Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Peru) |
| Nannette Y. Clark Statistical technician | -Técnica en estadísticas |
| Luis Dorati, B.A. (Panama) Scientific technician | -Técnico científico (Panama) |
| Jere W. Earlston Statistical technician (To 31 August) | -Técnico en estadísticas -Hasta el 31 de agosto |
| Marcus K. Fieger, A.S. (Mesa Junior College) Scientific technician (From 1 December) | -Técnico científico -Desde el 1 de diciembre |
| Rafael A. Gaudier, B.B.A (Univ. Puerto Rico) Waterfront contact: laboratory technician | -Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Puerto Rico) |
| Juan A. Gracia, M.A. (Inter-Amer. Univ.) Waterfront contact: laboratory technician | -Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Puerto Rico) |
| William W. Hatton, B.A.S. (Miami Univ.) Waterfront contact: laboratory technician | -Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Ensenada, México) |
| (To 17 June | -Hasta el 17 de junio) |

C. Anibal Orbes A.

Waterfront contact: laboratory technician

-Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(Ecuador)

Sueichi Oshita

Waterfront contact: laboratory technician

-Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(San Pedro, California)

Raymond C. Rainey

Waterfront contact: laboratory technician

-Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Vaughn M. Silva

Waterfront contact: laboratory technician

-Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Robert W. Wagner

Laboratory technician

-Técnico de laboratorio

ADMINISTRATIVE-ADMINISTRATIVO

Magdalena Barandiarán

Bilingual secretary

-Secretaria bilingüe

Lucy Dupart

Technical translator

-Traductora técnica

Elizabeth J. Hubert

Switchboard operator

-Telefonista

James M. Lannon

Administrative assistant

-Ayudante administrativo

Regina A. Newman

Bilingual secretary to the Director

-Secretaria bilingüe del Director

* All staff members at La Jolla unless otherwise noted.

* Todo el personal de la Jolla, a no ser que se indique lo contrario.

TUNA COMMISSION
APPENDIX II - APENDICE II

FIGURES AND TABLES - FIGURAS Y TABLAS

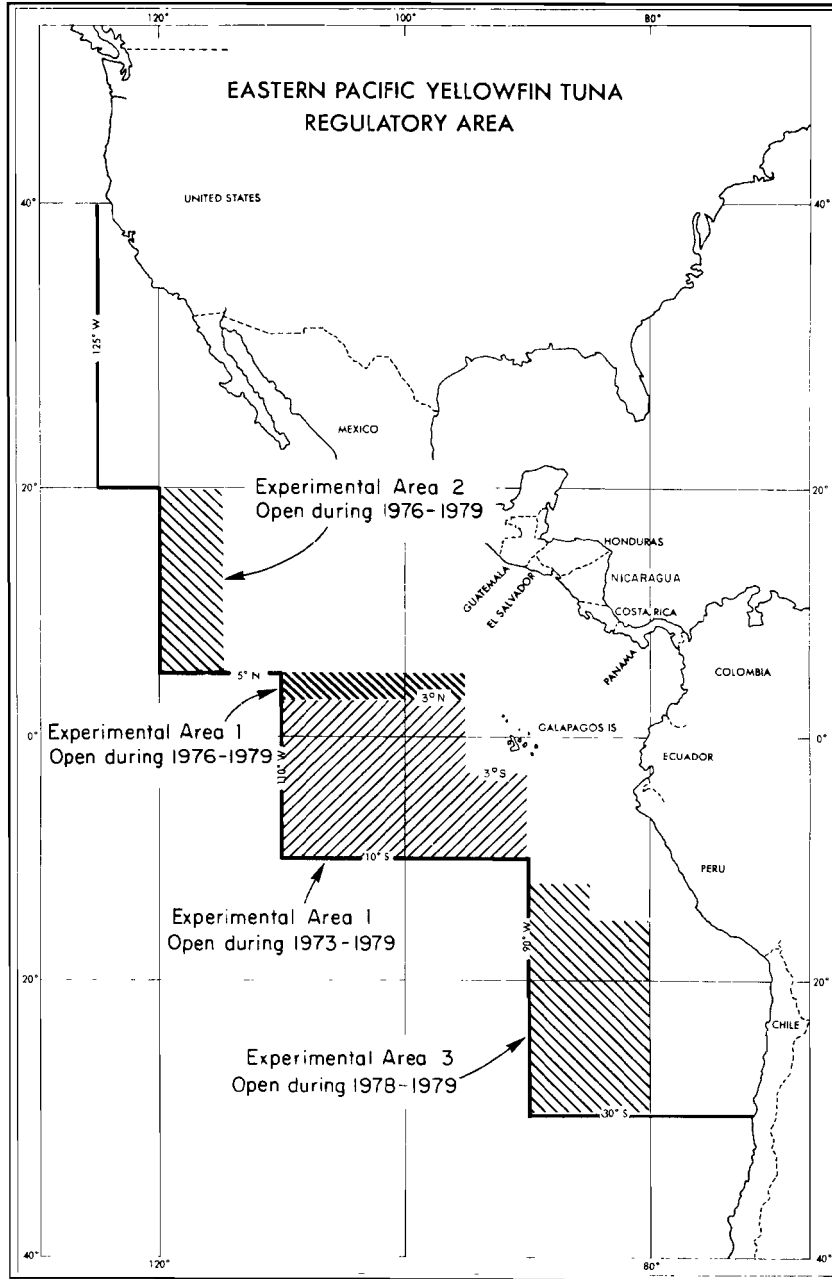


FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

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

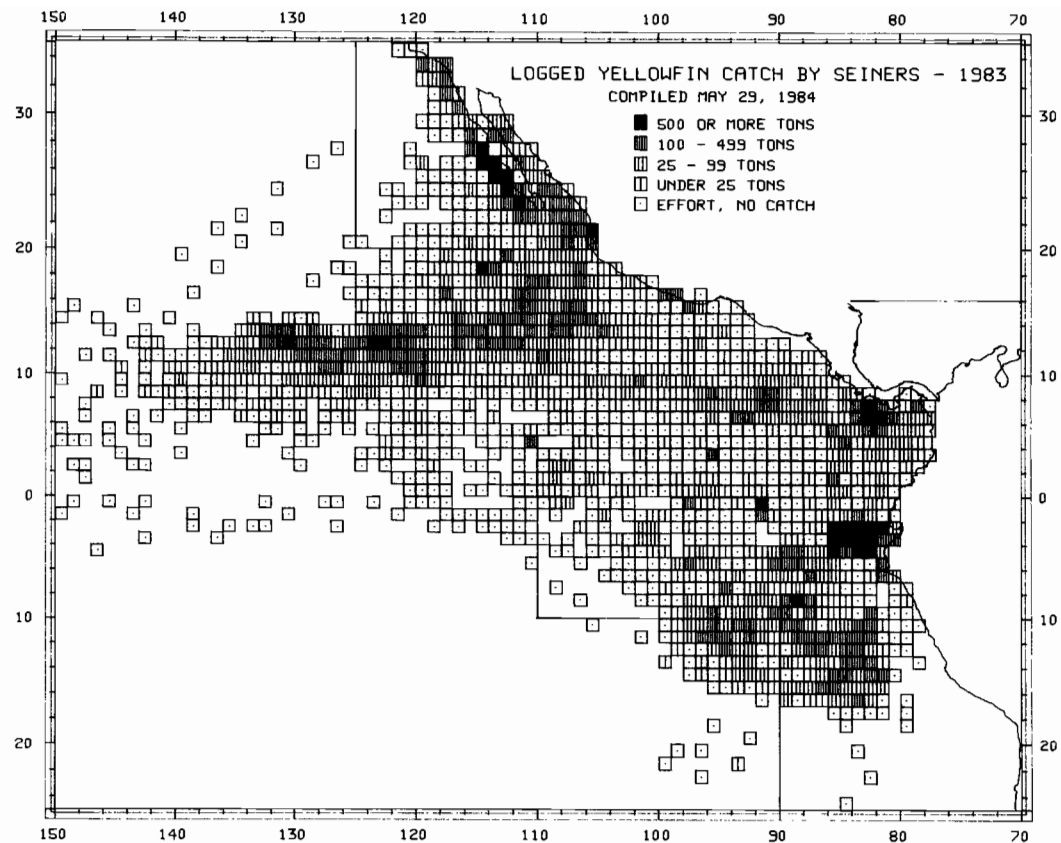


FIGURE 2. Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1983 by 1° areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.
FIGURA 2. Capturas de atún aleta amarilla realizadas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1983, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes en los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.

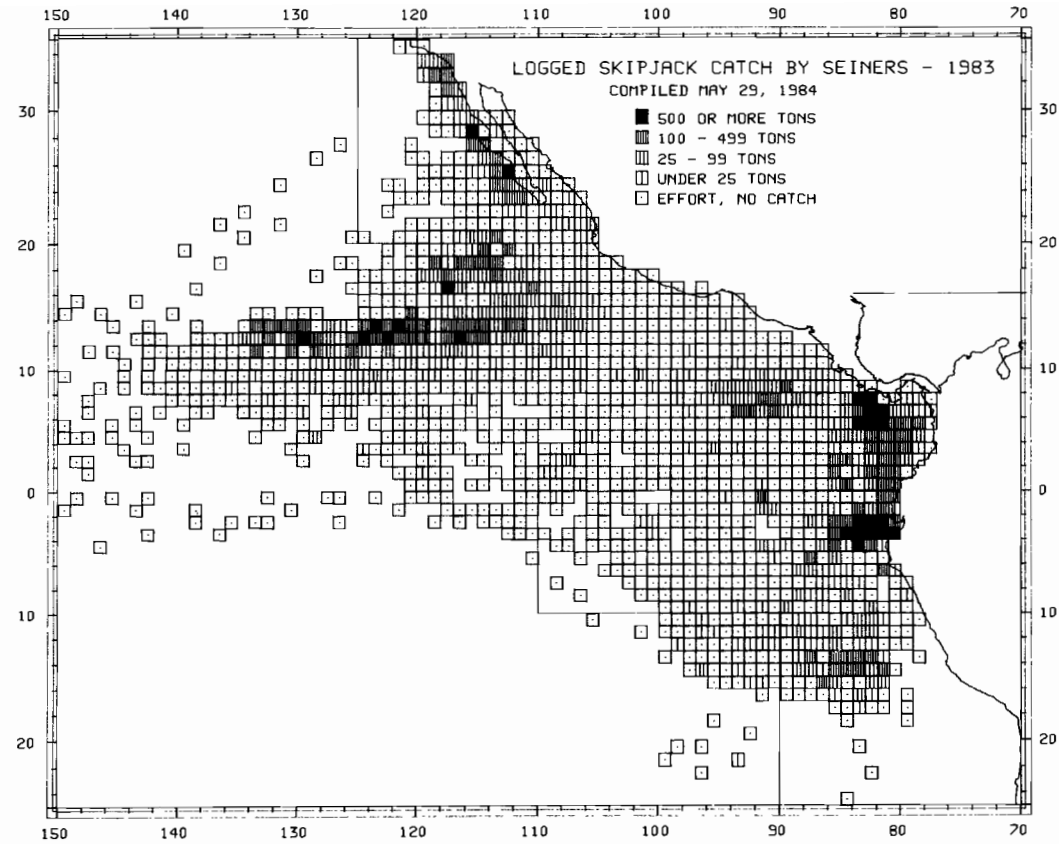


FIGURE 3. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1983 by 1° areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 3. Capturas de barrilete realizadas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1983, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes en los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.

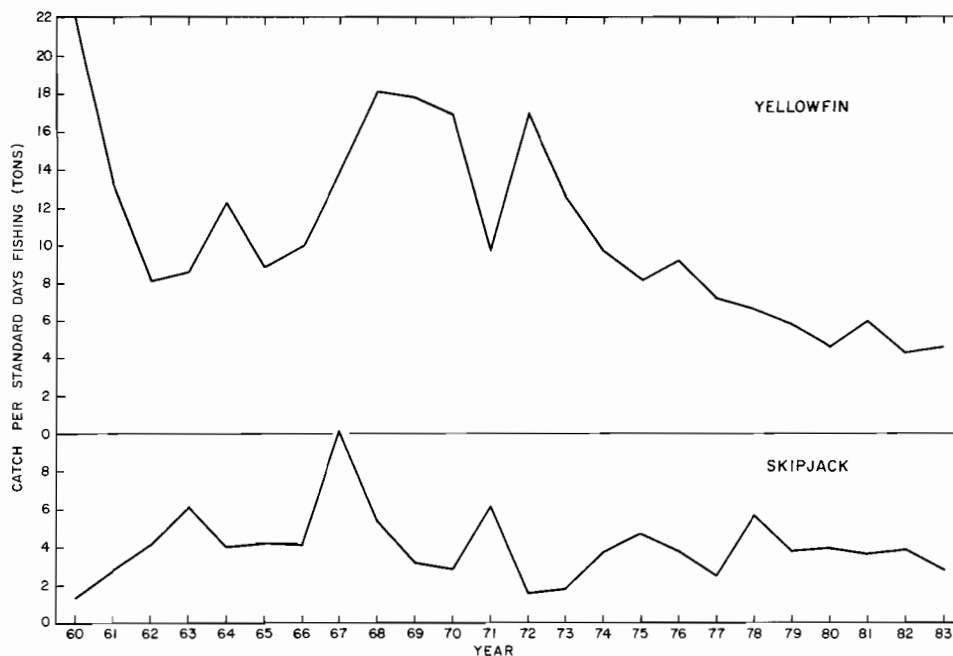


FIGURE 4. Catch per day's fishing for yellowfin in the CYRA (upper panel) and skipjack in the eastern Pacific (lower panel) in Class-6 purse-seine units during 1960-1983. The 1983 data are preliminary.

FIGURA 4. Captura por día de pesca del atún aleta amarilla en el ARCAA (recuadro superior) y de barrilete en el Pacífico oriental (recuadro inferior) durante 1960-1983, por unidades de la clase-6 de arqueo de los barcos cerqueros. Los datos de 1983, son preliminares.

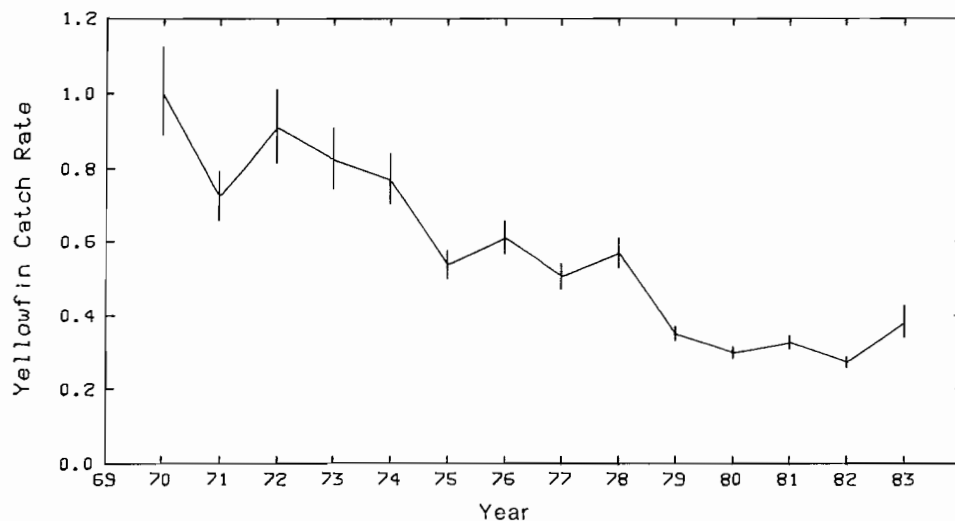


FIGURE 5. Standardized catch rates of yellowfin in the CYRA relative to 1970, from the linear model. The vertical bars are the approximate 95% confidence intervals. The data for 1983 are incomplete.

FIGURA 5. Indices normalizados de captura de aleta amarilla en el ARCAA, correspondientes a 1970, según el modelo lineal. Las barras verticales son los intervalos de confianza aproximadamente del 95%. Los datos de 1983, están incompletos.

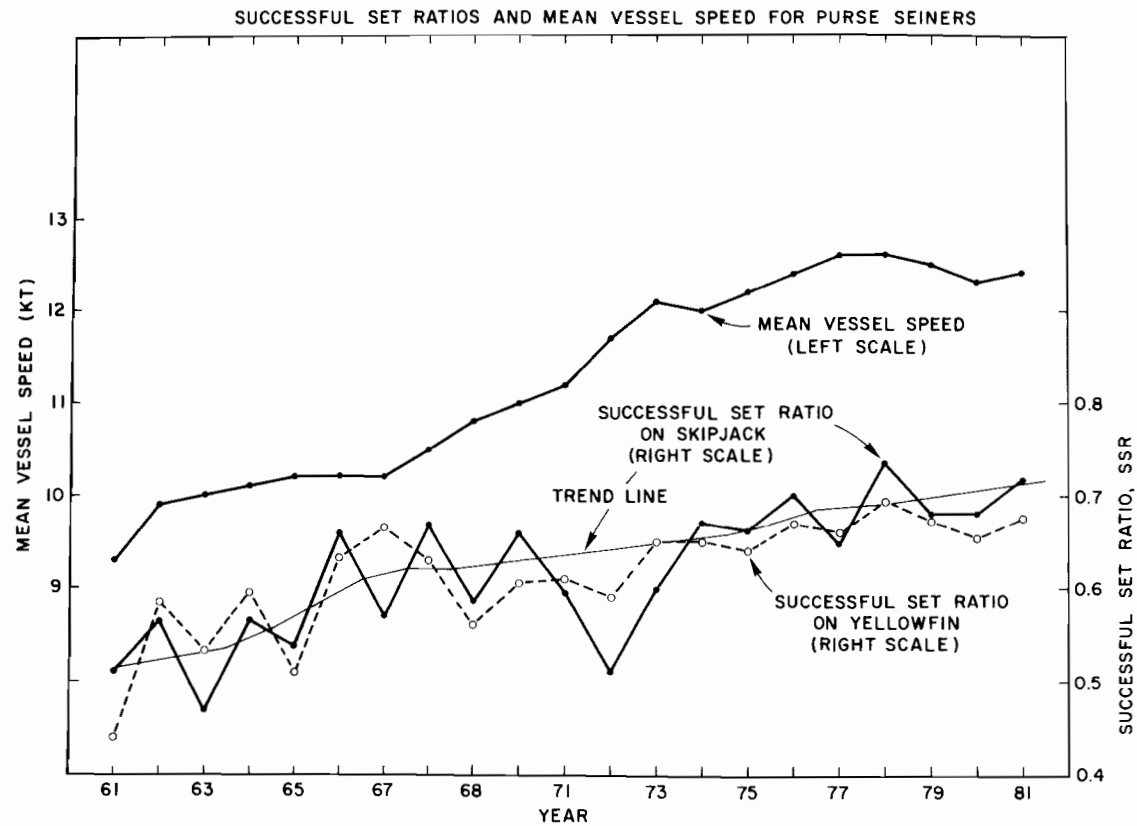


FIGURE 6. Mean vessel speed for purse seiners of all classes, successful set ratio (SSR) on yellowfin for non-porpoise schools, SSR on skipjack for non-porpoise schools, and trend line, in the eastern Pacific east of 150°W from 1961 to 1981.

FIGURA 6. Media de la velocidad de los barcos correspondiente a los cerqueros de todas las clases de arqueo, razón positiva de los lances (RPL) sobre atunes aleta amarilla en cardúmenes no asociados con delfines, RPL sobre barriletes en cardúmenes no asociados con delfines y la línea de la tendencia, en el Pacífico oriental al este de los 150°W desde 1961 a 1981.

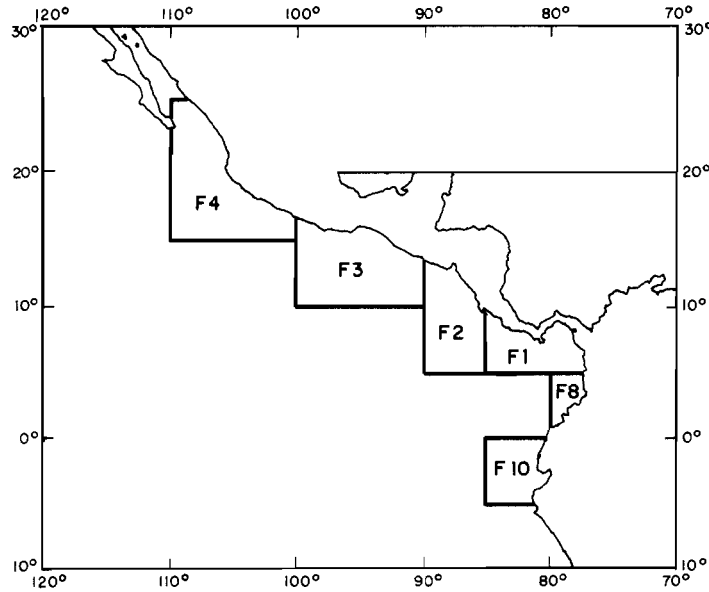


FIGURE 7. Areas used for the portion-in-area method of analysis of migrations of tagged yellowfin released in the Gulf of Panama in 1961.

FIGURA 7. Zonas usadas por el método de la porción en la zona del análisis de las migraciones de los atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Golfo de Panamá en 1961.

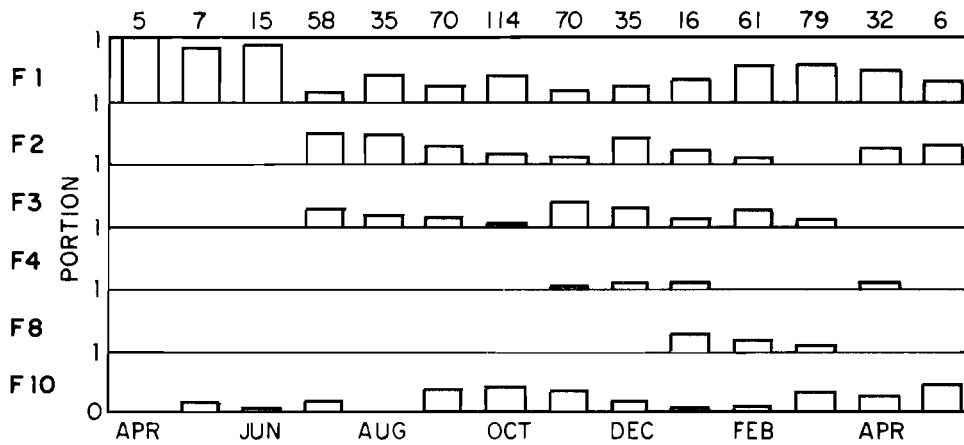


FIGURE 8. Portions of returns of yellowfin weighted by fishing effort in each area. The areas of recapture are designated at the left of each panel. The numbers at the top of each group of panels indicate the numbers of tag returns in each month.

FIGURA 8. Porciones de las devoluciones de atunes aleta amarilla ponderadas por el esfuerzo de pesca en cada zona. Se indican las zonas de recaptura al lado izquierdo de cada recuadro. Las cifras en la parte superior de cada grupo de recuadros indican el número de marcas devueltas en cada mes.

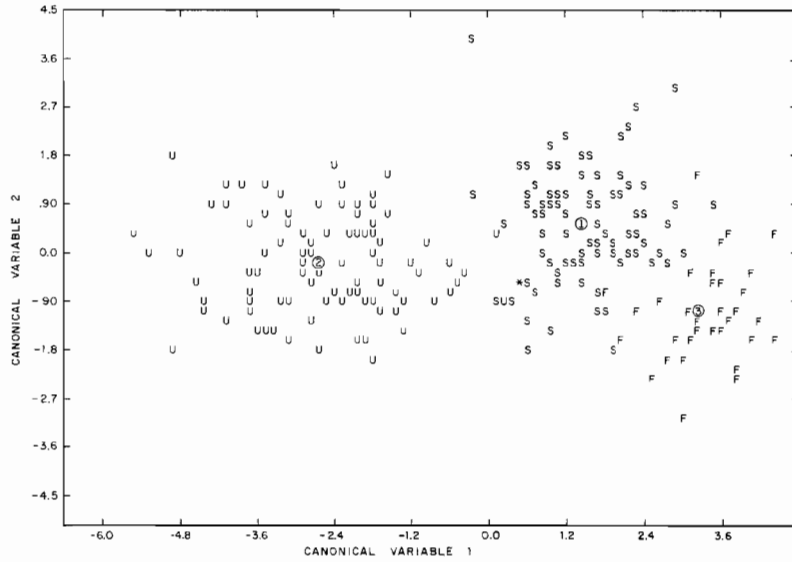


FIGURE 9. Location of individual juvenile bluefin in discriminant space (first two canonical axes). The variables are factor scores. (U = U.S. fishery, Virginia; S = Spanish fishery, Bay of Biscay; F = French fishery, Golfe du Lyon. The overlap of different groups is indicated by an asterisk. The numbers are centers of distribution.)

FIGURA 9. Ubicación de *T. thynnus* juveniles e individuales en el espacio discriminante (los dos primeros ejes canónicos). Las variables son los resultados de los factores. (U = pesca en Virginia, EEUU, S = pesca en España, Golfo de Vizcaya, F = pesca en Francia, Golfo de León. El traslapo de los diferentes grupos se indica mediante asteriscos. (Las cifras son los centros de distribución).

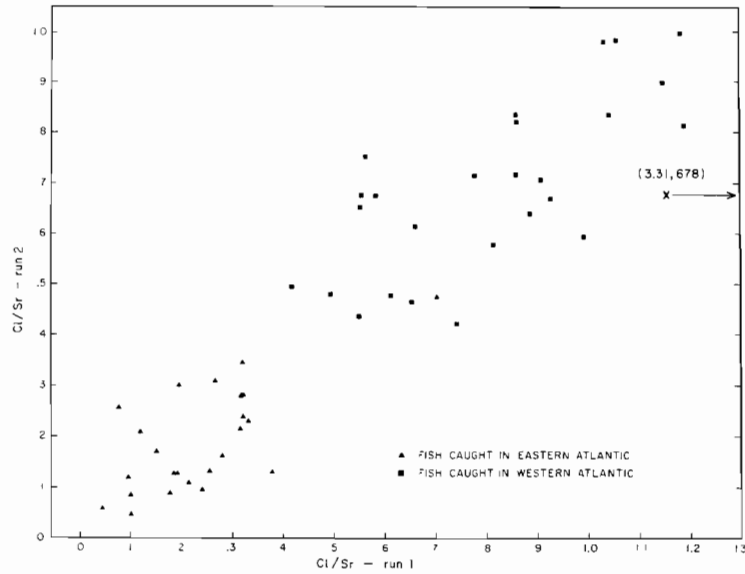


FIGURE 10. Ratios of areas under the chlorine and strontium peaks for two analyses carried out in August 1981 (run 1) and July 1983 (run 2).

FIGURA 10. La proporción del área que se relaciona con los valores máximos del cloro y el estroncio en dos análisis realizados en agosto de 1981 (1 pasada) y julio de 1983 (2 pasada).

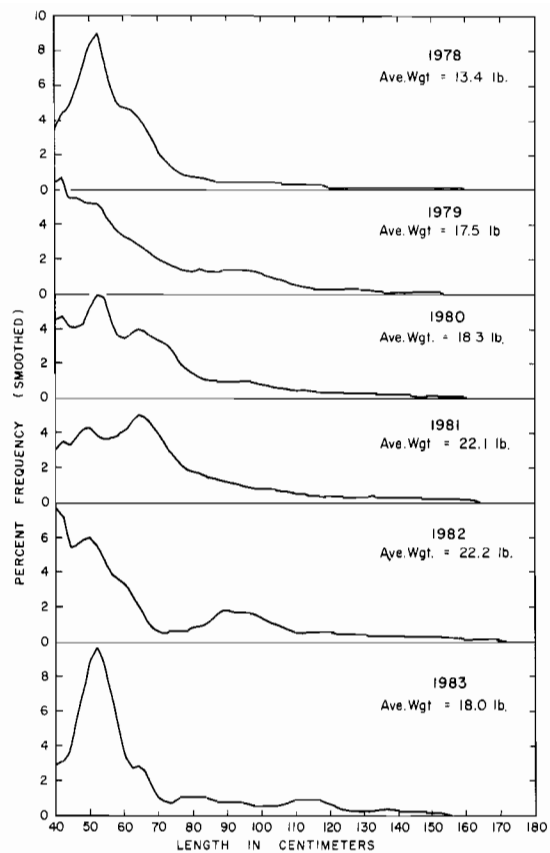


FIGURE 11. Yellowfin length-frequency distributions from the CYRA, 1978-1983.

FIGURA 11. Distribución frecuencia-talla del aleta amarilla en el ARCAA, 1978-1983.

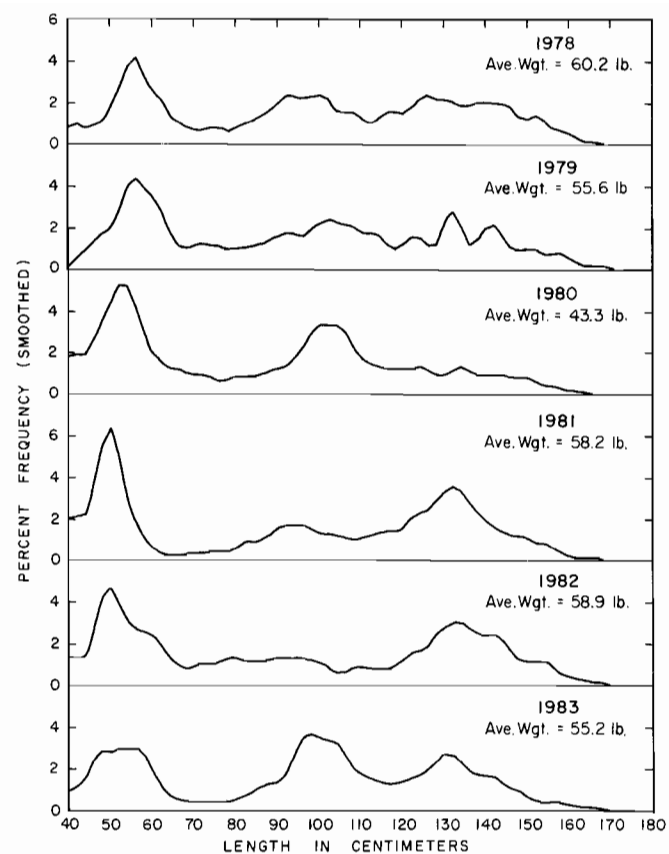


FIGURE 12. Yellowfin length-frequency distributions from the area between the CYRA boundary and 150°W, 1978-1983.

FIGURA 12. Distribución frecuencia-talla del aleta amarilla en la zona entre el límite del ARCAA y los 150°W, 1978-1983.

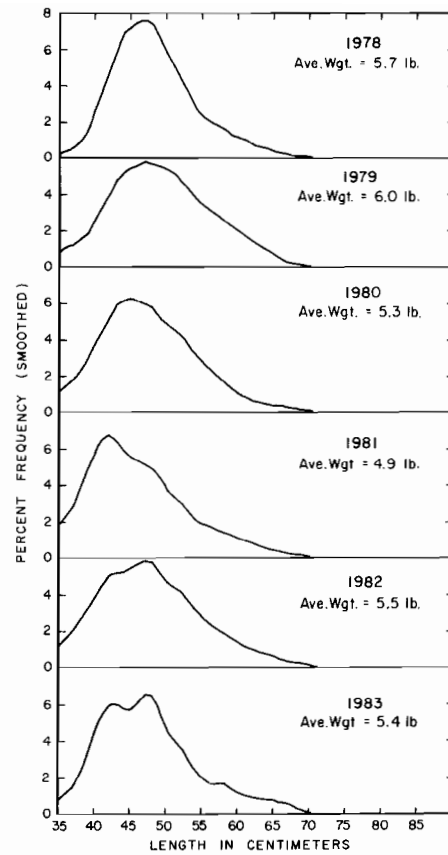


FIGURE 13. Skipjack length-frequency distributions from the eastern Pacific Ocean 1978-1983.

FIGURA 13. Distribución frecuencia-talla del barrilete en el Océano Pacífico oriental, 1978-1983.

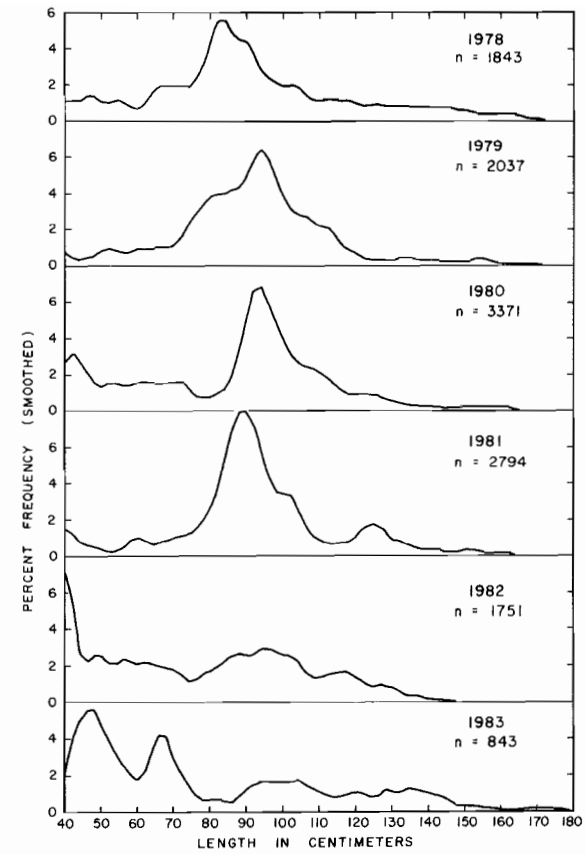


FIGURE 14. Bigeye length-frequency distributions from the eastern Pacific Ocean 1978-1983.

FIGURA 14. Distribución frecuencia-talla del patudo (*Thunnus obesus*) en el Océano Pacífico oriental, 1978-1983.

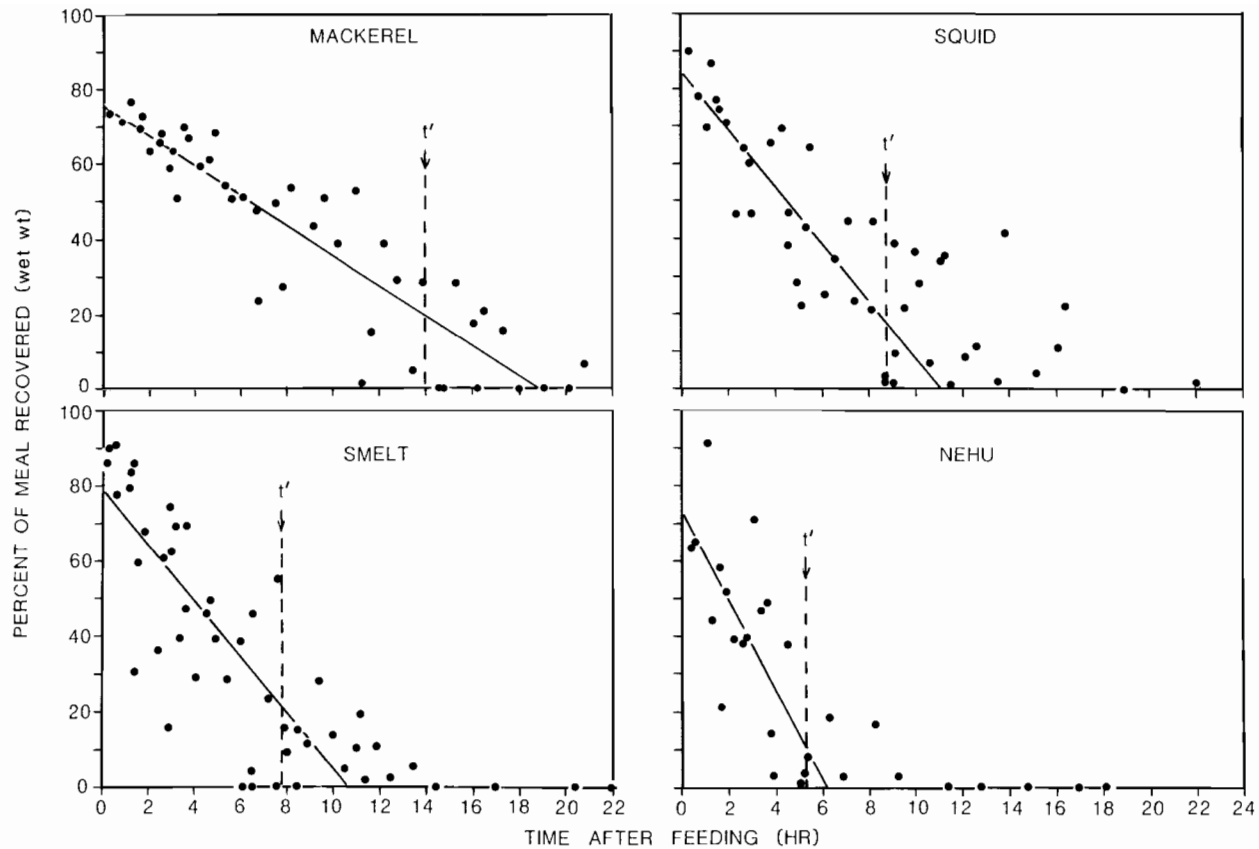


FIGURE 15. Percentage of experimental meals recovered from the stomachs of captive yellowfin at various time intervals after feeding. t' is the point beyond which the data were omitted for fitting the linear regressions.

FIGURA 15. Porcentaje recuperado del alimento experimental de los estómagos de atunes aleta amarilla cautivos, a varios intervalos de tiempo después de alimentados. t' es el punto después del cual se omitieron los datos para ajustar las regresiones lineales

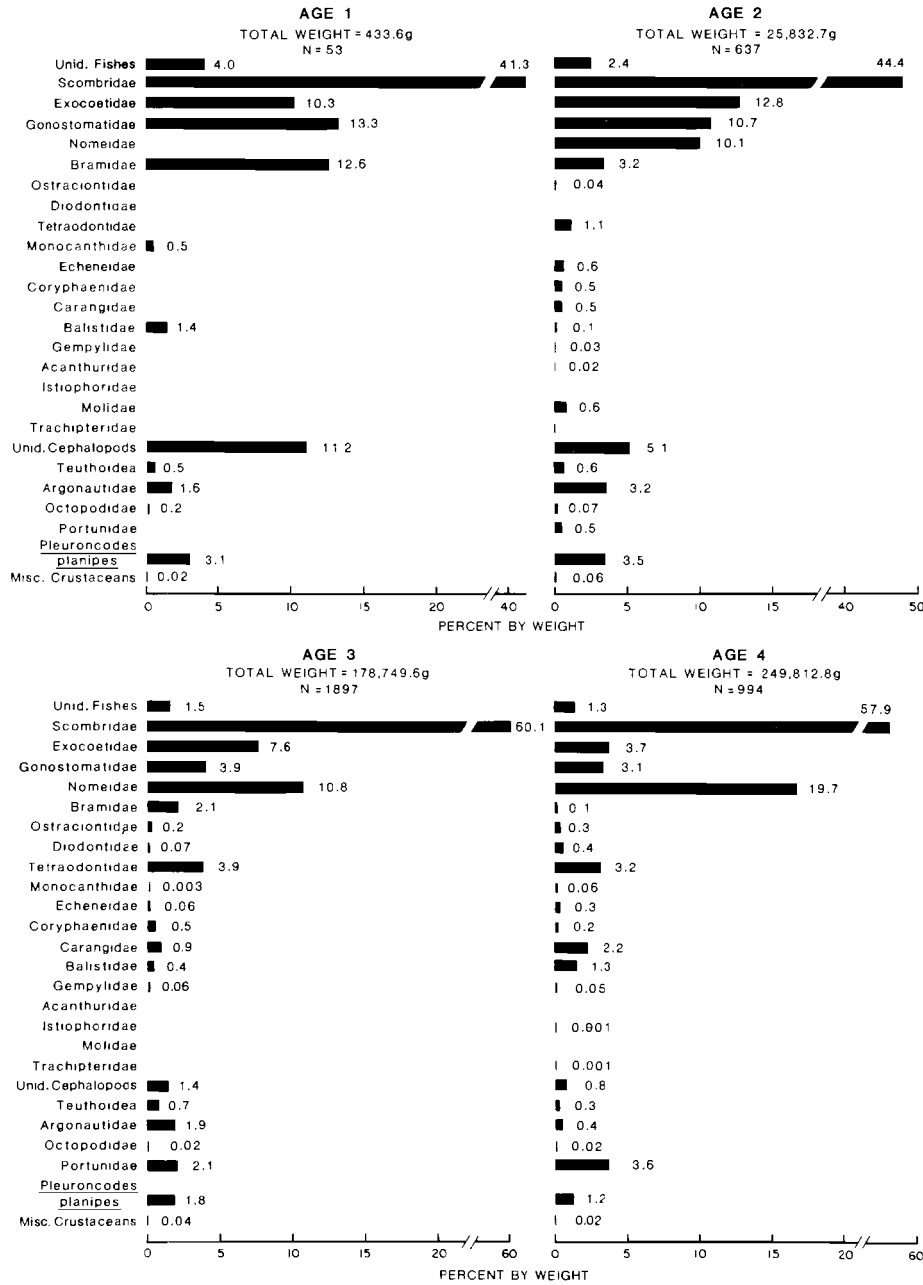


FIGURE 16. Total adjusted weights and percentages by weight of the prey categories found in stomach samples from yellowfin of age-classes 1, 2, 3, and 4+ taken during 1970-1972.

FIGURA 16. Peso total ajustado y porcentaje por peso de las categorías de presa encontradas en las muestras de los estómagos de atunes aleta amarilla de las generaciones de 1, 2, 3 y 4+ años, capturadas durante 1970-1972.

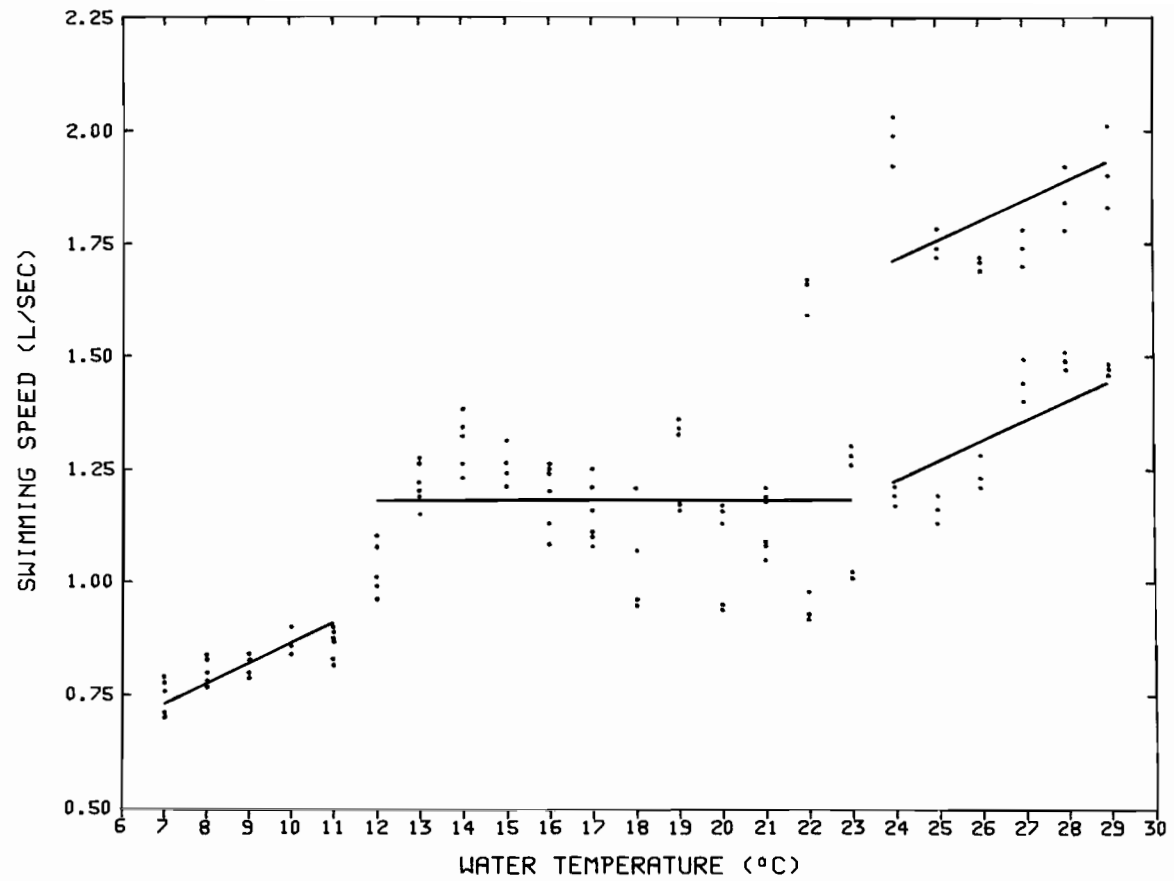


FIGURE 17. Fitted lines of the linear regression model of mackerel swimming speed on temperature.

FIGURA 17. Líneas ajustadas del modelo de regresión lineal de la velocidad de natación del *Scomber japonicus* con relación a la temperatura.

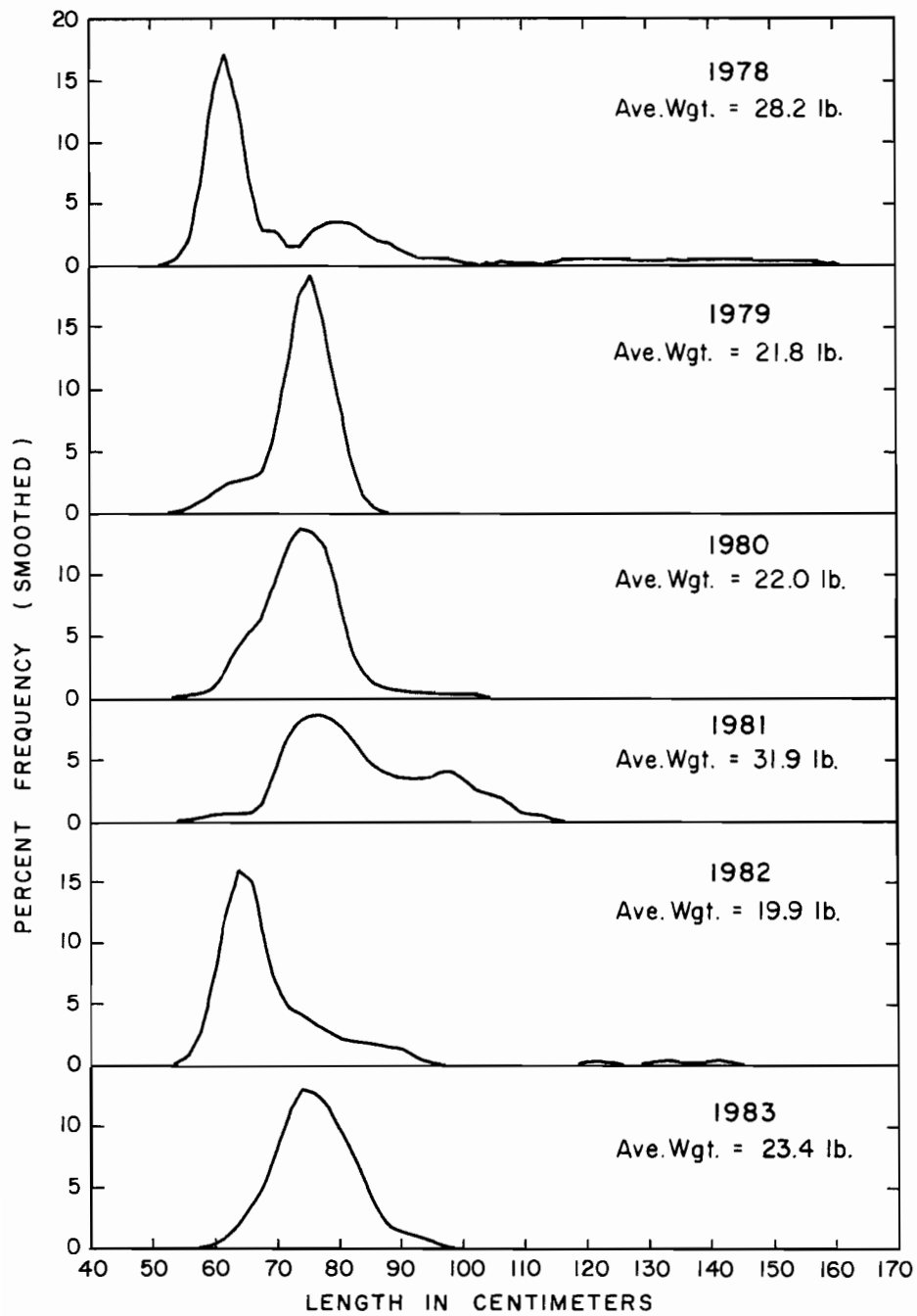


FIGURE 18. Bluefin length-frequency distributions from the eastern Pacific Ocean, 1978-1983.

FIGURA 18. Distribución de la frecuencia de talla de las muestras de *T. thynnus* en el Océano Pacífico oriental, 1978-1983.

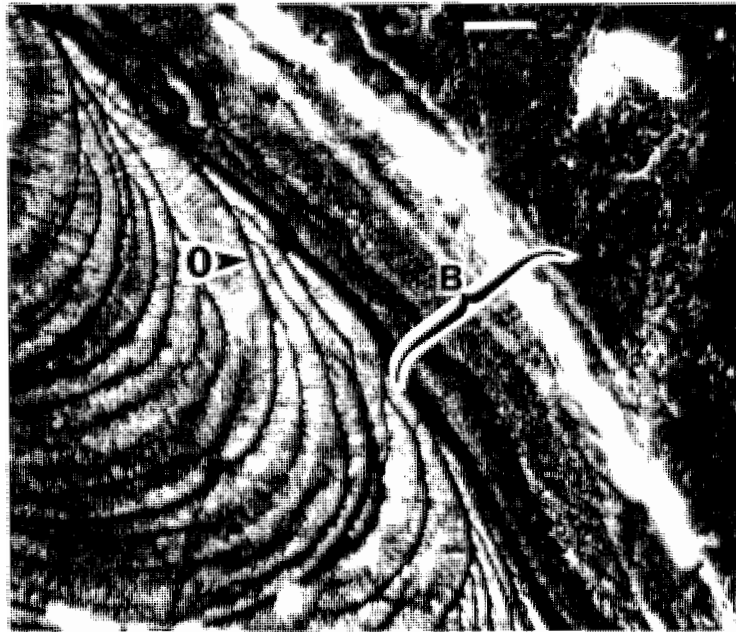


FIGURE 19. Acid-etched section through an area of wide increments during early growth. Note the heavy overburden (B) and the occlusion (O) of increments as they approach the interface with the overburden. bar = 10 μ m.

FIGURA 19. Una sección grabada con ácido a través de un área de incrementos anchos durante el crecimiento inicial. Obsérvese la capa gruesa (B) y la oclusión (O) de los incrementos cuando se aproximan a la parte interfacial con la capa gruesa. barra = 10 μ m.

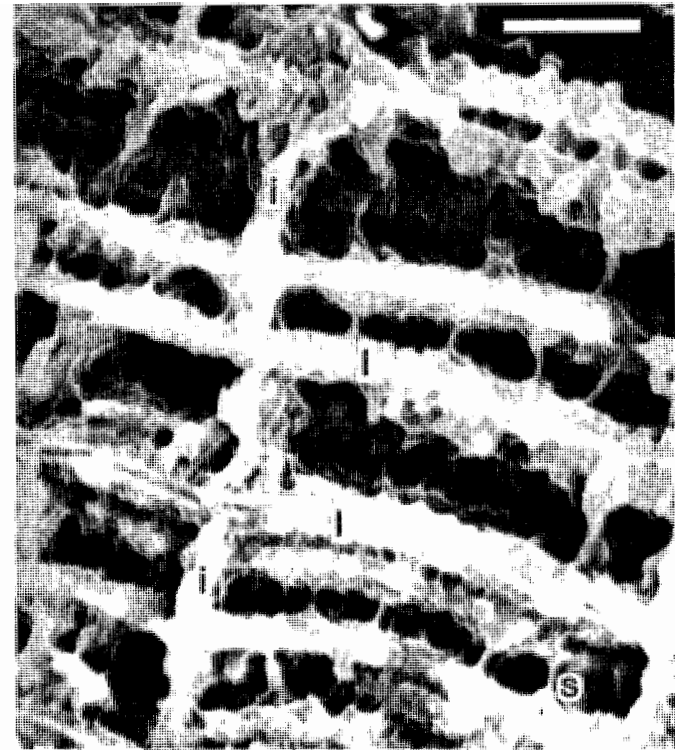


FIGURE 20. Section of an otolith from a 75-cm bluefin almost fully decalcified by glutaraldehyde. The interincremental matrix structure (i) is visible between the daily increments (l). Smaller protein threads (s) connect increments intermittently. bar = 10 μ m.

FIGURA 20. La sección de un otolito de un *T. thynnus* de 75 cm. casi totalmente descalcificado por glutaraldehído. La estructura interincremental de la matriz (i) es visible entre los incrementos diarios (l). Los pequeños hilos proteínicos conectan intermitentemente los incrementos. (barra = 10 μ m)

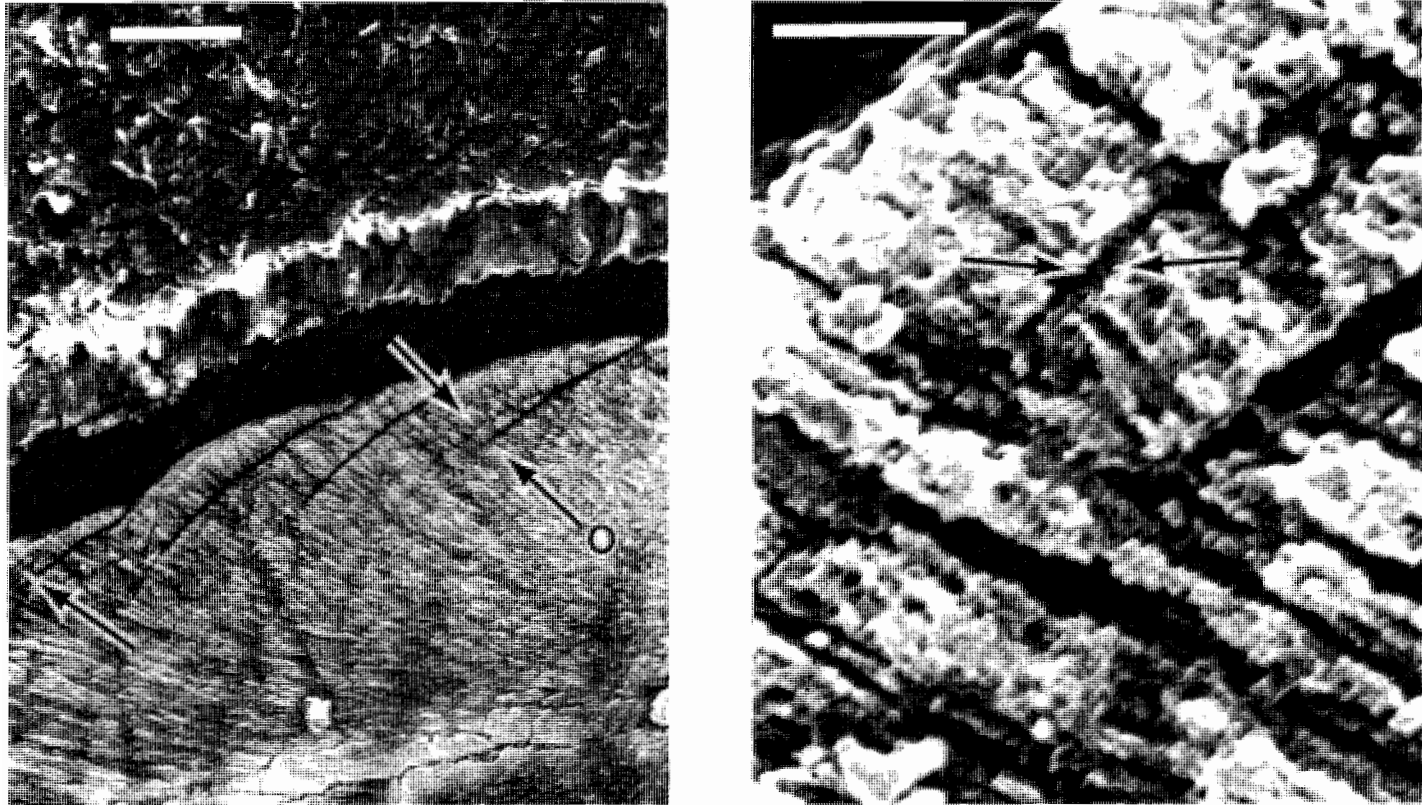


FIGURE 21. Sagittal section (A) through the plane of maximum growth near the primordium. Occlusion (O) is evident as a succeeding increment covers the one preceding. A subdaily increment is present (large arrow at the left side, bar = $10\mu\text{m}$) and is magnified in B, where the bar = $2.5\mu\text{m}$.

FIGURA 21. Sección sagital (A) a través del plano del crecimiento máximo cerca al primordium. La oclusión (O) es evidente a medida que un incremento subsiguiente cubre el anterior. Se encuentra presente un incremento subdiario (flecha grande al lado izquierdo, barra = $2.5\mu\text{m}$) y se amplía en B, donde la barra = $2.5\mu\text{m}$.

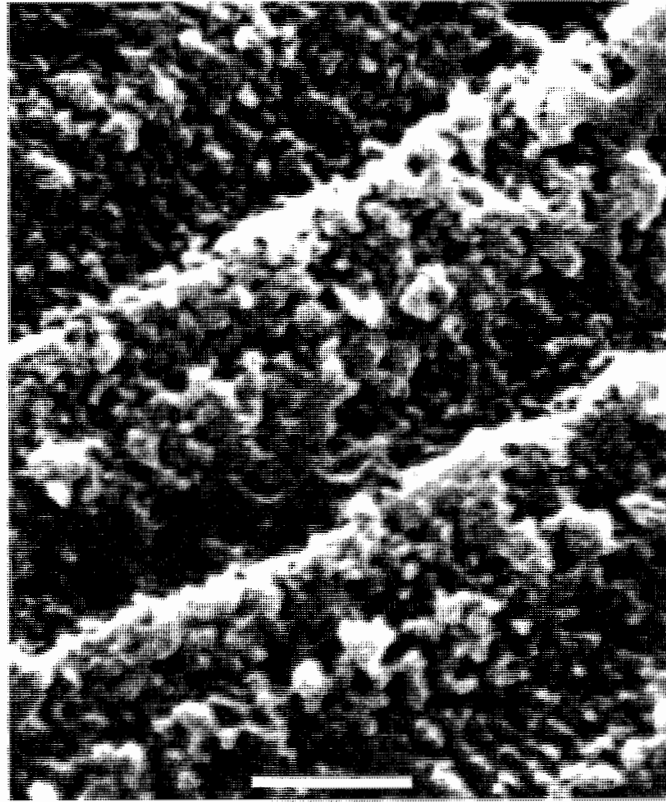


FIGURE 22. Acid-etched surface preparation from an otolith of a 70-cm bluefin. Notice the disruptive effect of heavy acid etching on the crystal structure, especially when compared to Figure 23. (bar = $2.5\mu\text{m}$)

FIGURA 22. La preparación del grabado con ácido de la superficie de un otolito de un *T. thynnus* de 70 cm. Obsérvese el efecto destructor del fuerte grabado con ácido en la estructura cristalina, especialmente cuando se compara con la Figura 23. (barra = $2.5\mu\text{m}$)

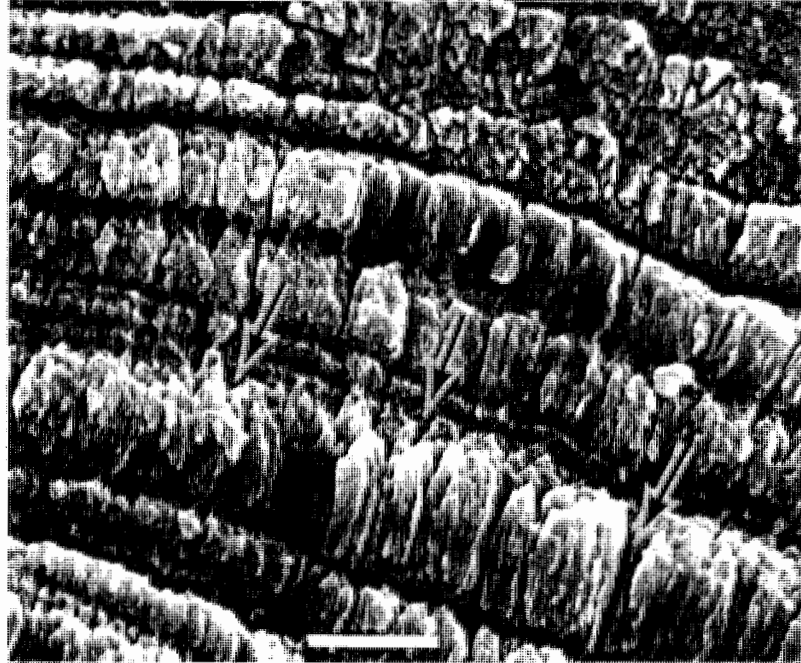


FIGURE 23. An otolith section prepared similarly to that shown in Figure 22, but with less disruptive effect. The ends of interincremental crystals (arrows) are evident. (bar = $5\mu\text{m}$)

FIGURA 23. La sección de un otolito preparada en forma similar al de la Figura 22, pero con un resultado menos destructor. Los extremos de los cristales interincrementales (flechas) son evidentes. (barra = $5\mu\text{m}$)

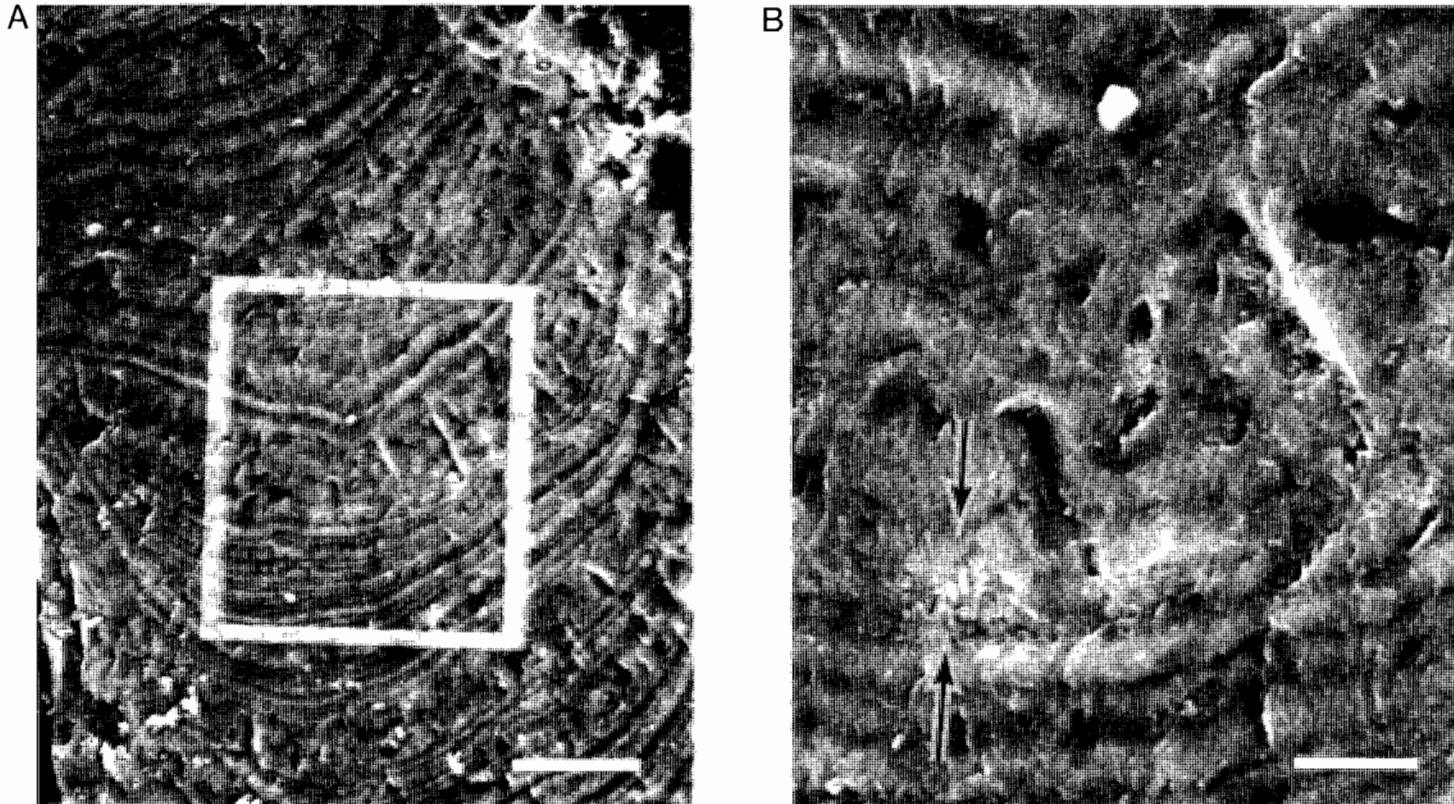


FIGURE 24. Glutaraldehyde-etched section of an otolith from a 151-cm bluefin. Note the area (box) of weakly-expressed increments in A (bar = $20\mu\text{m}$) and poor detail at higher magnification in B (bar = $4\mu\text{m}$).

FIGURA 24. La sección de un otolito grabada con glutaraldehído de un *T. thynnus* de 151 cm. Obsérvese el área (cuadrado) de los incrementos débilmente indicados en (A) (barra = $20\mu\text{m}$) y la falta de detalles en (B) al incrementar las magnificaciones (barra = $4\mu\text{m}$).

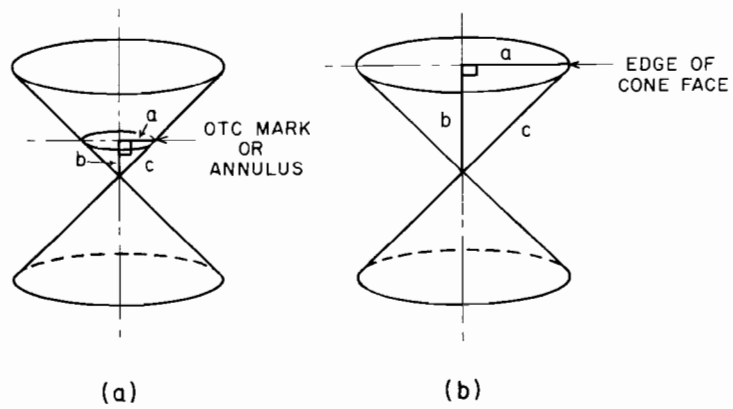


FIGURE 25. Schematic representation of measurements taken from bluefin vertebrae.

FIGURA 25. Representación esquemática de las medidas obtenidas en las vértebras de *T. thynnus*.

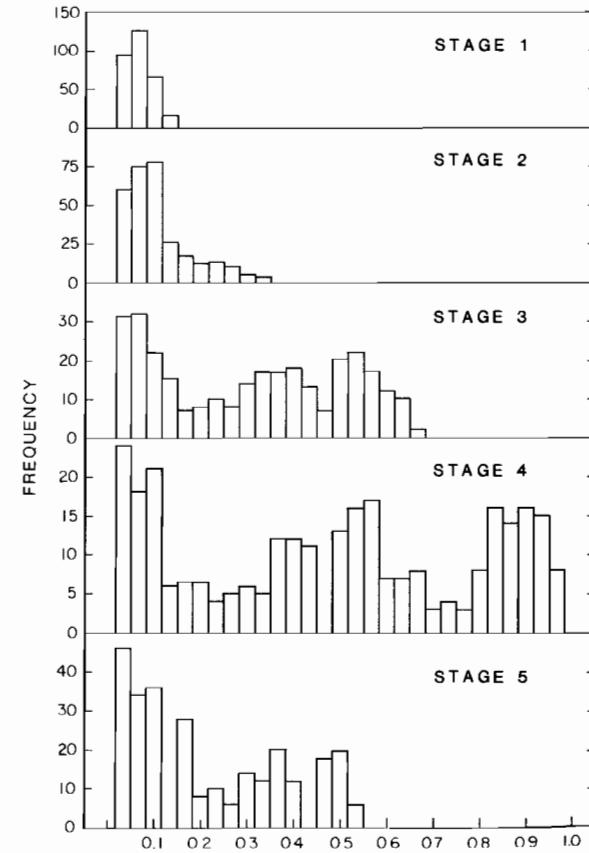


FIGURE 26. Ova diameter frequencies of black skipjack in various stages of maturity.

FIGURA 26. Frecuencia del diámetro de los óvulos de *E. lineatus* en varios estados de madurez.

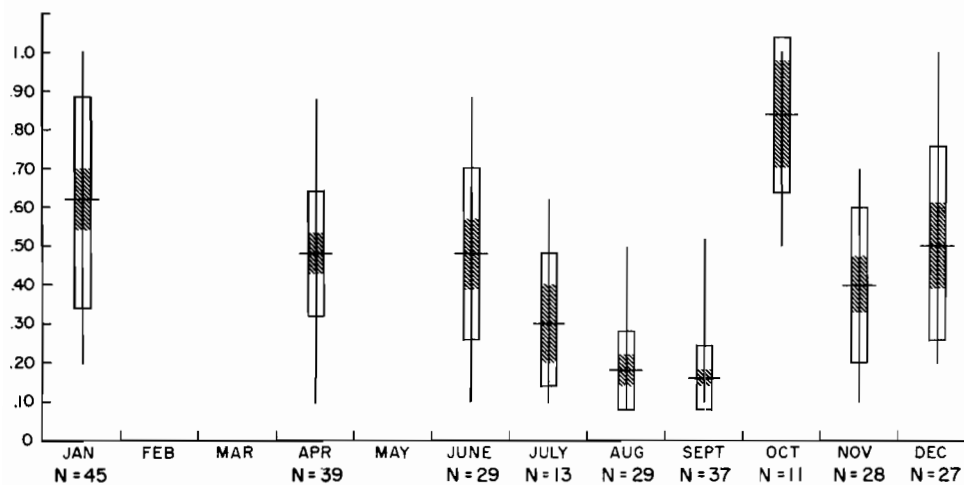


FIGURE 27. Seasonal variation in diameters of oocytes from the most advanced mode of 258 black skipjack collected off of Central America in 1981. The sample size is shown by N, the mean by the horizontal line, the range by the vertical line, one standard deviation on each side of the mean by the open box, and two standard errors on each side of the mean by the shaded box.

FIGURA 27. Variación estacional en el diámetro de los oocitos en la moda más avanzada de 258 *E. lineatus* obtenidos frente a la América Central en 1981. La magnitud de la muestra se indica por N, la media por una línea horizontal, los límites por una línea vertical, una desviación estándar (SE) a cada lado de la media por un cuadrado en blanco y dos errores estándar (SE) a cada lado de la media por un cuadrado sombreado.

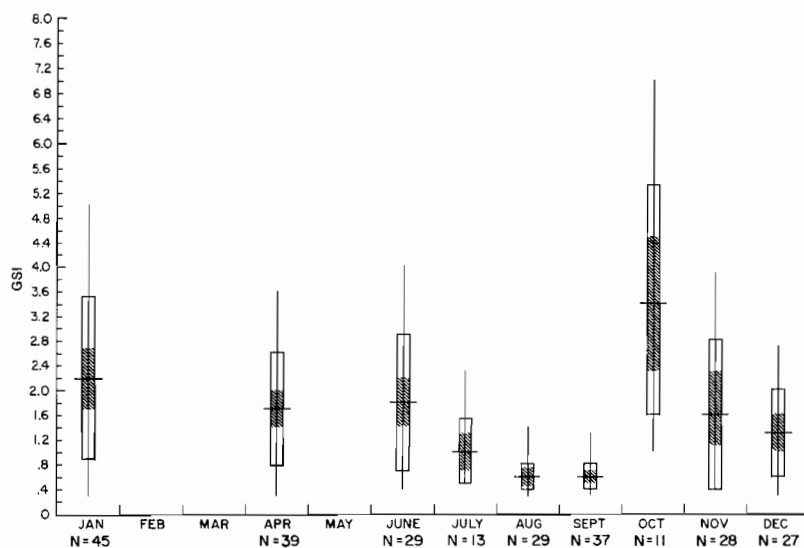


FIGURE 28. Seasonal variation in the gonosomatic index of 258 female black skipjack collected off of Central America in 1981. The sample size is shown by N, the mean by the horizontal line, the range by the vertical line, one standard deviation on each side of the mean by the open box, and two standard errors on each side of the mean by the shaded box.

FIGURA 28. Variación estacional del índice gonosomático de 258 hembras de *E. lineatus* obtenidas frente a la América Central en 1981. La magnitud de la muestra se indica por N, la media por la línea horizontal, los límites por la línea vertical, una desviación estándar a cada lado de la media por un cuadrado en blanco y dos errores estándar a cada lado de la media por un cuadrado sombreado.

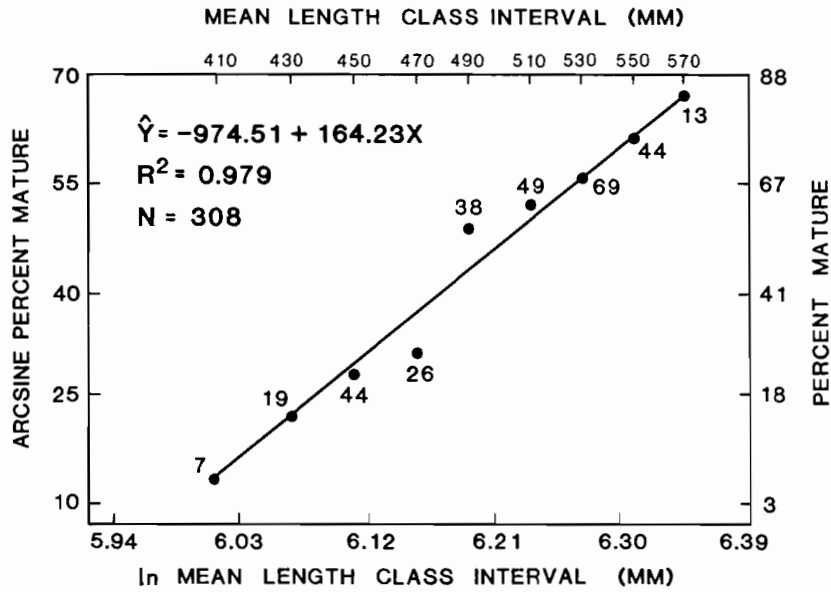


FIGURE 29. Relationship between percentage mature based on maturity stage and length for female black skipjack from off of Central America. The values next to the dots are the numbers of observations at each 20-mm length-class interval.

FIGURA 29. Relación entre el porcentaje de los peces maduros (basados en el estado de madurez) y la talla de las hembras de *E. lineatus* capturadas frente a la América Central. Los valores cerca a los puntos representan el número de observaciones en cada intervalo de talla de 20 mm.

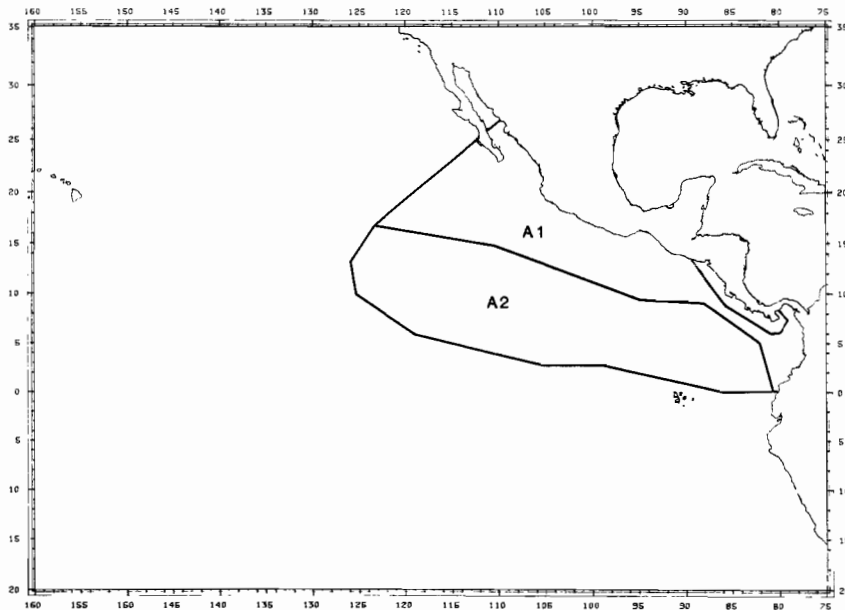


FIGURE 30. Areas selected for stratification of spinner dolphin data for estimating the abundance of eastern spinners.

FIGURA 30. Zonas seleccionadas para la estratificación de los datos de los delfines tornillo para estimar la abundancia de los delfines tornillo oriental.

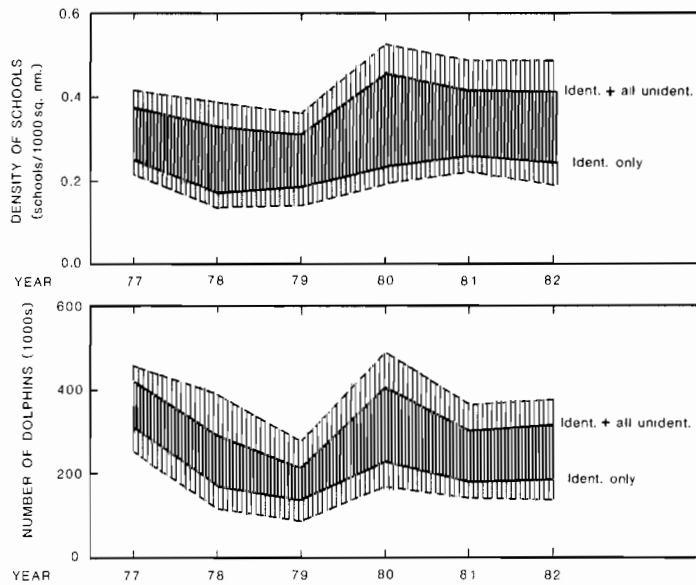


FIGURE 31. Estimates of density of schools and numbers of dolphins for the eastern spinner dolphin for 1977-1982. The heavily-hatched regions represent the ranges of point estimates (between the estimates for identified only and identified plus all unidentified spinner dolphins). The lightly hatched regions represent the ranges of the estimated 95% confidence intervals.

FIGURA 31. Estimación de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines (delfín tornillo oriental) en los años de 1977-1982. Las regiones fuertemente sombreadas representan los límites de la estimación de los puntos (entre las estimaciones solo de delfines tornillo identificados y los identificados más los sin identificar). Las regiones ligeramente sombreadas representan los límites de los intervalos estimados de confianza del 95%.

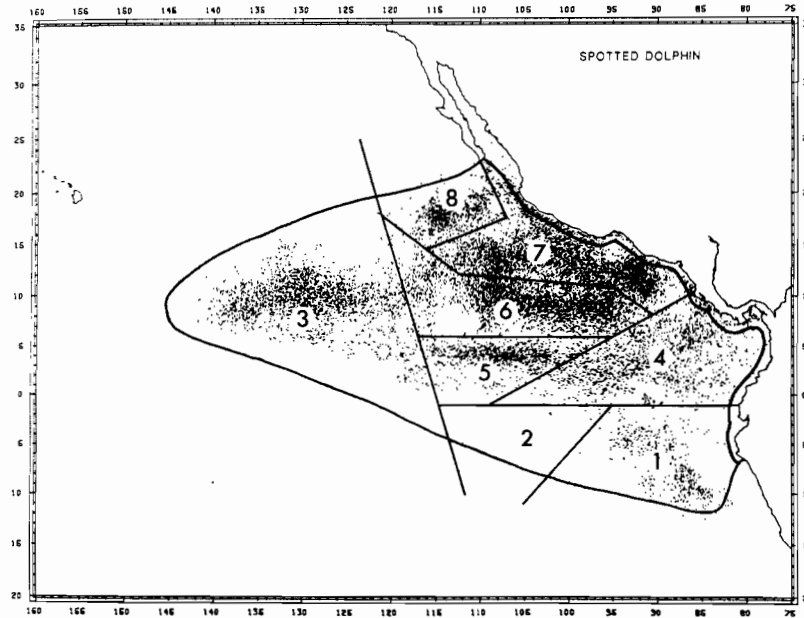


FIGURE 32. Areas selected for stratification of offshore spotted dolphin data for the analysis of monthly distributions of length.

FIGURA 32. Zonas seleccionadas para la estratificación de los datos de los delfines manchados de altura con el fin de analizar las distribuciones mensuales de talla.

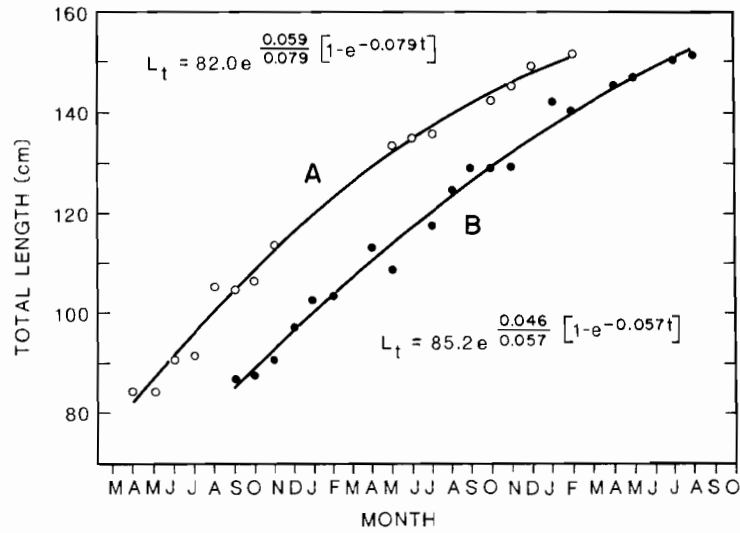


FIGURE 33. Mean values of monthly distributions of length for northern offshore spotted dolphin data stratified by area. The two curves represent two annual cohorts fitted by the Gompertz model of growth. The equations were fitted using relative time, and are therefore not accurate models of growth. To obtain such growth models, relative time can be converted to absolute time using the estimate of length at birth and the equations refitted to these data.

FIGURA 33. Media de los valores de las distribuciones mensuales de talla de los datos estratificados por zona de los delfines manchados de altura del norte. Las dos curvas representan dos cohortes anuales ajustadas por el modelo de crecimiento de Gompertz. Se ajustaron las ecuaciones usando un tiempo relativo y, por consiguiente, no son modelos exactos del crecimiento. Para obtener dichos modelos de crecimiento, hay que convertir el tiempo relativo en tiempo absoluto, usando la estimación de la talla al nacer y ajustando de nuevo las ecuaciones a estos datos.

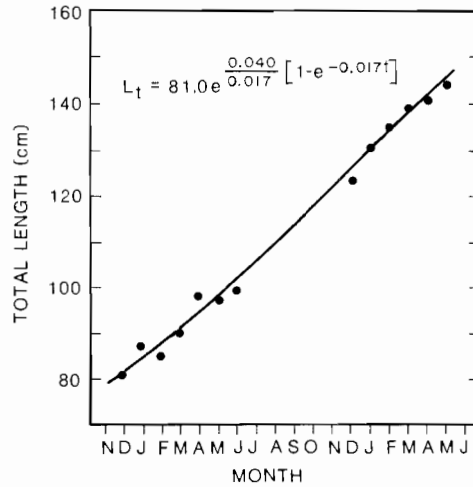


FIGURE 34. Mean values of monthly distributions of length for southern offshore spotted dolphin data stratified by area. The curve represents one annual cohort fitted by the Gompertz model of growth. The equation was fitted using relative time and is therefore not an accurate model of growth. To obtain such a growth model, relative time can be converted to absolute time using the estimate of length at birth and the equation refitted to these data.

FIGURA 34. Media de los valores de las distribuciones mensuales de talla de los datos estratificados por zona de los delfines manchados de altura del sur. La curva representa una cohorte anual ajustada por el modelo de crecimiento de Gompertz. Se ajustó la ecuación usando el tiempo relativo y, por consiguiente, no es un modelo exacto del crecimiento. Para obtener dicho modelo del crecimiento, hay que convertir el tiempo relativo a tiempo absoluto, usando la estimación de la talla al nacer y ajustando de nuevo la ecuación a estos datos.

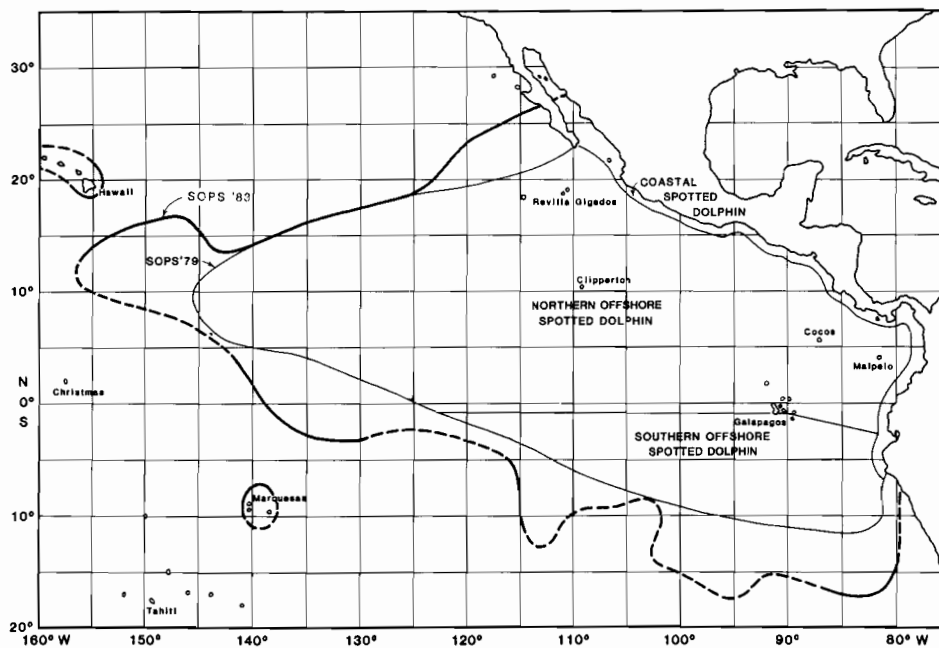


FIGURE 35. Known distribution of spotted dolphin (*Stenella attenuata*) in the eastern Pacific, showing the 1979 SOPS species range and the 1983 species range and stock boundaries.

FIGURA 35. Distribución conocida de *Stenella attenuata* en el Pacífico oriental, indicando los límites de la especie en 1979, según el Status of Porpoise Stocks (SOPS) y los límites en 1983, de la especie y los stocks.

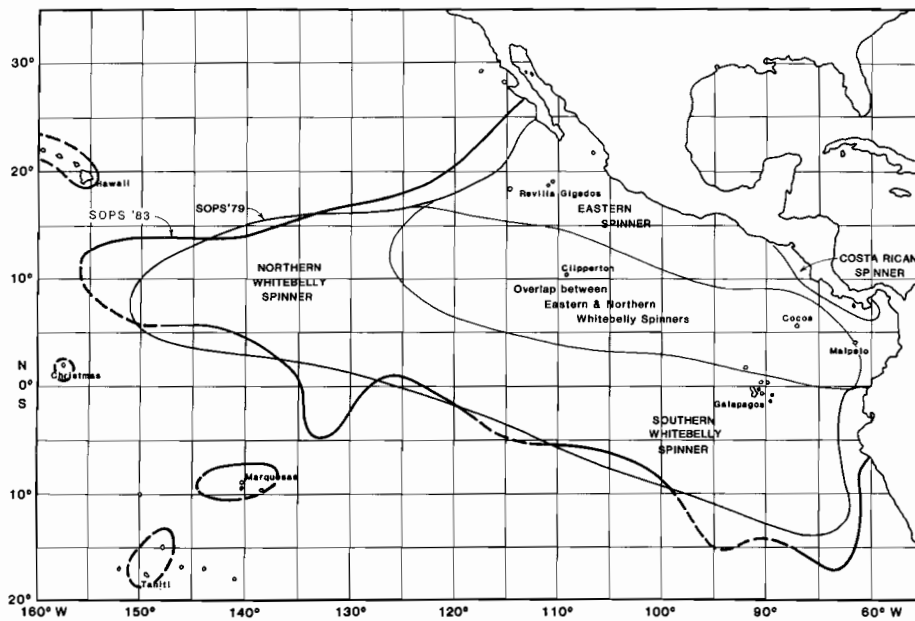


FIGURE 36. Known distribution of spinner dolphin (*Stenella longirostris*) in the eastern Pacific, showing the 1979 SOPS species range and the 1983 species range and stock boundaries.

FIGURA 36. Distribución conocida de *Stenella longirostris* en el Pacífico oriental, indicando los límites de la especie en 1979, según el Status of Porpoise Stocks (SOPS) y los límites en 1983, de la especie y los stocks.

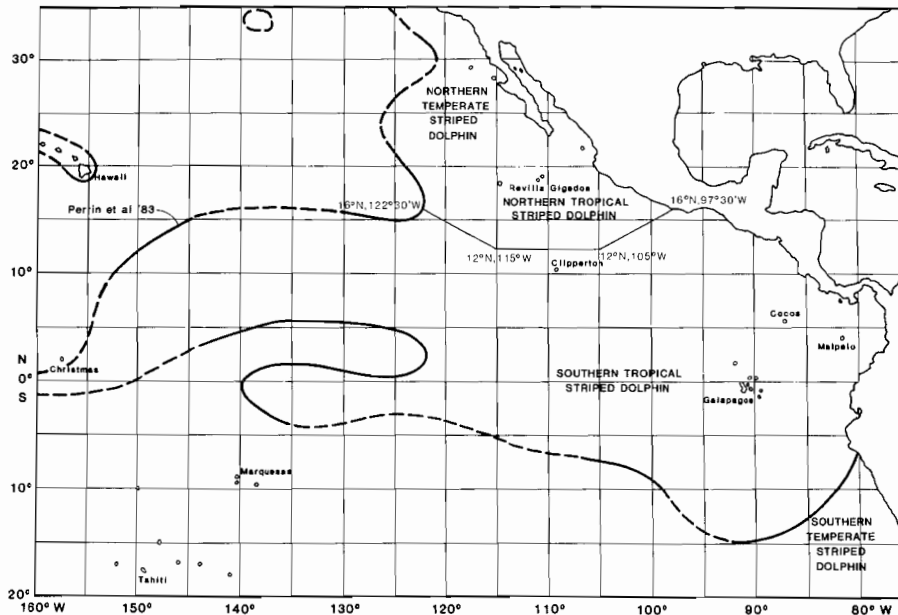


FIGURE 37. Known distribution of striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) in the eastern Pacific, showing the 1979 SOPS species range and the 1983 species range and stock boundaries.

FIGURA 37. Distribución conocida de *Stenella coeruleoalba* en el Pacífico oriental, indicando los límites de la especie en 1979, según el Status of Porpoise Stocks (SOPS) y los límites en 1983, de la especie y los stocks.

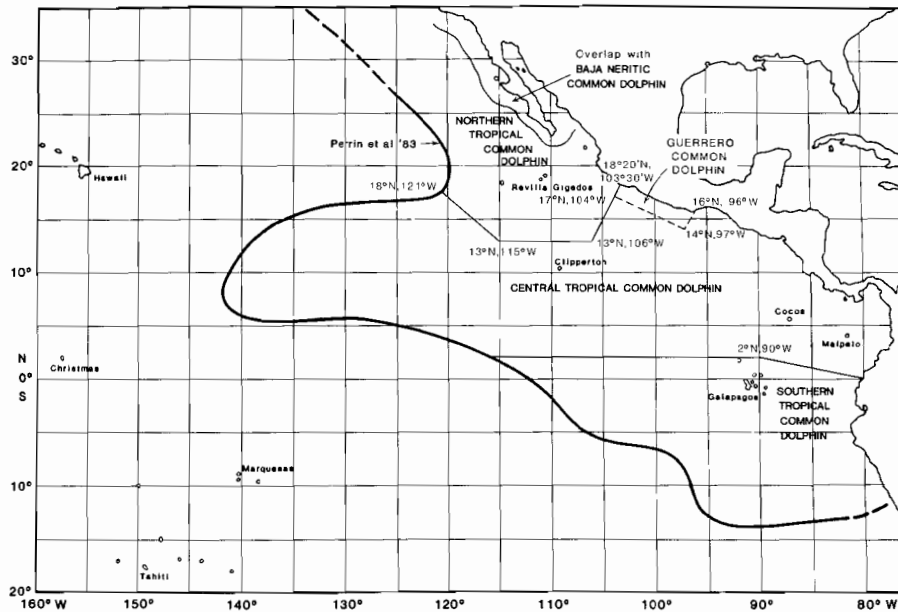


FIGURE 38. Known distribution of common dolphin (*Delphinus delphis*) in the eastern Pacific, showing the 1979 SOPS species range and the 1983 species range and stock boundaries.

FIGURA 38. Distribución conocida de *Delphinus delphis* en el Pacífico oriental, indicando los límites de la especie en 1979, según el Status of Porpoise Stocks (SOPS) y los límites en 1983, de la especie y los stocks.

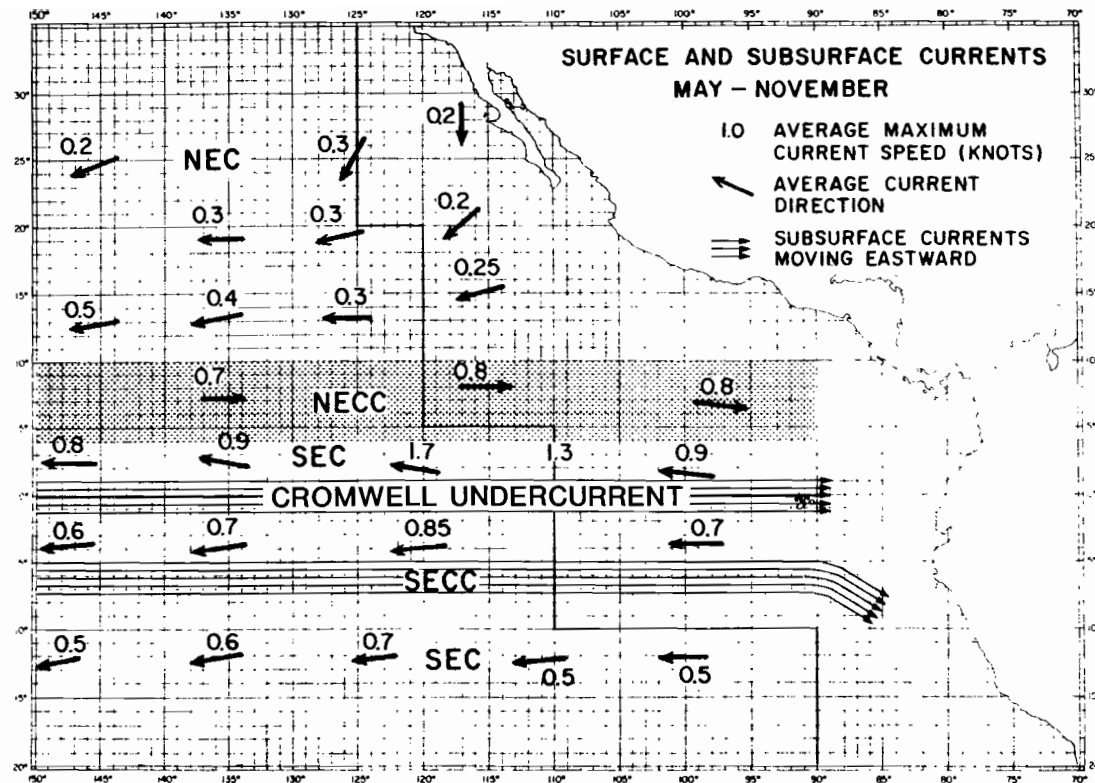


FIGURE 39. Schematic representation of the surface and subsurface currents in the eastern tropical Pacific. The North Equatorial Current and South Equatorial Current are labelled NEC and SEC, respectively, and the North and South Equatorial Counter Currents are labelled NECC and SECC, respectively. The prevailing current directions are shown with arrows.

FIGURA 39. Representación esquemática de las corrientes superficiales y subsuperficiales en el Pacífico oriental tropical. La Corriente Ecuatorial del Norte y la Corriente Ecuatorial del Sur se designan respectivamente NEC y SEC, y las Contracorrientes Ecuatoriales Norte y Sur se designan respectivamente como NECC y SECC. Las direcciones prevalecientes de las corrientes se indican mediante flechas.

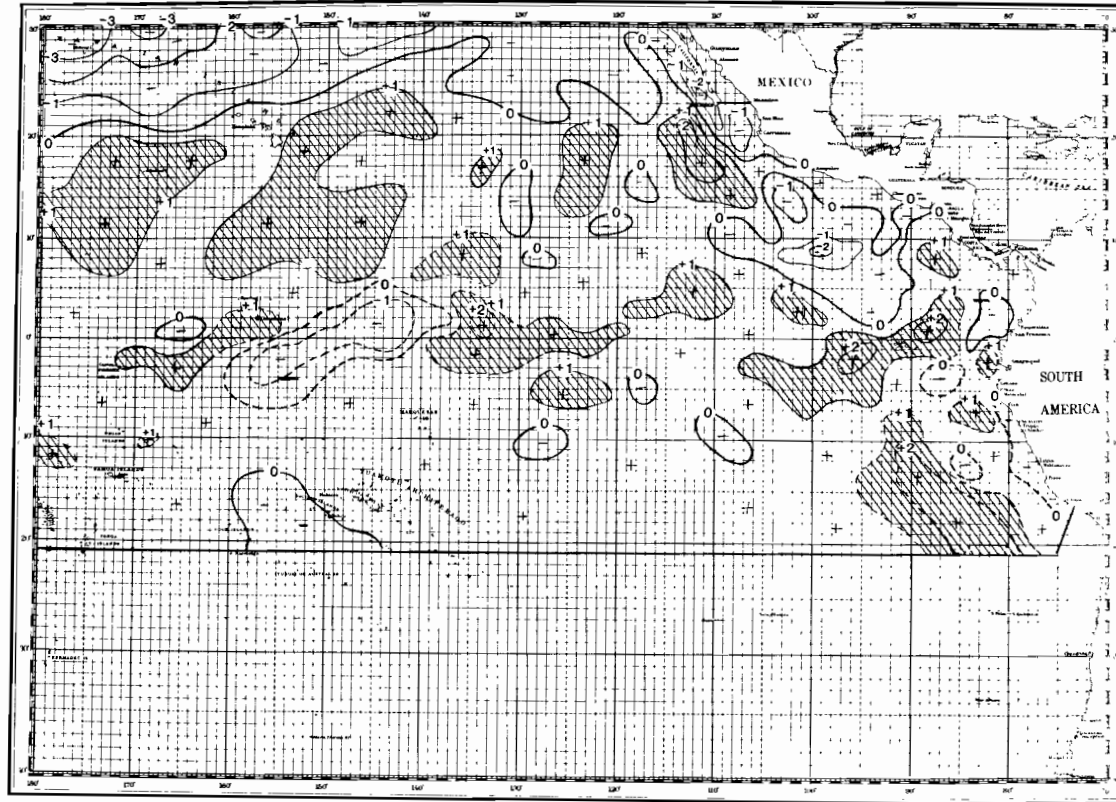


FIGURE 40. Departures of SST's from long-term normals (anomalies) for June 1982 based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SST's from 1° to 4°C above normal are hatched, and those with SST's more than 4°C above normal are shaded.

FIGURA 40. Desviaciones (anomalías) de las TSM con relación a las temperaturas normales a largo plazo en junio de 1982, basadas en los datos de embarcaciones mercantes y pesqueras. Las zonas con TSM de 1° a 4°C superiores a lo normal se han estriado. Las zonas con TSM de más de 4°C superiores a lo normal se han sombreado.

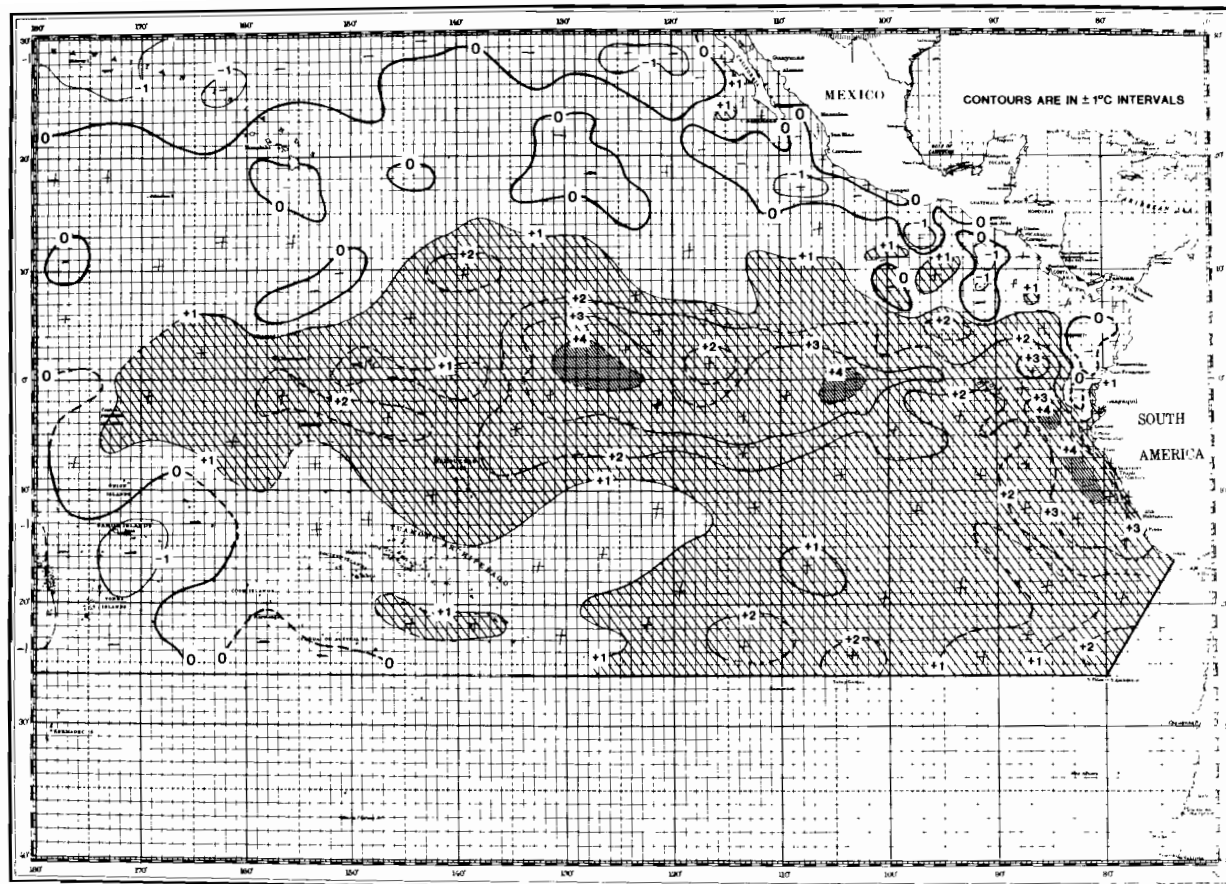


FIGURE 41. Same as Figure 40 except the anomalies are for October 1982.

FIGURA 41. Igual a la Figura 40, excepto que las anomalías se refieren a octubre de 1982.

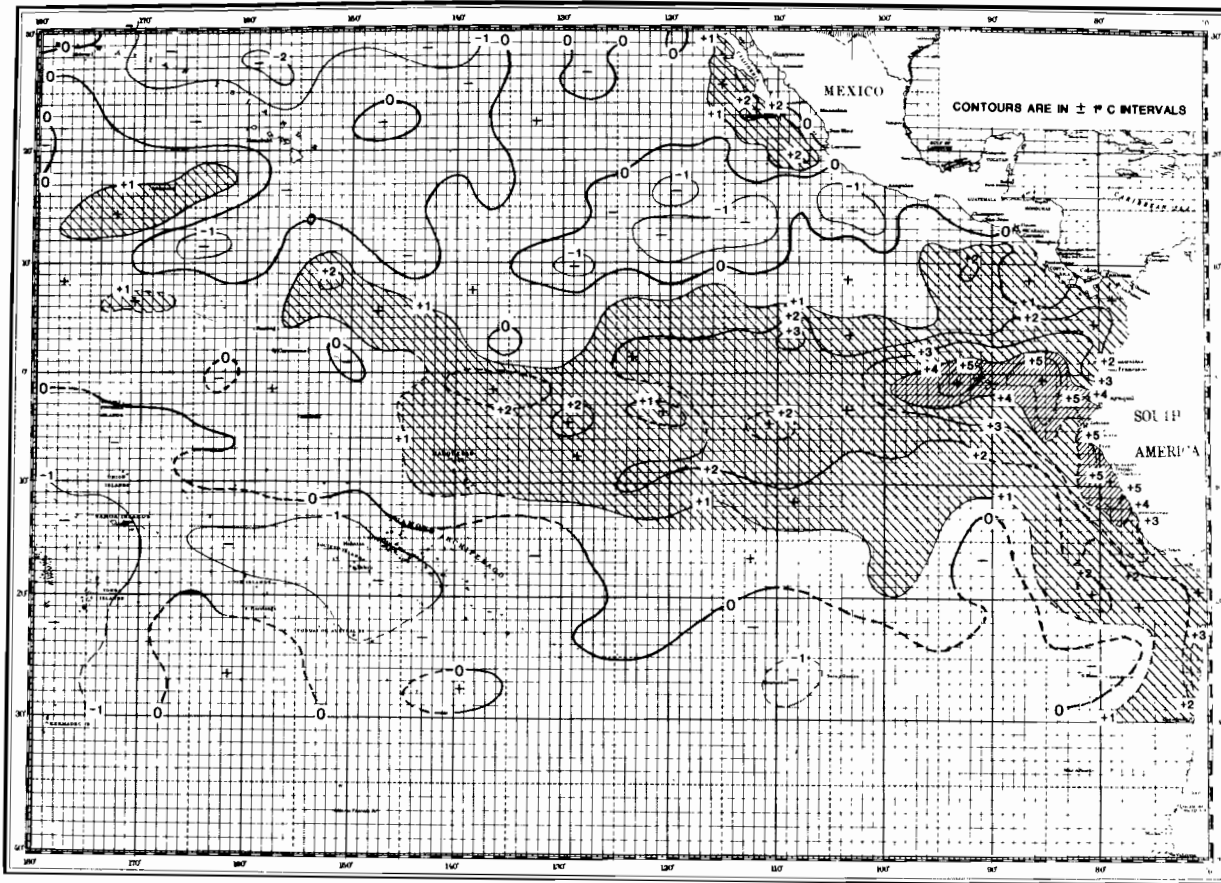


FIGURE 42. Same as Figure 40 except the anomalies are for May 1983.

FIGURA 42. Igual a la Figura 40, excepto que las anomalías se refieren a mayo de 1983.

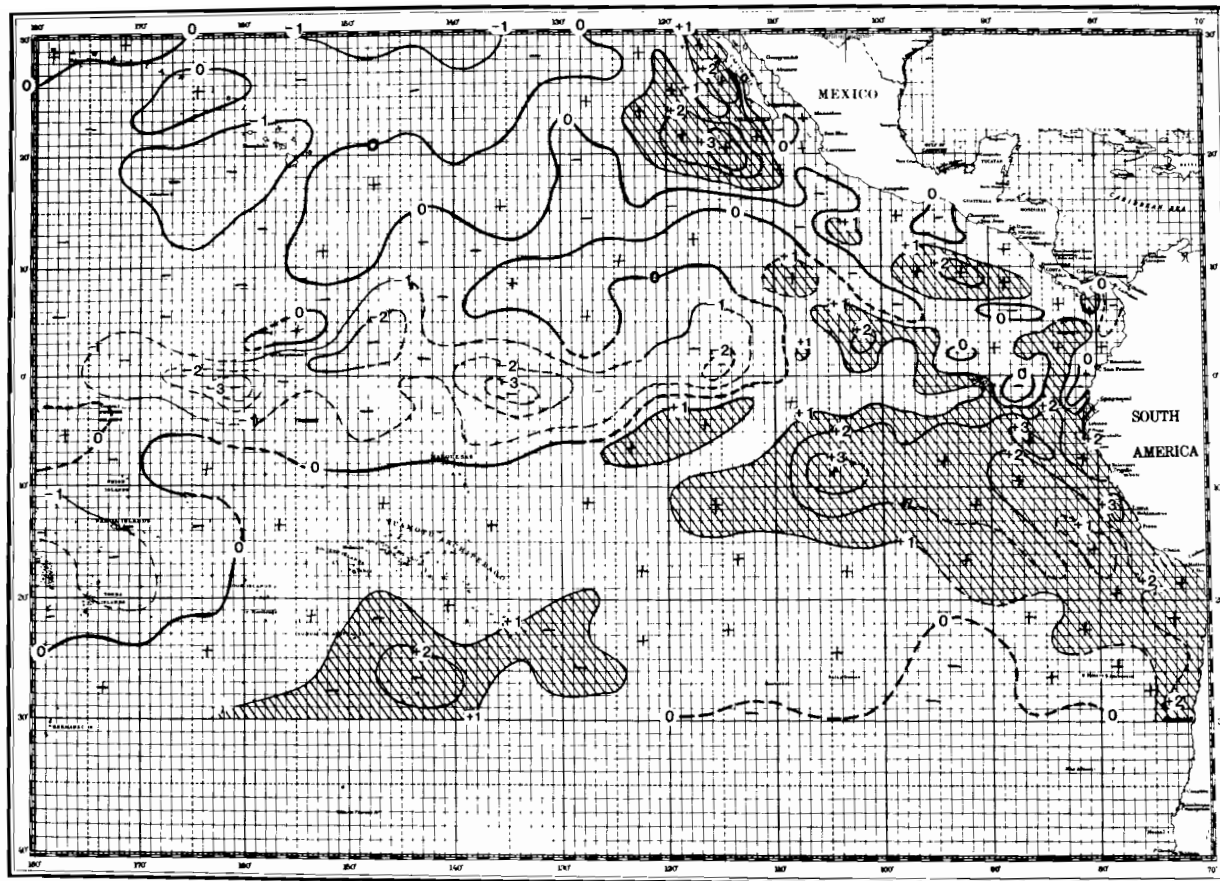


FIGURE 43. Same as Figure 40 except the anomalies are for October 1983.

FIGURA 43. Igual a la Figura 40, excepto que las anomalías se refieren a octubre de 1983.

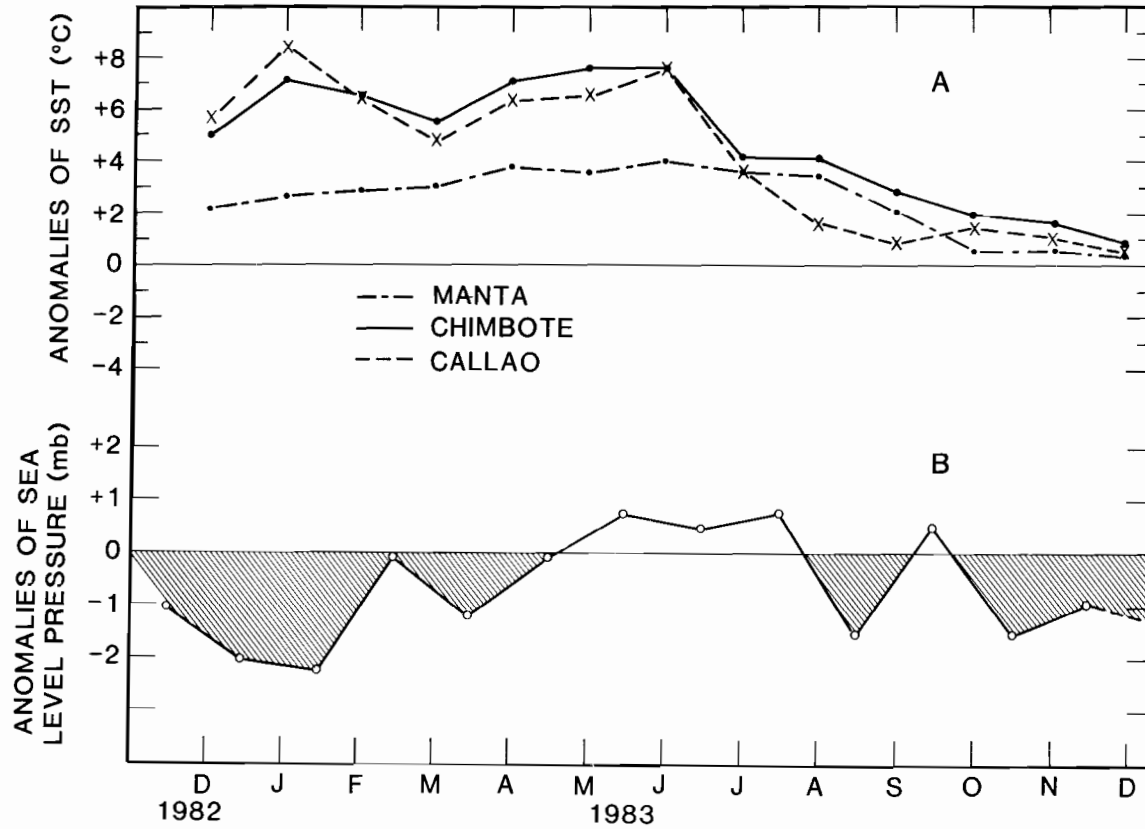


FIGURE 44. (A) monthly mean anomalies for SST for three South American coastal stations. (B) mean monthly anomalies for sea-level pressure gradient (pressure difference between Juan Fernandez Island (34°S, 79°W) and San Juan, Peru (15°S, 75°W) during 1983.)

FIGURA 44. (A) Media mensual de las anomalías de la TSM de tres estaciones costeras sudamericanas. (B) Media mensual de las anomalías del gradiente de la presión del mar (diferencia de la presión entre la Isla de Juan Fernández (34°S, 79°W) y San Juan, Perú (15°S, 75°W) en 1983).

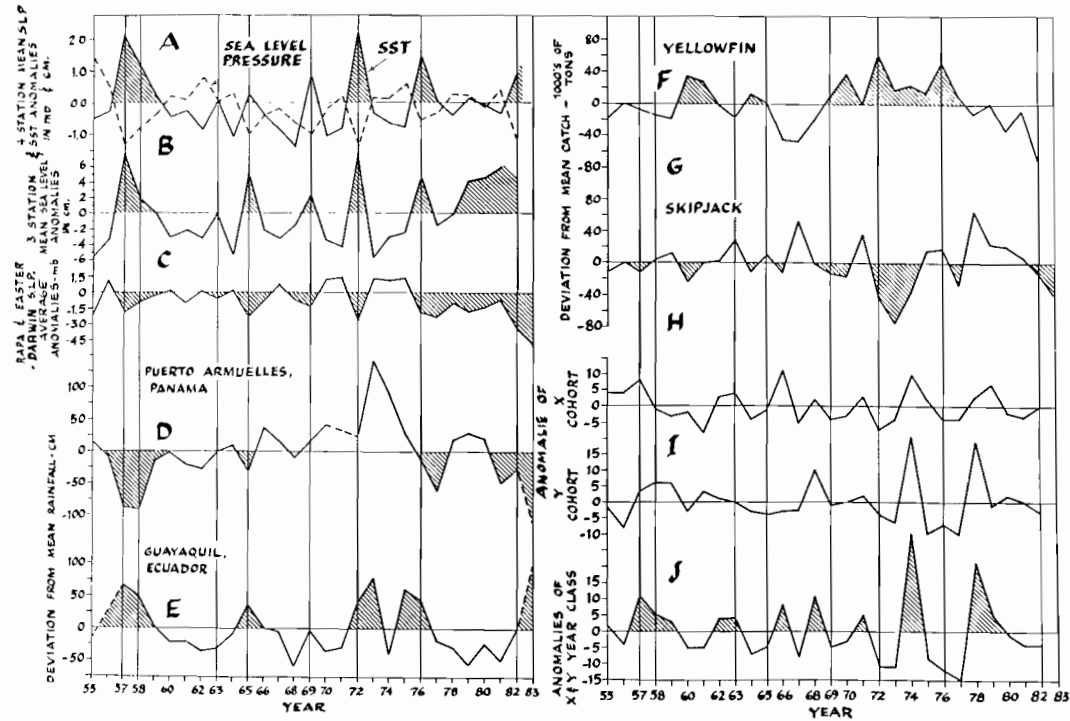


FIGURE 45. Panels A to E give the departures from normal (anomalies) of four environmental parameters as follows: (A) the mean annual anomalies of sea surface temperature based on four Peruvian coastal stations (Talara, Chicama, Chimbote and La Punta); (B) the mean annual anomalies of sea level based on three coastal stations (La Libertad, Ecuador, Talara and Callao, Peru); (C) the mean annual anomalies of sea surface, air-pressure difference between Darwin, Australia and an average of Rapa Island and Easter Island; (D) mean annual rainfall anomalies at Puerto Armuelles, Panama and; (E) mean annual rainfall anomalies at Guayaquil, Ecuador. Panels F through J present the mean annual departures from the long term mean of: (F) yellowfin catch in the CYRA; (G) skipjack catch in the CYRA; (H) the X cohort of yellowfin recruited into the CYRA during the first quarter of the year; (I) the Y cohort of yellowfin recruited into the CYRA during the third quarter of the year and; (J) the sum of X and Y cohorts of yellowfin recruits. In all of the panels the El Niño years from 1955 to 1983 are marked by vertical solid lines.

FIGURA 45. En los recuadros A a E se presentan las desviaciones (anomalías) de la pauta normal de cuatro parámetros como sigue: (A) la media anual de las anomalías de la temperatura superficial del mar basada en cuatro estaciones costeras peruanas (Talara, Chicama, Chimbote y La Punta); (B) la media mensual de las anomalías del nivel del mar, basadas en tres estaciones costeras (La Libertad, Ecuador, Talara y Callao, Perú); (C) la media anual de las anomalías de la superficie del mar, la diferencia en la presión del aire entre Darwin, Australia y el promedio de la Isla Rapa y la Isla de Pascua; (D) la media anual de las anomalías de la pluviosidad en Puerto Armuelles, Panamá y (E) la media anual de las anomalías de la pluviosidad en Guayaquil, Ecuador. En los recuadros F a J se presentan las desviaciones de la media anual de la media a largo plazo de: (F) la captura del aleta amarilla en el ARCAA; (G) la captura de barrilete en el ARCAA; (H) la cohorte X de aleta amarilla reclutada en el ARCAA durante el primer trimestre del año; (I) la cohorte Y de aleta amarilla reclutada en el ARCAA durante el tercer trimestre del año y (J) la suma de los reclutas de aleta amarilla de las cohortes X e Y. En todos los recuadros los años del Niño desde 1955 a 1983, se encuentran marcados por líneas sólidas verticales.

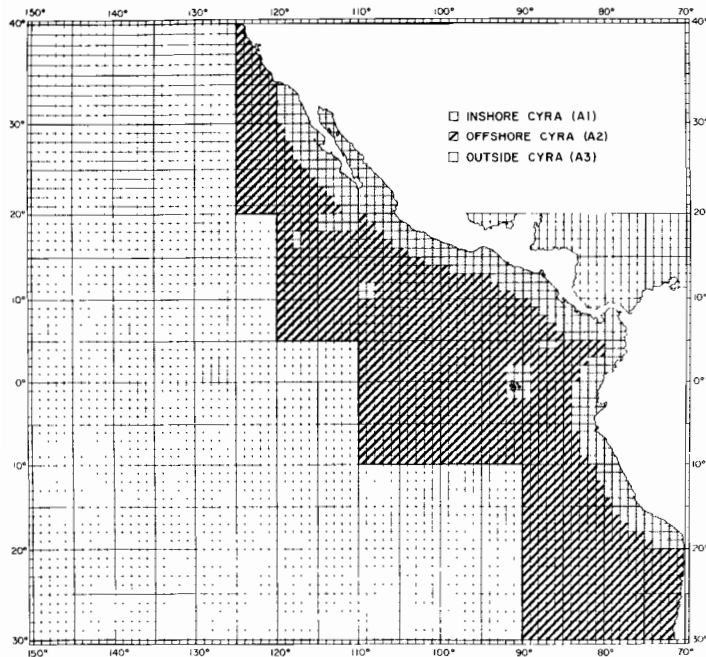


FIGURE 46. The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

FIGURA 46. El Océano Pacífico oriental, en el que se indican las zonas históricas de pesca A1, del aleta amarilla, las zonas más recientes de pesca en el ARCAA, A2 y la zona fuera del ARCAA, A3.

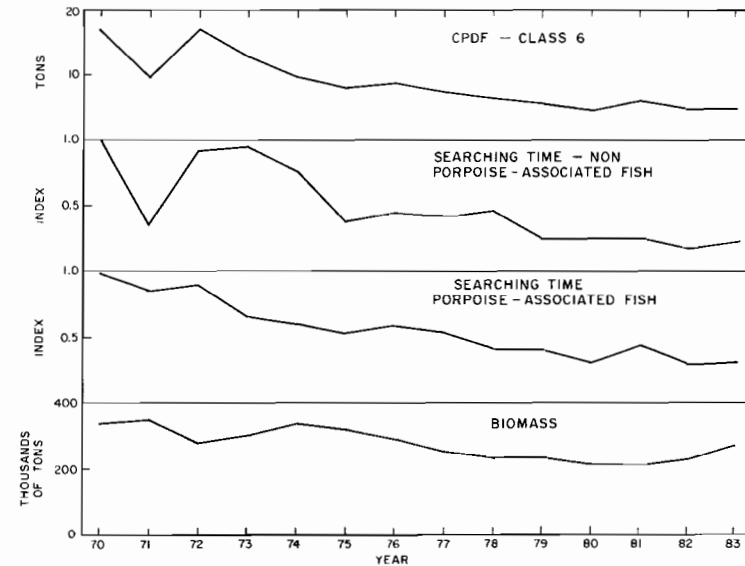


FIGURE 47. Four indices of abundance of yellowfin in the CYRA, 1970-1983.

FIGURA 47. Cuatro índices de la abundancia del aleta amarilla en el ARCAA, 1970-1983.

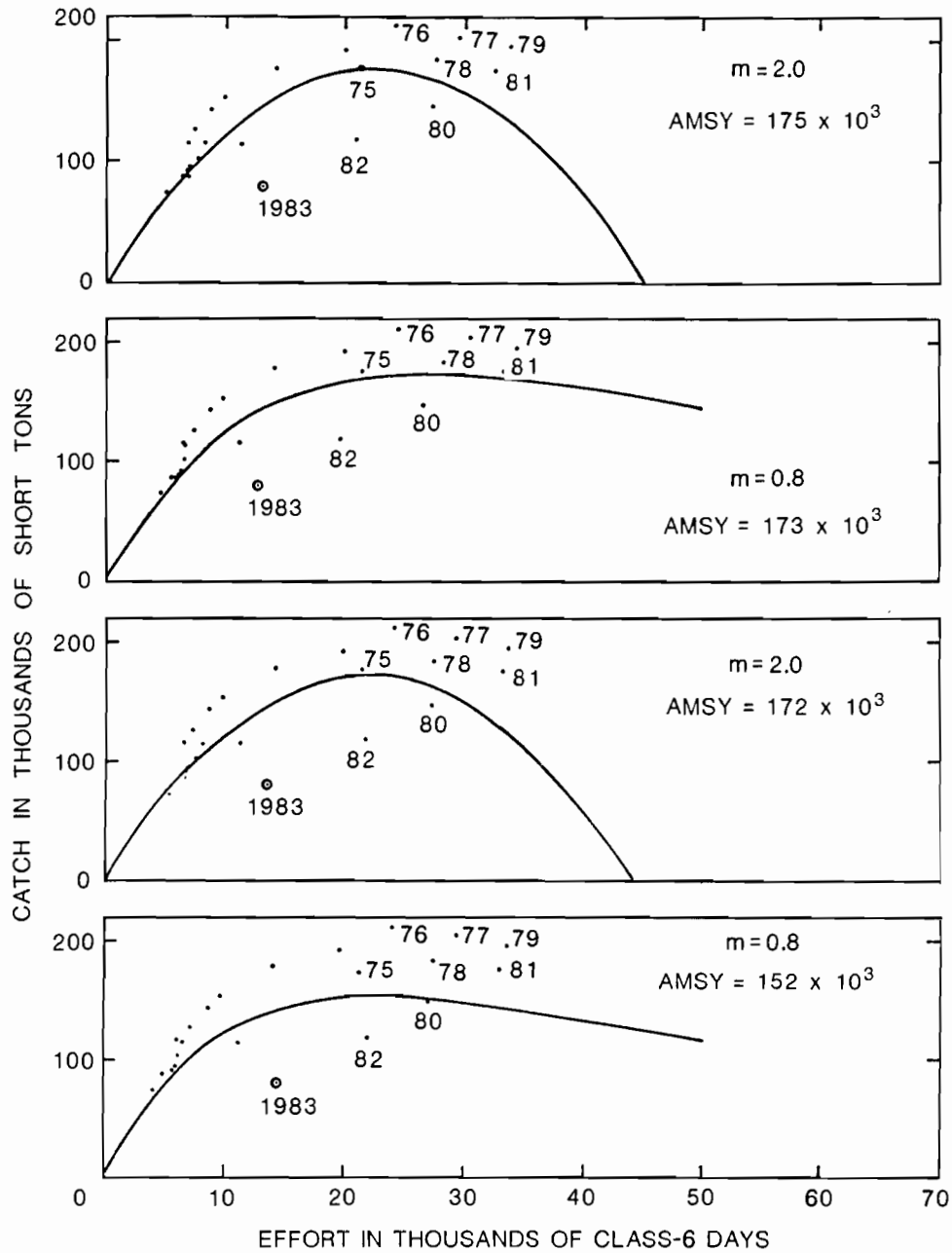


FIGURE 48. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968-1983, for the logistic (symmetrical) model and the generalized stock production (asymmetrical) model with q set at 0.000039 and q not set at any value.

FIGURA 48. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1983, para el modelo logístico (simétrico) y el modelo de producción del stock (asimétrico) dándole un valor a q de 0.000039 y no dándole a q ningún valor.

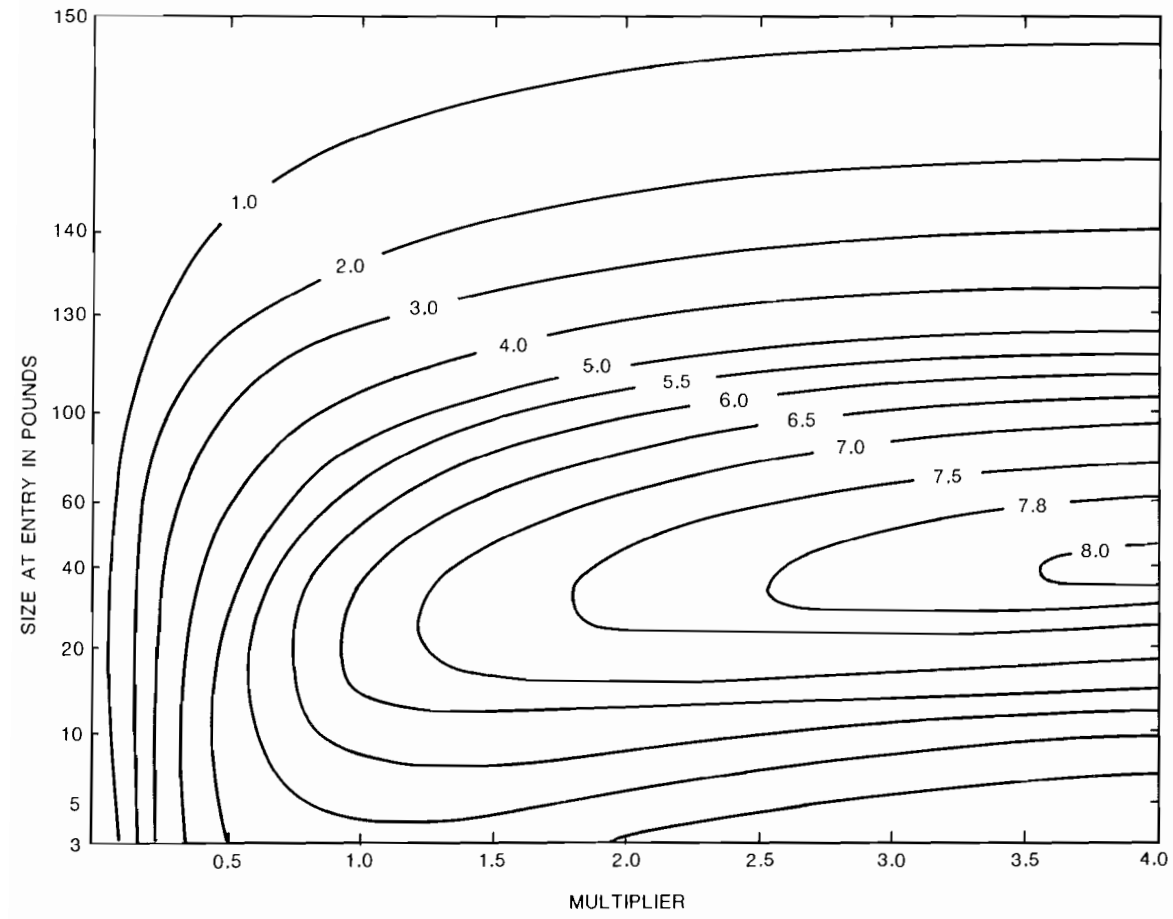


FIGURE 49. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin.

FIGURA 49. Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla.

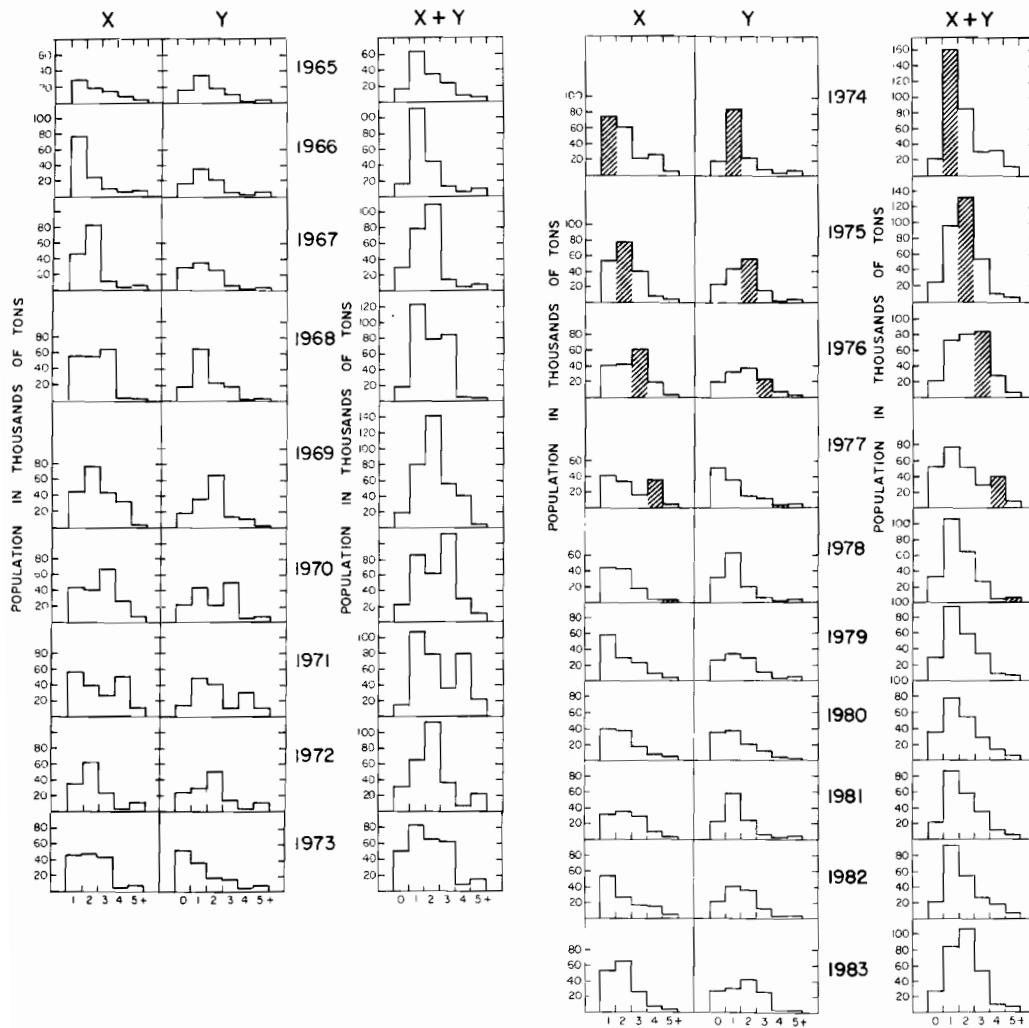


FIGURE 50. Average within-year biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1965-1983, by age groups.

FIGURA 50. Estimaciones en el año del promedio de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad, 1965-1983.

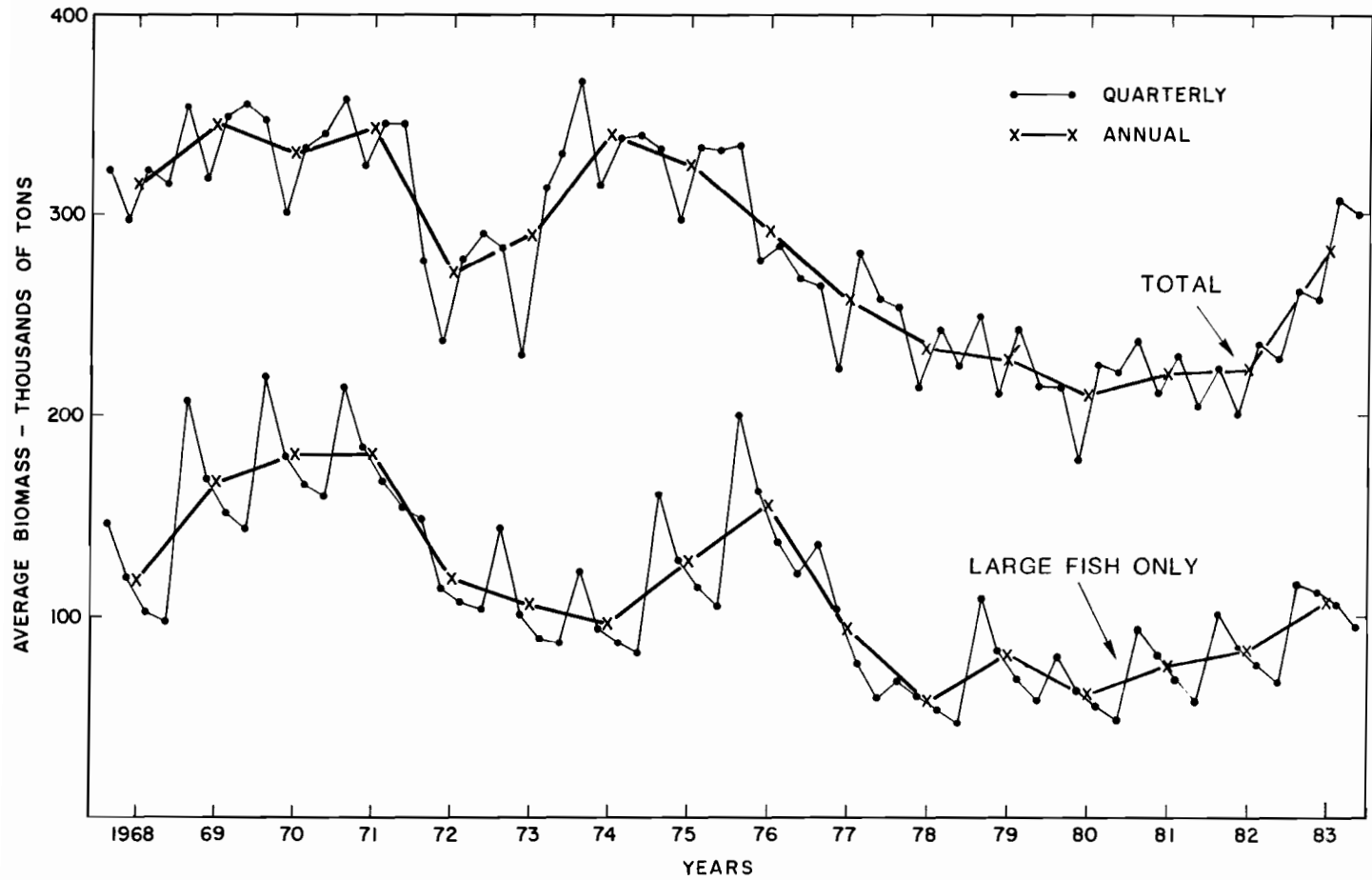


FIGURE 51. Annual and quarterly biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1968-1983, for all fish and for larger fish only.

FIGURA 51. Estimación anual y trimestral de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, de todos los peces y solo los peces más grandes, 1968-1983.

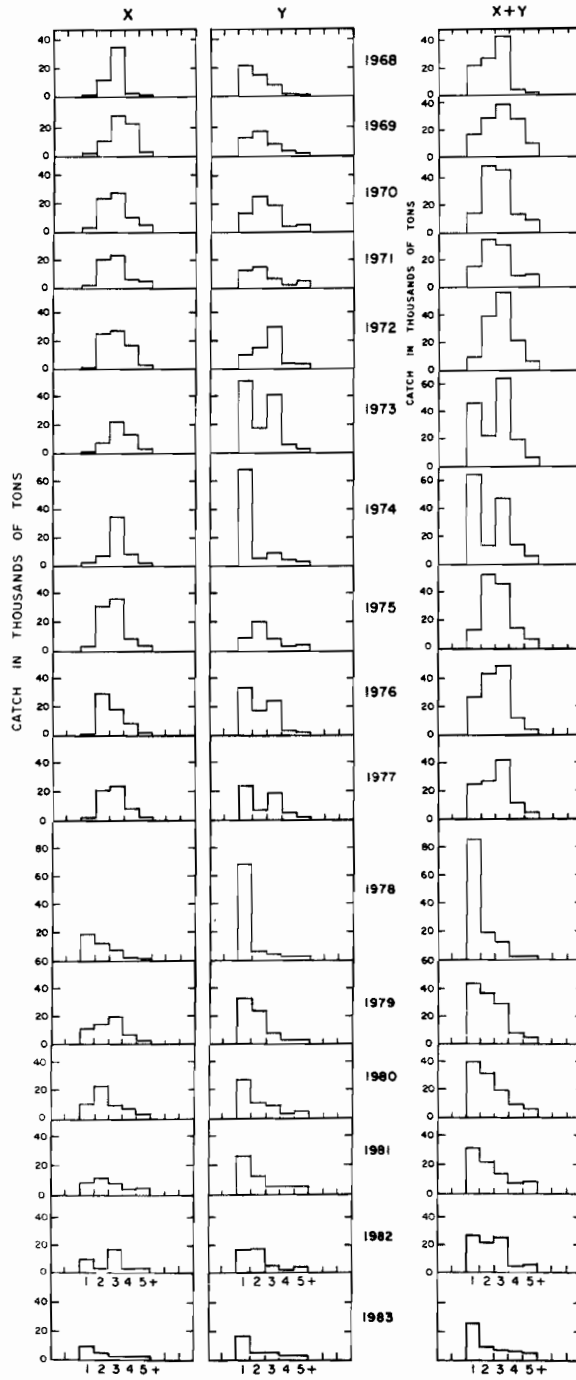


FIGURE 52. Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1983, by X and Y groups.

FIGURA 52. Capturas estimadas de aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad, obtenidas por embarcaciones cerqueras en los dos primeros trimestres durante los años de 1968 a 1983.

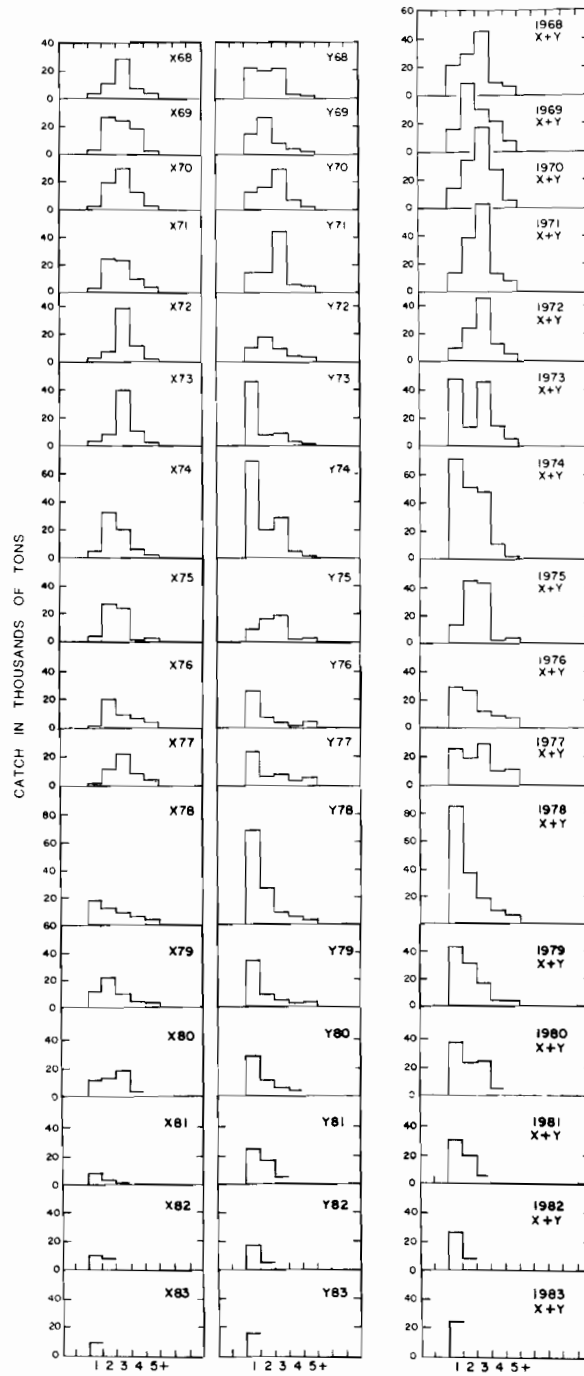


FIGURE 53. Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1983 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1983, by X and Y groups.

FIGURA 53. Capturas estimadas de las cohortes (1968-1983) de aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad obtenidas por cerqueros durante los dos primeros trimestres de esos años.

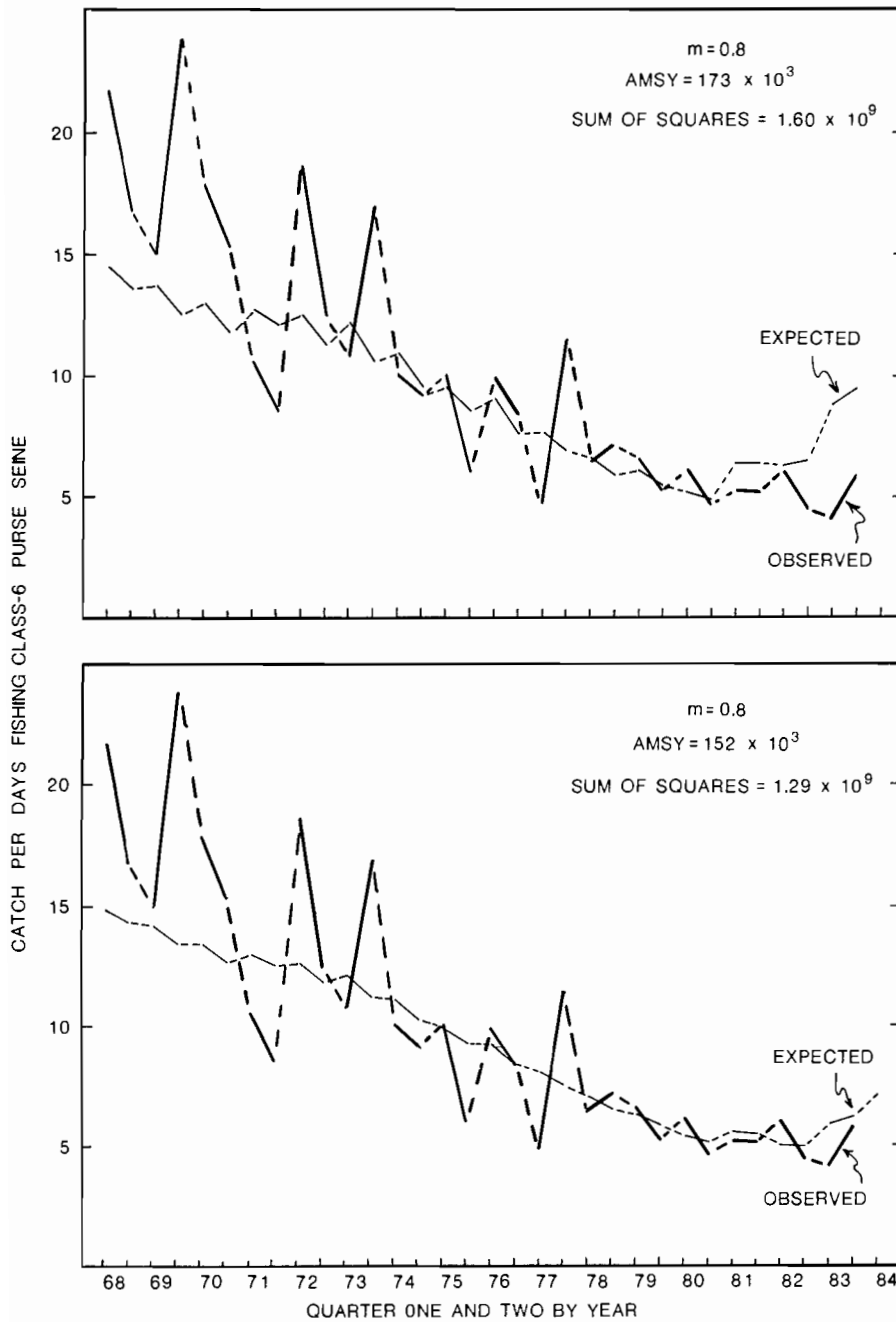


FIGURE 54. Observed and expected CPDFs of yellowfin inside the CYRA during the first and second quarters of 1968 through 1984.

FIGURA 54. CPDP esperada y observada de atún aleta amarilla en el ARCAA durante los dos primeros trimestres, 1968-1984.

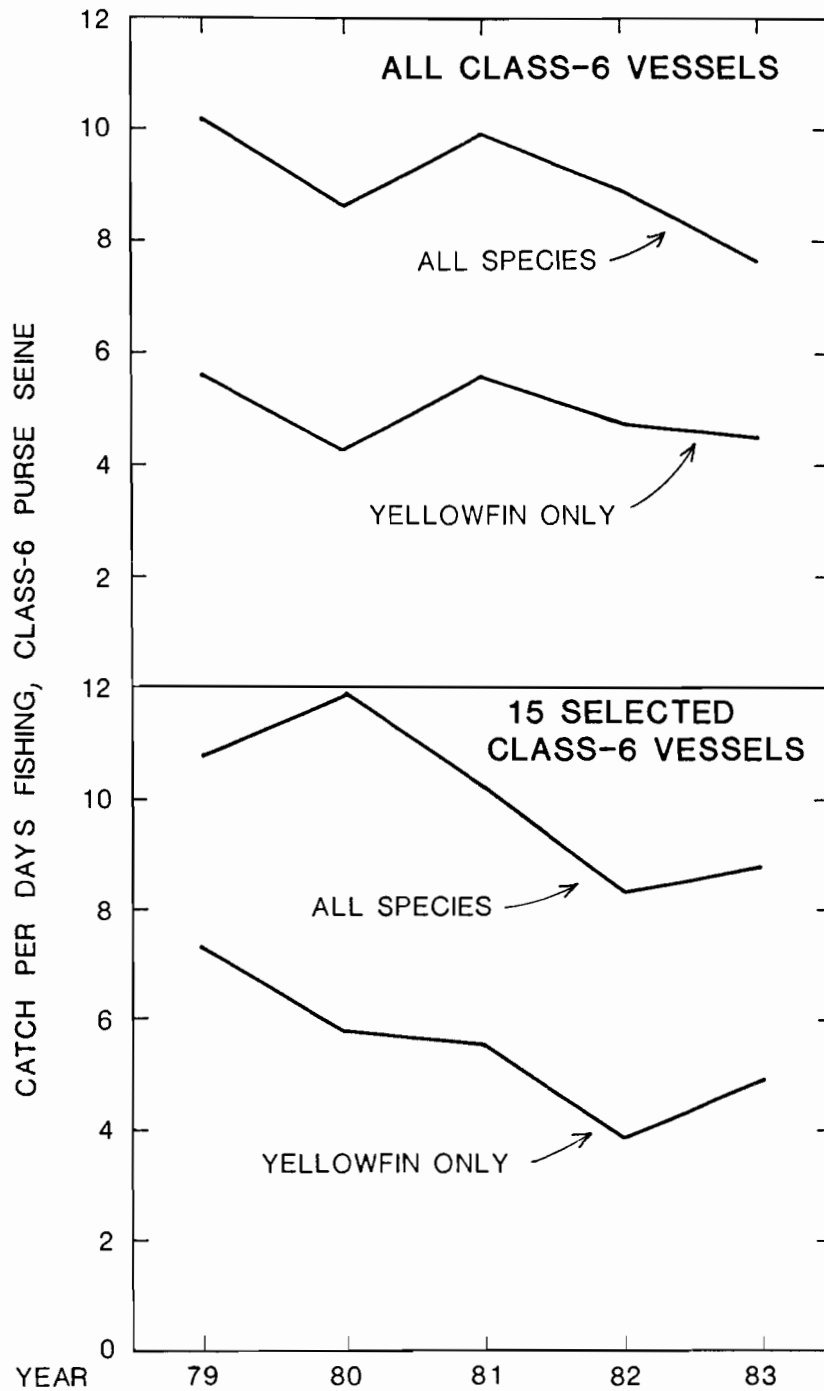


FIGURE 55. CPDFs of all Class-6 purse seiners and 15 selected Class-6 purse seiners inside the CYRA during the 1979-1983 period.

FIGURA 55. CPDF de todas las embarcaciones cerqueras de la clase 6 y de 15 cerqueros (clase 6) seleccionados en el ARCAA durante el período de 1979-1983.

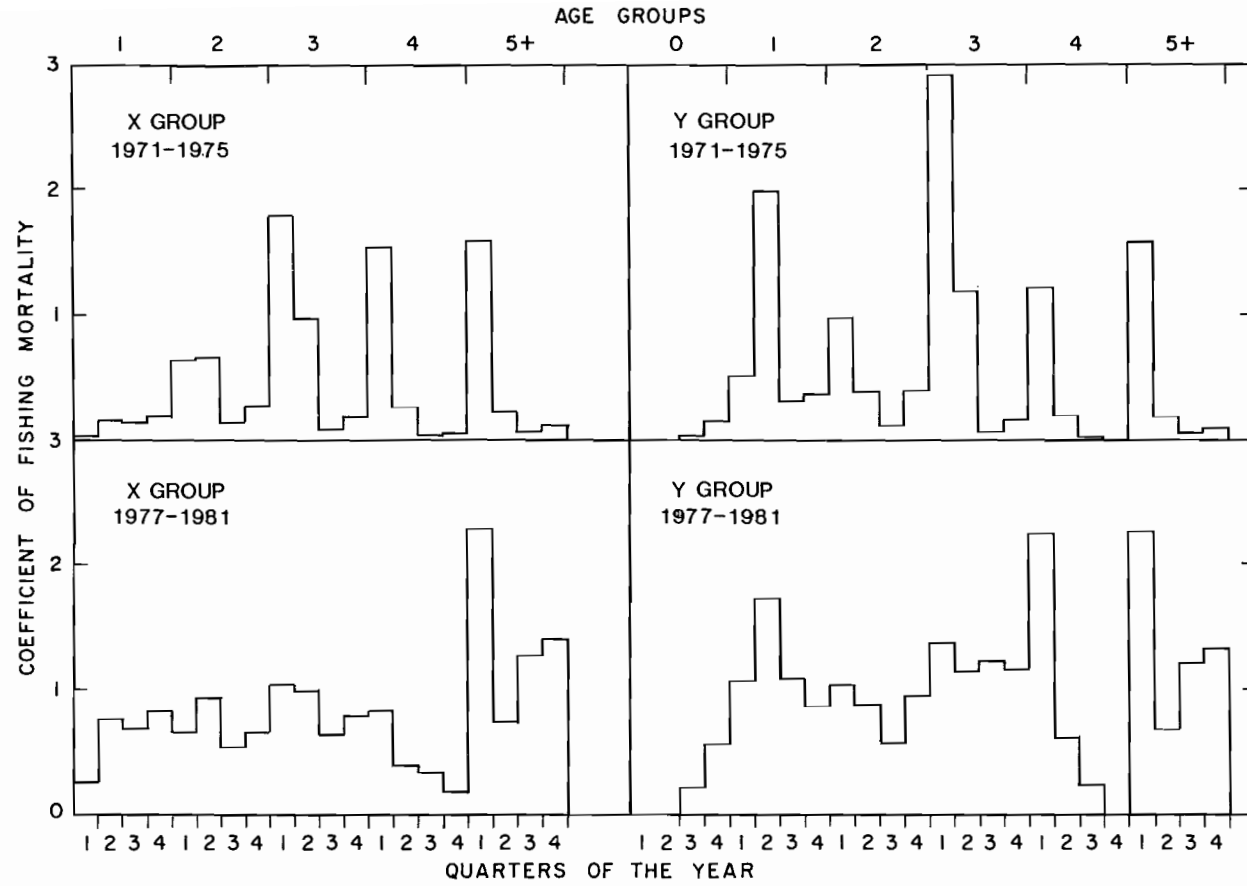


FIGURE 56. Average coefficients of fishing mortality for yellowfin of the X and Y groups, by quarter, for the 1971-1975 and 1979-1982 periods.
FIGURA 56. Promedio trimestral de los coeficientes de la mortalidad por pesca del aleta amarilla de las cohortes X e Y, durante los periodos de 1971-1975 y 1979-1982.

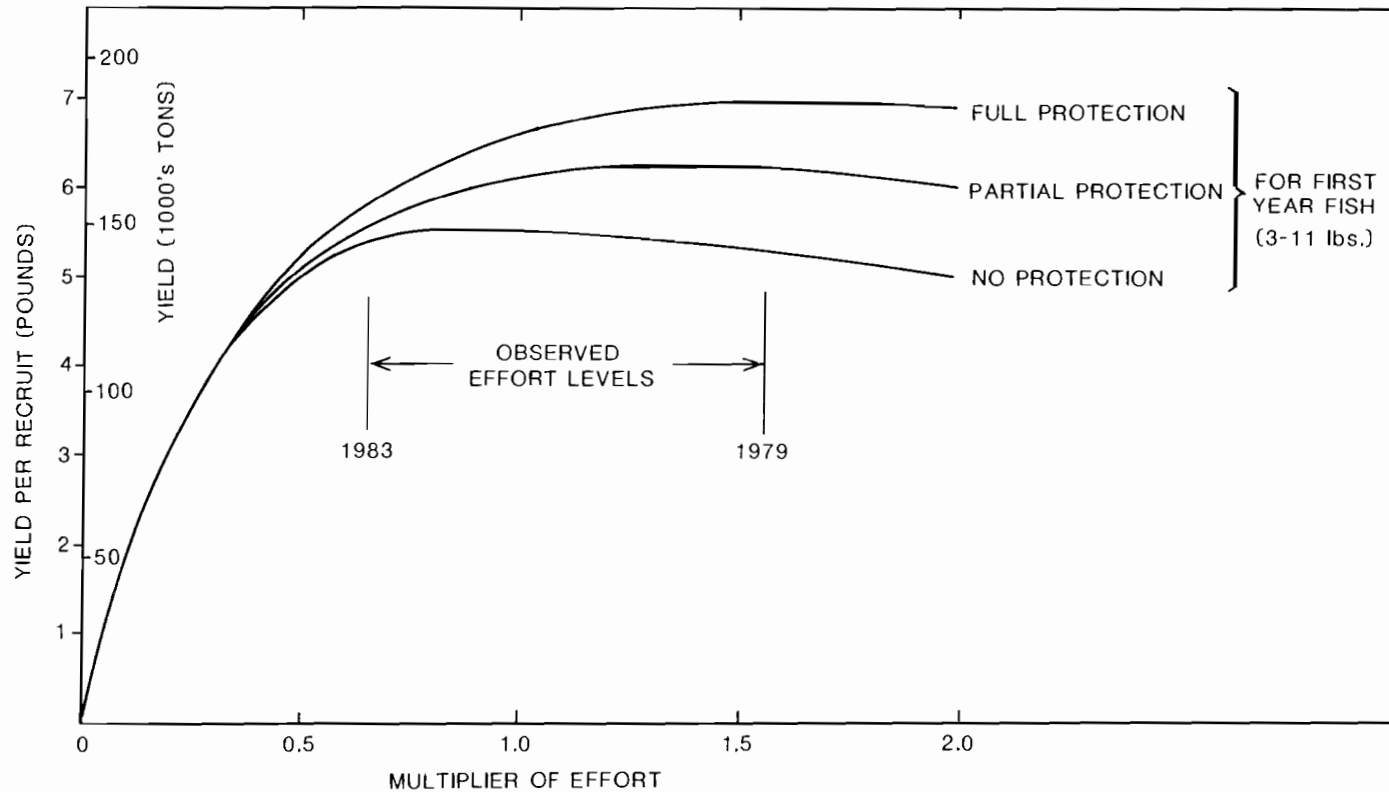


FIGURE 57. Yields per recruit of yellowfin at various multiples of fishing effort, assuming three different combinations of age-specific fishing mortality. The “full-protection” curve corresponds to the late 1960’s and early 1970’s, when effort was directed more toward larger fish, and the “no protection” curve corresponds to the present period, when the effort is directed more toward smaller fish.

FIGURA 57. Rendimientos por recluta del aleta amarilla a varios múltiplos del esfuerzo de pesca, al suponer tres combinaciones diferentes de la mortalidad por pesca a edad específica. La curva “completa de protección” corresponde al final de los años sesenta y a comienzos de los setenta, cuando se aplicó el esfuerzo más hacia los grandes peces y la curva de “no protección” corresponde más al período actual, cuando se ha aplicado el esfuerzo más hacia los peces más pequeños.

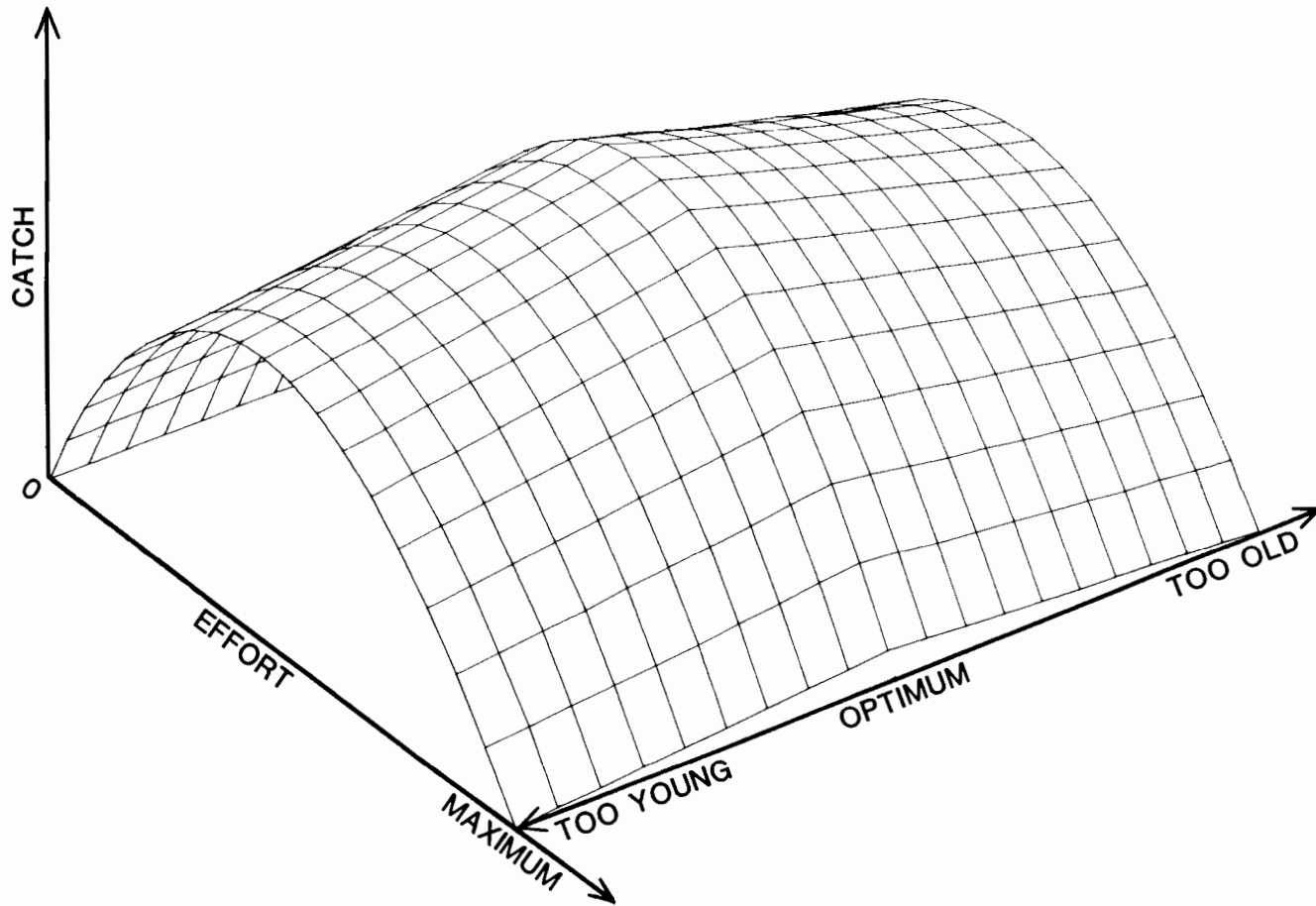


FIGURE 58. Three-dimensional representation of the relationships between productivity and fishing effort.
 FIGURA 58. Representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca.

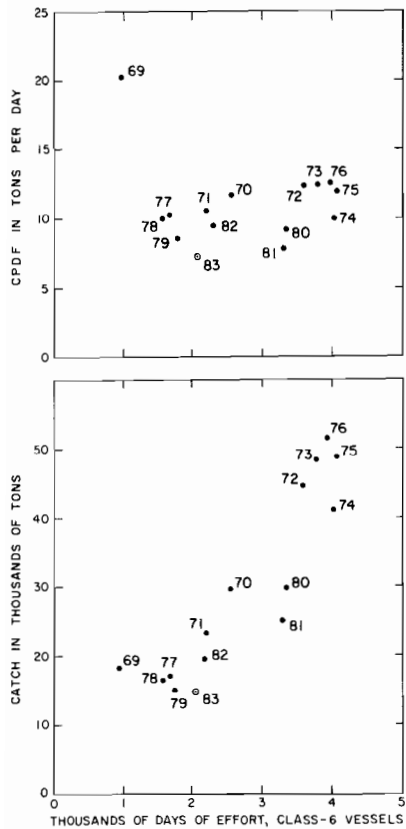


FIGURE 59. Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the areas outside the CYRA, 1969-1983.

FIGURA 59. Relación entre la CPDF y el esfuerzo (recuadro superior) y entre la captura y el esfuerzo (recuadro inferior) del aleta amarilla en las zonas fuera del ARCAA, 1969-1983.

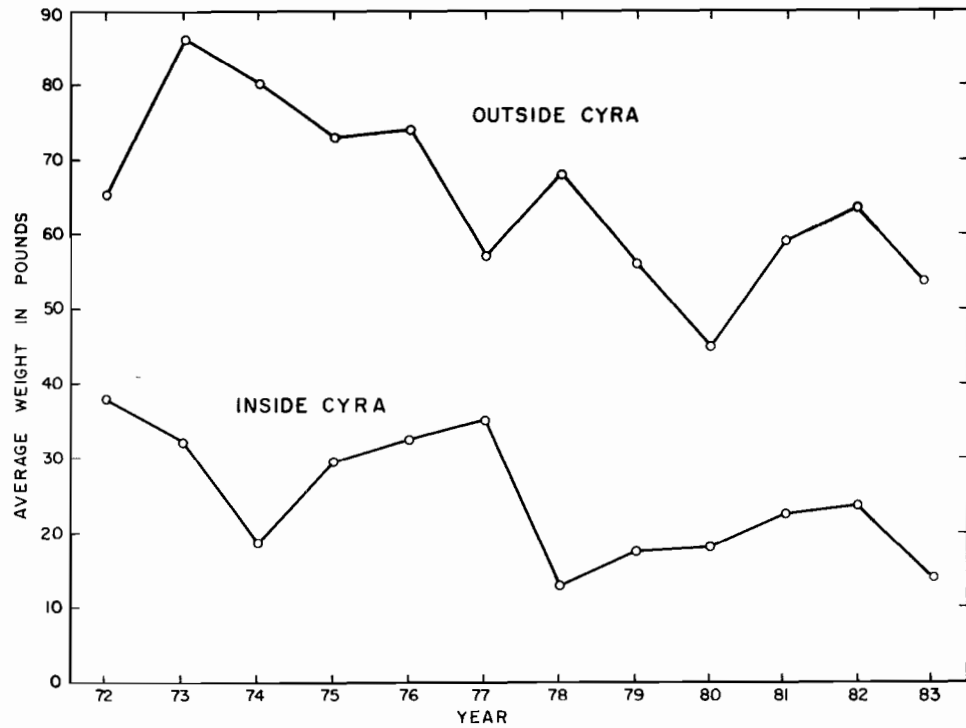


FIGURE 60. Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA, 1973-1983.

FIGURA 60. Promedio del peso del aleta amarilla capturado dentro y fuera del ARCAA, 1973-1983.

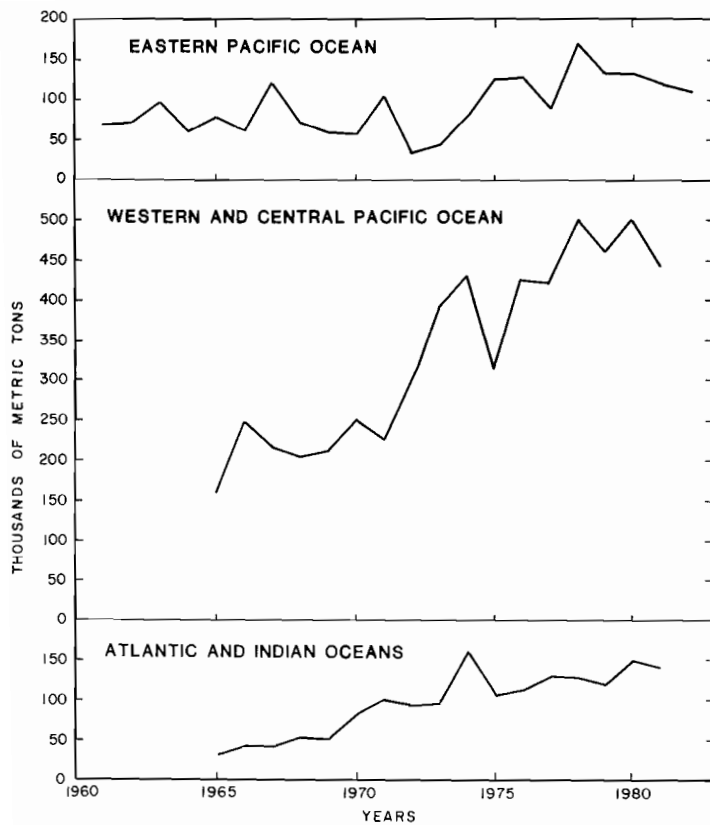


FIGURE 61. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

FIGURA 61. Capturas de barrilete en la parte oriental, central y occidental del Océano Pacífico y en los Océanos Atlántico e Índico.

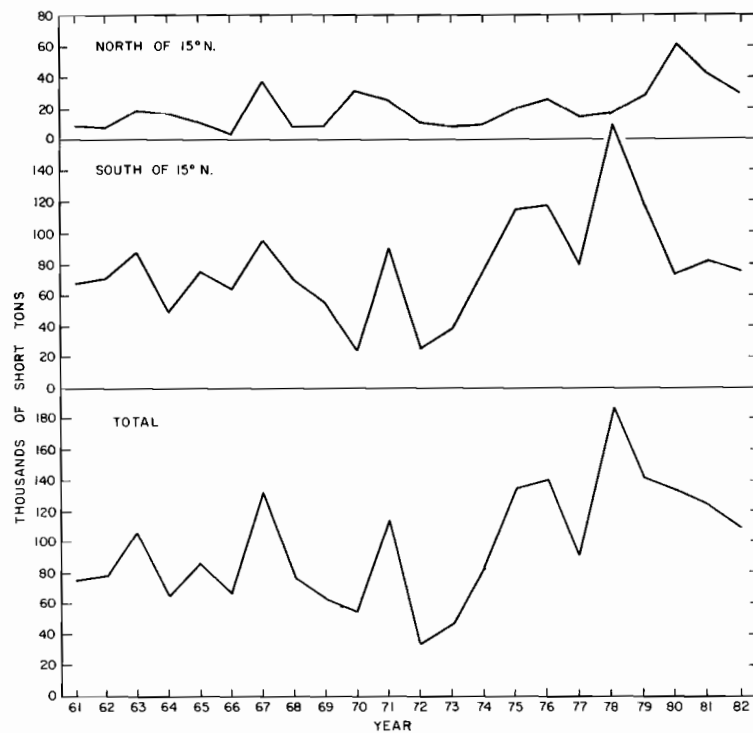


FIGURE 62. Estimated catches of skipjack north and south of 15° N, 1961-1982.

FIGURA 62. Capturas estimadas de barrilete al norte y sur de los 15° N, 1961-1982.

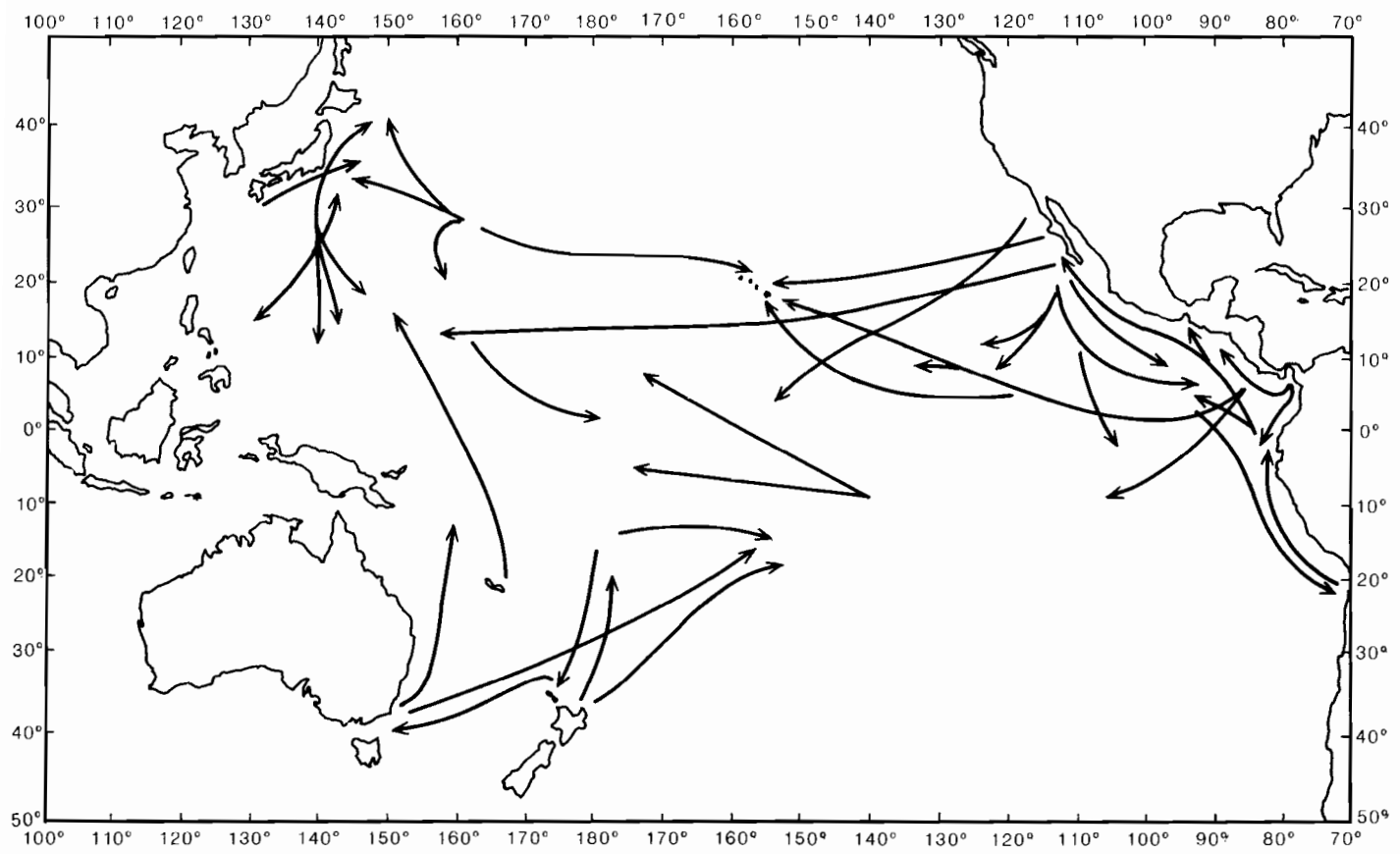


FIGURE 63. Some long-distance migrations which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

FIGURA 63. Anotaciones sobre algunas migraciones a grandes distancias de barriletes marcados en el Océano Pacífico.

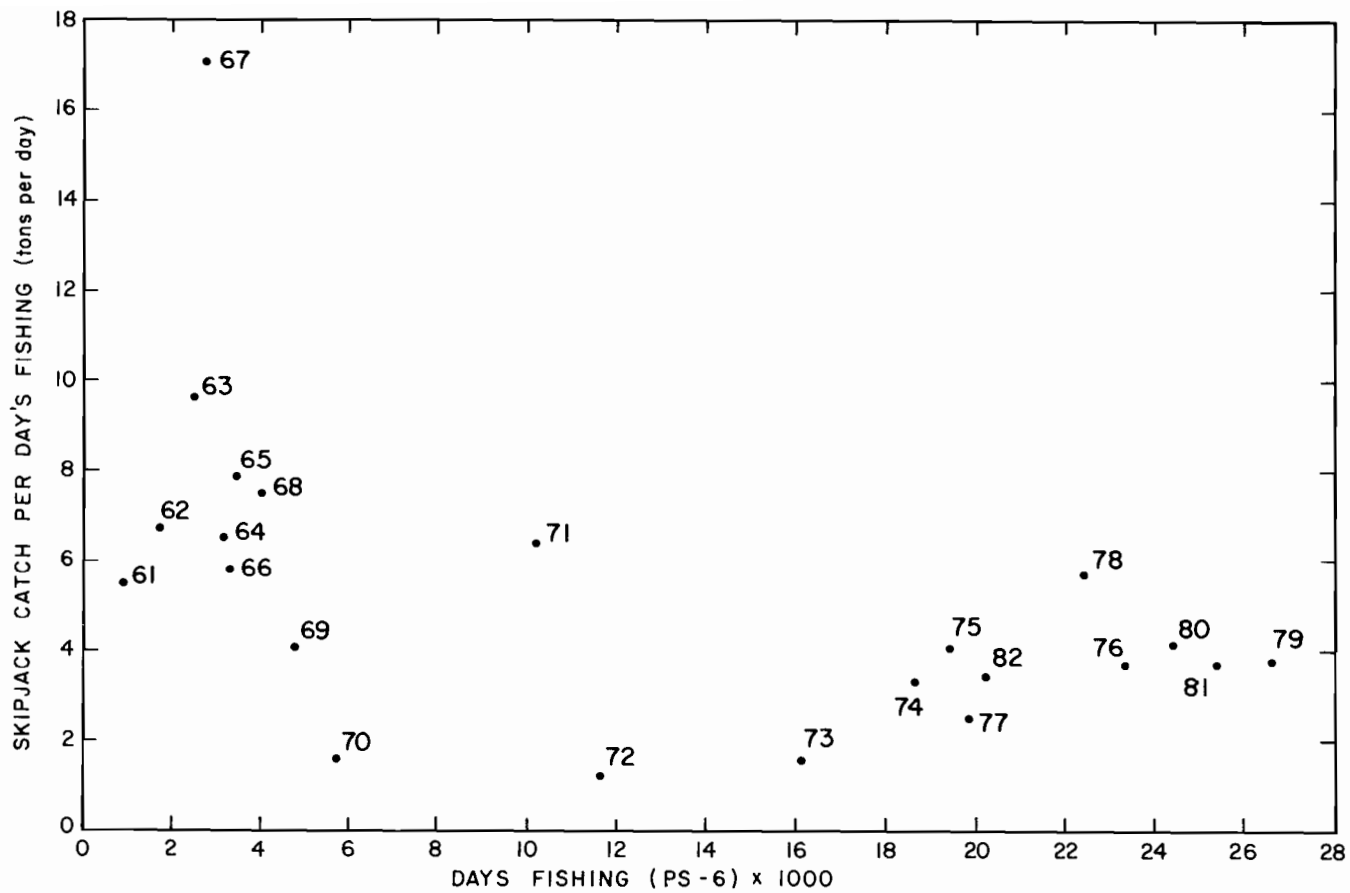


FIGURE 64. Plots of CPDF and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the eastern Pacific Ocean, using data for all 5-degree areas.

FIGURA 64. Gráficos de la CPUE y del esfuerzo (sin reglamentar y reglamentado) aplicado al barrilete en el Océano Pacífico oriental, empleando los datos de todas las zonas de 5 grados.

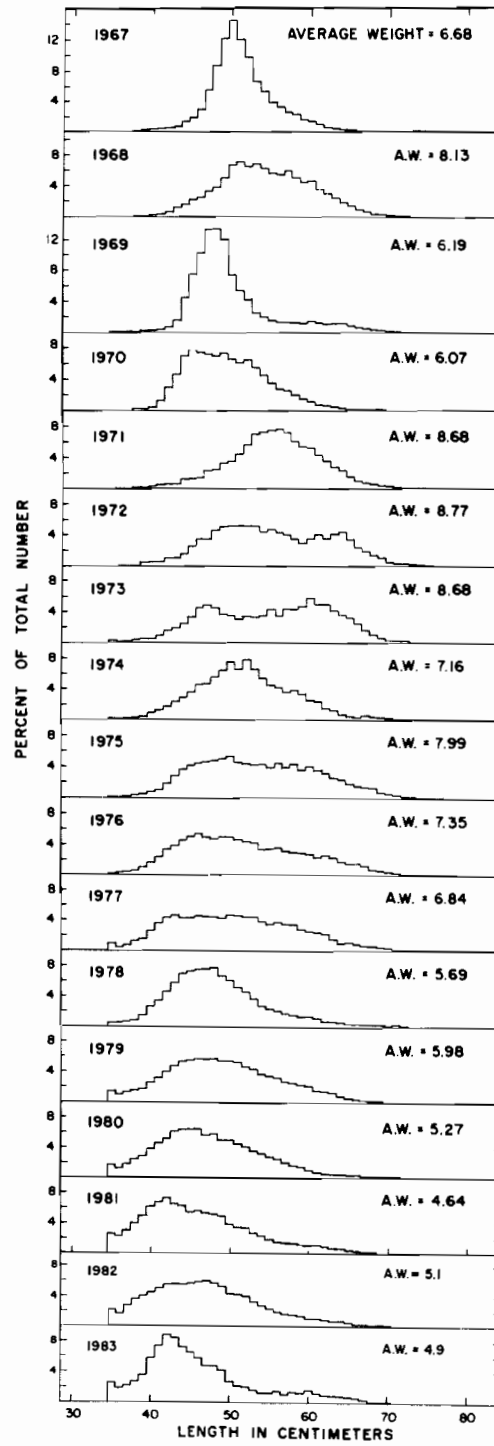


FIGURE 65. Length frequencies of skipjack caught in the eastern Pacific Ocean, 1967-1983.

FIGURA 65. Las frecuencias de talla de barriletes capturados en el Pacífico oriental, 1967-1983.

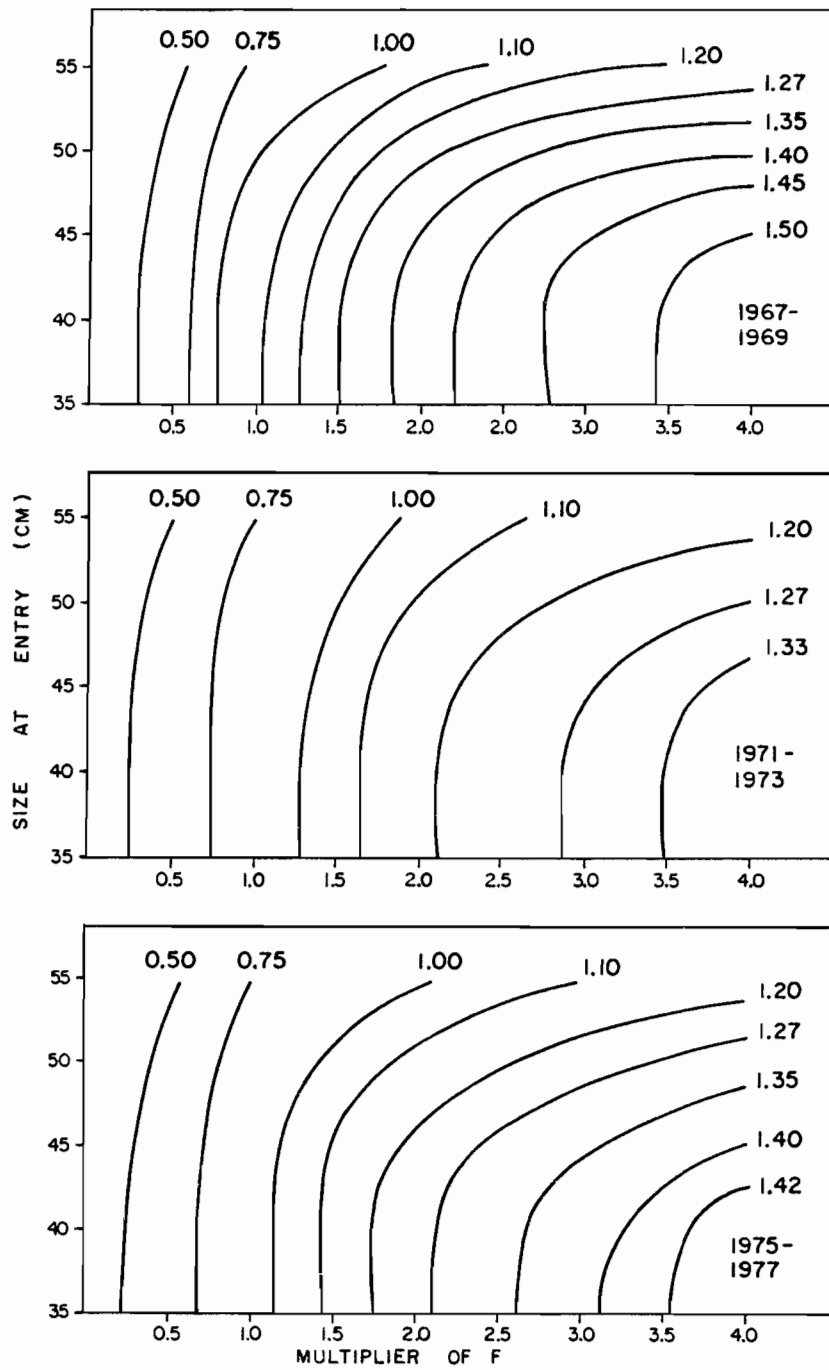


FIGURE 66. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.
FIGURA 66. Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del barrilete.

TABLE 1. Catches (in short tons) by the eastern Pacific tuna fleet, 1961-1983 (see text on page 18 for details).**TABLA 1.** Capturas (toneladas americanas) por la flota atunera del Pacífico oriental, de 1961-1983 (para detalles vea página 108 del texto).

A. Catches of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack, and other species taken by this fleet in the eastern Pacific.

A. Capturas de atún aleta amarilla, barrilete, patudo, atún de aleta azul, bonito, albacora, barrilete negro y otras especies obtenidas por esta flota en el Océano Pacífico oriental.

| Year | CYRA | | | West of CYRA and east of 150°W | | | Entire eastern Pacific Ocean | | | | | | | | |
|-------|------------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------|
| | ARCAA | | | Al oeste del ARCAA y al este de los 150°W | | | Todo el Océano Pacífico oriental | | | | | | | | |
| Año | YFT ¹ | SKJ ¹ | BET ¹ | YFT ¹ | SKJ ¹ | BET ¹ | YFT ¹ | SKJ ¹ | BET ¹ | BFT ¹ | BEP ¹ | ALB ¹ | BKJ ¹ | OS ² | Total |
| 1961 | 115,682 | 75,468 | 235 | 0 | 0 | 0 | 115,682 | 75,468 | 235 | 8,968 | 3,205 | 2,670 | 0 | 236 | 206,464 |
| 1962 | 87,158 | 78,256 | 362 | 0 | 0 | 0 | 87,158 | 78,256 | 362 | 12,421 | 3,576 | 1,292 | 0 | 193 | 183,258 |
| 1963 | 72,136 | 105,333 | 83 | 0 | 0 | 0 | 72,136 | 105,333 | 83 | 13,527 | 3,442 | 3,773 | 0 | 265 | 198,559 |
| 1964 | 101,390 | 65,322 | 75 | 0 | 0 | 0 | 101,390 | 65,322 | 75 | 10,161 | 7,387 | 3,672 | 5 | 248 | 188,260 |
| 1965 | 90,161 | 86,185 | 130 | 0 | 0 | 0 | 90,161 | 86,185 | 130 | 7,592 | 4,464 | 710 | 18 | 171 | 189,431 |
| 1966 | 91,513 | 66,667 | 294 | 0 | 0 | 0 | 91,513 | 66,667 | 294 | 17,523 | 4,911 | 2,161 | 10 | 465 | 183,544 |
| 1967 | 89,996 | 132,463 | 1,620 | 0 | 0 | 0 | 89,996 | 132,463 | 1,620 | 6,491 | 11,072 | 4,133 | 0 | 127 | 245,902 |
| 1968 | 114,493 | 78,330 | 2,821 | 1,207 | 3 | 0 | 115,700 | 78,333 | 2,821 | 6,587 | 8,772 | 4,955 | 0 | 138 | 217,306 |
| 1969 | 126,899 | 64,129 | 606 | 19,217 | 980 | 28 | 146,116 | 65,109 | 634 | 7,634 | 3,193 | 3,305 | 0 | 1 | 225,992 |
| 1970 | 142,627 | 55,247 | 1,460 | 30,679 | 6,458 | 9 | 173,306 | 61,705 | 1,469 | 4,373 | 5,223 | 4,934 | 0 | 30 | 251,040 |
| 1971 | 113,886 | 114,429 | 2,830 | 22,758 | 1,005 | 0 | 136,644 | 115,434 | 2,830 | 9,020 | 10,580 | 2,761 | 6 | 70 | 277,345 |
| 1972 | 152,535 | 35,536 | 2,467 | 44,768 | 1,248 | 0 | 197,303 | 36,784 | 2,467 | 13,892 | 9,781 | 5,327 | 660 | 407 | 266,621 |
| 1973 | 177,828 | 46,966 | 2,160 | 49,506 | 1,444 | 21 | 227,334 | 48,410 | 2,181 | 11,085 | 8,670 | 2,553 | 1,845 | 391 | 302,469 |
| 1974 | 191,597 | 84,072 | 960 | 40,988 | 2,776 | 20 | 232,585 | 86,848 | 980 | 5,270 | 4,889 | 5,232 | 4,125 | 1,086 | 341,015 |
| 1975 | 176,400 | 135,405 | 4,196 | 47,507 | 2,128 | 108 | 223,907 | 137,533 | 4,304 | 8,097 | 18,711 | 3,643 | 585 | 305 | 397,085 |
| 1976 | 210,666 | 139,781 | 11,637 | 50,738 | 1,076 | 0 | 261,404 | 140,857 | 11,637 | 11,641 | 4,817 | 3,644 | 1,673 | 1,226 | 436,899 |
| 1977 | 202,959 | 92,687 | 8,350 | 17,866 | 2,932 | 46 | 220,825 | 95,619 | 8,396 | 5,768 | 12,377 | 1,648 | 1,522 | 2,145 | 348,300 |
| 1978 | 183,395 | 183,688 | 12,396 | 16,004 | 3,037 | 241 | 199,399 | 186,725 | 12,637 | 5,902 | 5,332 | 1,355 | 2,382 | 888 | 414,620 |
| 1979 | 194,957 | 142,512 | 8,159 | 15,150 | 3,053 | 133 | 210,107 | 145,565 | 8,292 | 6,635 | 1,989 | 327 | 1,502 | 1,375 | 375,792 |
| 1980 | 147,438 | 124,691 | 16,591 | 29,399 | 19,375 | 409 | 176,837 | 144,066 | 17,000 | 3,154 | 6,740 | 625 | 4,023 | 1,050 | 353,495 |
| 1981 | 175,421 | 122,936 | 10,490 | 26,302 | 8,050 | 247 | 201,723 | 130,986 | 10,737 | 1,165 | 6,535 | 690 | 2,052 | 1,248 | 355,136 |
| 1982 | 119,099 | 105,750 | 4,345 | 19,757 | 3,100 | 206 | 138,856 | 108,850 | 4,551 | 3,365 | 2,339 | 544 | 1,471 | 850 | 260,826 |
| 1983* | 90,391 | 56,023 | 3,129 | 13,495 | 8,644 | 181 | 103,886 | 64,667 | 3,310 | 809 | 3,821 | 249 | 1,292 | 1,883 | 179,917 |

*Preliminary - Preliminar

¹ YFT (yellowfin), SKJ (skipjack), BET (bigeye), BFT (bluefin), BEP (bonito), ALB (albacore), BKJ (black skipjack)¹ YFT (Aleta amarilla), SKJ (barrilete), BET (patudo), BFT (Atún de aleta azul), BEP (bonito), ALB (albacora), BKJ (barrilete negro)²OS - other species including, *inter alia*, Atlantic little tuna, Atlantic blackfin, and bullet or frigate tuna (Auxis)²OS - otras especies que incluyen, entre otras, bacoreta del Atlántico, atún aleta negra del Atlántico y melvas (Auxis)

TABLE 1. Continued

TABLA 1. Continuación

B. Catches of tunas and miscellaneous species taken by this fleet in the western Pacific Ocean and in the Atlantic Ocean.

B. Capturas de atunes y especies misceláneas obtenidas por la flota en el Océano Pacífico occidental y en el Océano Atlántico.

| Year Año | Western Pacific Pacífico Occidental | | | Atlantic Ocean Océano Atlántico | | | | All areas, all species Todas las zonas y especies Grand total Total global |
|-------------|--|--------|-----|------------------------------------|--------|-----|-------|---|
| | YFT | SKJ | OS | YFT | SKJ | BET | OS | |
| 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 | 191,044 |
| 1966 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 124 | 183,672 |
| 1967 | 0 | 0 | 0 | 1,252 | 542 | 0 | 858 | 248,554 |
| 1968 | 0 | 0 | 0 | 7,371 | 4,213 | 17 | 0 | 228,907 |
| 1969 | 0 | 0 | 0 | 20,513 | 5,489 | 163 | 0 | 252,157 |
| 1970 | 0 | 227 | 0 | 10,320 | 13,094 | 215 | 1,790 | 276,686 |
| 1971 | 0 | 4 | 0 | 4,595 | 20,156 | 649 | 1,820 | 304,569 |
| 1972 | 0 | 0 | 0 | 14,158 | 14,797 | 234 | 1,094 | 296,904 |
| 1973 | 0 | 0 | 0 | 4,247 | 25,494 | 125 | 746 | 333,081 |
| 1974 | 35 | 0 | 0 | 6,326 | 21,308 | 957 | 178 | 369,819 |
| 1975 | 0 | 363 | 0 | 15,884 | 8,310 | 74 | 909 | 422,625 |
| 1976 | 247 | 5,482 | 2 | 2,509 | 2,842 | 43 | 469 | 448,493 |
| 1977 | 865 | 9,707 | 4 | 8,546 | 7,196 | 365 | 130 | 375,113 |
| 1978 | 24 | 8,050 | 46 | 11,474 | 9,381 | 274 | 369 | 444,238 |
| 1979 | 0 | 4,826 | 0 | 3,491 | 3,097 | 234 | 659 | 388,099 |
| 1980 | 298 | 5,950 | 0 | 5,579 | 4,211 | 222 | 32 | 369,787 |
| 1981 | 5,365 | 6,603 | 0 | 4,412 | 5,092 | 141 | 185 | 376,934 |
| 1982 | 5,104 | 12,360 | 63 | 5,876 | 3,277 | 380 | 243 | 288,129 |
| 1983* | 23,878 | 45,277 | 389 | 9,126 | 7,188 | 0 | 169 | 265,944 |

*Preliminary

*Preliminar

TABLE 2. 1983 tuna fleet catches in the eastern Pacific Ocean by flag of vessel and country of landing.

TABLA 2. Capturas en 1983, de la flota atunera en el Océano Pacífico oriental por barco y país de descarga.

| Area/flag Zona/bandera | Yellowfin A. amarilla | Skipjack Barrilete | Bigeye Patudo | Bluefin Aleta azul | Bonito Bonito | Albacore Albacora | Black skipjack Barrilete negro | Other Otras | Total Total | % of total % del total |
|--|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|
| CYRA-ARCAA CATCH-CAPTURA | | | | | | | | | | |
| Bermuda | | | | | | | | | ★ | ★ |
| Canada | | | | | | | | | ★ | ★ |
| Cayman Islands | | | | | | | | | ★ | ★ |
| Colombia | | | | | | | | | ★ | ★ |
| Costa Rica | | | | | | | | | ★ | ★ |
| Ecuador | 8,613 | 14,224 | 387 | 0 | 0 | 0 | 1,128 | 409 | 24,761 | 15.7 |
| Japan | 1,007 | | | | | | | | 1,007 | 0.6 |
| Mexico | 20,170 | 7,595 | 182 | 236 | 473 | 0 | 1 | 96 | 28,753 | 18.3 |
| Panama | | | | | | | | | ★ | ★ |
| Peru | 1,058 | 170 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 777 | 2,065 | 1.3 |
| U.S.A. | 45,114 | 27,841 | 1,075 | 573 | 3,288 | 249 | 52 | 535 | 78,727 | 50.0 |
| Venezuela | 9,023 | 3,839 | 864 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13,726 | 8.7 |
| Total of ★ | 5,406 | 2,345 | 621 | 0 | 0 | 0 | 111 | 66 | 8,558 | 5.4 |
| Total of CYRA | 90,391 | 56,023 | 3,129 | 809 | 3,821 | 249 | 1,292 | 1,883 | 157,597 | |
| W. of CYRA, E. of 150°W (O/S) | | | | | | | | | | |
| Cayman Islands | 625 | 265 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 890 | |
| Mexico | 742 | 965 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,707 | |
| Panama | 178 | 103 | 109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 390 | |
| U.S.A. | 11,939 | 7,311 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19,322 | |
| Venezuela | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | |
| Total O/S | 13,495 | 8,644 | 181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22,320 | |
| Total eastern Pacific | 103,886 | 64,667 | 3,310 | 809 | 3,821 | 249 | 1,292 | 1,883 | 179,917 | |

★ Stars in the two right-hand columns indicate data omitted to avoid revealing the operations of a single vessel or company. The totals of these omitted data are shown immediately following the data for Venezuela.

★ Las estrellas en las dos columnas a mano derecha indican los datos omitidos para evitar revelar las actividades de una compañía o de un barco particular. El total de los datos omitidos se presentan enseguida de los datos de Venezuela.

TABLE 2. Continued

TABLA 2. Continuación

| Area/flag Zona/bandera | Yellowfin A. amarilla | Skipjack Barrilete | Bigeye Patudo | Bluefin Aleta azul | Bonito Bonito | Albacore Albacora | Black skipjack Barrilete negro | Other Otras | Total Total | % of total % del total |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|
| CYRA-ARCAA | | | | | LANDINGS-DESCARGUES | | | | | |
| Canada | | | | | | | | | ★ | |
| Colombia | | | | | | | | | ★ | |
| Costa Rica | | | | | | | | | ★ | |
| Ecuador | 8,846 | 14,311 | 256 | 0 | 0 | 0 | 1,168 | 448 | 25,029 | 14.5 |
| France | 616 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 636 | 0.3 |
| Italy | 7,243 | 108 | 295 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,646 | 2.5 |
| Japan | 848 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 848 | 0.2 |
| Mexico | 14,873 | 7,468 | 0 | 308 | 536 | 0 | 0 | 96 | 23,281 | 13.5 |
| Peru | 1,289 | 604 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 777 | 2,730 | 1.7 |
| Spain | 2,880 | 164 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,142 | 1.1 |
| U.S.A. | 58,886 | 35,791 | 2,809 | 731 | 3,226 | 249 | 52 | 535 | 102,279 | 59.5 |
| Venezuela | 1,700 | 804 | 146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,650 | 1.6 |
| Total of ★ | 2,326 | 1,743 | 176 | 0 | 0 | 0 | 104 | 38 | 4,387 | 1.2 |
| Total CYRA | 99,507 | 60,993 | 3,780 | 1,059 | 3,822 | 249 | 1,324 | 1,894 | 172,628 | |
| W. of CYRA | | | | | | | | | | |
| E. of 150°W (O/S) | | | | | | | | | | |
| Costa Rica | 463 | 875 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,338 | |
| Italy | 360 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 360 | |
| Mexico | 196 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 286 | |
| Spain | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | |
| U.S.A. | 13,273 | 7,894 | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21,368 | |
| Total O/S | 14,302 | 8,859 | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23,362 | |
| Total eastern Pacific | 113,809 | 69,852 | 3,981 | 1,059 | 3,822 | 249 | 1,324 | 1,894 | 195,990 | |

★ Stars in the two right-hand columns indicate data omitted to avoid revealing the operations of a single vessel or company. The totals of these omitted data are shown immediately following the data for Venezuela.

★ Las estrellas en las dos columnas a mano derecha indican los datos omitidos para evitar revelar las actividades de una compañía o de un barco particular. El total de los datos omitidos se presentan enseguida de los datos de Venezuela.

TABLE 3. Number and carrying capacity (short tons) of fishing vessels operating in the eastern Pacific Ocean by flag, gear, and size class in 1983.

TABLA 3. Número y capacidad de acarreo (toneladas americanas) de las embarcaciones pesqueras que maniobraron en 1983, en el Océano Pacífico oriental, por bandera, arte y clase de arqueo.

| Flag Bandera | Gear Arte | Size class Clase de arqueo | | | | | | Total no. of vessels No. total de embarcaciones | Total capacity Capacidad total |
|---|----------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| Bermuda | Seiner | | | | | 1 | | 1 | ★ |
| Canada | Seiner | | | | 1 | | | 1 | ★ |
| Cayman Is. | Seiner | | | | | | 1 | 1 | ★ |
| Costa Rica | Seiner | 1 | | | | | 1 | 2 | ★ |
| Ecuador | Seiner | | 6 | 12 | 5 | 2 | 4 | 29 | 6,463 |
| | Baitboat | 8 | | 1 | | | | 9 | 352 |
| Mexico | Seiner | 5 | 1 | | 2 | 3 | 38 | 49 | 36,891 |
| | Baitboat | 1 | 2 | 5 | 1 | | | 9 | 1,045 |
| Panama | Seiner | | | | | | 4 | 4 | 4,886 |
| Peru | Seiner | | 1 | 3 | 1 | | | 5 | 749 |
| | Bolichera | 12 | | | | | | 12 | 300 |
| U.S.A. | Seiner | 2 | 18 | 5 | 5 | 4 | 66 | 100 | 77,532 |
| | Baitboat | 16 | 16 | 2 | | | | 34 | 2,059 |
| | Jigboat | 7 | 1 | | | | | 8 | 244 |
| Venezuela | Seiner | | | | | | 7 | 7 | 8,331 |
| Total of ★ | | | | | | | | | 2,877 |
| All flags | Seiner | 8 | 26 | 20 | 14 | 10 | 121 | 199 | 137,679 |
| | Baitboat | 25 | 18 | 8 | 1 | | | 52 | 3,456 |
| | Bolichera | 12 | | | | | | 12 | 300 |
| | Jigboat | 7 | 1 | | | | | 8 | 244 |
| Total all gear | | 52 | 45 | 28 | 15 | 10 | 121 | 271 | 141,679 |
| Capacity of vessels by size class Capacidad de las embarcaciones por clase de arqueo | | | | | | | | | |
| | Gear Arte | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | Total |
| | Seiner | 230 | 2,215 | 2,688 | 3,414 | 3,691 | 125,441 | | 137,679 |
| | Baitboat | 869 | 1,309 | 1,056 | 222 | | | | 3,456 |
| | Bolichera | 300 | | | | | | | 300 |
| | Jigboat | 189 | 55 | | | | | | 244 |
| | Total | 1,588 | 3,579 | 3,744 | 3,636 | 3,691 | 125,441 | | 141,679 |

★ Stars in the last column indicate data omitted to avoid revealing the operations of a single vessel or company. The totals of these omitted data are shown immediately following the data for Venezuela.

★ Las estrellas en la última columna indican los datos omitidos para evitar revelar las actividades de una compañía o de un barco particular. El total de los datos omitidos se presentan enseguida de los datos de Venezuela.

TABLE 4. Catch per ton of carrying capacity by vessel size class for the international eastern Pacific Ocean purse seine fleet.**TABLA 4.** Captura por tonelada de capacidad de acarreo por clase de arqueo de las embarcaciones cerqueras que forman la flota internacional del Océano Pacífico oriental.

| Year Año | Species Especies | Size class—Clase de arqueo | | | | | | | | All Todas |
|-------------|---------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1973 | YFT | 1.89 | 1.67 | 1.89 | 2.12 | 2.72 | 2.08 | 1.66 | 1.22 | 1.88 |
| | SKJ | .43 | .33 | .42 | .36 | .37 | .42 | .62 | .74 | .51 |
| | other | 1.70 | .72 | .62 | .17 | .09 | .07 | .08 | .06 | .20 |
| | all | 4.02 | 2.72 | 2.93 | 2.65 | 3.18 | 2.57 | 2.36 | 2.02 | 2.59 |
| 1974 | YFT | 2.05 | 1.96 | 1.85 | 1.75 | 2.10 | 1.43 | 1.74 | 1.14 | 1.65 |
| | SKJ | .58 | .78 | .63 | .72 | .55 | .64 | .73 | .96 | .74 |
| | other | 1.53 | .51 | .39 | .14 | .00 | .01 | .03 | .04 | .12 |
| | all | 4.16 | 3.25 | 2.87 | 2.61 | 2.65 | 2.08 | 2.50 | 2.14 | 2.51 |
| 1975 | YFT | 2.04 | 2.14 | 1.82 | 1.89 | 2.03 | 1.09 | 1.52 | 1.06 | 1.51 |
| | SKJ | 1.40 | 1.53 | .90 | .79 | .63 | .81 | .75 | .83 | .83 |
| | other | 1.96 | 1.17 | .74 | .38 | .03 | .21 | .05 | .04 | .22 |
| | all | 5.40 | 4.84 | 3.46 | 3.06 | 2.69 | 2.11 | 2.32 | 1.93 | 2.56 |
| 1976 | YFT | 1.78 | 1.46 | 1.37 | 1.36 | 1.80 | 1.18 | 1.76 | 1.31 | 1.56 |
| | SKJ | .91 | 1.41 | .88 | .92 | .99 | .79 | .82 | .68 | .84 |
| | other | .95 | .71 | .78 | .25 | .13 | .13 | .08 | .13 | .18 |
| | all | 3.64 | 3.58 | 3.03 | 2.53 | 2.92 | 2.10 | 2.66 | 2.12 | 2.58 |
| 1977 | YFT | 1.79 | 1.30 | 1.41 | .93 | 1.61 | 1.02 | 1.34 | 1.27 | 1.31 |
| | SKJ | 1.24 | .71 | .58 | .44 | .59 | .50 | .52 | .53 | .55 |
| | other | 1.06 | .95 | .94 | .31 | .18 | .09 | .06 | .05 | .17 |
| | all | 4.09 | 2.96 | 1.93 | 1.68 | 2.38 | 1.61 | 1.92 | 1.85 | 2.03 |
| 1978 | YFT | 1.19 | 1.58 | 1.61 | 1.01 | 1.49 | .97 | 1.18 | .90 | 1.14 |
| | SKJ | 1.34 | 1.20 | .98 | .92 | 1.01 | 1.11 | 1.22 | 1.04 | 1.11 |
| | other | .49 | .56 | .55 | .24 | .11 | .10 | .10 | .07 | .16 |
| | all | 3.02 | 3.34 | 3.14 | 2.17 | 2.61 | 2.18 | 2.50 | 2.01 | 2.41 |
| 1979 | YFT | 1.28 | 2.01 | 1.62 | 1.33 | 1.43 | .97 | 1.14 | .86 | 1.15 |
| | SKJ | 1.43 | 1.24 | .87 | .47 | .91 | .69 | .83 | .72 | .81 |
| | other | .40 | .48 | .28 | .20 | .06 | .09 | .08 | .05 | .11 |
| | all | 3.11 | 3.73 | 2.77 | 2.00 | 2.40 | 1.75 | 2.05 | 1.63 | 2.07 |
| 1980 | YFT | .64 | 1.02 | 1.09 | .85 | 1.16 | .62 | .98 | 1.00 | .96 |
| | SKJ | .36 | .68 | .82 | .75 | .98 | .45 | .82 | .87 | .80 |
| | other | .73 | .45 | .33 | .22 | .07 | .10 | .11 | .12 | .15 |
| | all | 1.73 | 2.15 | 2.24 | 1.82 | 2.21 | 1.17 | 1.91 | 1.99 | 1.91 |
| 1981 | YFT | .83 | 1.42 | 1.17 | .94 | 1.29 | 1.00 | 1.34 | 1.13 | 1.22 |
| | SKJ | .88 | 1.04 | 1.09 | .78 | .90 | .43 | .77 | .85 | .80 |
| | other | .68 | .51 | .31 | .06 | .04 | .06 | .09 | .06 | .10 |
| | all | 2.39 | 2.97 | 2.57 | 1.78 | 2.23 | 1.49 | 2.20 | 2.04 | 2.12 |
| 1982 | YFT | .64 | .98 | .80 | .71 | .68 | .68 | .99 | .92 | .89 |
| | SKJ | 2.16 | 1.72 | 1.34 | .75 | .58 | .50 | .64 | .70 | .70 |
| | other | .59 | .20 | .34 | .07 | .05 | .02 | .05 | .06 | .06 |
| | all | 3.39 | 2.90 | 2.48 | 1.53 | 1.31 | 1.20 | 1.68 | 1.68 | 1.65 |
| 1983* | YFT | 1.12 | 1.76 | 1.03 | .68 | .73 | 1.04 | 1.03 | .81 | .94 |
| | SKJ | 1.77 | 2.08 | .88 | .47 | .39 | .59 | .85 | .82 | .81 |
| | other | .58 | .38 | .13 | .05 | .02 | .03 | .03 | .04 | .09 |
| | all | 3.47 | 4.22 | 2.04 | 1.20 | 1.14 | 1.66 | 1.91 | 1.67 | 1.84 |

* Preliminary-preliminar

TABLE 5. Analysis of variance for the standardization of yellowfin catch rates.

TABLA 5. Análisis de la varianza de la estandarización de los índices de captura del aleta amarilla.

| Source Origen | Degrees of freedom Grados de libertad | Sum of squares Suma de los cuadrados | Mean square Promedio de los cuadrados | F |
|---|--|---|--|-------|
| Year Año | 13 | 1611.3 | 123.9 | 95.7 |
| Fishing mode Moda de pesca | 2 | 1828.4 | 914.2 | 705.7 |
| Capacity Capacidad | 2 | 12.0 | 6.0 | 4.6 |
| Quarter of year Trimestre | 3 | 37.8 | 12.6 | 9.7 |
| Aerial assistance Ayuda aérea | 1 | 87.8 | 87.8 | 67.7 |
| Latitude Latitud | 2 | 186.4 | 93.2 | 71.9 |
| Vessel speed Velocidad del barco | 1 | 176.6 | 176.6 | 136.3 |
| Sea-surface temperature within latitude Temperatura de la superficie del mar en la latitud | 3 | 138.5 | 46.2 | 35.6 |
| Fishing mode and capacity interaction Interacción de la moda de pesca y capacidad | 4 | 152.3 | 38.1 | 29.4 |
| Fishing mode and quarter interaction Interacción de la moda de pesca y trimestre | 6 | 53.4 | 8.9 | 6.9 |
| Fishing mode and latitude interaction Interacción de la moda de pesca y latitud | 4 | 30.1 | 7.7 | 5.9 |
| Latitude and quarter interaction Interacción de la latitud y trimestre | 6 | 38.8 | 6.0 | 5.0 |
| Residual | 21,824 | 28,272.2 | 1.3 | |

TABLE 6. Average speeds in knots (kt) for purse seiners of all size classes fishing east of 150°W; observed successful set ratios (SSR) on skipjack for non-porpoise sets (sets on school fish, sets on floating objects, and unknown types of sets, combined), and adjustment factors (AF'') relative to 1961; values of SSR from a smoothed trend line (SSR Line) drawn through observed values of SSR, and adjustment factors (AF') relative to 1961; fishing effort by purse seiners during the first three quarters unadjusted for changes in SSR (f), and adjusted for changes in SSR (f'' or f'). f'' and f' are the products of f and AF'' or AF', respectively.

TABLA 6. El promedio de la velocidad en nudos (nd) de los cerqueros de todas las clases de arqueo que pescan al este de los 150°W. La razón de los lances positivos observada (RLP) sobre barriletes en lances no asociados con delfines (lances sobre cardúmenes de peces, sobre objetos flotantes y tipos desconocidos de lances, todos combinados) y los factores de ajuste (AF'') referentes a 1961. Los valores de la RLP según una línea de tendencia suavizada (Línea RLP) trazada a través de los valores observados de la RLP y los factores de ajustamiento (AF') referentes a 1961. El esfuerzo de pesca de los cerqueros durante los tres primeros trimestres no ajustados por los cambios en la RLP (f) y ajustado por los cambios en la RLP (f'' o f'). f'' y f' son respectivamente los productos de f y AF'' o AF'.

| Year Año | Vessel speed Barco velocidad | SSR | | f | f'' | SSR Line | | f' |
|-------------|---------------------------------------|----------------|------|-------------------|-------------------|----------------|------|-------------------|
| | kt nd | Ratio Razón | AF'' | 10 ³ d | 10 ³ d | Ratio Razón | AF' | 10 ³ d |
| | | RLP | | | | Línea RLP | | |
| 1961 | 9.3 | 0.513 | 1.00 | 5.0 | 5.0 | 0.518 | 1.00 | 5.0 |
| 1962 | 9.9 | 0.566 | 1.10 | 8.7 | 9.6 | 0.524 | 1.01 | 8.8 |
| 1963 | 10.0 | 0.470 | 0.92 | 6.3 | 5.8 | 0.532 | 1.03 | 6.5 |
| 1964 | 10.1 | 0.565 | 1.10 | 5.1 | 5.6 | 0.546 | 1.05 | 5.4 |
| 1965 | 10.2 | 0.538 | 1.05 | 7.5 | 7.9 | 0.570 | 1.10 | 8.3 |
| 1966 | 10.2 | 0.660 | 1.29 | 6.8 | 8.8 | 0.596 | 1.15 | 7.8 |
| 1967 | 10.2 | 0.570 | 1.11 | 8.0 | 8.9 | 0.615 | 1.19 | 9.5 |
| 1968 | 10.5 | 0.668 | 1.30 | 7.8 | 10.1 | 0.621 | 1.20 | 9.4 |
| 1969 | 10.8 | 0.587 | 1.14 | 6.6 | 7.5 | 0.624 | 1.21 | 8.0 |
| 1970 | 11.0 | 0.659 | 1.28 | 8.0 | 10.2 | 0.630 | 1.22 | 9.8 |
| 1971 | 11.2 | 0.594 | 1.16 | 12.6 | 14.6 | 0.637 | 1.23 | 15.5 |
| 1972 | 11.7 | 0.510 | 0.99 | 7.3 | 7.2 | 0.643 | 1.24 | 9.1 |
| 1973 | 12.1 | 0.598 | 1.17 | 11.5 | 13.5 | 0.650 | 1.25 | 14.4 |
| 1974 | 12.0 | 0.671 | 1.31 | 17.6 | 23.1 | 0.657 | 1.27 | 22.4 |
| 1975 | 12.2 | 0.662 | 1.29 | 18.1 | 23.3 | 0.664 | 1.28 | 23.2 |
| 1976 | 12.4 | 0.699 | 1.36 | 19.7 | 26.8 | 0.678 | 1.31 | 25.8 |
| 1977 | 12.6 | 0.647 | 1.26 | 14.7 | 18.5 | 0.688 | 1.33 | 19.6 |
| 1978 | 12.6 | 0.736 | 1.43 | 23.6 | 33.7 | 0.689 | 1.33 | 31.4 |
| 1979 | 12.5 | 0.680 | 1.33 | 25.3 | 33.6 | 0.695 | 1.34 | 33.9 |
| 1980 | 12.3 | 0.680 | 1.33 | 25.2 | 33.5 | 0.706 | 1.36 | 34.3 |
| 1981 | 12.4 | 0.717 | 1.40 | 20.0 | 28.0 | 0.714 | 1.38 | 27.6 |

TABLE 7. Expected and observed numbers of sets with 0, 1, 2, 3, 4, ... tags from fish released off Costa Rica on four different days of 1979.**TABLA 7.** Número de lances esperados y observados con 0, 1, 2, 3, 4, ... marcas de peces liberados frente a Costa Rica en cuatro días diferentes en 1979.

| Date of release | Month of recapture | Sets | Fish | Tags | Sets with 0, 1, 2, 3, 4, ... tags | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------|-----------|--------|--------------------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----|
| | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | ... |
| Fecha de liberación | Mes de recaptura | Lances | Peces | Marcas | Lances con 0, 1, 2, 3, 4, ... marcas | | | | | |
| | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | ... |
| April 14 | May | 139 | 557,895 | 6 | exp. 133.38 obs. 133 | 5.26 6 | 0.33 | 0.02 | 0.00 | ... |
| | June | 315 | 2,474,810 | 61 | exp. 267.13 obs. 277 | 37.62 22 | 7.97 11 | 1.78 3 | 0.39 2 | ... |
| | July | 140 | 901,168 | 13 | exp. 128.34 obs. 129 | 10.45 9 | 1.09 2 | 0.11 | 0.01 | ... |
| | August | 266 | 1,825,680 | 9 | exp. 257.44 obs. 257 | 8.13 9 | 0.40 | 0.02 | 0.00 | ... |
| April 16 | May | 139 | 557,895 | 6 | exp. 133.38 obs. 133 | 5.26 6 | 0.33 | 0.02 | 0.00 | ... |
| | June | 315 | 2,474,810 | 53 | exp. 272.20 obs. 278 | 34.58 23 | 6.58 12 | 1.31 2 | 0.25 | ... |
| | July | 140 | 901,168 | 4 | exp. 136.14 obs. 136 | 3.73 4 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | ... |
| | August | 266 | 1,825,680 | 3 | exp. 263.05 obs. 263 | 2.90 3 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | ... |
| April 18 | May | 139 | 557,895 | 14 | exp. 126.90 obs. 129 | 10.47 8 | 1.39 1 | 0.20 1 | 0.03 | ... |
| | June | 315 | 2,474,810 | 29 | exp. 289.35 obs. 290 | 22.68 21 | 2.61 4 | 0.31 | 0.04 | ... |
| | July | 140 | 901,168 | 7 | exp. 133.41 obs. 134 | 6.21 5 | 0.36 1 | 0.02 | 0.00 | ... |
| | August | 266 | 1,825,680 | 7 | exp. 259.27 obs. 259 | 6.47 7 | 0.25 | 0.01 | 0.00 | ... |
| April 27 | May | 139 | 557,895 | 18 | exp. 124.01 obs. 135 | 12.50 3 | 2.04 | 0.36 | 0.06 | ... |
| | June | 315 | 2,474,810 | 15 | exp. 300.95 obs. 302 | 13.16 11 | 0.83 2 | 0.05 | 0.00 | ... |
| | July | 140 | 901,168 | 5 | exp. 135.21 obs. 135 | 4.59 5 | 0.19 | 0.01 | 0.00 | ... |
| | August | 266 | 1,825,680 | 6 | exp. 260.20 obs. 260 | 5.60 6 | 0.19 | 0.01 | 0.00 | ... |

* 1 set with 15 tagged fish

* 1 lance con 15 peces marcados

TABLE 8. Expected and observed numbers of sets with 0, 1, 2, 3, 4, ... tags from fish of four different tagging cruises.

TABLA 8. Número de lances esperados y observados con 0, 1, 2, 3, 4, ... marcas de peces de cuatro diferentes cruceros de marcado.

| Cruise | Month of release | Month of recapture | Sets | Fish | Tags | Sets with 0, 1, 2, 3, 4,... tags | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------|--------------------|--------|-----------|--------|----------------------------------|---------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | >8 | | | |
| Crucero | Mes de liberación | Mes de recaptura | Lances | Peces | Marcas | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | >8 | | | |
| 1070 | June 1973 | Jul. | 140 | 253,212 | 34 | exp. | 527.91 | 30.24 | 1.71 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | | obs. | 528 | 30 | 2 | | | | | | | | | | |
| | | Aug. | 120 | 243,243 | 14 | exp. | 466.37 | 13.25 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | | | | | obs. | 466 | 14 | | | | | | | | | | | |
| | | Sep. | 45 | 221,751 | 29 | exp. | 155.26 | 21.06 | 3.17 | 0.45 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | | | | obs. | 158 | 16 | 5 | 1 | | | | | | | | | | |
| | | Oct. | 205 | 560,103 | 33 | exp. | 788.27 | 30.49 | 1.17 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 789 | 29 | 2 | | | | | | | | | | | |
| | | Nov. | 228 | 248,715 | 13 | exp. | 899.22 | 12.59 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 900 | 11 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 1079 | June 1976 | Jul. | 379 | 1,075,347 | 262 | exp. | 1681.27 | 176.43 | 28.79 | 6.26 | 1.55 | 0.39 | 0.10 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | | obs. | 1761 | 76 | 24 | 17 | 9 | 5 | 1 | 1 | | | 1 | | |
| | | Aug. | 31 | 95,250 | 17 | exp. | 109.51 | 12.33 | 1.82 | 0.27 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | | | | | obs. | 111 | 10 | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| | | Sep. | 505 | 1,110,313 | 123 | exp. | 2410.90 | 105.89 | 7.39 | 0.65 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 2427 | 76 | 20 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| | | Oct. | 528 | 1,531,358 | 57 | exp. | 2585.73 | 51.70 | 2.37 | 0.16 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 2594 | 37 | 7 | 2 | | | | | | | | | | |
| 1082 | October 1976 | Nov. | 243 | 498,886 | 228 | exp. | 799.55 | 133.10 | 28.14 | 7.47 | 2.29 | 0.78 | 0.28 | 0.09 | 0.03 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 902 | 36 | 9 | 11 | 2 | 4 | | | 1 | 1 | 6 | | | |
| 1084 | April 1979 | May | 139 | 557,895 | 44 | exp. | 517.67 | 33.49 | 4.09 | 0.60 | 0.09 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | | obs. | 530 | 23 | 1 | | 1 | | | | | | 1 | | |
| | | Jun. | 315 | 2,474,810 | 158 | exp. | 1129.63 | 108.04 | 17.99 | 3.45 | 0.68 | 0.13 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | | | | | obs. | 1147 | 77 | 29 | 5 | 2 | | | | | | | | |
| | | Jul. | 140 | 901,168 | 29 | exp. | 533.10 | 24.98 | 1.77 | 0.14 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 534 | 23 | 3 | | | | | | | | | | | |
| | | Aug. | 266 | 1,825,680 | 25 | exp. | 1039.96 | 23.10 | 0.89 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | | obs. | 1039 | 25 | | | | | | | | | | | | |

TABLE 9. Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan in 1980, 1981, and 1982, and 1983.**TABLA 9.** Liberaciones y recapturas del aleta azul marcado frente al Japón en 1980, 1981 y 1982, y 1983.

| Year class Generación | Area Zona | Gear Arte | Date Fecha | Number Cantidad | Recapture - Recaptura | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|------|--|
| | | | | | Release - Liberación | | 1980 | | 1981 | | 1982 | | 1983 | |
| | | | | | West. Oeste | East. Este | West. Oeste | East. Este | West. Oeste | East. Este | West. Oeste | East. Este | | |
| 1979 | Southern Kyushu | troll* | Jan.-Apr. 80 | 671 | 122 | 0 | 33 | 24 | 10 | 0 | 3 | 0 | | |
| | | trap** | May 80 | 33 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | Sea of Japan | trap | Jan.-Jul. 80 | 35 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1980 | Shikoku Island | troll | Aug.-Sep. 80 | 106 | 10 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1981 | Shikoku Island | troll | Jul.-Sep. 81 | 3,297 | - | - | 264 | 0 | 50 | 24 | 5 | 1 | | |
| 1982 | Shikoku Island | troll | Jul.-Aug. 82 | 237 | - | - | - | - | 24 | 0 | 5 | 0 | | |

* Troll - curricán

** Trap - trampa

TABLE 10. Characteristics of the different maturity stages of black skipjack ovaries.

TABLA 10. (Vease la página siguiente)

| Maturity Stage | | Gross morphology ova size GSI | Histological |
|----------------|-------------------------------------|---|--|
| I. | Immature | Thin hollow tubes; ova size range from 0.03 to 0.13 mm in diameter; GSI range: 0.13 to 0.38 | Densely staining cytoplasm, peripheral nucleoli in the nucleus, cytoplasm without prominent vacuoles |
| II. | Early maturing, recovering spent | Firm or flaccid, yellow or reddish; ova size up to 0.37mm in diameter; GSI range: 0.42 to 1.44 | Cytoplasmic vacuoles and yolk vesicles present (early vitellogenic stage) |
| III. | Late maturing | Firm, yellow, oocytes visible; ova size up to 0.67mm in diameter; GSI range: 1.38 to 4.26 | Thick zona radiata, densely staining yolk granules (late vitellogenic stage) |
| IV. | Ripe | Firm, yellow, speckled appearance, hylaine oocytes present; extensive vascularization; GSI range: 3.87 to 6.92 | Thin zona radiata, light staining yolk mass, hydrated oocytes have ameboid form |
| V. | Spent | Flaccid, bloodshot; ova size in completely spent fish up to 0.53mm in diameter; GSI range: 0.31 to 2.54 | Post ovulatory follicles, follicular epithelium with pycnotic nuclei |

TABLA 10. Características de los diferentes estados de madurez de los ovarios del barrilete negro.

| Estado de Madurez | | Morfología General Dimensión de los Ovulos IGS | Histología |
|-------------------|---------------------------------|--|---|
| I. | Inmaduro | Tubos delgados ahuecados; la dimensión de los óvulos fluctua de 0.03 a 0.13mm en diámetro; límites del IGS: 0.13 a 0.38 | Citoplasma profusamente teñido, nucléolo periférico en el núcleo, citoplasma sin vacuolas prominentes |
| II. | Inicial de maduración, Diapausa | Firmes o flácidos, amarillos o rojizos; dimensión de los óvulos hasta 0.37mm en diámetro; límites del IGS: 0.42 a 1.44 | Vacuolas citoplásmicas y vesículas de vitelo (estado inicial vitelogénico) |
| III. | Próximo a la ovulación | Firmes, amarillos, oocitos visibles; dimensión de los óvulos hasta 0.67mm en diámetro; límites del IGS: 1.38 a 4.26 | Zona radiada gruesa, gránulos de vitelo profusamente teñidos (último estado vitelogénico) |
| IV. | Maduro | Firmes, amarillos, apariencia moteada, oocitos hialinos presentes, vascularización extensa; dimensión de los óvulos hasta 1.05mm en diámetro; límites del IGS: 3.87 a 6.92 | Zona radiada delgada, masa vitelina algo teñida, los oocitos hidratados tienen forma de ameba |
| V. | Postdesove | Flácidos, ensangrentados; dimensión de los óvulos en peces después de la evacuación completa hasta 0.53mm en diámetro; límites del IGS: 0.31 a 2.54 | Folículos postovulatorios, epitelio folicular con núcleo picnótico |

TABLE 11. Summary statistics for data collected by technicians aboard purse seiners, 1979-1983.

TABLA 11. Véase página siguiente.

| Composition of school | Number of sets | Dolphin killed | Tons of tuna caught | Kill per set ¹ | Kill per ton ² | Tons per set |
|--|----------------|----------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| Pure spotted dolphin (<i>Stenella attenuata</i>) | 3109 | 4859 | 30917 | 1.56 | 0.157 | 9.94 |
| Pure eastern spinner dolphin (<i>S. longirostris</i>) | 37 | 138 | 153 | 3.73 | 0.902 | 4.14 |
| Pure whitebelly spinner dolphin (<i>S. longirostris</i>) | 11 | 761 | 115 | 69.18 | 6.617 | 10.45 |
| Pure spinner dolphin (all stocks, incl. unid. spin.) | 52 | 916 | 269 | 17.62 | 3.405 | 5.17 |
| Spotted/eastern spinner dolphins: total | 682 | 2294 | 7386 | 3.36 | 0.311 | 10.83 |
| : spotted dolphin | | 1201 | | 1.76 | 0.163 | |
| : eastern spinner dolphin | | 998 | | 1.46 | 0.135 | |
| : unidentified dolphin | | 91 | | | | |
| Spotted/whitebelly spinner dolphins: total | 1225 | 9278 | 18478 | 7.57 | 0.502 | 15.08 |
| : spotted dolphin | | 5280 | | 4.31 | 0.286 | |
| : whitebelly spinner dolphin | | 3788 | | 3.09 | 0.205 | |
| : unidentified dolphin | | 210 | | | | |
| Spotted/spinner dolphins (all stocks): total | 2187 | 12977 | 29318 | 5.93 | 0.443 | 13.41 |
| : spotted dolphin | | 7248 | | 3.31 | 0.247 | |
| : eastern spinner dolphin | | 1232 | | 0.56 | 0.042 | |
| : whitebelly spinner dolphin | | 4118 | | 1.88 | 0.140 | |
| : unidentified spinner dolphin | | 53 | | | | |
| : unidentified dolphin | | 311 | | | | |
| Pure common dolphin (<i>Delphinus delphis</i>) | 169 | 1543 | 1979 | 9.13 | 0.780 | 11.71 |
| Pure striped dolphin (<i>S. coeruleoalba</i>) | 12 | 74 | 57 | 6.17 | 1.298 | 4.75 |

¹ Kill per set in this case means the number of dolphins of a given species killed per set on that species.

² Kill per ton means the number of a given species killed per ton of tuna caught in sets on that species.

TABLA 11. Sumario de las estadísticas de los datos obtenidos por técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras, 1979-1983.

| | Número de lances | Delfines muertos | Tonelaje capturado de atún | Mortalidad por lance ¹ | Mortalidad por tonelada ² | Tonelada por lance |
|--|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Manchado puro | 3109 | 4859 | 30917 | 1.56 | 0.157 | 9.94 |
| Tornillo oriental puro | 37 | 138 | 153 | 3.73 | 0.902 | 4.14 |
| Tornillo panza blanca | 11 | 761 | 115 | 69.18 | 6.617 | 10.45 |
| Tornillo puro (todos, incl. tornillos no identificado) | 52 | 916 | 269 | 17.62 | 3.405 | 5.17 |
| Manchado/tornillo oriental: total | 682 | 2294 | 7386 | 3.36 | 0.311 | 10.83 |
| : manchado | | 1201 | | 1.76 | 0.163 | |
| : tornillo oriental | | 998 | | 1.46 | 0.135 | |
| : delfin no identificado | | 91 | | | | |
| Manchado/tornillo panza blanca: total | 1225 | 9278 | 18478 | 7.57 | 0.502 | 15.08 |
| : manchado | | 5280 | | 4.31 | 0.286 | |
| : tornillo panza blanca | | 3788 | | 3.09 | 0.205 | |
| : delfin no identificado | | 210 | | | | |
| Manchado/tornillo(todos): total | 2187 | 12977 | 29318 | 5.93 | 0.443 | 13.41 |
| : manchado | | 7248 | | 3.31 | 0.247 | |
| : tornillo oriental | | 1232 | | 0.56 | 0.042 | |
| : tornillo panza blanca | | 4118 | | 1.88 | 0.140 | |
| : tornillo no identificado | | 53 | | | | |
| : delfin no identificado | | 311 | | | | |
| Comun puro | 169 | 1543 | 1979 | 9.13 | 0.780 | 11.71 |
| Listado puro | 12 | 74 | 57 | 6.17 | 1.298 | 4.75 |

¹ Mortalidad por lance significa en este caso, el número de delfines de una determinada especie, muertos por lance sobre esa especie.

² Mortalidad por tonelada significa el número de delfines muertos por tonelada de atún capturada en lances sobre esa especie.

TABLE 12. Estimates of mortality for 1982, with standard errors in parentheses, for the kill-per-set estimator and the kill-per-ton estimator.

| Species grouping | US fleet | | Non-US fleets | | US + Non-US fleets | | All fleets unstratified | |
|-------------------------------|----------|---------|---------------|---------|--------------------|---------|-------------------------|---------|
| KILL-PER-SET ESTIMATOR | | | | | | | | |
| Offshore spotted | 15,728 | (2,174) | 4,177 | (2,619) | 19,905 | (3,404) | 21,559 | (3,183) |
| Eastern spinner | 1,924 | (747) | 485 | (298) | 2,409 | (804) | 2,630 | (1,070) |
| Whitebelly spinner | 4,003 | (907) | 439 | (246) | 4,442 | (940) | 5,312 | (1,304) |
| Unidentified spinner | 98 | (60) | 0 | - | 98 | (60) | 126 | (86) |
| Common | 417 | (189) | 115 | (126) | 532 | (227) | 573 | (272) |
| Striped | 475 | (424) | 127 | (120) | 602 | (441) | 651 | (606) |
| Others + unidentified | 622 | (243) | 173 | (129) | 795 | (275) | 855 | (348) |
| All species | 23,267 | (2,527) | 5,516 | (2,656) | 28,783 | (3,666) | 31,707 | (3,681) |
| KILL-PER-TON ESTIMATOR | | | | | | | | |
| Offshore spotted | 16,154 | (2,077) | 3,358 | (2,962) | 19,512 | (3,618) | 21,538 | (3,111) |
| Eastern Spinner | 1,976 | (769) | 390 | (298) | 2,366 | (825) | 2,628 | (1,101) |
| Whitebelly spinner | 4,112 | (923) | 353 | (296) | 4,465 | (969) | 5,307 | (1,334) |
| Unidentified spinner | 100 | (62) | 0 | - | 100 | (62) | 126 | (88) |
| Common | 429 | (198) | 93 | (132) | 522 | (238) | 573 | (285) |
| Striped | 488 | (429) | 102 | (97) | 590 | (440) | 650 | (613) |
| Others + unidentified | 639 | (244) | 139 | (145) | 778 | (284) | 854 | (352) |
| All species | 23,898 | (2,458) | 4,434 | (3,000) | 28,332 | (3,878) | 31,676 | (3,641) |

TABLA 12. Estimaciones de la mortalidad en 1982, con los errores normales entre paréntesis, referentes al estimador de la mortalidad por lance y al estimador de la mortalidad por tonelada.

| Agrupación de especies | Flota EEUU | | Otras flotas | | Flotas EEUU + otras | | Todas las flotas sin estratificar | |
|--|------------|---------|--------------|---------|---------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| ESTIMADOR DE LA MORTALIDAD POR LANCE | | | | | | | | |
| Manchado de altura | 15,728 | (2,174) | 4,177 | (2,619) | 19,905 | (3,404) | 21,559 | (3,183) |
| Tornillo oriental | 1,924 | (747) | 485 | (298) | 2,409 | (804) | 2,630 | (1,070) |
| Tornillo panza blanca | 4,003 | (907) | 439 | (246) | 4,442 | (940) | 5,312 | (1,304) |
| Tornillo sin identificar | 98 | (60) | 0 | - | 98 | (60) | 126 | (86) |
| Común | 417 | (189) | 115 | (126) | 532 | (227) | 573 | (272) |
| Listado | 475 | (424) | 127 | (120) | 602 | (441) | 651 | (606) |
| Otros + sin identificar | 622 | (243) | 173 | (129) | 795 | (275) | 855 | (348) |
| Todas las especies | 23,267 | (2,527) | 5,516 | (2,656) | 28,783 | (3,666) | 31,707 | (3,681) |
| ESTIMADOR DE LA MORTALIDAD POR TONELADA | | | | | | | | |
| Manchado de altura | 16,154 | (2,077) | 3,358 | (2,962) | 19,512 | (3,618) | 21,538 | (3,111) |
| Tornillo oriental | 1,976 | (769) | 390 | (298) | 2,366 | (825) | 2,628 | (1,101) |
| Tornillo panza blanca | 4,112 | (923) | 353 | (296) | 4,465 | (969) | 5,307 | (1,334) |
| Tornillo sin identificar | 100 | (62) | 0 | - | 100 | (62) | 126 | (88) |
| Común | 429 | (198) | 93 | (132) | 522 | (238) | 573 | (285) |
| Listado | 488 | (429) | 102 | (97) | 590 | (440) | 650 | (613) |
| Otros + sin identificar | 639 | (244) | 139 | (145) | 778 | (284) | 854 | (352) |
| Todas las especies | 23,898 | (2,458) | 4,434 | (3,000) | 28,332 | (3,878) | 31,676 | (3,641) |

TABLE 13. Estimates of mortality, calculated using the kill-per-set ratio estimator. S.D. and C.V. are the standard deviation and the coefficient of variation, respectively.

TABLA 13. Véase página siguiente.

| <i>Dolphins</i> | U.S. | | | Non-US | | | U.S. + Non-US | | |
|-----------------------|-----------|------|-------|-----------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | Mortality | S.D. | C.V. | Mortality | S.D. | C.V. | Mortality | S.D. | C.V. |
| Offshore spotted | 30459 | 2237 | 0.073 | 32069 | 12642 | 0.394 | 62528 | 12838 | 0.205 |
| Eastern spinner | 3362 | 404 | 0.120 | 1805 | 1283 | 0.711 | 5167 | 1345 | 0.260 |
| Whitebelly spinner | 8860 | 1128 | 0.127 | 10209 | 5625 | 0.551 | 19069 | 5737 | 0.301 |
| Unidentified spinner | 401 | 103 | 0.257 | 773 | 645 | 0.834 | 1174 | 653 | 0.556 |
| Common | 6460 | 1108 | 0.172 | 10002 | 5391 | 0.539 | 16462 | 5504 | 0.334 |
| Striped | 389 | 73 | 0.188 | 877 | 505 | 0.576 | 1266 | 510 | 0.403 |
| Others & unidentified | 979 | 172 | 0.176 | 1805 | 1238 | 0.686 | 2784 | 1250 | 0.449 |
| All dolphins | 50910 | 2777 | 0.055 | 57539 | 14980 | 0.260 | 108449 | 15235 | 0.140 |

Estimates of mortality, calculated using the kill-per-ton ratio estimator.

| <i>Dolphins</i> | U.S. | | | Non-US | | | U.S. + Non-US | | |
|-----------------------|-----------|------|-------|-----------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | Mortality | S.D. | C.V. | Mortality | S.D. | C.V. | Mortality | S.D. | C.V. |
| Offshore spotted | 31719 | 2069 | 0.065 | 23142 | 9545 | 0.412 | 54861 | 9767 | 0.178 |
| Eastern spinner | 3501 | 412 | 0.118 | 1302 | 1421 | 1.091 | 4803 | 1480 | 0.308 |
| Whitebelly spinner | 9227 | 1094 | 0.119 | 7367 | 5343 | 0.725 | 16594 | 5454 | 0.329 |
| Unidentified spinner | 417 | 104 | 0.249 | 558 | 698 | 1.725 | 975 | 706 | 0.724 |
| Common | 6727 | 1111 | 0.165 | 7218 | 6089 | 0.844 | 13945 | 6190 | 0.444 |
| Striped | 405 | 74 | 0.183 | 633 | 540 | 0.853 | 1038 | 545 | 0.525 |
| Others & Unidentified | 1020 | 170 | 0.167 | 1302 | 1306 | 1.003 | 2322 | 1317 | 0.567 |
| All dolphins | 53015 | 2632 | 0.050 | 41521 | 12697 | 0.306 | 94536 | 12967 | 0.137 |

TABLA 13. Estimaciones de la mortalidad calculadas usando el estimador de la mortalidad por lance. D.S. y C.V. corresponden a la desviación normal y al coeficiente de variación respectivamente.

| <i>Agrupación de especies</i> | Flota EEUU | | | Otras flotas | | | Flota EEUU y Otras | | |
|-------------------------------|------------|------|-------|--------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | Mortalidad | D.S. | C.V. | Mortalidad | D.S. | C.V. | Mortalidad | D.S. | C.V. |
| Manchado de altura | 30459 | 2237 | 0.073 | 32069 | 12642 | 0.394 | 62528 | 12838 | 0.205 |
| Tornillo oriental | 3362 | 404 | 0.120 | 1805 | 1283 | 0.711 | 5167 | 1345 | 0.260 |
| Tornillo panza blanca | 8860 | 1128 | 0.127 | 10209 | 5625 | 0.551 | 19069 | 5737 | 0.301 |
| Tornillo sin identificar | 401 | 103 | 0.257 | 773 | 645 | 0.834 | 1174 | 653 | 0.556 |
| Común | 6460 | 1108 | 0.172 | 10002 | 5391 | 0.539 | 16462 | 5504 | 0.334 |
| Listado | 389 | 73 | 0.188 | 877 | 505 | 0.576 | 1266 | 510 | 0.403 |
| Otros + sin identificar | 979 | 172 | 0.176 | 1805 | 1238 | 0.686 | 2784 | 1250 | 0.449 |
| Total | 50910 | 2777 | 0.055 | 57539 | 14980 | 0.260 | 108449 | 15235 | 0.140 |

Estimaciones de la mortalidad calculadas usando el estimador de la mortalidad por tonelada.

| <i>Agrupación de especies</i> | Flota EEUU | | | Otras flotas | | | Flota EEUU y Otras | | |
|-------------------------------|------------|------|-------|--------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | Mortalidad | D.S. | C.V. | Mortalidad | D.S. | C.V. | Mortalidad | D.S. | C.V. |
| Manchado de altura | 31719 | 2069 | 0.065 | 23142 | 9545 | 0.412 | 54861 | 9767 | 0.178 |
| Tornillo oriental | 3501 | 412 | 0.118 | 1302 | 1421 | 1.091 | 4803 | 1480 | 0.308 |
| Tornillo panza blanca | 9227 | 1094 | 0.119 | 7367 | 5343 | 0.725 | 16594 | 5454 | 0.329 |
| Tornillo sin identificar | 417 | 104 | 0.249 | 558 | 698 | 1.725 | 975 | 706 | 0.724 |
| Común | 6727 | 1111 | 0.165 | 7218 | 6089 | 0.844 | 13945 | 6190 | 0.444 |
| Listado | 405 | 74 | 0.183 | 633 | 540 | 0.853 | 1038 | 545 | 0.525 |
| Otros + sin identificar | 1020 | 170 | 0.167 | 1302 | 1306 | 1.003 | 2322 | 1317 | 0.567 |
| Total | 53015 | 2632 | 0.050 | 41521 | 12697 | 0.306 | 94536 | 12967 | 0.137 |

TABLE 14. Estimates of density of schools, mean school size, and numbers of dolphins (standard errors in parentheses) for areas A1 and A2 and a combined estimate for eastern spinner dolphins in 1982. The A1 and A2 estimate is weighted by the sizes of the areas. A1 is 994,255 square nm and A2 is 1,249,164 square nm.

| Area/Data | Density of schools per 1000 square nm | Mean school size | Number of dolphins in thousands |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| A1 | | | |
| Identified only | 0.316 (0.050) | 310 (30) | 98 (18) |
| Ident. and all unident. | 0.494 (0.071) | 328 (29) | 161 (27) |
| A2 | | | |
| Identified only | 0.184 (0.028) | 381 (48) | 88 (17) |
| Ident. and all unident. | 0.347 (0.036) | 336 (33) | 146 (22) |
| A1 & A2 | | | |
| Identified only | 0.242 (0.027) | - | 186 (25) |
| Ident. and all unident. | 0.412 (0.037) | - | 307 (35) |

TABLA 14. Estimaciones de la densidad de los cardúmenes, de la media de la magnitud de los cardúmenes y cantidades de delfines (error normal entre paréntesis) de las zonas A1 y A2, además de la combinación estimada en 1982, correspondiente al delfín tornillo oriental. La estimación de A1 y A2 ha sido ponderada por la magnitud de las zonas. A1 tiene 994,255 mn² y A2 tiene 1,249,164 mn².

| Datos/Zona | Densidad de los cardúmenes per 1000 mn ² | Media de la magnitud de los cardúmenes | Cantidades de delfines en millares |
|---------------------------|---|--|------------------------------------|
| A1 | | | |
| Solo identificados | 0.316 (0.050) | 310 (30) | 98 (18) |
| Ident. + todos sin ident. | 0.494 (0.071) | 328 (29) | 161 (27) |
| A2 | | | |
| Solo identificados | 0.184 (0.028) | 381 (48) | 88 (17) |
| Ident. + todos sin ident. | 0.347 (0.036) | 336 (33) | 146 (22) |
| A1 y A2 | | | |
| Solo identificados | 0.242 (0.027) | - | 186 (25) |
| Ident. + todos sin ident. | 0.412 (0.037) | - | 307 (35) |

TABLE 15. Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967-1983. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs in short tons.

TABLA 15. Cuotas, capturas, y CPDF (clase 6 de cerqueros) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1967-1983. Las cuotas y las capturas se indican en miles de toneladas americanas, y las CPDF en toneladas americanas.

| Year | Quota | Inside CYRA | | Outside CYRA | | Total Catch |
|--------|-----------------|-------------|------|----------------------|------|---------------|
| | | Catch | CPDF | Catch | CPDF | |
| Año | Cuota | En el ARCAA | | Zona fuera del ARCAA | | Captura Total |
| | | Captura | CPDF | Captura | CPDF | |
| 1967 | 84.5 | 90.0 | ? | 0.0 | - | 90.0 |
| 1968 | 93 | 114.5 | 18.1 | 1.2 | - | 115.7 |
| 1969 | 120 | 126.9 | 17.8 | 19.2 | 20.4 | 146.1 |
| 1970 | 120 | 142.6 | 16.9 | 30.7 | 11.7 | 173.3 |
| 1971 | 140 + (2x10)* | 113.9 | 9.8 | 22.8 | 10.6 | 136.6 |
| 1972 | 120 + (2x10) | 152.5 | 17.0 | 44.8 | 12.5 | 197.3 |
| 1973 | 130 + (3x10) | 177.8 | 12.6 | 49.5 | 13.0 | 227.3 |
| 1974 | 175 + (2x10) | 191.6 | 9.7 | 41.0 | 10.2 | 232.6 |
| 1975 | 175 + (2x10) | 176.4 | 8.2 | 47.5 | 12.2 | 223.9 |
| 1976 | 175 + (2x10) | 210.7 | 9.2 | 50.7 | 12.7 | 261.4 |
| 1977 | 175 + (20 + 15) | 203.0 | 7.2 | 17.9 | 10.2 | 220.8 |
| 1978 | 175 + (20 + 15) | 183.4 | 6.6 | 16.0 | 9.7 | 199.4 |
| 1979 | 175 + (20 + 15) | 195.0 | 5.8 | 15.1 | 8.4 | 210.1 |
| 1980 | none | 147.4 | 4.6 | 29.4 | 8.9 | 176.8 |
| 1981 | none | 175.4 | 6.0 | 26.3 | 7.8 | 201.7 |
| 1982 | none | 119.1 | 4.8 | 19.8 | 8.8 | 138.9 |
| 1983** | none | 91.5 | 5.0 | 13.3 | 6.8 | 104.8 |

* “+(2x10)” indicates two increments of 10 thousand tons each to be added to the quota at the discretion of the Director of Investigations

* “+(2x10)” indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se han de agregar a la cuota a discreción del Director de Investigaciones

** Preliminary – preliminar

TABLE 16. Estimated numbers of fish, in thousands, of X and Y cohorts during the 1967 through 1983 seasons.

TABLA 16. Cantidades estimadas de peces, en millares, de las cohortes X e Y durante las temporadas 1967 a 1983.

| Season Temporada | Quarter Trimestre | Y | | | | | X + Y | X | | | |
|---------------------|----------------------|-----|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| | | IV | III | II | I | O | V + | IV | III | II | I |
| 1967 | 1 | 31 | 225 | 2263 | 10317 | 0 | 112 | 84 | 847 | 12159 | 17092 |
| | 2 | 23 | 119 | 1539 | 6697 | 0 | 112 | 59 | 399 | 8504 | 16424 |
| | 3 | 19 | 75 | 1169 | 4100 | 27666 | 112 | 48 | 161 | 6211 | 13104 |
| | 4 | 15 | 61 | 945 | 3080 | 22651 | 112 | 40 | 127 | 4919 | 10507 |
| 1968 | 1 | 50 | 704 | 2096 | 18357 | 0 | 54 | 104 | 3638 | 8264 | 23519 |
| | 2 | 33 | 482 | 1306 | 13054 | 0 | 54 | 61 | 2399 | 6132 | 19265 |
| | 3 | 24 | 360 | 943 | 8834 | 17483 | 54 | 33 | 1669 | 4574 | 15588 |
| | 4 | 20 | 292 | 739 | 6847 | 13787 | 54 | 27 | 1303 | 2814 | 12429 |
| 1969 | 1 | 218 | 539 | 5172 | 10880 | 0 | 47 | 908 | 2546 | 9927 | 18210 |
| | 2 | 152 | 340 | 3731 | 7390 | 0 | 47 | 550 | 1530 | 7535 | 14819 |
| | 3 | 124 | 240 | 2879 | 4925 | 18444 | 47 | 450 | 1064 | 5901 | 11714 |
| | 4 | 102 | 196 | 2247 | 3742 | 15100 | 47 | 369 | 879 | 4807 | 9221 |
| 1970 | 1 | 139 | 1758 | 2207 | 12018 | 0 | 150 | 653 | 3486 | 6271 | 18671 |
| | 2 | 90 | 1222 | 1120 | 8565 | 0 | 150 | 451 | 2380 | 3988 | 14593 |
| | 3 | 74 | 938 | 824 | 5998 | 20420 | 150 | 369 | 1832 | 3030 | 11522 |
| | 4 | 60 | 768 | 638 | 4626 | 16751 | 150 | 302 | 1544 | 2460 | 8862 |
| 1971 | 1 | 611 | 428 | 3315 | 13357 | 0 | 286 | 1179 | 1674 | 5950 | 25325 |
| | 2 | 500 | 270 | 2308 | 9564 | 0 | 286 | 914 | 938 | 3833 | 19501 |
| | 3 | 409 | 215 | 1788 | 7167 | 14141 | 286 | 743 | 630 | 2871 | 15676 |
| | 4 | 335 | 168 | 1424 | 5645 | 11575 | 286 | 620 | 498 | 2277 | 12457 |
| 1972 | 1 | 103 | 734 | 4055 | 8767 | 0 | 281 | 173 | 1448 | 9407 | 15196 |
| | 2 | 60 | 295 | 2894 | 5653 | 0 | 281 | 35 | 792 | 6355 | 12004 |
| | 3 | 49 | 204 | 2267 | 3786 | 23500 | 281 | 24 | 569 | 4473 | 9747 |
| | 4 | 40 | 166 | 1808 | 2819 | 19721 | 281 | 23 | 456 | 3515 | 7913 |
| 1973 | 1 | 88 | 955 | 1699 | 15081 | 0 | 197 | 242 | 2516 | 6346 | 18181 |
| | 2 | 39 | 356 | 959 | 7657 | 0 | 197 | 102 | 1674 | 4849 | 15616 |
| | 3 | 30 | 212 | 700 | 3319 | 50693 | 197 | 72 | 1225 | 3696 | 12615 |
| | 4 | 25 | 166 | 566 | 2415 | 41501 | 197 | 58 | 981 | 2858 | 10197 |
| 1974 | 1 | 98 | 334 | 1776 | 31458 | 0 | 150 | 703 | 1554 | 8022 | 32063 |
| | 2 | 56 | 176 | 1292 | 17491 | 0 | 150 | 502 | 738 | 6159 | 25713 |
| | 3 | 44 | 132 | 1036 | 9383 | 19758 | 150 | 406 | 544 | 4840 | 20337 |
| | 4 | 36 | 101 | 832 | 6827 | 15622 | 150 | 331 | 418 | 3795 | 15909 |
| 1975 | 1 | 53 | 586 | 4751 | 11921 | 0 | 72 | 255 | 2445 | 11460 | 23666 |
| | 2 | 17 | 381 | 3294 | 8526 | 0 | 72 | 135 | 1417 | 7711 | 18614 |
| | 3 | 8 | 282 | 2476 | 6196 | 22877 | 72 | 90 | 999 | 5562 | 14047 |
| | 4 | 7 | 228 | 1814 | 4822 | 17659 | 72 | 72 | 783 | 4267 | 10599 |

TABLE 16. Continued.

TABLA 16. Continuación.

| Season Temporada | Quarter Trimestre | Y | | | | | X + Y | X | | | |
|---------------------|----------------------|-----|------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|-------|
| | | IV | III | II | I | O | V + | IV | III | II | I |
| 1976 | 1 | 169 | 1090 | 3547 | 11801 | 0 | 88 | 565 | 3130 | 7466 | 18455 |
| | 2 | 117 | 581 | 2307 | 6362 | 0 | 88 | 377 | 2210 | 4393 | 14730 |
| | 3 | 96 | 365 | 1536 | 3515 | 20477 | 88 | 271 | 1645 | 2699 | 11535 |
| | 4 | 78 | 229 | 1121 | 2256 | 16371 | 88 | 194 | 1267 | 1994 | 8756 |
| 1977 | 1 | 114 | 714 | 1469 | 12075 | 0 | 100 | 936 | 1392 | 6469 | 18299 |
| | 2 | 64 | 362 | 965 | 7440 | 0 | 100 | 698 | 758 | 4186 | 14658 |
| | 3 | 46 | 151 | 611 | 4356 | 48662 | 100 | 533 | 351 | 2459 | 11305 |
| | 4 | 37 | 57 | 410 | 2664 | 36794 | 100 | 416 | 189 | 1531 | 8437 |
| 1978 | 1 | 24 | 269 | 1694 | 23860 | 0 | 86 | 124 | 987 | 6168 | 24689 |
| | 2 | 12 | 180 | 1207 | 12721 | 0 | 86 | 90 | 689 | 4444 | 16609 |
| | 3 | 8 | 125 | 903 | 6891 | 28056 | 86 | 63 | 512 | 3228 | 10465 |
| | 4 | 6 | 75 | 654 | 4506 | 20338 | 86 | 41 | 376 | 2376 | 6967 |
| 1979 | 1 | 38 | 430 | 2814 | 12619 | 0 | 100 | 244 | 1545 | 4538 | 30086 |
| | 2 | 21 | 282 | 1634 | 6870 | 0 | 100 | 156 | 900 | 3097 | 22425 |
| | 3 | 15 | 198 | 1066 | 3878 | 28137 | 100 | 114 | 592 | 2240 | 15228 |
| | 4 | 12 | 145 | 720 | 2375 | 19525 | 100 | 91 | 401 | 1604 | 9821 |
| 1980 | 1 | 96 | 426 | 1450 | 12768 | 0 | 80 | 228 | 1029 | 6231 | 20513 |
| | 2 | 63 | 260 | 927 | 7204 | 0 | 80 | 139 | 665 | 3930 | 14467 |
| | 3 | 50 | 195 | 636 | 4124 | 33001 | 80 | 106 | 485 | 2695 | 9739 |
| | 4 | 40 | 142 | 424 | 2984 | 25743 | 80 | 82 | 363 | 2056 | 7082 |
| 1981 | 1 | 73 | 262 | 2074 | 18781 | 0 | 80 | 256 | 1524 | 5236 | 16678 |
| | 2 | 34 | 164 | 1395 | 12316 | 0 | 80 | 175 | 1110 | 3681 | 11964 |
| | 3 | 25 | 93 | 954 | 7368 | 21677 | 80 | 129 | 818 | 2574 | 8265 |
| | 4 | 20 | 45 | 616 | 4479 | 16430 | 80 | 98 | 584 | 1810 | 5125 |
| 1982 | 1 | 18 | 379 | 2817 | 11614 | 0 | 80 | 423 | 1080 | 3305 | 25862 |
| | 2 | 7 | 251 | 1861 | 7490 | 0 | 80 | 324 | 606 | 2560 | 19039 |
| | 3 | 5 | 176 | 1428 | 5077 | 21410 | 80 | 257 | 405 | 2002 | 13716 |
| | 4 | 4 | 112 | 1122 | 3984 | 15070 | 80 | 200 | 276 | 1561 | 10267 |
| 1983 | 1 | 57 | 841 | 3126 | 9913 | 0 | 90 | 167 | 1220 | 8103 | 25558 |
| | 2 | 33 | 643 | 2445 | 6019 | 0 | 90 | 108 | 968 | 6439 | 19223 |
| | 3 | 26 | 511 | 1851 | 3701 | 26093 | 90 | 81 | 766 | 5105 | 13880 |
| | 4 | 20 | 400 | 1333 | 2666 | 19991 | 90 | 57 | 600 | 3999 | 9998 |

TABLE 17. Estimated recruitment in thousands of fish of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined, for 1967-1983. The A estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first quarter in the fishery. The B estimates correspond to the average numbers of fish alive during the first quarter in the fishery. The latter are the same as the values used in Table 16.

TABLA 17. Reclutamiento estimado en millares de peces de las cohortes X e Y, y de las dos cohortes combinadas, desde 1967-1983. Las estimaciones de A corresponden a las cantidades de peces al comienzo del primer trimestre en la pesca. Las estimaciones de B corresponden al promedio de las cantidades de peces vivos durante el primer trimestre en la pesca. Estos últimos son iguales a los valores usados en la Tabla 16.

| | Year Año | Y | X | X + Y |
|----------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| A | Average Promedio | 28333 | 24418 | 52751 |
| B | 1967 | 15170 | 17092 | 32262 |
| | 1968 | 27666 | 23519 | 51185 |
| | 1969 | 17483 | 18210 | 35693 |
| | 1970 | 18444 | 18671 | 37115 |
| | 1971 | 20420 | 25325 | 45745 |
| | 1972 | 14141 | 15196 | 29337 |
| | 1973 | 23500 | 18181 | 41681 |
| | 1974 | 50693 | 32063 | 82756 |
| | 1975 | 19758 | 23666 | 43424 |
| | 1976 | 22877 | 18455 | 41332 |
| | 1977 | 20477 | 18299 | 38776 |
| | 1978 | 48662 | 24689 | 73351 |
| | 1979 | 28056 | 30086 | 58142 |
| | 1980 | 28137 | 20513 | 48650 |
| | 1981 | 33001 | 16678 | 49679 |
| | 1982 | 21677 | 25862 | 47539 |
| | 1983 | 21410 | 25558 | 46968 |
| | Average Promedio | 25387 | 21886 | 47273 |