

ISSN: 0074-1000

ANNUAL REPORT

of the

Inter-American Tropical Tuna Commission

1984

INFORME ANUAL

de la

Comision Interamericana Del Atun Tropical

La Jolla, California

1985

CONTENTS-INDICE

ENGLISH VERSION-VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION	7
COMMISSION MEETINGS	8
ADMINISTRATION	9
Budget.....	9
Financial statement.....	9
Inter-agency cooperation	13
Field offices.....	14
PUBLICATIONS AND REPORTS.....	15
THE FISHERY IN 1984.....	16
Résumé.....	16
Statistics of catches and landings.....	17
Recent developments in the Pacific-wide tuna fishery.....	19
The tuna fleets of the eastern Pacific Ocean.....	20
RESEARCH IN 1984.....	22
Abundance of tunas and success of fishing.....	22
Tuna biology.....	25
Tuna-dolphin investigations	45
Oceanography and tuna ecology	71
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1984 AND OUTLOOK FOR 1985	76
Yellowfin	76
Skipjack	92
Northern bluefin.....	97

VERSION EN ESPAÑOL-SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION	99
REUNIONES DE LA COMISION	100
ADMINISTRACION	101
Presupuesto	101
Declaración financiera.....	101
Colaboración entre entidades afines.....	105
Oficinas regionales.....	106
PUBLICACIONES E INFORMES.....	107
LA PESCA EN 1984.....	108
Resumen.....	108
Estadísticas de captura y desembarque	110
Ultimos acontecimientos en la pesca de atunes en todo el Pacífico	111
La flota atunera del Océano Pacífico oriental.....	113
INVESTIGACION EN 1984	115
Abundancia de atunes y resultados de pesca	115
Biología de los tunidos.....	119
Investigación atún-delfín.....	141
Oceanografía y ecología del atún	169
CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1984 Y PERSPECTIVAS PARA 1985	175
Atún aleta amarilla.....	175
Barrilete	193
Atún aleta azul	198
<hr/>	
APPENDIX I-APENDICE I	
STAFF-PERSONAL.....	199
APPENDIX II-APENDICE II	
FIGURES AND TABLES-FIGURAS Y TABLAS	203

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1984**

**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 1984**

COSTA RICA

Virgilio Aguiluz	1950-1965
José L. Cardona-Cooper	1950-1979
Victor Nigro	1950-1969
Fernando Flores B	1958-1977
Milton H. López G.	1965-1977
Eduardo Beeche T.	1969-1971
Francisco Terán Valls.....	1971-1977
Manuel Freer.....	1977-1979
Gabriela Myers	1977-1979
Rodolfo Sáenz O	1977-1979

UNITED STATES OF AMERICA

Lee F. Payne.....	1950-1961 ¹
Milton C. James	1950-1951
Gordon W. Sloan	1951-1957
John L. Kask	1952
John L. Farley.....	1953-1956
Arnie J. Suomela.....	1957-1959
Robert L. Jones.....	1958-1965 ²
Eugene D. Bennett.....	1950-1968 ³
J. L. McHugh	1960-1970
John G. Driscoll, Jr	1962-1975 ⁴
William H. Holmstrom	1966-1973
Donald P. Loker.....	1969-1976
William M. Terry.....	1970-1973 ⁵
Steven E. Schanes.....	1973-1974
Robert C. Macdonald.....	1973-
Wilvan G. Van Campen.....	1974-1976
Jack Gorby	1975-
Glen H. Copeland	1976-1977
Wymberley Coerr	1977-

MEXICO

Rodolfo Ramírez G	1964-1966
Mauro Cárdenas F.....	1964-1968
Héctor Chapa Saldaña.....	1964-1968
María Emilia Téllez B.....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L.....	1967-1970
Alejandro Cervantes D.....	1960-1978
Armin Zarur M	1968-1970
Arturo Díaz R	1970-1978
Joaquín Mercado F.....	1970-1977
Pedro Mercado S	1970-1975
Fernando Castro y Castro.....	1975-1977

FRANCE

Serge Garache.....	1973-1980
Robert Letaconnoux	1973-1983
René Thibaudau.....	1976-1977
Maurice Fourneyron	1980-

PANAMA

Miguel A. Corro	1953-1957
Domingo A. Díaz	1953-1957
Walter Myers, Jr.....	1953-1957
Juan L. de Obarrio.....	1958-1980
Richard Eisenmann	1958-1960
Gabriel Galindo	1958-1960
Harmodio Arias, Jr.....	1961-1962
Roberto Novoy	1961-1962
Carlos A. López Guevara.....	1962-1974
Dora de Lanzner	1963-1972
Camilo Quintero	1963-1972
Arquímedes Franqueza.....	1972-1974
Federico Humbert, Jr.....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen.....	1974-
Jaime Valdéz	1974-
Carlos Arellano L.....	1980-1983
Luis E. Rodríguez	1980-1984
Armando Martínez.....	1984-

CANADA

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

JAPAN

Tomonari Matsushita.....	1971-1973
Shoichi Masuda.....	1971-
Fumihiko Suzuki.....	1971-1972
Seiya Nishida.....	1972-1974
Kunio Yonezawa.....	1973-1979
Harunori Kaya.....	1974-1976
Michio Mizoguchi.....	1976-1977
Michihiko Junihiro	1979-1980
Tatsuo Saito	1979-1983
Toshio Isogai	1980-1983
Susumu Akiyama.....	1984-
Ryuichi Tanabe.....	1984-

NICARAGUA

Gilberto Bergman Padilla.....	1973-1980
Antonio Flores Arana.....	1973-1978
José B. Godoy.....	1976-1980
Octavio Gutierrez D.....	1977-1980
Jamil Urroz E	1977-

¹Deceased in service April 10, 1961

¹Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

²Deceased in service April 26, 1965

²Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

³Deceased in service December 18, 1968

³Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

⁴Deceased in service May 5, 1973

⁴Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

⁵Deceased in service October 16, 1975

⁵Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975

**ANNUAL REPORT OF THE
INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1984**

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, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984.

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 were to be (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations, 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 34th year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its annual report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Report series and in books, outside scientific journals and trade journals. By the end of 1984 the Commission's staff had published 120 bulletins, 4 special reports, 238 articles in books and outside journals, and 33 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 16, 17, and 18, the Commission held its 42nd meeting in La Jolla, California. Mr. Henry R. Beasley of the U.S. served as Chairman. Representatives of all five member governments attended the meeting, as did observers from Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Mexico, the Republic of China, Venezuela, 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 1984 Fishing Year
6. Condition of the Yellowfin Stock and Recommendations for 1985
7. Recommended Research Program and Budget for 1986-1987
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 174,000 short tons for the 1985 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 had 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 1985:5

Recognizing that there is a need for a conservation program to prevent the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean from being reduced below a level which would ensure 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 1985, there should be established an annual quota

on the total catch of yellowfin tuna for the 1985 calendar year of 174,000 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 should be authorized to increase this limit by no more than two successive increments if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, the first increment shall be for 20,000 tons and the second increase shall be for 10,000 tons, and

Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1985.

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$3,149,400 for fiscal year 1986/1987.

(3) The Commission agreed to hold its next regular meeting in Tokyo, Japan, on October 15-17, 1985.

(4) The Commission elected Mr. Kyuichi Tanabe of Japan and Mr. Jamil Urroz of Nicaragua as Chairman and Secretary, respectively, of the Commission for 1985.

ADMINISTRATION

BUDGET

At its 39th meeting, held in Paris, France, on October 19 to 21, 1981, the Commission unanimously approved the budget for fiscal year 1983-1984, submitted by the Director of Investigations, in the amount of \$2,638,355. Subsequently the U.S. reduced its portion of the approved budget by \$184,520, which thus fixed the total budget at \$2,300,395, about 338 thousand dollars less than the amount which was recommended and approved.

FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1983-1984 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, 1984

Assets

Current assets

Cash	\$ 143,560
Certificates of deposit	-
Accounts receivable	66,509
Advances and deposits	36,841
	<hr/>
Total current assets	246,910

Real property, at cost

325,775

\$ 572,685

Liabilities and Fund Balances

Current liabilities:

Accounts payable	49,400
Accrued expenses	263,313
	<hr/>
Total current liabilities	312,713

Fund balance:

General fund (deficiency)	(65,803)
Real property fund	325,775
	<hr/>

Total fund balance

259,972

\$ 572,685

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
Statement of Changes in Financial Position
for the year ended September 30, 1984

Sources of working capital:	
Excess of revenues over expenses	81,807
	<hr/>
Increase in working capital	\$ 81,807
	<hr/> <hr/>
Uses of working capital:	
Deficiency of revenues over expenses	-
	<hr/>
Decrease in working capital	\$ -
	<hr/> <hr/>
Changes in components of working capital:	
Increase (decrease) in current assets:	
Cash	130,254
Certificates of deposit	(101,562)
Accounts receivable - contracts	18,247
Advances and deposits	11,384
	<hr/>
	58,323
	<hr/>
Increase (decrease) in current liabilities:	
Accounts payable	(38,400)
Accrued expenses	14,916
	<hr/>
	(23,484)
	<hr/>
Increase (decrease) in working capital	\$ 81,807
	<hr/> <hr/>

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
Statement of Revenue and Expenses
for the year ended September 30, 1984

Revenue:

Government contributions for joint expenses:	
United States of America	\$ 2,190,000
Canada	58,651
Japan	43,710
France	7,034
Panama	500
Nicaragua	-
	<hr/>
Total contributions	2,299,895
Contract revenue	138,078
Interest income	22,012
Other revenue	12,301
	<hr/>
Total revenue	2,472,286

Expenses:

Salaries	1,453,011
Employee benefits	339,572
Contract expense	101,607
Travel expense	142,845
Observer costs	23,216
Printing and postage	37,516
Legal and professional	19,070
Materials and supplies	175,283
Rent and utilities	50,219
Insurance and taxes	19,551
(Gain) loss on foreign currency translation	(621)
Tag rewards	96
Miscellaneous	29,114
	<hr/>
Total expenses	2,390,479
Excess (deficiency) of revenue over expenses	<hr/> \$ 81,807 <hr/>

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
Statement of Changes in Fund Balances
for the year ended September 30, 1984

	Unrestricted fund balance	Real property fund	Total
	-----	-----	-----
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	(147,610)	325,775	178,165
Excess of expenses over revenue	81,807	-	81,807
	-----	-----	-----
Balance (deficiency) at September 30, 1984	\$ (65,803)	325,775	259,972
	=====	=====	=====

INTER-AGENCY COOPERATION

During 1984 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 1984 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.

A meeting of international fishery experts convened by the Commission's Director of Investigations in January 1984 to consider tuna research to the year 2000 is a specific example of the Commission's role in inter-agency cooperation. The meeting, held in La Jolla, California, was convened because new demands have been placed on management of tuna resources by the rapid expansion of tuna fisheries into previously underexploited oceanic regions, the extension of national jurisdiction of fisheries by most coastal states, and the increase in effort in historic fisheries. The meeting participants discussed how research can respond most effectively to these changes, by identifying the critical problems to be dealt with over the next two decades. The experts drew particular attention to three areas of research which merit special attention: (1) movement and distribution of tunas; (2) periodic variation in hard-part constituents in relation to the study of age, stock heterogeneity, and transfer rates; and (3) genetic heterogeneity. These issues were judged to be of such importance to future management needs that the meeting convenor was asked to initiate action on each subject. The participants also discussed biological and fishery components of tuna resources, the species vital rates, behavior and physiology, and the desirable properties of models and data requirements. The recommendations of the meeting participants should prove to be beneficial to the management and research community in present and future planning.

FIELD OFFICES

In addition to its headquarters in La Jolla, California, the Commission maintains field offices and laboratories in several areas of Latin America with important tuna industries.

The Commission's newest and largest field laboratory is located on a 10-hectare (25-acre) site at Achotines Bay, just northwest of Cape Mala in western Panama. The Dirección General de Recursos Marinos of Panama's Ministerio de Comercio and the Governor of Los Santos Province of that country helped greatly in acquiring the property in 1983, clearing the land, and building a road to the site from the nearest highway. Four buildings have been constructed, a laboratory with outdoor and indoor tanks, a generator house with three 30-kw diesel generators, a combination dining hall and kitchen, and an apartment building with three one-bedroom units. The Commission obtained the generators, a tractor, a truck, an automobile, a small boat, and a great deal of other equipment and supplies as surplus property through the courtesy of the U.S. General Services Administration. The Achotines laboratory will be used principally for studies of the early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The Commission plans to enlarge

the laboratory facilities so that there will be adequate space for investigators from other agencies such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos, the University of Panama, etc.

Also, the Commission has two staff members in Panama City who 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 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.

An office with a permanent staff of two is maintained in Mayaguez, Puerto Rico. 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 in that port and in Ponce, the other principal tuna port in Puerto Rico. They also recover tuna tags and collect such other biological, statistical, and general fishing information as necessary.

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.

The Commission also maintains a field office in Terminal Island, California, with a permanent staff of two. They collect and compile catch and effort statistics and landings records, measure tunas, and obtain other scientific data on the fishery.

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 1984, one additional Bulletin was issued in this series in English and Spanish:

Allen, Robin and Richard Punsly. 1984. Catch rates as indices of abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean, Vol. 18, No. 4.

One additional Commission Internal Report was published in 1984:

Bayliff, William H. 1984. Migrations of yellowfin and skipjack tuna released in the central portion of the eastern Pacific Ocean, as determined by tagging experiments. No. 18.

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

Hammond, P.S. 1984. Dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern tropical Pacific, 1982. Rep. int. Whal. Commn, 34: 539-541.

Hammond, P.S. 1984. Abundance of killer whales in Antarctic Areas II, III, IV and V. Rep. int. Whal. Commn, 34: 543-547.

Mullen, Ashley. 1984. Autonomic tuning of a two predator, one prey system via commensalism. Mathematical Biosciences, 72: 71-81.

Schaefer, Kurt M. 1984. Swimming performance, body temperatures and gastric evacuation times of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. Copeia, 4: 1000-1005.

THE FISHERY IN 1984

RESUME

During 1984 vessels of 13 nations (Canada, the Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Japan, Mexico, Panama, Peru, Spain, the U.S.A., the U.S.S.R., 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. 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 subsequently agreed 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 the 38th, 39th, 40th, and 41st meetings, the IATTC staff recommended quotas of 160,000 short tons for 1981 and 1982, 170,000 tons for 1983, and 162,000 tons for 1984, with provisions to increase them at the discretion of the Director of Investigations. These quotas were approved, but not implemented. At the 42nd meeting, held in October 1984, the IATTC staff recommended a quota for 1985 of 174,000 tons, with provisions for increases. Again the quota was approved (see above resolution), but not implemented.

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.

From 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 116,362 tons. During 1984 this fleet captured 142,367 tons of yellowfin and 64,614 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 150W caught 18,185 tons of yellowfin and 2,144 tons of skipjack. Eighteen vessels which had participated in the CYRA fishery in 1984 also fished in the same year in the Atlantic Ocean and/or Caribbean Sea and caught 7,429 tons of yellowfin and 5,284 tons of skipjack there. Fourteen vessels which fished in the eastern Pacific in 1984 also fished in the same year in the western Pacific, where they caught 5,877 tons of yellowfin and 17,971 tons of skipjack.

The catch of yellowfin from the CYRA in 1984 was considerably greater than that of 1983, which was the lowest since 1967. This low 1983 catch was partly the result of heavy fishing during 1977-1981, which had reduced the stock size, but more importantly the result of much reduced fishing effort in 1983. The reduced catches in 1983 (and also 1982) allowed an increase to occur in the stock size, which resulted in the increased catches of 1984. The catch of skipjack in 1984 barely exceeded that of 1983, which was the lowest since 1973. The low catch of 1984 is believed to be mostly or entirely due to the fact that, because of low demand for skipjack, most of the vessels fishing in the eastern Pacific concentrated their effort on yellowfin.

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 1984 and Outlook for 1985*.

STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

Table 1 shows the yearly catches (1961-1984) of the various species of tunas and tuna-like fish, in four major tuna areas, captured by vessels which had fished at least part of the year for yellowfin, skipjack, or bluefin in the CYRA. (This table includes only catches by surface gear, except that longline catches of yellowfin in the CYRA are included.) The catch data for yellowfin, skipjack, and bluefin

in the CYRA are essentially complete except for insignificant amounts taken by some sport fishing vessels and artisanal fisheries, but the catch figures for these three species captured in the other three areas and the amounts of the other species in all four areas do not represent the total catches of these species. For example, the catch figures given in part B of Table 1 for the western Pacific and the Atlantic Ocean represent only part of the total catch of these species taken in these two areas because data for vessels which had not fished in the CYRA are not included.

The preliminary estimate of the yellowfin catch from the CYRA in 1984 of 142,367 tons is 51,616 tons above the 1983 CYRA catch and 3,166 tons below the average annual catch of the previous five years. The preliminary estimate of the 1984 skipjack catch from the CYRA is 64,614 tons, 9,321 tons above that recorded during 1983 and 45,622 tons below the average catch during the previous five years. The preliminary estimate of the combined yellowfin and skipjack catch from the CYRA in 1984 of 206,981 tons is 60,937 tons above the catch in 1983 and 48,789 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 150W in 1984 are 18,185 tons and 2,144 tons respectively, a combined total of 20,329 tons, which is 1,673 tons below the 1983 catch and 8,923 tons below the average annual catch for the previous five years. The catch of 282,060 tons of all species from all ocean fishing areas during 1984 (Table 1, part B) was 735 tons below that of 1983 and 58,875 tons below the average for the previous five years.

The catches during 1984 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 1983 as a base of comparison, and excluding changes of less than 500 tons, the following increases in catch are noted: Costa Rica (+272%), Ecuador (+42%), Mexico (+143%), Venezuela (+53%) and the U.S.A. (+14%). Catches by U.S.-flag vessels (and changes) include the catches of two class-6 seiners under charter to Ecuador and six class-6 seiners under charter to Venezuela. The following nations caught less than in 1983: Cayman Islands (-37%), Panama (-70%), and Peru (-92%). Vessels from Spain, and the USSR re-entered the CYRA tuna fishery in 1984. Vessels from Bermuda did not fish in the CYRA in 1984, although they did so in 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 1984 logged yellowfin catches made by purse seiners in the eastern Pacific Ocean is shown in Figure 2. During the year the catch distribution returned to a more normal pattern following the termination of the El Niño conditions which prevailed in the eastern Pacific from late 1982 through early 1984. The number of one degree areas which produced 500 or more

tons of logged yellowfin in 1984 is about 58, compared with 29 during 1983 and 32 in 1982.

The geographical distribution of the logged skipjack catch in 1984 is shown in Figure 3. The skipjack catch was low in the central and northern portions of the CYRA and west of the CYRA. The major skipjack catch area was near-shore between the equator and about 8°N.

RECENT DEVELOPMENTS IN THE PACIFIC-WIDE TUNA FISHERY

During the 1960's and 1970's the demand for tuna increased considerably, and it was not possible to meet this demand from existing populations of yellowfin, albacore, bigeye, and bluefin, most of which were already heavily exploited. Accordingly, persons interested in increasing the catches of tunas directed their attention mostly toward skipjack. Since the largest supply of skipjack is believed to be in the western Pacific, this region received increasing attention.

The thermocline is normally much deeper in the western Pacific than in the eastern Pacific or eastern Atlantic, where most of the purse seining for tropical tunas occurred during the 1960's and 1970's. This makes purse seining more difficult, but techniques have been developed to increase the success of fishing in such conditions. The development of these techniques, combined with estimates of a very large resource of skipjack in the western Pacific and reduced catches per unit of effort (CPUEs) of yellowfin in the eastern Pacific during the late 1970's and early 1980's, induced many purse seiners to transfer their operations from the eastern to the western Pacific. Large numbers of vessels which had never fished in the eastern Pacific also began to fish in this area. In 1982 there were 29 purse seiners in the western Pacific which had previously fished in the eastern Pacific, and in 1983 this number rose to 62. In those two years the average CPUEs of yellowfin and skipjack combined in the western Pacific were approximately twice as great as those in the eastern Pacific.

The exodus of vessels from the eastern Pacific in the early 1980's resulted in catches of yellowfin much less than the average maximum sustainable yield, estimated to be about 152 to 175 thousand tons, depending on the model used. This permitted the population of yellowfin to increase in the eastern Pacific, which in turn resulted in CPUEs which increased by about 70 percent in 1984 relative to 1982. The average catch per day's absence of yellowfin plus skipjack in the eastern Pacific by vessels over 1,000 short tons capacity for 1984 was approximately 44 percent greater than the corresponding figure for 1983, which has induced some vessels to return to the eastern Pacific.

The condition of the yellowfin resource in the eastern Pacific, as estimated from catch and effort and size composition data, has corresponded remarkably well to what has been predicted from mathematical models used to describe the fishery. The population was diminished by overfishing in the early 1960's and then recovered when effort was diverted offshore during the mid-1960's. The conservation program which was initiated in 1966 encouraged fishing offshore

and maintained the abundance of fish inshore at an optimum level. This program ceased after 1979, and the abundance of yellowfin decreased, contributing to the exodus of vessels to the western Pacific in the early 1980's. The recent increase in abundance of yellowfin, due at least partly to diversion of effort from the eastern to the western Pacific during the early 1980's, is reminiscent of the increase in apparent abundance of that species in the eastern Pacific during the mid 1960's, which was largely due to diversion of effort from the inshore portion to the offshore portion of the eastern Pacific. The developments with regard to the status of yellowfin in the eastern Pacific during the next 2 or 3 years should provide unusually large amounts of information regarding the effect of fishing on yellowfin in the eastern Pacific.

In addition, anomalous oceanic conditions apparently reduced the vulnerability of yellowfin and skipjack to capture in the eastern Pacific in 1982 and 1983, which reduced the CPUE, which in turn resulted in reduced effort and catches. The thermocline, which is generally shallow in the eastern Pacific, deepened during those two years as a result of the same forces which caused the El Niño condition at that time. Earlier studies have demonstrated that when the thermocline deepens fishing success decreases. The observed thermocline depth during 1981-1983 and the long-term mean thermocline depth are shown in Panel A of Figure 4. A sharp increase in depth is evident during the 1982-1983 El Niño. This corresponds to the period when many vessels left the eastern Pacific for the western Pacific. By the end of 1983 the thermocline depth had returned to normal in the eastern Pacific. The catch rates of yellowfin and skipjack have increased substantially during 1984. Although there are less environmental data available for the western Pacific, the situation appears to be the opposite there. The thermocline in the western Pacific is normally deep, but during the 1982-1983 El Niño it came nearer to the surface (Figure 4, Panel B), and the increased fishing success in the western Pacific coincided with this shoaling. The relative fishing successes for yellowfin and skipjack combined in the two areas, calibrated to unity during 1982, are shown in Figure 5. The apparent relationship between the thermocline topography and fishing success in the two areas is high; however, one must be cautious about assuming a cause and effect relationship, especially for the western Pacific. It is also emphasized that the data used to index the thermocline depths actually represent only small portions of the fishing areas of the eastern and western Pacific. The IATTC staff will continue to monitor developments in the two areas.

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 the carrying capacity of the international surface-gear fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1984 and the change in capacity from the previous year are shown in Table 3.

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 138,611 tons. During 1977 through 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 the 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. In 1984 the fleet lost an additional 25,000 tons. The fleet capacity in 1984, 116,362 tons, is the lowest it has been since 1971. However, the decline in capacity appears to be abating. In 1984 several seiners which had fished in the western Pacific returned to fish in the eastern Pacific.

The number and carrying capacity of the vessels which comprised the 1984 eastern Pacific tuna surface-gear fleet are shown in Table 4 by flag, gear, and size class. In terms of capacity the 1984 fleet was composed of 97.2 percent purse seiners, 2.6 percent baitboats, and 0.2 percent jigboats. In terms of number of vessels, purse seiners made up 77.1 percent, baitboats 18.7 percent, and jigboats 4.2 percent of the fleet.

During 1984 vessels of 12 nations or dependencies participated in the eastern Pacific surface-gear fishery (the 10 in Table 4 plus Colombia and Peru, which had catches by vessels for which the Commission did not obtain records). In 1983 Bermuda had one vessel in the fleet that was inactive in 1984. In 1984 Spain and the USSR each had one vessel in the fleet, whereas neither nation had participated in the fishery in 1983. Of the countries which had vessels in the fishery in both 1983 and 1984, the fleets of the Cayman Islands, Costa Rica, Mexico, and Venezuela gained and the fleets of Ecuador, Panama, and the U.S.A. lost capacity in 1984. The total fleet had a net loss of 57 vessels and 25,317 tons of carrying capacity in 1984. The U.S. fleet suffered the greatest loss in capacity, about 31,500 tons, or 24 class-6 purse seiners. Nearly three quarters of these vessels left to fish in the western Pacific and the rest were inactive in 1984. The only other nation to lose a substantial amount of capacity was Panama, which lost about 3,600 tons to the western Pacific. The fleet of Venezuela gained the most capacity, about 4,700 tons. During 1984 the following changes were recorded for CYRA class-6 seiners: 8 inactive seiners (7,275 tons capacity) re-entered the fleet, 6 seiners (7,371 tons capacity) joined the fleet for the first time, 6 seiners (6,189 tons capacity)

that had fished during 1983 were inactive, 30 seiners (37,310 tons capacity) entered the western Pacific fleet, and 6 seiners (7,936 tons capacity) re-entered the CYRA fleet from the western Pacific or Atlantic fleets.

RESEARCH IN 1984

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 class-6 units, during 1960-1984 are shown in Figure 6 for yellowfin in the CYRA (upper panel) and skipjack in the Pacific Ocean east of 150°W (lower panel). The values for 1984 are preliminary.

Yellowfin CPSDF

Until 1966 there was no restriction on the 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 highest 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. It remained at about the same level in 1963. 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 a sharp decline occurred in 1971 when the index fell to approximately the level of 1966. In 1972 the CPSDF increased sharply to about the level of 1970. After 1972, however, the CPSDF began to decline sharply again, and this decline continued, except for a small increase in 1976, until 1980 at which time the index was about one quarter of what it had been in 1972. During 1981-1983 the CPSDF was fairly

stable. In 1984, however, there was a sharp increase. The preliminary value for 1984 is the highest since 1976, but is approximately half that of 1972.

Skipjack CPSDF

The CPSDF for skipjack has not demonstrated any long-term trends. The index was highest 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 has been fairly constant since 1979. There was a slight decline in 1983 but the preliminary value for 1984 is about the same as the 1982 value.

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 total catch in all fishing areas divided by the total tons of carrying capacity. 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 tons; class 8, 801-1000 tons, class 9, 1001-1200 tons; class 10, 1,201 tons and above.

The CPTCC for 1974-1984 is shown in Table 5 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 1984 are preliminary.

During 1974-1980 the yellowfin CPTCC, for all size classes combined, declined from 1.65 to 0.96. In 1981 it increased to 1.22 but then declined in 1982 to about the 1980 level and remained there in 1983. The preliminary value for 1984 is 1.52, the highest value since 1976. During the 1974-1984 period the skipjack CPTCC, for all size classes combined, has ranged from a low of 0.55 in 1977 to a high of 1.11 in 1978. The preliminary value for 1984 is 0.76. Between 1976 and 1982 the CPTCC for all species and all size classes combined declined from 2.58 to 1.65. In 1983 it increased to 1.89, and the preliminary value for 1984, 2.39, is the highest since 1976. In 1984 the CPTCC for all species combined was highest for class 4 (5.96) and lowest for class 10 (1.57).

Standardization of yellowfin catch rates

IATTC Bulletin 18(4) describes an alternative to catch per 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. 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 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 "schoolfish and floating object (log)." Recently, it was found that by adding two additional factors, the effects of skipjack and latitude, more of the variation in yellowfin catch rate could be explained. More recently, the data for the model were extracted in such a way that differences between schoolfish and log sets could be examined.

Log sets produce, on the average, fewer tons of yellowfin than do schoolfish sets. In addition, the average searching times preceding log sets are greater than those for schoolfish sets. Consequently, the catch rate (tons per hour of searching) is lower for log sets than for schoolfish sets. Since the proportion of log sets differs greatly among years, catch rate indices of abundance need to be adjusted so that an increase in log fishing can be distinguished from a decrease in abundance and vice versa.

Two approaches were used to standardize catch rates by set type (school, log, or dolphin). In the first approach catch rates in each 5-degree area-month stratum were standardized by the proportion of the catch from each set type. In the second approach searches and catches beginning or ending with log sets were excluded from the analysis. Since both methods gave identical results, the second was chosen for simplicity.

After log fishing was removed each fishing trip in each 5-degree-area-month stratum was treated as an individual observation and the fishing mode was determined in the following way: 5-degree-area-month strata were classified as "dolphin strata" if 2/3 or more of the catch of yellowfin and skipjack came from dolphin-associated schools, or "school" strata if 2/3 or more of the catch came from schools not associated with dolphins. Area-month strata for which neither type of fishing predominated were not common enough to be useful in the model.

The fishing modes of vessels in school strata were further classified into one of two categories according to whether the vessel caught any skipjack in the 5-degree-area-month stratum. The three fishing modes in this model are 1) "dolphin mode" when vessels fished in dolphin strata, 2) "pure yellowfin school mode" when vessels fished in school strata and caught no skipjack, and 3) "yellowfin and skipjack school mode" when vessels fished in school strata and caught skipjack.

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 ($\alpha = 0.01$) interactions with latitude were fishing mode and sea-surface temperature, the latter being the more 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 not significant.

When the effects of skipjack and latitude on yellowfin catch rates were added to the model the following previously significant factors 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. The factors having a significant ($\alpha = 0.01$) effect on the logarithm of yellowfin catch rates in the CYRA using data from 1970 to 1984 are shown in Table 6.

The catch rate index of abundance (Figure 7) shows a decline from 1970 to 1982, followed by a sharp increase in 1983 and 1984. The estimate for 1984 is the highest since 1976; however, this is provisional because the 1984 data are not yet complete. The rate of decline of yellowfin abundance from 1970 to 1982 is estimated to be more gradual by this model than by other catch rate indices which treat log sets the same as schoolfish sets. In this model logfishing catch and effort have been removed to remove the bias that arises from the fact that log fishing, which has a lower catch rate, has increased.

TUNA BIOLOGY

Population dynamics of yellowfin and skipjack

The data for yellowfin and skipjack tagged and released off Baja California and the Revillagigedo Islands during the 1950's and 1960's have been used for studies of migration (IATTC Bull., 5 (5) and 15 (1)) and mortality (IATTC Bull., 10 (1), 13 (1), and 15 (4); IATTC Internal Report, 10), and the data for all years have been used for studies of growth (IATTC Bull., 5 (5) and 13 (1) and investigations described in the IATTC annual reports for 1982 and 1983). A re-evaluation of the population dynamics of yellowfin and skipjack in these areas was recently begun, using data from two cruises conducted during 1962 and 1963 and four cruises conducted during 1975 and 1976.

The largest numbers of returns are from the skipjack tagged and released off Baja California on October 4-7, 1976. The data for these were subjected to detailed scrutiny to attempt to learn more about the behavior of the fish and how it affects the results. A special statistical report, summarizing the logged purse-seine catch and effort data by 1-degree area and day north of 20°N for the October-December 1976 period was prepared for this purpose. (It was not practical to prepare a similar one for the logged baitboat catch and effort data, as the baitboat data for different days are combined in the IATTC's computer records.) The recapture data for this period were divided into 5-day intervals and the areal distributions of the tagged fish recaptures by all gear and the purse-seine catches were plotted. The great majority of the recaptures and of the purse-seine catch and effort was concentrated close to the west coast of Baja California

between 24° and 29°N. No clear-cut shifts in the distributions of the tag recoveries or purse-seine effort with time were evident during the period in question. The baitboat catches were plotted by months in the same manner, with similar results. Since there was little interchange of fish between the area where tagging took place and other areas, it was decided to consider only tag return and catch and effort data for the area bounded by California, Baja California, and 110°W on the east, 20°N on the south, and 125°W on the west. This corresponds to Area 1 designated for length-frequency samples of tunas (IATTC annual report, 1981: Figure 30).

In studies of this nature it is usually assumed that the tagged and untagged fish in the study area behave in the same way. If such is the case the probability of being caught on any given day is the same for the tagged and untagged fish. Fluctuations in effort or vulnerability over time can occur, but they will affect the catches of tagged and untagged fish the same way. This assumption may not be fulfilled, however. For example, there might be two groups of fish, A and B, in the study area. Those of Group A might be especially vulnerable to capture during the period of tagging, and then become less vulnerable shortly thereafter, whereas those of Group B might be less vulnerable during the first period and more so during the second. If such is the case a bias would be introduced into the calculations.

Attrition of a group of tagged fish includes fishing and natural mortality, emigration, mortality due to carrying the tags, and losses of tags due to shedding. The total rate of attrition is estimated from calculations involving the relationship between recaptures of tagged fish and time. Recaptures of tagged fish are expressed as numbers of recaptures during various time intervals (IATTC Bull., 5 (5)), recaptures per unit of fishing effort during various time intervals (IATTC Bull., 10 (1), 13 (1), and 15 (4); IATTC Internal Rep., 8 and 10), or recaptures per unit of fish caught during various time intervals (South Pacif. Comm., Tuna and Billfish Assessment Programme, Tech. Rep., 8). The investigator does not need to be concerned with untagged fish when employing either of the first two methods. The results obtained by the first method are unbiased only if the fishing effort and the vulnerability of the tagged fish to recapture remain constant during the period of recapture of the tagged fish. For the second method it does not matter if the effort fluctuates, but the vulnerability of the tagged fish to recapture still must remain constant during the period of recapture. For the third method the investigator does not need to be concerned with fluctuations in the fishing effort or vulnerability of the fish to recapture, as neither will affect the estimates. However, this method uses the ratio of tagged to total fish in the catch, so he must be concerned with untagged fish as well as the tagged ones. Recruitment and immigration of untagged fish both reduce the tagged to total ratio in the study area. If either of these is below normal it will tend to cause a downward bias in the estimate of the rate of attrition, and if either is above normal the effect will be the opposite.

Data on the recaptures of skipjack from Cruise 1082 are listed in Table 7. The adjustments for effort were made by dividing the numbers of tag returns

by the unstandardized logged purse-seine effort for the periods in question, adjusted upward to compensate for baitboat effort and purse-seine effort for vessels for which usable logbook data were not obtained. The adjustments for catch were made similarly.

The coefficient of total attrition (Z''') was estimated for the October 7-December 15 period with both sets of adjusted data. The results were as follows:

Adjustment	Coefficient of total attrition		
	Per 5-day period	Per 70-day period (Z_p''')	Annual (Z_a''')
effort	0.218	3.06	15.94
catch	0.215	3.01	15.71

N_0 is the number of tagged fish remaining at the beginning of the October 7-December 15 period. It is equal to or less than 7,651, since 8,098 tagged fish were released and 447 of them were recaptured during the October 4-6 period, leaving not more than 7,651. N_0 was certainly less than 7,651, however, due to Type-1 mortality of the tagged fish ($1 - p$), Type-1 shedding of the tags ($1 - r$), and failure of the finders of the tagged fish to return the tags ($1 - b$). prb is obviously greater than 0.67, since 67 percent of the tags were returned and other fish must have been lost due to natural mortality and emigration. prb was estimated to range from 0.37 to 0.82 for experiments conducted with skipjack in the central and western Pacific (South Pacif. Comm., Tuna and Billfish Assessment Programme, Tech. Rep., 8), but it probably exceeds 0.8 for the experiments in question, due to better coverage by IATTC personnel of the fishing ports and processing centers which handle tunas caught in the eastern Pacific. prb was assigned values of 1.0, 0.9, and 0.8, resulting in equivalent values of 7,651, 6,886, and 6,121 for N_0 . The Murphy-Tomlinson method, described in IATTC Bull., 15 (4) and IATTC Internal Rep., 8 and 10, was used with these values of N_0 and various combinations of test values of the coefficients of fishing mortality (F_p) and all other forms of attrition (X_p') to find the combinations which give values of Z_p''' equal to those estimated above. The results were as follows:

Adjustment	N_0	X_p'	F_p	Z_p'''	X_a'	F_a	Z_a'''
effort	7,651	0.91	2.15	3.06	4.75	11.21	15.96
	6,886	0.69	2.37	3.06	3.60	12.36	15.96
	6,121	0.43	2.63	3.06	2.24	13.72	15.96
catch	7,651	0.90	2.11	3.01	4.69	11.00	15.69
	6,886	0.69	2.32	3.01	3.60	12.09	15.69
	6,121	0.43	2.58	3.01	2.24	13.45	15.69

For the sake of completeness, estimates of the annual coefficients of attrition are also given. These estimates would be valid only if the attrition throughout the year was the same as during the October 7-December 15, 1976, period. Such may be the case for X_a' , as the estimate of 2.76 given in IATTC Bull., 13 (1) is bracketed by the estimates made with prb values of 0.8 and 0.9. The estimates

of F_a derived from those for F_p are probably too high, however, as the record-high return rate of the tags from this experiment probably indicates that the vulnerability of the tagged fish to recapture was especially high during the period in question.

Studies of migration and geographic variation using trace element and isotope studies

The general objective of this program is to utilize variation in the chemistry of hard parts, such as spines and vertebrae, as a form of ecological record from which useful life history and population data are derived. Trace element patterns and relative concentrations of natural isotopes are used as a form of chemical fingerprint. The specific objective is to use observed differences in the chemical composition of vertebrae to determine the origin of bluefin tuna caught in the north Atlantic Ocean and Mediterranean Sea.

Details of the objectives of this program, source of funds, methodology, and preliminary results have been described in the Commission's annual reports for 1982 and 1983. Considerable progress has been made during 1984. Focus in the past and through most of 1984 has been on trace element studies. Juvenile and adult bluefin tuna taken in the western Atlantic, eastern Atlantic, and Mediterranean (Figure 8) were shipped to La Jolla, where several vertebrae near the tails were removed. The 35th vertebrae was cross sectioned and dried. Vertebrae were examined in much the same way one counts and studies the rings of trees. Vertebrae were cut so that the center area represented early growth and the outer edge was the most recent growth. Each vertebra was irradiated one or more times with a beam of protons and the chemical structure of the vertebra was characterized by an X-ray fluorescence spectrum. In the preliminary studies, a contiguous series of analyses was made, starting at the center and working out to the outer edge. With the majority of samples the 35th vertebra from each fish was irradiated three times. Each of the three analyses was located in the center of the vertebrae, in the region of the bone formed during the first year of life. Various multivariate statistical analyses were used, both to transform the data (factor analyses) and to compare spectra of fish from different geographic areas (discriminant function and cluster analyses).

A number of preliminary studies were carried out that provide the basis for the present study. Both geographic and seasonal differences in the chemical composition of the vertebrae of juvenile bluefin tuna were noted. Vertebrae from fish of ages 2, 3, and 4 from the western Atlantic (coast of Virginia), eastern Atlantic (Bay of Biscay), and Mediterranean (Gulf of Lion) were irradiated. The study demonstrated that juvenile bluefin tuna from the eastern and western Atlantic are easily identified, using forms of pattern analyses. The analyses of line scans across individual vertebrae from different geographic areas revealed seasonal variation, and also areas on the bone where geographic variation is more pronounced than seasonal variation. It was further demonstrated that temporal variation is cyclic, and evidence that such data can be used to obtain age and age specific growth rates has been presented.

The portion of the vertebrae nearest the center, that deposited during the first year, was found to exhibit consistent geographic variation. This was the target area chosen for studies of intermingling. Samples of both juveniles (schoolfish) and adults (giants) taken from areas illustrated in Figure 8 were irradiated in the center of the vertebrae as indicated. Prior to 1984, three sets of schoolfish were irradiated, one from the western Atlantic, one from the eastern Atlantic, and one from the Mediterranean. Three sets of giants were also irradiated. As with the younger fish, one set was obtained from the western Atlantic, one from the eastern Atlantic and one set was taken from the Mediterranean. The Mediterranean set was made up of fish collected in the Tyrrhenian and the Ionian Seas. During 1984, a second set of samples of adult bluefin tuna was obtained from the eastern Atlantic, western Atlantic, and Mediterranean. This was the first major task completed this year. Additional tasks include statistical analysis of all data collected on giants, evaluation of various hypotheses on stock structure using Monte Carlo simulation techniques, and development of independent techniques for estimating the amount of effective mixing.

Estimates of mixing derived from X-ray patterns

The estimates given in the IATTC annual report for 1983, based on the analyses of less than one third of the data, and of fish sampled during one time frame, were preliminary. The second major task undertaken in 1984 was to combine the three data sets from the same vertebra into one index of group membership and to use these indices to examine the occurrence and frequency with which bluefin originating on one side of the Atlantic are taken by fishermen on the opposite side of the Atlantic. Indices were obtained for individuals in each data set collected in the two different time frames. Combined estimates were obtained by first carrying out factor analyses on the three independent data sets taken from the same vertebrae. Factor scores were computed and those obtained from factors that accounted for a significant portion of the variation, i.e. those factors with eigenvalues greater than one, were combined into one data base. In this manner the original X-ray data were transformed into a smaller set of variables (factor scores) that contain data on the chemistry of the bone in a form that can be subjected to standard parametric multivariate statistical methods. The data were arranged into two categories, the western and eastern Atlantic (Mediterranean samples are included in the eastern Atlantic group), and discriminant functions were derived.

The first result of interest obtained is that significant and persistent differences in the chemical composition of vertebrae of fish from the eastern and western Atlantic were found when juveniles were compared, and when adult bluefin were compared using two different sets of fish. The second observation of interest comes from examining individual fish. Discriminant functions were used to compute the probability that each fish was a member of the eastern and the western Atlantic group. Most of the individuals were classified as belonging to the group corresponding to the area in which they were taken, but a significant number of individuals were classified as belonging to the group caught on the opposite side of the Atlantic as illustrated in Figures 9 and 10. As classifications

are based upon similarities in the chemical structure of that portion of the vertebrae deposited during the first year of life, one can conclude that those fish with chemical characteristics similar to fish from the opposite side are immigrants. The values given in Table 8 are based upon this hypothesis. These values include estimates of immigration for schoolfish and for giant bluefin collected in two different time frames. The results suggest that there is some trans-Atlantic movement of both juveniles and adults. Movement from east to west appears to be more frequent for both juveniles and adults. Differences in the two estimates of mixing for adults listed in Table 8 are due to two factors: (1) The fish were collected in different years, and (2) the second group was irradiated for a longer period to reduce uncertainty by better defining the elemental peaks. For that reason the results of the second evaluation may better reflect the level of immigration. The values obtained are best considered point estimates.

Evaluating the validity of mixing estimates

The estimates given in Table 8 are based on a number of statistical assumptions. A third task undertaken during 1984 was to test the validity of these assumptions using Monte Carlo techniques, which involves comparing the observed results with those obtained using randomized data. The techniques used to characterize the chemical composition of vertebrae from different geographic areas yield a relatively large amount of information. The data obtained by irradiating a 1-mm area is in the form of an array of 2,048 numbers (variables). These numbers range from 0 to 300,000, depending upon the abundance of specific chemical elements in the vertebrae. There is considerable redundancy in the data, as many different variables are influenced by the concentration of one chemical element. In statistical terms, many of the variables in the data set are correlated. Factor analysis is used primarily as a technique to reduce the data to a smaller number of uncorrelated variables and to generate new mathematical coordinates such that the axes are independent. Using this technique, it has become possible to extract from the original data all variables dealing with a specific chemical element, or sets of chemical elements that behave similarly, and to compare fish from different geographic areas using this smaller and more meaningful data set. Unfortunately, the number of variables is still large relative to the number of fish compared which can, at times, lead to faulty inferences. This potential problem area was studied by substituting random variables for the real data, and carrying out identical analyses on a large number of sets of random variates.

The first evaluation dealt with the inference that differences in the chemical composition of vertebrae of bluefin from different geographic regions are significantly different and recognizable. The real data were replaced by random variables and 50 multivariate analyses were carried out, each on a different set of random numbers. Given in Figure 11 are distributions of random F statistics and the observed F values calculated from the actual data. The three distributions in Figure 11 are from different forms of analyses carried out on the same data. Regardless of the manner in which the variables are chosen, it is extremely unlikely that the differences observed are due to chance alone. The observed F is many standard deviations from the mean of the random distribution. In biological terms,

there is little doubt that the chemical composition of vertebrae of adult bluefin from the eastern and western Atlantic are different.

The second evaluation dealt with the null hypothesis that those individuals classified as immigrants are individuals in the tails of two homogeneous populations that overlap, i.e., there is no mixing. To test this explanation, random numbers were scaled so that the averages matched the observed distribution of data. The statistical properties of the real data are the result of the factor transformation; the variables have a mean of zero and a standard deviation of 1. The observed means of each variable were found to differ, depending upon where the fish were collected. Random variables were scaled so that the means of the random simulated data corresponded to the observed data. The distribution of probabilities of each individual belonging to each group was obtained and the actual data compared with the data computed from the random numbers. This is illustrated in Figure 12. The distribution of the random data is symmetrical as expected; the real data are not symmetrical. There is obvious heterogeneity in the real data. The hypothesis that there are but two populations of bluefin tuna, one from the eastern and one from the western Atlantic with some small amount of overlap, is not an unrealistic assumption. Close examination of these data, however, suggests that in fact there may be more heterogeneity within areas. This is notable in the eastern Atlantic samples where there are two or more modes in the data.

Additional Monte Carlo simulations and tests of repeatability have been carried out. As indicated in previous IATTC annual reports, repeatability as measured by irradiating the same vertebra at the same and at different locations is excellent for the juveniles. However, there is some inconsistency with the adults, and this is the basis for irradiating the second set of adults for a longer period of time. The majority of samples give consistent results regardless of where the analyses are carried out on the vertebra and in what year the analyses were conducted. Analyses of a small portion of the adults gave variable results, particularly in that portion of the sample identified as immigrants. These variable results may be due to failure to irradiate the sample in the same location a second time, physical changes in the vertebrae caused by irradiation, heterogeneity in the data, or other factors. This area is currently being investigated. For the time being the estimates of immigration given in Table 8 are best considered upper limits.

Estimates of mixing derived from ratios of natural isotopes of oxygen

Work continues on yet another method of determining the origin of bluefin tuna taken by fishermen. It is essentially an extension of the trace element work, utilizing similar techniques and most of the same equipment. Different detectors are used to measure the relative concentration of two different isotopes of oxygen, mass 18, and mass 16. The ratio of these isotopes is not constant in bone, but varies with such factors as the temperature and salinity of the aquatic environment. Fish originating in the Mediterranean should be different than those originating in the Gulf of Mexico, as the Gulf water is warmer. The greatest differences are expected in that portion of the vertebrae formed in the winter of the first year of life. Differences in the ratios are expected to be about 3%. The experimental

problem encountered is devising a practical method of measuring ratios that differ by such a relatively small amount. A good deal of effort was devoted to developing and refining techniques. Once the techniques are able to yield reliable and sufficient data, a small number of samples used in the X-ray studies will be analyzed in order to confirm the findings given above.

Size composition of the 1984 catch

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, and black skipjack are collected from catches of purse seiners and baitboats by Commission personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, Peru, and U.S.A (California and Puerto Rico). 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 an integral part of the Commission's estimates of growth, mortality, yield per recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported in several bulletins and annual reports. By the end of 1984 the staff had collected and processed approximately 500 yellowfin and 320 skipjack length-frequency samples, each of about 50 fish, from the 1984 eastern Pacific Ocean purse-seine and baitboat catch. Additional samples from the 1984 catch will be collected in the early part of 1985 as vessels with fish caught in 1984 continue to be unloaded.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the CYRA for 1979-1984 are shown in Figure 13. The preliminary estimate of the average weight for 1984 is 23.4 pounds (10.6 kg). This is the highest average weight for the CYRA since 1977. The 1984 catch had lesser proportions of very small and very large fish than did the catches for 1979-1983.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for 1979-1984 are shown in Figure 14. As in previous years, the average weight of yellowfin for this area for 1984, 74.4 pounds (33.7 kg), is considerably higher than the average weight for the CYRA. The average weight for 1984 is the highest for this area since 1974 when it was 80.3 pounds (36.4 kg). The high average weight for 1984 was due to the reduced proportion of small fish in the catch. In 1984 3.1 percent of the catch, by weight, was less than 90 cm in length. During 1979-1983 the percentage of fish below 90 cm ranged from 6.2 (1981) to 8.9 (1982 and 1983).

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught by 1-cm intervals, based on logged catches, in the Pacific Ocean east of 150°W during 1979-1984 are shown in Figure 15. The preliminary estimate of the average weight for 1984 is 6.6 pounds (3.0 kg). This is the highest average weight since 1977.

Annual length-frequency distributions of bigeye sampled from the eastern Pacific Ocean surface fishery during 1979-1984 are shown in Figure 16. The surface catch of bigeye is much less than that of yellowfin or skipjack (see Table 1) and most of the catch and consequently most of the samples are taken between 5°N and 5°S in the first and last quarters of the year.

Age-group analyses of skipjack

In earlier investigations of age groups of skipjack from length-frequency measurements, the age groups were separated according to rates of linear growth because modal progressions had appeared to show linear growth within the range of sizes of fish in the catch. Previous investigations based on modal progressions yielded an estimate of linear growth of 17 cm/year. Later investigations based on tagging data, which are considered more reliable in skipjack growth studies, resulted in estimates of 17.2 cm/year for the area north of 15°N, and 33.0 cm/year for the area south of 15°N. The original age-group analyses based on 17 cm/year were therefore regarded as valid, and in addition analyses based on 32 cm/year, and on 24 cm/year, an intermediate value, were made. The latter value is regarded as the most appropriate for the fishery in its entirety.

According to the von Bertalanffy (vB) hypothesis, fish should grow more slowly with increasing age and size, and the assumption of linear growth would be wrong. However, because of the small range of the most frequently sampled lengths of fish and the great variability in the parameters of the vB function (L_{∞} and K) available from this and other fisheries, it was decided to use linear growth as the simplest method, under the assumption that it would make little difference which method was used because of the limitations of the data.

However, because the growth changes rapidly with age for skipjack from the western Pacific, it has been suggested that it is unwise to use linear growth for skipjack in other areas as well. The number of fish in each age group was therefore recalculated according to the vB function with the most recent parameters ($L_{\infty} = 86$ cm and $K = 0.79$ on an annual basis) estimated for skipjack from the eastern Pacific. The lengths used for separating age groups by the two methods are shown in Table 9. In general, there is little difference in the lengths based on a linear growth rate of 24 cm/year and those based on the vB function, with the exception of age-0+ fish in the first two quarters. However, since no fish less than 30 cm and few fish less than 35 cm are caught it makes little difference in the estimation of the numbers of age-0+ and age-1+ fish in the first two quarters. The value of less than 15 cm for age-0+ fish in the first quarter probably has no meaning, since the growth pattern of very young skipjack is not known.

The catch rate, the presumed index of abundance, has been based on the number of age-1+ fish caught by purse seiners in the first three quarters divided by the corresponding effort. The catch rates were recalculated based on the results from the calculations using the vB function and compared well with those obtained from a linear growth rate of 24 cm/year; the ratio of the latter to the former ranged from 0.979 to 1.039 for 23 cohorts from 1961 to 1983. Thus the original assumption that it makes little difference which method is used appears to have been justified. Also, correlation coefficients of the catch rates based on a growth rate of 24 cm/year and on the VB function *versus* the wind-mixing index 1 1/2 years earlier during the spawning period are virtually identical.

Cluster analysis of length-frequency data

Length-frequency data have been collected routinely by the Commission for yellowfin, skipjack, and bigeye since the 1950's and for bluefin and black skipjack since the 1970's. These data are of fundamental importance for studies of growth and mortality, and are potentially of great value for studies of availability and vulnerability of groups of fish to the fishery. Inferences can be drawn from simple visual examination of length-frequency histograms, but the usefulness of such studies is limited due to the often erratic behavior of the modes, which is believed to be chiefly the result of sudden changes in the availability or vulnerability of various groups of fish in the fishery. Accordingly, from time to time, more sophisticated procedures have been used to try to learn more from the length-frequency data. The most recent study was commenced in 1980, continued during 1981, and recently concluded. Although data for all of 1976 through 1978 were used for some of the studies, most of the work was conducted with data for January-June 1976 only. These data included 185 length-frequency samples of about 50 fish each, which were combined into 125 1-degree area-month groups. Cluster analyses were conducted with the data for the six months combined (125 groups) and for each month individually (13 to 30 groups), producing combinations of five to seven major groups for each. The distributions of the major groups were plotted on maps to determine if fish of similar length distributions tended to occur close to one another. In general, such was often found not to be the case, i.e. fish with similar length distributions often occurred in widely-scattered areas and fish with dissimilar length distributions often occurred close together. It was judged, however, that more data should have been used. Fortunately, with revised techniques which were used in the most recent work in combination with a more versatile computer program which has become available, it should be possible to process large amounts of data in this manner with relative ease.

Feeding and energetics studies of yellowfin

In 1984, a manuscript prepared in collaboration with a National Marine Fisheries Service scientist in which rates of predation by the eastern Pacific CYRA yellowfin population were estimated using three independent approaches was submitted for publication in an outside journal. Studying the interactions of a predator such as yellowfin, its prey, its competitors, and their predators is important for understanding the dynamics of fishery production. Trophic relations in marine ecosystems are typically complicated. It is important not only to investigate the food habits of yellowfin, but also to estimate how much of each prey type is eaten to support its high growth rates and metabolic demands. Rates of consumption of this abundant, ubiquitous predator extrapolated to the population provide important information about the prey populations that sustain yellowfin production.

Three independent approaches were taken to estimate the flux of energy through the eastern Pacific yellowfin population. In the first, stomach analysis on 3,581 field-caught yellowfin was combined with laboratory determinations of

gastric evacuation rates for different prey types to estimate the daily ration (food consumption expressed as percent of wet body mass) of yellowfin at sea and to estimate predation rates on various prey organisms. The second approach was to monitor the rate of energy expenditure in yellowfin as a function of size and swimming speed in the laboratory. These metabolic relationships were applied to measurements of swimming speeds in yellowfin at sea made during acoustic telemetry experiments (IATTC annual report for 1981) to estimate typical energy and food requirements. In the third approach, previous determinations of trophic level and cesium concentration (a measure of biomagnification in pelagic food webs) in yellowfin and its prey (IATTC annual report for 1980) were used to estimate the amounts of prey consumed by yellowfin. Cesium intake by yellowfin was estimated as the amount required to match growth and to maintain measured concentrations in yellowfin tissue, assuming the biological half-life of cesium determined for albacore tuna. The cesium content of prey was then used to estimate yellowfin daily ration.

The best estimates from the three approaches were 3.9, 5.2, and 6.7 percent of body mass per day, respectively. The lowest estimate, determined from stomach analysis and gastric evacuation rates, ranged from 2.8 to 4.6 percent for four size groups of yellowfin. Total energy requirements for swimming, standard metabolism, growth, excretion, egestion, and food assimilation averaged 241 joules (J) per gram per day for the four 87-98 cm tracked yellowfin. This is equivalent to 5.2 percent of body mass per day using a caloric equivalent of 4.6 kJ/g wet mass for food. The estimate of daily ration required to balance the cesium budget was the highest of the three estimates (6.7 percent), supporting the greater ration estimates determined from energy requirements. The similarity between results from the cesium approach and the bioenergetic approach implies that stomach analysis underestimates the true amount of food in stomachs of yellowfin at sea. Overall, the best estimate of ration may be about 50 percent higher (6 percent of body mass/d) than the estimates from stomach contents. Nevertheless, the range in the estimates from the three approaches is not large for an ecological variable that cannot be measured directly.

Proportional components of stomach contents adjusted for differential rates of gastric evacuation and ration estimates from stomach contents and gastric evacuation rates were multiplied by the estimated biomass of yellowfin per unit area in the CYRA to produce estimates of predation on the major categories of prey which are probably conservative. These predation rates represent minimum rates of production, but in many cases are the only estimates of production for these pelagic animals. Actual predation rates may be at least 1.5 times higher than these estimates, since the consumption estimates based on energy requirements and cesium concentrations were about 1.5 times the consumption estimates based on stomach contents. This range (1-1.5 x) is incorporated in the following estimates.

The rates of consumption by yellowfin shown in Figure 17 indicate that in the CYRA the annual production of frigate tunas (*Auxis* spp.) during 1970-1972

must have amounted to at least 1.4–2.1 million metric tons. This is about 11 to 17 times the average weight of yellowfin caught in this area annually during those years. Possible predatory and competitive interactions between frigate tunas and young stages of other tunas could have important implications on the tuna stocks. For example, if frigate tunas prey on larval yellowfin, then increasing the commercial harvest of yellowfin would result in larger standing stocks of frigate tuna, which in turn might have a deleterious effect on yellowfin production. In addition, frigate tunas likely compete with young yellowfin and skipjack for food. The population dynamics and trophic relations of frigate tunas are unknown, and previous to this study there was no estimate for production of this important species in the eastern Pacific.

Predation rates of yellowfin indicate that the minimum productivity of epipelagic fishes averages three to five times the apparent standing stock of epipelagic fishes in the micronekton as measured by the EASTROPAC oceanographic expedition of 1967-1968. Many of the prey consumed by yellowfin were larger than micronekton. Production of strictly micronektonic epipelagic fishes would presumably be greater than this estimate. This illustrates the utility of using predators to estimate productivity at intermediate trophic levels in a pelagic ecosystem.

Previous researchers estimated that daily consumption by the yellowfin population was small compared to the prey standing stocks measured by the EASTROPAC expedition, and suggested that yellowfin with lengths greater than 40 cm are not food limited. However, at most yellowfin may represent only 40 percent of the apex predator biomass in the epipelagic eastern tropical Pacific Ocean. The predation rates of other tuna species, dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*), billfishes (Istiophoridae and Xiphiidae), dolphinfish (Coryphaenidae), sharks, and others require further investigation. Thus, at present there is no compelling evidence for or against food limitation of yellowfin in the eastern tropical Pacific Ocean. Yellowfin may be limited by the rate at which they encounter patchily distributed prey, and the consequent costs of locomotion rather than by the absolute abundance of prey.

Rearing young tunas at Achotines, Panama

The first attempts to collect live young tunas near the Commission's Achotines Laboratory on the Pacific coast of Panama were made in April of 1984. Small tunas, ranging from just under 10 mm to about 50 mm in length, can be attracted at night to a strong source of light and then caught with a dipnet. Fish collected in this manner are ideally suited for rearing experiments in shore-based facilities. Small black skipjack, *Euthynnus lineatus*, and bullet tuna, *Auxis* sp., were caught during several of the collecting trips made between April and December. Transporting the young tunas to the shore-based pools and aquaria proved to be difficult, and many of the specimens died before reaching shore. For example, in mid-August only 14 specimens of 122 young black skipjack and bullet tuna (mostly the former) collected using a nightlight and a dipnet survived the trip back to the laboratory. Small brine shrimp, *Artemia*, raised in the laboratory and

zooplankton collected in the littoral zone were offered as food to the captive tunas. The voracious young tunas soon outgrew their food and appeared to be looking for larger prey including their own species (cannibalism among tunas is not a rare occurrence). Unfortunately, no small fish suitable as food could be offered, so eventually all the juvenile tunas died. To avoid similar problems in the future, guppies, mollies (small freshwater live-bearing fish), and *Artemia* are being raised at Achatines to assure a steady supply of food organisms of suitable sizes for future experiments in rearing young tunas.

Study of yellowfin otoliths

There are two prerequisites to estimate the absolute age of yellowfin tuna by counting the number of increments on their sagittal otoliths. The first is to establish the temporal meaning of each increment throughout the growth range for any convenient size (Y_t) measurement. For example, if Y_t is chosen as fork length a suitable range would be from 0-170 cm. The second prerequisite is to determine the total number of increments on the otoliths that fall within this length range. The resulting growth curve may require adjustment if it can be shown that each increment is not equivalent to a day.

By means of a tetracycline-injection, mark-recapture experiment (IATTC Bull., 17(7)) it is known that yellowfin deposit daily increments during growth from 40-110 cm. Although additional experiments are needed to explore the intervals from 0-40 cm and from 110-170 cm, the lack of information has not delayed research on the second prerequisite.

During 1977 to 1980 the landings of 16 purse seiners were sampled to obtain 196 yellowfin in the range from 30-170 cm. All catches were made in the area north of the equator and east of 137°W. Considerable time was spent examining the etched and replicated otoliths of these fish to establish criteria to judge what structures constitute increments. The structures identified as increments in the tetracycline experiment were initially helpful, but they were observed on untreated, or whole-mount, otoliths. In addition, it is now known that the interpretation of increments associated with the length interval from 40-110 cm is relatively unambiguous. Based on the developed criteria, a plot of length versus the original increment counts for the 196 yellowfin showed unexpectedly little variability. To investigate this variability further several months were allowed to elapse before new counts were prepared from the randomized sample. In the intervening period the selection criteria were reviewed and further strengthened by resolving some previous ambiguities. The discussion that follows is based on the new increment counts.

Growth relationships for a variety of Y_t , or morphometric measurements, were established by equating age (t) in years to a coded value of increments (I), i.e., $t = I/365$. Weighted, non-linear regression techniques were then used to select the most suitable growth model from four choices: a power function, the Richards equation, and its special cases for the Gompertz and von Bertalanffy models. For each Y_t , regression weights were calculated from the variances of short linear segments along the growth curve. For the composite sample, which included young

fish of indeterminate sex, males and females, and all sampling years, the results for the more usual and interesting measurements were:

$$FL(\text{cm}) = 188.2 [1.0 + .434e^{-.724(t-1.825)}] - 2.304$$

$$GWT(\text{kg}) = 178.4e^{-e^{-.555(t-3.638)}}$$

$$\ln GWT = -11.186 + 3.086 \ln FL$$

$$PRL(\text{mm} \times 100) = 1396 [1.0 - e^{-.202(t+.594)}]$$

where FL = fork length, GWT = gross weight, and PRL = length of the otolith counting path. The von Bertalanffy equation for PRL as a function of time is the only tested growth model without an inflection point and therefore it more accurately reflects the decline in increment width along the counting path. The remaining growth curves for FL, GWT, head and predorsal (PDL, mm) lengths, and otolith weight (OWT) all contain inflection points because the sample includes young fish that were growing exponentially.

Two equations that offer equal precision in predicting age are:

$$t = 1.726 - 1.920 \ln [\ln (211.7 / FL)]$$

$$t = 1.080 - 2.628 \ln [(1.0 - \{PDL / 581\}^{-.445}) / .445]$$

The study has revealed a great deal of variability in yellowfin growth. Significant differences exist between the growth rates in 1977 and 1978 for combined sexes, and between males (m) and females (f) for combined years. For example, the predicted ($\hat{}$) sizes at age over the female age range ($t = 1.08-3.51$ yr) are summarized below. The italicized values indicate the intersection points of the respective growth curves. A similar pattern of sexually, dimorphic growth also exists for PRL.

t	1.08	1.50	1.89	2.10	2.50	3.00	3.51
$\hat{FL}(f)$	54.2	70.7	-	<i>94.7</i>	108.4	124.2	137.6
$\hat{FL}(m)$	49.9	67.9	-	<i>94.7</i>	110.2	128.2	143.5
$\hat{GWT}(f)$	3.27	7.18	<i>12.90</i>	-	26.10	40.02	55.87
$\hat{GWT}(m)$	3.46	6.46	<i>12.90</i>	-	28.50	44.91	62.94

The length-weight relationships for males and females were not significantly different, but they were different for combined sexes on an areal basis. Yellowfin caught inshore (IATTC annual report, 1981: Figure 30: Areas 1-5) in the length range from 30-110 cm were heavier than those caught offshore, but after 110 cm the situation was reversed.

Substantial differences in growth rate over linearized portions of the FL growth curve also exist within the present sample and between previous comparative values for the eastern Pacific, e.g.:

<i>n</i>	Growth rate cm/mo \pm SE	FL range	Area	Source and method (* = derived from data)
38 fish	3.4 \pm .10	57-122	inshore; 1-4, 8	present study; increments
81 fish	3.2 \pm .05	40-135	offshore	" " ; "
144 fish	3.2 \pm .04	40-135	N of 0°, E of 137°W	" " ; pooled
132 modes	3.6	49-136	inshore; 1-4, 8	IATTC ann. rep., 1973, length-frequency (LF) data
170 modes	3.3 \pm .06	72-134	inshore; 1-4, 8	*IATTC, Bull., 8(4), LF data
159 modes	3.5 \pm .05	70-126	inshore; 1-4	*IATTC, Bull., 5(1), LF data

The inshore and offshore growth rates based on increment counts are not significantly different and they are pooled into the single value of 3.2 cm/mo. This rate is based on a uniform distribution of fish along the linearized growth curve and is not affected by mortality. The growth rates based on length-frequency modal analysis (3.5 cm/mo, Vol. 5(1) and 3.3 cm/mo, Vol. 8(4)) reflect the size structure of the exploited population and are weighted towards the younger age groups. If the weighting is removed the rates decline to 3.3 and 3.2 cm/mo. respectively. For this reason there are probably no significant differences among the growth rates shown in the table.

The growth equations and the FL growth rate estimates prepared in this study are considered to be reliably based on an accurate measure of time for three reasons. First, the equality between increments and days has been validated over the interval from 40-110 cm. Second, the region on the yellowfin otolith that is most difficult to interpret corresponds to the range from 0-35 cm. Apart from differences in scale, this region is qualitatively similar to that found on skipjack, albacore, and northern bluefin otoliths. The criteria used to interpret increments in this region for yellowfin were later developed independently and applied to small northern bluefin to validate the daily deposition of increments (IATTC annual report, 1983). This circumstantial evidence indicates that the estimated ages of yellowfin up to 40 cm are reasonably accurate. Finally, Commission studies have indicated that the proportion of large yellowfin caught offshore is greater than that available to the historic inshore fisheries. In the length range from 110-170 cm 85 percent of the present sample was caught offshore within or to the west of the CYRA. The fish were also aged individually and their contribution to the growth curve was not diminished by any averaging technique. For these reasons it is not unusual that the growth curve approaches an asymptote less rapidly than those based on the studies described in IATTC Bulletins, Vol. 5, No. 1, and Vol. 8, No. 4.

Bluefin studies***The 1984 fishery***

The eastern Pacific northern bluefin catch is usually taken near the coast of California and Baja California from about 23°N to 34°N with the bulk of the catch occurring between late May and mid-October. The first catches of 1984 were made at Cortes Bank (between 32°N and 33°N) in January. No catches were recorded thereafter until April. Approximately two thirds of the annual catch was made in July through September. For the third consecutive year there was no catch reported south of 27°N.

The preliminary estimate of the total bluefin catch for 1984 is 971 tons. This is up slightly from the 1983 catch of 809 tons but it is the second lowest catch since 1933. 1984 is the fifth consecutive year for which the bluefin catch was less than 4,000 tons. In the 1961-1979 period the lowest bluefin catch was 4,373 tons in 1970 (Table 1).

Annual length-frequency distributions of fish sampled from the bluefin catch during 1979-1984 are shown in Figure 18. The average weight for 1984 is 27.0 pounds, and the major mode is at 70 cm.

Growth of bluefin

In IATTC Internal Report 12 estimates of the von Bertalanffy growth parameters of bluefin were made from data for tagged fish released during 1963 and 1964 by the U. S. Bureau of Commercial Fisheries, the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation. These fish were measured only to the nearest 5 cm prior to release. Comparison of the lengths at release and recapture for 30 fish at liberty 1 to 20 days indicated that there was an upward bias in the measurements of the lengths at release, so adjustments were made to attempt to cancel out this bias. Despite these adjustments, the estimates of the growth parameters obtained from these data were considered to be unrealistic. In conclusion, it was recommended that "if northern bluefin are tagged in the future . . . they [should] be measured to the nearest 1 cm, and with sufficient care to minimize the bias."

Bluefin were tagged and released by the IATTC in the eastern Pacific in 1979 and 1980 and in the western Pacific in 1980, 1981, and 1982. For these experiments the fish were measured to the nearest 1 cm, and with considerable care to minimize the bias. There are 382 returns for which the dates and lengths at recapture are available. Most of these recaptures were made by Japanese vessels—the IATTC staff is indebted to personnel of the Far Seas Fisheries Research Laboratory in Shimizu for assembling the return data collected by various organizations and individuals in Japan and forwarding them to the IATTC office in La Jolla. Some of the lengths at recapture of the fish recaptured in Japan were expressed as total lengths or body lengths, and these were converted to fork lengths. In addition, there are data for the weights at recapture of two fish released in March 1980 and recaptured in June 1983; the weights of these two were converted to lengths,

using the formula for fish greater than 80 cm in length given on page 39 of the annual report of the IATTC for 1980, and combined with the rest of the length data.

The data for these 384 fish were used to estimate the parameters of the von Bertalanffy growth equation. The results are shown in the first line of Table 10. The estimates of K and l_{∞} obtained from the ungrouped data are considerably higher and lower, respectively, than the corresponding estimates obtained previously, and the estimate of l_{∞} is considerably less than the maximum observed length (about 186 cm, derived from a maximum observed weight of 237 kg) in the Pacific Ocean. It is therefore believed that K should be less than 0.671 and l_{∞} should be greater than 117 cm. The data include many fish less than 30 cm in length at release and many fish at liberty less than 1 year, and relatively few larger fish and fish at liberty more than 1 year. It is believed that better estimates of the parameters would have been obtained if more data for larger fish and fish at liberty longer periods of time had been available. To remedy this as much as possible the data were grouped by lengths at release (16-20, 21-25, 26-30 cm, etc.) and times at liberty (1-30, 31-60, 61-90 days, etc.) and the means for each group were substituted for the individual values. The resulting estimates of K and l_{∞} (Table 10, line 2) are still somewhat higher and lower, respectively, than those obtained by previous workers (Table 10, lines 4-6), but the estimate of l_{∞} is closer to the maximum observed length in the Pacific Ocean than are any obtained previously.

It has previously been pointed out (IATTC annual reports, 1981 and 1982) that fish released in the western Pacific and recaptured there had grown more rapidly than had fish released in the western Pacific and recaptured in the eastern Pacific. Accordingly, the data for the transoceanic migrants were eliminated and the estimates of the parameters recalculated (Table 10, line 3). Not surprisingly, the elimination of the data for these slower-growing fish resulted in higher and lower estimates of K and l_{∞} , respectively.

Age studies

In previous IATTC annual reports the staff has addressed the problem of temporal verification of growth marks in otoliths and the determination of criteria for their identification. Research in 1984 concerned growth marks found in the vertebrae and their relationship to the marks found in the oxytetracycline (OTC)-marked material.

Vertebrae

Analysis of the OTC-marked vertebrae described in the IATTC annual report for 1983 has continued. In brief, small bluefin were tagged, injected with OTC, and released. The OTC is incorporated into the hard parts and causes a mark to be displayed when viewed under ultraviolet light. This mark then serves as a benchmark in defining the temporal meaning of any natural marks.

Distances between marks were measured indirectly with a microscope and

micrometer or directly with a beveled plastic ruler under a dissecting microscope. The relationship between fork length and vertebral radius of the OTC fish was found to be linear when transformed by natural logarithms, according to the equation $\ln FL(\text{mm}) = 2.14 + 0.894 \ln R(\text{mm})$, where FL = fork length in mm, R = vertebral radius in mm $n = 29$, and $r^2 = .973$.

Estimates of the size at annulus formation (see table below) for the four OTC fish which had an annulus (natural mark) were calculated from the equation

$$\ln FL_{(\text{ann})} = \frac{\ln r_1}{\ln r_{\text{edge}}} (\ln \Delta FL - a) + a + \ln FL_{\text{release}}$$

where $FL_{(\text{ann})}$ = fork length (mm) at annulus formation, r_1 = distance (mm) from the OTC mark to the natural mark, r_{edge} = distance (mm) from the OTC mark to the vertebral edge, ΔFL = growth in fork length (mm) between tagging and recapture, $a = 2.14$ (y -intercept of fork length-vertebral radius equation for the OTC fish), and FL_{release} = fork length (mm) at release.

Tag No.	Days free	FL (mm)			Annulus formation		Growth cm/mo
		release	recap.	ΔFL	FL	Date	
X2459	347*	250	610	360	410	Feb 7	3.15
X1866	333	240	680	440	416	Feb 19	4.02
X3728	319	220	630	410	407	Mar 16	3.91
X3147	221	200	500**	300	294	Dec 8	4.13

* recaptured in eastern Pacific; all others in western Pacific near Japan

** estimated from length-weight equation $\ln Y = 3.40 \ln X - 20.1$ for a 2.8 kg fish

The date of annulus formation was estimated by substituting the distance (mm) between the OTC mark and the annulus into the relationship $D = -91.0 + 59.3V$ where D = days free and V = vertebral radius from the OTC mark to the edge ($n = 29$ and $r^2 = .810$) The result is then plotted as calendar days after tagging. The summary of the tagging data (Figure 19) with annuli noted, shows annulus formation takes place between December and March (mean about February 3) which is significantly earlier than estimates in the literature made by previous workers (about April). Further analysis of this is being pursued.

Noting that the OTC experiment took place in 1981 on young-of-the-year fish, the mean distance to the first annulus for the 1982 one-year-olds was compared to the OTC fish which had an annulus. The data are:

	Mean distance to 1st annulus (mm)	No. of fish	S.D.	Mean back-calculated FL (cm) at 1st annulus
Catch (1982 1's)	6.9	72	0.51	48.8
OTC (1981 0's)	7.3	4	0.76	38.2

Analysis of variance ($F_{05,1,71} = 2.93$) indicated no difference between the mean distances to the first annulus between the groups, so it appears that the first growth mark identified in the 1982 catch samples is in the same relative position on the vertebra cone as the annual marks on the OTC fish. The marks in the catch samples are therefore laid down only once in the first year.

A subsample of 25 of the previously processed vertebrae from fish sampled during 1982-1984 was sent to Mr. Dennis Lee of the NMFS laboratory in Miami, who is investigating age of Atlantic bluefin, for verification of the structures being identified as annuli. The results showed a difference between readers in estimates for fish with four or more marks, and a significant difference between estimates of annulus radius (Spearman's rank correlation test, $r_s, .05(2),25 = 0.927$, $P < .001$).

The size at annulus formation for 162 bluefin sampled from the catch during 1982-1984 was estimated utilizing the equation

$$\ln FL_x = \frac{\ln r_x}{\ln R} (\ln FL_r - a) + a$$

where FL_x = fork length (mm) at formation of annulus x , r_x = radius from the vertebra focus to annulus x , R = radius from focus to distal edge, FL_R = fork length at capture, and $a = 2.14$ (y -intercept for the equation $\ln FL = 2.14 + 0.894 \ln R$ ($r^2 = 0.973$, $n = 162$) which describes the fork length: vertebral radius relationship) with the following results:

Annulus no.	n*	Average FL(cm) at formation	S.E. of mean
1	163	48.5	7.68
2	88	66.8	14.26
3	40	91.5	26.63
4	35	115.2	34.14
5	24	133.6	36.70
6	7	149.5	59.79

n^* signifies the total number of fish from which calculations were made for that age rather than the total number of fish of that age in the sample.

The mean size of 1-year-old fish was 48.5 cm at the time of annulus formation in February and 66 cm at the time of capture in August. Thus the mean growth rate was 2.5 cm per month.

If the mean sizes at capture and annulus formation are reliable estimates, little growth takes place between midsummer and annulus formation in February for two-year-old fish. Whether this is due to differences in back-calculation methods,

year-to-year variation, difficulty in reading the hard part, or other factors as yet unidentified is unknown at this time.

Future analysis of the vertebra data will address whether or not a larger sample size is needed to determine the potential value of vertebral marks, and whether the addition of smaller fish from the Japanese catch is required.

Otoliths

Present and future work centers on age estimates from the otoliths collected from fish in the catch. Currently, otoliths from fish aged by the vertebral method are being etched, replicated, and analyzed. Age estimates and growth curves from the two methods will be compared and recommendations as to which method is more appropriate for ageing the fish in the catch will be made.

Black skipjack studies

Biological investigation of the species of tuna which occur together and are involved in the tuna fishery of the eastern Pacific has been a major objective of the Commission. It is likely that greater fishing pressure will be applied to black skipjack in the future, and it is prudent to investigate the biology of this species before it is heavily exploited. The Commission study of black skipjack is currently focused on the reproductive biology and on possible relationships among reproductive parameters, geographic locations, and environmental factors.

The staff has completed processing of the black skipjack gonads collected during 1980-1982, and is analyzing the data to obtain information on spawning locations and seasonality, size at maturity, sex ratios, and fecundity. Four geographical areas are being considered separately as study areas. Area 1 is off Mexico, encompassing the Revillagigedo Islands and Clipperton Island (7°-20°N, 105°-120°W). Area 2 is off southern Mexico and Central America (5°-15°N, 80°-100°W). Area 3 is the Gulf of Panama. Area 4 is off Colombia and Ecuador (5°S-5°N, 78°-90°W).

Mean monthly gonosomatic index (GSI) values for Area 1 showed a seasonal pattern, with highest values in August, September, and October, which corresponds with the spawning season of this species in that area. Monthly mean ova diameters for the most advanced modal group of oocytes for the 281 females were largest in September. The high mean ova diameters from August through October correspond to the greatest incidence of ovaries in stages III (well developed), IV (ripe), and V (recently spawned). The lower mean ova diameter values observed during the other months correspond with stage II ovaries (developing virgin; resting). These data indicate a pronounced peak in spawning activity from about August through October for black skipjack in Area 1.

In Area 2 mean monthly GSI values have a seasonal pattern with highest values in October. Monthly mean ova diameters for the most advanced modal group of oocytes were largest in October and January. Ovaries in maturity stage V were seen primarily from October through April. Maturity stage II ovaries were found mainly during June through September. The high mean ova diameters from

October through June correspond to the greatest incidence of stages III, IV, and V ovaries. These data indicate a peak in spawning activity from about October through April for this species in Area 2.

In Area 3 mean monthly GSI values showed a seasonal pattern with highest values from December through March. Monthly mean ova diameters for the most advanced modal group of oocytes were largest in January and February (Figure 20). Maturity stage V ovaries were seen from November through March (Figure 21). Maturity stage II ovaries were found from June through October. The high mean ova diameters from November through March correspond to the greatest incidence of stages III, IV, and V ovaries. The lower mean ova diameter values observed from June through October correspond with stage II ovaries. These data indicate that most spawning in this area occurs during the first and last quarters of the year, from about November through March. From about June through October there is no spawning activity but rather ovarian regression and early development.

Analysis of black skipjack ovaries sampled monthly from Area 4 indicated spawning activity only in April. Throughout the rest of the year all other fish sampled were classified as stages I or II.

Percentages of mature black skipjack (ovaries in developing, ripe, spent, or recovering condition) in each 20-mm length interval were determined (Table 11). The smallest female found with mature ovaries in Area 1 was 431 mm, in Area 2 406 mm, and in Area 3 400 mm.

TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

Roughly half the total weight of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean comes from purse-seine sets made on tunas associated with dolphins. Some dolphins are accidentally killed during this process. Because of concern about dolphin mortality in the tuna fishery the member nations of the IATTC instructed the Commission staff to investigate this problem.

The tuna-dolphin investigations of the Commission first received funding in late 1978. A staff was recruited to undertake research into population assessment, including the estimation of abundance, mortality rates, and other 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. A program of data collection by scientific technicians was initiated at the beginning of 1979. 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 maintenance of all dolphin stocks involved in the fishery. The results presented here are divided into four sections, representing the major activities of the program: data collection and management, research on dolphin mortality, research on dolphin abundance, and gear studies.

Data collection and management**Sampling design**

During the last two years an increasing number of vessels, many of which used to fish regularly in the eastern Pacific, have been fishing in other areas, which has made it more difficult to develop an effective sampling design. Vessels of the U.S. fleet continued to be sampled as part of the cooperative sampling agreement with the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). The design used in sampling the U.S. fleet involved arbitrarily dividing the calendar year into three intervals and allocating the trips by vessel to these intervals on an alternating basis. The 1984 sampling scheme was changed for cooperating vessels of the non-U.S. fleets such that each vessel carried a scientific technician aboard on every second trip that it made in the eastern Pacific. This scheme has several advantages: a) the vessel owners and captains know in advance when they are expected to accommodate a scientific technician, b) since there are no set sampling periods, it does not matter if a vessel fishes infrequently in the eastern Pacific, and c) the Commission is able to sample a constant proportion of the non-U.S. vessels fishing in the eastern Pacific at any time.

The Commission sampled 26 trips of the international fleet in 1984. The total number of scheduled and sampled trips by vessel flag for 1984 is shown below.

	Scheduled	Sampled
Costa Rica	1	1
Ecuador	-	1
Grand Cayman Islands	1	0
Panama	2	0
United States	18	18
U.S. (Chartered by Ecuador)	-	1
U.S. (Chartered by Venezuela)	-	2
Venezuela	7	3
Total	29	26

Two additional trips (making a total of 28 observed trips) were not included in the data base. One was rejected because of the poor quality of the data, and on the other trip no dolphin sets were made. Canadian, French, Nicaraguan, and Japanese vessels were not sampled in 1984 because these nations did not have purse-seine vessels fishing in the eastern Pacific.

In 1984 many boats previously based in the U.S. were chartered by non-U.S. countries and switched their main ports to South America while still maintaining their U.S. registration. This made it necessary to train more non-U.S. scientific technicians. Courses were conducted in Cumaná, Venezuela, and Guayaquil, Ecuador, in which a total of 80 persons received the training necessary to serve as scientific technicians. In Venezuela this was accomplished in collaboration with

the Dirección de Desarrollo Pesquero and the Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria y Pesca, and in Ecuador the Secretaría de Recursos Naturales helped in organizing the course, together with the Escuela de Pesca, the Facultad de Ciencias Naturales, and the Instituto Nacional de Pesca. A Costa Rican technician was also trained at Cumaná.

Observed dolphin set data

The data from 26 trips with at least one record in 1984 have been edited, entered on the permanent data base, and made available for analysis. The NMFS kindly provided the IATTC with data from another 11 trips. In summary, there are data for 938 sets made on tunas associated with dolphins, yielding 17,797 tons of tuna.

Tuna-dolphin data base

The data collected by scientific technicians aboard purse seiners 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. The incoming data are edited by the Commission staff and entered into the permanent tuna-dolphin data base. Considerable effort is expended in managing the data base, documenting corrections made to it, and developing computer programs which facilitate the rapid retrieval and analysis of information and generation of summary statistics.

Research on dolphin mortality

Estimated dolphin mortality in 1983

The Commission sampled 35 trips from U.S. boats in 1983. Normally, data from NMFS observed trips are included with IATTC data to calculate mortality estimates for the U.S. fleet. In 1983, however, a legal problem prevented the NMFS from placing observers on tuna boats so the only 1983 NMFS data available are from trips started in 1982 and completed in 1983. These data, however, are biased seasonally, and were not included by the IATTC for estimation of mortality. The non-U.S. fleet could not be sampled at a desirable level in the 1983 period, so the combined data for 1979-1983 were used.

	Number of trips with dolphin sets	Number of dolphin sets	Tons of tuna caught on dolphins
U.S. vessels, 1983			
Sampled	35	862	9474
Estimated total	109	2853	29023
Non-U.S. vessels, 1979-1983			
Sampled	27	489	7207
Estimated total	633	11038	111523

The estimates obtained using the Commission's traditional methodology are presented below. There was a considerable decrease in mortality in 1983, primarily because a large portion of the fleet operated in the western Pacific, where fishing on dolphins does not occur. The kill rates in absolute value are lower than in 1982, but the statistical significance of these changes remains to be assessed after the method of variance estimation is reviewed (see page 54).

Species or stock	Kill-per-set method		Kill-per-ton method	
	Estimate	Standard error	Estimate	Standard error
U.S. fleet, 1983				
Offshore spotted	3671	672	3397	684
Eastern spinner	625	245	579	252
Whitebelly spinner	3846	1212	3560	1148
Unidentified spinner	3	3	3	3
Common	232	129	214	134
Striped	3	3	3	3
Others and unidentified	132	46	122	46
All species	8513	1414	7879	1367
Non-U.S. fleet, 1979-1983				
Offshore spotted	41886	14493	28561	12124
Eastern spinner	2493	1397	1700	1531
Whitebelly spinner	20693	9513	14110	9177
Unidentified spinner	317	273	216	287
Common	9021	5606	6151	6000
Striped	1020	546	696	555
Others and unidentified	2176	1097	1484	1089
All species	77606	18316	52918	16466

Sources of heterogeneity in mortality estimates

Traditionally, mortality estimates for the U.S. fleet have been obtained by combining the data for the trips samples by the NMFS and the IATTC. As part of a recent review of the IATTC data base, separate estimates were calculated from it, and the differences between these values and those from the combined set suggest that the causes of the differences should be explored. The cooperation of the NMFS made it possible to start this exploration.

The data for offshore spotted dolphin are as follows:

Source	1979	1980	1981	1982	1983	1979-1983
Kill per set						
IATTC	1.61	1.97	1.93	2.61	1.29	1.91
NMFS	1.16	2.44	2.42	4.49	-	2.22
Combined	1.30	2.19	2.12	3.40	-	2.06

Source	1979	1980	1981	1982	1983	1979-1983
	Kill per ton					
IATTC	0.16	0.20	0.17	0.26	0.12	0.18
NMFS	0.11	0.22	0.24	0.37	-	0.20
Combined	0.12	0.21	0.20	0.31	-	0.19

The 1979-1983 totals show that the NMFS kill-per-set estimates are 15.9 percent higher than IATTC estimates; similarly, there is an 11.1 percent difference for the kill-per-ton estimates. During 1980-1982, the kill rates from the NMFS data were consistently higher. Both the NMFS and the IATTC make major efforts to obtain the best possible estimates, and only the combination of both data bases can provide us with an adequate sample size. Because of the clustered nature of the sampling system in use (sampling all sets on randomly selected trips, rather than sampling randomly selected sets from all trips), random factors may have an impact on a large number of sets. It is apparently necessary to develop a stratification scheme that could reduce the problems caused by factors such as time, area, vessel capacity, etc., that may affect the estimates. In this way it would be possible to eliminate some of the sources of heterogeneity, and combine the data bases following this scheme.

As a preliminary approach, and before performing more complex analyses, a few possible sources of heterogeneity were selected, and simple analyses of variance were made on all the data (both data bases, all years) using kill per set for all species and for the offshore spotted, eastern spinner, and whitebelly spinners separately. For these purposes, what could be called "normal" dolphin sets, defined as follows, were selected.

- 1) Only sets with backdown were selected.
- 2) Only sets in which the safety panel covered the backdown area were selected.
- 3) Sets in which backdown was conducted in darkness were excluded.
- 4) Sets with strong currents were excluded.
- 5) Only sets from longitudes east of 140°W were selected.
- 6) When possible, sets with major malfunctions were excluded.
- 7) For some analyses 1979 was excluded because it was a year in which there were regulations on the catch of yellowfin tuna, and for others 1983 was excluded because the NMFS program did not proceed normally that year.
- 8) Sets on logs or on school fish that resulted in accidental kills of dolphins were not included.

The following table shows the statistical significances of these preliminary analyses:

Source	Offshore spotted	Eastern spinner	Whitebelly spinner	All species
Year	$p < 0.01$	$p < 0.01$	N.S.	$p < 0.01$
Month	$p < 0.001$	N.S.	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Wind speed	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Latitude	$p < 0.001$	*	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Vessel capacity	$p < 0.001$	N.S.	N.S.	$p < 0.01$

* not enough data in different latitudinal strata to test

It is quite clear that different species or stocks should be dealt with differently.

Effect of latitude on kill rates

Because of the seasonal changes in location of fishing effort (Figure 22) the true effect of latitude cannot be separated from that of the temporal component, so it is not possible to clearly attribute an effect to a single cause. Latitudinal intervals of 6 degrees each have been defined, and mean kill-per-set values for all sets falling within each interval for 1980-1982 were obtained:

Latitude interval	All species		Offshore spotted		Eastern spinner		Whitebelly spinner	
	Mean kill/set	No. of sets	Mean kill/set	No. of sets	Mean kill/set	No. of sets	Mean kill/set	No. of sets
21-27N	5.51	43	0.00	3	0.00	2	-	0
15-21N	0.92	329	0.49	316	2.76	37	.30	10
9-15N	1.14	1996	0.67	1969	1.28	430	0.73	402
3- 9N	1.89	891	1.45	871	0.55	38	0.94	246
3S- 3N	5.24	187	4.22	185	0.00	4	2.06	69
3- 9S	14.96	103	9.38	103	-	0	7.59	74
9-15S	13.06	83	4.90	70	-	0	21.88	25

It is apparent that the whole area cannot be considered as homogeneous, as changes in the proportions of sets in different areas could cause large changes in the mortality estimates.

Effect of season on kill rates

The following table shows the kill-per-set estimates by month (1980-1982) for offshore spotted dolphins:

Month	All data bases		NMFS		IATTC	
	Kill/set	No. of sets	Kill/set	No. of sets	Kill/set	No. of sets
January	1.94	262	3.46	158	1.11	125
February	2.02	250	1.76	123	1.43	118
March	1.39	519	1.10	232	1.57	330
April	0.76	320	0.74	188	0.96	166
May	1.00	279	1.97	175	1.02	142

Month	All data bases		NMFS		IATTC	
	Kill/ set	No. of sets	Kill/ set	No. of sets	Kill/ set	No. of sets
June	1.07	352	0.57	141	1.37	219
July	1.09	344	1.63	147	1.10	215
August	0.63	364	0.86	148	0.67	245
September	0.66	239	0.52	120	0.71	137
October	0.49	155	0.62	76	0.41	108
November	1.62	259	4.30	87	1.46	190
December	5.38	182	6.78	111	5.04	104

As the values for May-July and August-October are quite homogeneous for the pooled data, it was decided to define the seasons as follows: November-January, February-April, May-July, and August-October. The kill rates are highest in the first period and lowest in the last, but both seasonal and latitudinal effects may be present as the effort shifts south in November-January, going to an area with higher average mortalities. To account for that, Table 12 shows the kill per set by season and by latitude interval for offshore spotted, eastern spinner, and whitebelly spinner dolphins. Even within seasons, the kill rates are greater in the south, indicating that not all the effect is due to seasonality. Even within latitudinal belts the kill rates change with the seasons; for offshore spotted and whitebelly spinner dolphins, higher kill rates occur in the November-April periods. These two species are little affected by the fishery in the southern areas during the rest of the year. For eastern spinners the pattern is not so clear, and the sample sizes are not large enough to draw conclusions.

There are not enough data on the other species or stocks present in the fishery to allow similar analyses.

Even though these tables are not a substitute for more formal statistical testing, it seems safe to conclude that at least a stratification based on time-area or a continuous correction would improve the estimation methodology. The differences observed between the NMFS and IATTC data may be caused by a slightly biased distribution of sets in time or in space. Figure 23 shows the distribution of dolphin sets for the NMFS and IATTC data bases. It can be seen that the proportion of sets south of 7°N is higher for the NMFS data (see also page 60). When a proper stratification scheme is designed, the estimates from both sources could be safely combined. The steps which will be implemented in the near future for this purpose are:

- 1) definition of the area where a species is vulnerable (which is not necessarily the same as its geographical range);
- 2) calculation of kill rates and totals (of sets on dolphins or tons of tunas caught in dolphin sets) for these areas only;
- 3) calculation of adjustment factors or stratification of the data based on the individual characteristics of the species or stock involved;
- 4) calculation of confidence intervals based on nonparametric methods (see page 54).

Areas of vulnerability

The estimation of incidental dolphin mortality requires the determination, from the scientific technician data, of a ratio of animals killed per set or per ton, and then an extrapolation to the total number of sets made or tons caught by the whole fleet. This extrapolation is a crude, but reasonably valid, approximation to estimate the mortality of all dolphins combined, but for individual species there are other, more refined methods of extrapolation. Since a species can be caught only within its range, the kill ratios must be calculated within that range. Sets may not be made on the species in question in parts of its range, however, so in normal cases sets made in those areas would not be used in estimating the kills. The difficulty of determining the areas where kills occur has prevented us from proceeding this way in the past, but after accumulating a reasonable amount of information, some improvements can be introduced in the method. To achieve this objective maps have been prepared summarizing information for the 1979-1983 period. Figure 24a shows the number of dolphin sets accumulated over the 5-year period. There are two clearly defined "dolphin areas," one centered at about 10°N and 100°W and the other further west, centered at about 10°N-130°W. South of 6°N there is a vast area with a very low and evenly-distributed effort. Figure 24b shows the average kill per dolphin set for all species combined. The areas with higher averages are the area south of 6°N, and the northwestern edge of the fishery, and an area off Nicaragua and Costa Rica. Most of these areas have had a fairly low effort on dolphins in the period 1979-1983. From these two maps it appears that the kill rates are inversely proportional to the accumulated fishing effort. Two possible explanations are explored in Figures 25 and 26: a) that the populations most heavily set on develop behavioral patterns that reduce their mortality or b) that the schools are smaller in those areas, and that the kill rates are directly proportional to school size. In Figure 26 the x-axis contains the sum of observed sets in 1-degree quadrats; the y-axis has the mean total kill for all those quadrats with the frequency of sets given in x. For instance, if 3 of the quadrats had 10 sets made over the period of 5 years considered, and the total cumulative kills were 20, 25, and 30 animals, then the x value would be 10 and the y value 25. If it is assumed that observed sets are proportional to total effort in a quadrat, then one likely conclusion is that schools frequently set on learn to leave the net, reducing their kill rates. If an area was heavily fished prior to 1979, then even a high number of sets would produce a low total kill. In areas recently added to the fishery, a few sets would result in a large kill. This tendency is evident for offshore spotted and whitebelly spinner dolphins (Figure 27).

If it were possible to trace the history of an area back to the start of the fishery there would probably be high kill rates at the beginning, but after most schools in the area had been set on one or several times the kill rates would decline sharply. After several years of heavy fishing the kill rates would presumably stabilize at a much lower value. Figure 26 actually shows a group of areas which have been exploited different amounts of time. It is likely that changes in kill rates reflect the periods of expansion and contraction of the area of operation of the fleet. When new areas are exploited the kill rates become higher, and when the fishery concentrates in the traditional areas the kill rates decline.

Anecdotal evidence suggests that dolphins of the same species behave differently in different areas. In areas of fishing involving dolphins where there is a history of using the backdown procedure to release them, it is said that after capture the dolphins await release passively. In areas where there have been fewer sets made upon dolphins they are more active and generally appear more nervous. This difference in behavior may lead to a difference in the mortality induced by the purse-seine operation.

To investigate this, a file was created which contained the details of every set observed by a scientific technician: position, environmental conditions prevailing, note of any equipment malfunction, estimate of the total number of dolphins of each species in aggregation, number encircled, number killed, fish caught, etc. Sets made under difficult conditions (in which dolphin behavior would likely be a less important factor in mortality) were deleted from the file. Such sets were made at night, in a strong current, involved a large number of dolphins or fish, or involved some type of equipment malfunction. For the data that remained, every quadrat was categorized by the number of sets which were observed in the period 1979-1983, and by the total number of dolphins which were killed during these sets. The total kills were averaged over all quadrats with similar number of sets. Figure 26 illustrates this information. It is hypothesized that the number of observed sets serves as an index for the total number of sets made in the area. The data indicate that the mortality induced by each set is at a maximum when the dolphins in the area have never before experienced the phenomenon. This mortality subsequently diminishes but the rate of decline itself diminishes. These attributes are incorporated by the following model:

$$K_s = K_m + (K_0 - K_m) e^{-ys}$$

where K_s is the expected number of dolphins killed when there have previously been s sets in the area. The first time a set is made in the area s equals 0.

$$K_0 = K_m + (K_0 - K_m) e^{-y(0)} = K_m + (K_0 - K_m) = K_0$$

As s gets very large K_s tends toward K_m , the minimum kill per set; K_m might be zero, that is the dolphins might eventually learn to survive a "standard" set with a probability of one, or the declining mortality might level off at some positive number representing the limit of the learning ability of the dolphins. The data are not sufficient to determine if K_m is significantly different from zero.

The kill of dolphins is believed to be a function of the species involved, is probably also dependent upon the numbers included by the net and the density of school, and may be in part determined by the home range of the dolphins.

The main alternative to this hypothesis is that kill rates are directly proportional to school size, and that the fishing activity of the fleet reduces school sizes in the areas where it is intense. Sets made on dolphin schools may split them

into smaller components. In turn, smaller schools may be easier to handle during the set, the duration of backdown may be shorter, etc. Another possible explanation is that inherent behavioral or physical differences between northern and southern stocks of offshore spotted dolphins are responsible for the different mortality rates.

As the predominant species affected by the fishery is the offshore spotted dolphin, the characteristics mentioned above apply mostly to that species; it is not possible to say that this is valid for the others. Figure 27a shows the mean kills per set for offshore spotted dolphins. This figure is very similar to the kill per set in Figure 24 except that the kill per set is zero for most of the Baja California area in Figure 27a, whereas it was high in Figure 24. Also, the northwest edge of the fishing area shows lower values than for the total. Figure 27b shows the results for eastern spinners. Practically all the mortality takes place between 9°N and 15°N and between 93°W and 135°W. The whitebelly spinner dolphin has two major areas with high kill rates (Figure 27c), one between the equator and 12°S, relatively close to the shore, and the other in the western reaches of the fishery. Figure 27d shows that common dolphins are killed in very restricted areas, reflecting their more limited geographical distribution. In conclusion, it seems reasonable in future work to utilize this information to define the area where mortality of a species or stock occurs. Even though this area may not coincide with the geographical range of the population, it is the one that should be used for the extrapolation to estimate the total mortality. This change in methods of extrapolation may be very significant for some of the stocks.

The estimation of variance for total mortality

The process of estimating the total mortality of dolphins using ratios is as follows:

- 1) Data from the scientific technician program are used to estimate the number of dolphins killed per set or per ton in the entire fleet.
- 2) An algorithm is used to estimate the total number of sets on dolphins made during the period considered.
- 3) Using logbook records, an estimate of the catch of tuna per dolphin set is obtained.
- 4) The total tonnage of tuna caught in dolphin sets is calculated using the previous values.
- 5) The kill per set is multiplied by the number of sets or the kill per ton is multiplied by the number of tons to estimate the total kill.

Even though both totals are estimates, their variances are probably quite low compared to those of the ratios themselves. The variances were estimated by the traditional method, and by resampling plans. The traditional formula is valid only if certain assumptions are satisfied. In this case, the coefficients of variation of numerator and denominator are usually considerably higher than the suggested maximum 10 percent. As a result of this, the parametric formula underestimates the true variance. For the latter, basically, the samples themselves are used to estimate the variances without assuming that the underlying distribution is of

a given type. The two main methods of resampling are the "jackknife" method, which consists of generating "new" samples by deleting one or more cases from the original data set at a time, and repeating this process many times, and the "bootstrap" method, for which "new" samples are generated by extracting random samples with replacement from the original set. The number of possible replications in the bootstrap method is virtually infinite, whereas for the jackknife method, if one case is dropped every time from a set of n , a maximum of n "new" samples with $n-1$ cases each could be generated.

We have used these two variance estimators on the data to compare their results with those computed with the traditional formula. The comparison of standard errors is limited to the bootstrap (SE_b) versus the traditional formula (SE) because of the similarity of jackknife and bootstrap estimates. The new variances are up to 100 percent higher than the previous estimates.

Combined IATTC-NMFS data base (U.S. vessels only)							
Year	No. of trips	Jackknife		Bootstrap (200 replications)		S.E. comparison	
		Estimate	Variance	Estimate	Variance	SE_b	SE
Kill per set							
1979	98	1.301	0.054	1.318	0.063	1555	1041
1980	99	2.189	0.229	2.220	0.235	2549	1451
1981	94	2.122	0.146	2.163	0.132	2047	1304
1982	74	3.396	0.254	3.399	0.222	2152	1525
1983*	35	1.287	0.091	1.317	0.088	846	672
Kill per ton							
1979	98	0.123	0.0004	0.124	0.0005	1475	999
1980	99	0.210	0.0019	0.213	0.0021	2725	1376
1981	94	0.196	0.0009	0.199	0.0009	1907	1098
1982	74	0.310	0.0019	0.312	0.0018	2175	1445
1983*	35	0.117	0.0008	0.120	0.0007	768	684

* IATTC data only

Estimation of dolphin mortality in 1984

As a consequence of the analyses of heterogeneities described in previous sections, it was decided to change the methodology used in estimation of dolphin mortality. A brief sketch of the new method follows; a full account and revised estimates for previous years will be the subject of a future contribution.

Basically, some species or stocks, such as common dolphins and eastern spinner dolphins, show a very localized pattern of vulnerability to the fishery. This information can be used to improve the estimation methods by narrowing the area to which we need to extrapolate. As a result of this, the precision of the estimates is expected to increase significantly by eliminating that part of the effort which

is not likely to have any impact on those species or stocks. For other stocks, with more widespread mortality, the entire eastern Pacific has to be considered, but even in this case, information should be compiled for subareas which are believed to have individual characteristics which are reflected in mortality rates.

The concept of area of vulnerability will be used as a basis for stratification in those species or stocks where mortality is circumscribed to well defined areas: eastern spinner and common dolphins. In the former case, a single area, encompassing usually more than 95 percent of the kill can be defined (Figure 27). For common dolphins, three areas can be described, roughly corresponding to the three usually recognized stocks. In both cases, a correction factor is used to account for the proportion of the kill occurring outside the defined area. For offshore spotted and whitebelly spinner dolphins the whole area has to be considered, but some improvement can still be achieved by stratifying the area into sections reflecting mainly the intensity of fishing effort on dolphins, heterogeneity in kill rates and, when possible, respecting the stock boundaries suggested by researchers working on this subject.

A case of special significance is the treatment of the "unidentified spinners." Traditionally this includes a mixture of eastern spinner and whitebelly spinner dolphins which have not been properly identified to stock. In the past, the IATTC has produced a separate estimate for this group, which then has to be prorated to stocks according to some criterion. Because of the present U.S. regulations, this figure has to be prorated between both stocks, and the usual way used by the NMFS has been to prorate according to the proportion of the observed kill corresponding to each stock. The proposed system retains the idea of proration, but it introduces an areal component in such a way that the proportions used change depending on whether the mortality of unidentified spinners occurs inside the area where eastern spinner dolphins are vulnerable.

Two of the groups for which estimates are routinely produced, the striped dolphin and the "other dolphins" class, will not be stratified at this time because of the small number of sets available for the former, and the heterogeneity of the latter. They will be combined in a single group.

Concerning the estimates, the presently used parametric methods were replaced by resampling methods, providing a more realistic approach to the problem by relaxing the assumptions required for the validity of the traditional formulae. These assumptions are frequently violated in the distributions observed.

The sampling fraction for the international fleet is presented here:

	No. of trips with dolphin sets	Number of dolphin sets	Tons of tuna caught on dolphins
Sampled (IATTC + NMFS)	26 + 11 (37)	550 + 388 (938)	8962 + 8835 (17797)
Estimated total	285	6413	9543
Sampling percentage	13.0	14.6	18.6

No NMFS observers were placed during the first part of 1984 (January 1 to March 25), but the new method used should reduce the bias caused by this.

Mortality figures for 1984 are presented in the table below:

Species or stock	Mortality estimate (based on kill/set)	S.E.	Mortality estimate (based on kill/ton)	S.E.
Offshore spotted dolphins	19620	3527	18682	4187
Eastern spinner dolphins	5193	2495	4806	2434
Whitebelly spinner dolphins	11955	4601	10616	4043
Common dolphins	5998	4117	5547	4127
Unidentified spinners				
Prorated as eastern spinner dolphins	926	883	846	800
Prorated as whitebelly spinner dolphins	138	156	127	145
Other dolphins	154	74	123	62
All species	43984	7589	40747	7583

Effort in the eastern Pacific increased in 1984 compared to 1983 due to the return of some vessels previously operating in the western Pacific. Because of economic conditions, large yellowfin tuna, which is commonly fished in association with dolphins, was the preferred target, and that caused an increase in the relative proportion of sets on dolphins.

Catches of tuna per dolphin set increased significantly in most of the areas, more than doubling the 1983 figures in some of them. The sizes of dolphin schools captured also increased during this period. The average school size captured went from 470 in 1983 to 599 in 1984, while the catches went from 11.77 to 19.37 tons per set in the observed sample (all sample sizes are greater than 900). Since both factors (large school sizes and catches of tuna) tend to increase dolphin mortality, these increases may be reflected in the increased mortality rates in 1984.

	1983	1984
Kill per set	3.81	7.63
Kill per ton	0.34	0.40

The sample for 1984 includes two cruises on vessels under novice skippers which resulted in over 40 percent of the total observed kill. Those cruises could have been rejected as atypical ones, but it was preferred to act conservatively and retain all the data. As a result of this, estimated kill of common dolphins, for instance, is based on a small sample of sets, one of which is a "disaster" set. Neither the estimated total nor its variance are solid figures in this case.

Data base review and preliminary analysis

In the first years of the Commission's program, the emphasis was placed on the task of organizing the data collection process and designing the data base. After five years of operation, the IATTC data base has grown considerably, and it was decided to perform a thorough verification of its contents in preparation for several statistical analyses. Ambiguities were removed, and after extracting a subset containing only the dolphin sets, a series of programs was run to detect errors or outliers. After completion of this task, a quantitative description of the data base was prepared. This included a simple statistical analysis of the quantitative variables (mean, standard error, standard deviation, minimum, maximum) and a study of frequency distributions for other variables falling into classes. Tables 13 to 15 show those results. This analysis gives a quick idea of the information available, and is useful in deciding whether it is possible to proceed with an in-depth analysis of the factors considered (if the sample size is adequate) or if the study must be postponed until there are enough data to allow meaningful statistical tests.

At the same time it provides summary statistics for a large number of sets that are quite useful in themselves (e.g. catch per set, kill per set, mean duration of set). It also provides information on the extreme values of the variables that was used to detect errors and outliers, and it is useful in defining the bounds of variables to be considered in the analyses. The data base was subsequently subdivided into sets by U.S. and non-U.S. vessels to allow comparisons. For the same reasons, a similar analysis was performed on the NMFS data for the 1979-1982 period kindly made available to the IATTC. The year 1983 is not included in the analysis because a legal issue disrupted the normal development of that program. A brief comparison of some of the variables follows:

Vessel capacity (in tons)

The non-U.S. fleet sampled has a higher mean capacity and also higher values for both extremes.

Latitude and longitude

The "gravity center" for all dolphin sets from the U.S. fleet is located close to Clipperton Island (Figure 24a). The center for the IATTC data is west of the island at 110°30'W, whereas for the NMFS data it is to the east of the island at 106°40'W. The extreme values for meridians are quite similar, but for the latitudes the range for the IATTC data is 4°15' wider.

The non-U.S. fleet center is located further south and to the east (approximately 2°00'N-96°10'W), some 300 miles northwest of the Galapagos Islands. Of course these centers may be in areas with poor or no fishing; their main use is to provide a statistical description of the spatial location of the dolphin sets.

Distance from shore

The non-U.S. fleet fishes on dolphins at an average distance from shore of 514 miles. The U.S. fleet average is higher (701 miles).

Duration of sets

The average for U.S. sets is very similar for the IATTC and NMFS data (2 1/2 hours). The longest observed set was close to 23 hours. The non-U.S. fleet has a lower mean (2 hours and 20 minutes), but the difference is small.

Total catch of tunas

The mean catch of tunas in dolphin sets is higher for the non-U.S. fleet than for the U.S. fleet (14.8 versus 10.5–11.0 tons) The greatest catch observed was 165 tons in one set.

Number of dolphins captured per set

The non-U.S. fleet captures, on the average, 40 fewer dolphins per set. Most of the difference comes from the decrease in numbers of offshore spotted dolphins captured per set. The largest schools captured were: more than 10,000 for offshore spotted, 2,125 for eastern spinner, 3,200 for whitebelly spinners, 3,000 for common dolphins, and 1,800 for striped dolphins.

Number of dolphins killed per set

The kill per set for the non-U.S. fleet is larger than that for the US fleet, but the difference is not statistically significant. There are important differences for spotted dolphins, for whitebelly spinner dolphins, and for common dolphins, but these differences are due mainly to different spatial and temporal distributions of the sets.

Percentage of captured dolphins killed

The percentage of captured dolphins killed for the non-U.S. fleet is higher than that of the U.S. fleet, and it is higher for almost all individual species or stocks. However, the relatively large variances render most of the comparisons nonsignificant.

Frequency distribution of sets

For this analysis three sets of data are considered: 1) the IATTC data base for the non-U.S. fleet for 1979-1983; 2) the IATTC data base for the U.S. fleet for 1979-1983; and 3) the NMFS data base for the U.S. fleet for 1979-1982. The total number of dolphin sets for the NMFS and IATTC data bases combined is 10,632. These simple analyses should be considered cautiously because confounding effects are likely to be present in the data.

By latitude (1980-1982)

	IATTC						NMFS		
	Non-U.S.			U.S.			U.S.		
	Freq.	%	Cum. %	Freq.	%	Cum. %	Freq.	%	Cum. %
11 S- 14 S	9	2.8	2.8	7	0.2	0.3	28	1.1	1.0
8 S- 11 S	38	12.0	14.8	26	0.6	0.9	66	2.4	3.4
5 S- 8 S	4	1.2	16.1	47	1.3	2.2	35	1.3	4.7
2 S- 5 S	17	5.3	21.5	83	2.3	4.5	31	1.2	5.9
1 N- 2 S	21	6.62	8.1	213	5.8	10.4	60	2.2	8.1
1 N- 4 N	52	16.4	44.5	113	3.1	13.5	180	6.6	14.6
4 N- 7 N	29	9.1	53.6	423	11.7	25.2	462	16.9	31.6
7 N-10 N	78	24.7	78.2	1225	33.7	59.0	777	28.4	60.0
10 N-13 N	50	15.8	94.0	864	23.8	82.8	627	23.0	82.9
13 N-16 N	16	5.0	99.1	348	9.6	92.4	300	10.9	93.9
16 N-19 N	1	.3	99.4	177	4.9	97.3	109	3.9	97.9
19 N-22 N	2	.6	100.0	65	1.8	99.1	43	1.5	99.5
22 N-25 N				31	0.8	100.0	14	0.5	100.0
25 N-28 N				1	0.0	100.0			

The non-U.S. fleet, as expected, shows a clear displacement of effort to the south. A less expected difference is found between the distribution of the U.S. data bases of the IATTC and NMFS. From the interval 7°N–10°N, northward, the proportions are very similar, but the NMFS data base shows a higher proportion of sets south of 7°N (but especially noticeable south of 5°S). The much higher kill rates in the southern section result in a higher estimate of mortality for the whole area. This difference is the result of a random process affecting the latitudinal distribution of sets, and it is caused by the clumped characteristics of the sampling system (sampling trips, rather than sets). It is not possible to say which of the two programs gives a better representation of the fleet's activity, but the logbook data will be explored to try to provide an answer.

By vessel capacity (1980-1982)

Capacity	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
401- 600	0	0.0	213	5.9	176	6.4
601- 800	14	2.9	542	14.9	254	9.3
801-1000	58	11.9	436	12.0	390	14.2
1001-1200	318	65.0	1852	51.1	1475	53.9
1201-1400	71	14.5	357	9.8	202	7.4
1401-1600	15	3.1	145	4.0	5	0.2
1600-1800	0	0.0	41	1.1	235	8.6
> 1800	13	2.7	41	1.1		

The mode is the same in all cases, but the non-U.S. fleet has only 15 percent of its sets from smaller vessels, while the other groups have 34 percent of their sets below the mode.

By year (1979-1983)

Year	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
1979	110	22.5	915	16.9	1994	42.1
1980	109	22.3	1153	21.3	1052	22.2
1981	79	16.2	1436	26.5	820	17.3
1982	129	26.4	1038	19.2	865	18.3
1983	62	12.7	870	16.1		

For the IATTC data there is an even distribution of sets among the years, but for the NMFS data a disproportionate number of the sets were made in 1979. As that year was a year of yellowfin regulations, it is possible that its results are not completely comparable with the others.

By month (1980-1982)

	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Sets	%	Sets	%	Sets	%
January	51	16.1	284	7.8	304	11.1
February	60	18.9	226	6.2	198	7.2
March	21	6.6	544	15.0	366	13.4
April	33	10.4	261	7.2	263	9.6
May	12	3.8	233	6.4	236	8.6
June	29	9.1	324	8.9	231	8.4
July	28	8.8	355	9.8	233	8.5
August	16	5.0	383	10.6	256	9.4
September	32	10.1	241	6.6	169	6.2
October	4	1.3	195	5.4	134	4.9
November	15	4.7	338	9.3	151	5.5
December	16	5.0	243	6.7	196	7.2

Using only the years without yellowfin regulation and for which NMFS data are available (1980-1982) to have similar data, the peak activity of the U.S. fleet is in March, but it is quite evenly distributed within the year.

By day versus night sets (1979-1983)

	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
Day sets	444	90.8	4949	90.9	4313	91.2
Night sets	43	8.8	493	9.1	418	8.8
Unknown	2	.4				

The proportions are very similar. Comparisons may be made using the U.S. data only. The small number of night sets in the non-U.S. fleet precludes testing those data individually.

By coverage of backdown area by a safety panel (1979-1983)

	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
Covered	377	77.1	5002	92.4	4278	90.4
Not covered	46	9.4	79	1.5	157	3.3
Unknown	66	13.5	331	6.2	296	6.3

Both U.S. data sets are similar; the non-U.S. fleet has a smaller proportion of sets in which the safety panel covered the backdown area.

By wind index (1979-1983)

Beaufort value	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
0	25	5.1	61	1.1	116	2.5
1	116	23.7	869	16.1	803	17.3
2	156	31.9	1959	36.2	1689	36.3
3	123	15.2	1673	30.9	1447	31.1
4	63	12.9	701	13.0	525	11.3
5	6	1.2	137	2.5	65	1.4
>5			10	.2	8	0.2
Unknown					78	1.6

All the proportions are quite similar.

By presence of strong currents (1979-1983)

Strong current	IATTC				NMFS	
	Non-U.S.		U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
present	138	28.2	815	15.1	708	15.0
absent	284	58.1	4464	82.5	3970	83.9
unknown	67	13.7	133	2.5	53	1.1

The proportion of sets with strong currents is about twice as high for the non-U.S. fleet.

By gear malfunction (1979-1983)

Malfunction	IATTC			
	Non-U.S.		U.S.	
	Frequency	%	Frequency	%
Major	19	3.9	527	9.7
Minor	14	2.9	559	10.3
None	279	57.1	3365	62.2
No information	177	36.2	961	17.8

The U.S. fleet has 20% of sets with some type of malfunction, versus only 7% of the non-U.S. fleet.

Research on dolphin abundance***Relative abundance estimates of eastern Pacific dolphins***

Line transect estimation has been used to estimate abundance and relative abundance of eastern Pacific dolphins. The line transect methodology is useful for estimating the density of objects when the probability of observing an object declines at some unknown distance from the line of search. However, for line transect estimates to reflect accurately the true abundance, a number of assumptions must be satisfied.

The most critical of these is that all dolphin schools directly on the search line are detected. Since dolphins are usually moving, the ancillary assumption that the movement of dolphins onto and off of the search line is random is also made. Thus, dolphins actively avoiding the vessel negatively bias the estimates of density. Such bias may go undetected, especially if avoidance is not apparent in the distribution of the perpendicular distances of sightings. The second assumption used in line transect estimation is that measurement of the school's location is made without measurement bias or variation. Thus, a school's location relative to the vessel and the vessel's heading should be accurately recorded when the

school is initially sighted. The third assumption is that the sightings of dolphin schools are statistically independent. Thus, the sighting of one school should not influence the sighting of another school, and the sighting effort and dolphin school density should be independent of each other. Since it is dolphin schools that are being sighted, and not individual dolphins, two more assumptions must be made; school size is estimated without bias, and school size does not affect the probability of detection. The latter point would not affect the estimate of dolphin school density if all schools on the track line are seen; however an interdependence of sighting probability and school size would bias the estimates of school size.

It is believed that sighting information collected by IATTC scientific technicians aboard tuna purse seiners violates all of these assumptions to various degrees. Such straying from the assumptions limits the usefulness of these data for estimation of absolute abundance estimates, but does not necessarily limit their usefulness as relative indices of the population size. If the type and magnitude of the violations are understood, the direction of the bias can be ascertained, and possibly the magnitude. These added pieces of information would obviously be useful for population assessment.

The assumption which is most critical to the usefulness of the line transect method is that all schools on the track line are observed. Small schools of dolphins are more likely to be missed. Marine mammals are well known for their diving abilities, and it is possible that all individuals of a small school could be submerged when the vessel passes over them or near by. This probability diminishes as the school size increases, thus biasing the estimate of the mean school size. Also, the signs used to locate schools of dolphin (such as birds and splashes) are more visible for schools with more than about 15 animals than signs from schools with less than that number. Analysis of the distribution of sighting angles and sighting distances indicated no size-related differences for schools greater than 100 animals for 1983. This is due in part to the use of feeding birds as a cue of both tuna and dolphins. It has been assumed that the small schools of dolphins are a small proportion of the population. Although no avoidance of the boats was inferred from the distribution of sightings, some dolphins may avoid the vessel and move away from the track line at distances beyond the sighting range.

Not only should all trackline schools be sighted, but they should be identified to species and the proportions of species in mixed-species schools ascertained without bias. A number of schools on the track line, however, were recorded as unidentified dolphins. These schools bias the estimates of identified dolphin numbers downward, and cause a similar bias to that caused by missing schools on the track line, although the numbers of schools are estimated.

Due to the lack of instruments for measuring sighting angles and distances on purse seiners, these measures are biased. More sightings than expected occur at 0° , 15° , 30° , 60° , and 90° , and the radial distances are rounded to whole nautical miles. Such pooling of observations causes problems in fitting the detection curve to the sighting data. To avoid these problems, both smoothing of the data and grouping of observations are used. These steps prepare the data for analysis and appear to reshape them back to pre-rounding expectations.

Possibly more important than the lumping of observations is the violation of the assumption of random sampling, or random distribution of dolphins with respect to the sampling. For both 1982 and 1983 more effort (Figure 28) was expended by purse-seiners in regions of high than in regions of low dolphin density. Such biases increase the estimates of dolphins for the total area. Such a bias is not unexpected, since the oceanographic factors which make the tuna vulnerable to capture by purse seining likely play a role in determining the quality of the habitat for the dolphins. Further effort in defining an appropriate stratification method is needed since this bias, unlike the others, is associated with a significant positive bias in the abundance estimate. The method presently used is still somewhat subjective and needs modification to increase its objectivity. Efforts to produce a computational algorithm which stratifies the eastern Pacific Ocean on both biological and homogeneous statistical grounds are under way. Thus for each species, variation in encounter rates, school size estimates, school composition, and effort and set type information in the IATTC logbook records may be used to group sighting records into more homogeneous strata.

Dolphin school size estimation

School size is an important factor in the estimation of density and abundance of cetaceans. For dolphin species in the eastern Pacific, aerial surveys have been used to provide data on the densities of schools and on average school sizes. School size data are typically based on counts or estimates by observers aboard the aircraft. Observer estimates of large aggregations of animals, however, can be greatly in error.

Aerial photography has been increasingly used to collect cetacean group size data. Not every school encountered, however, can be successfully photographed. Factors such as sea state, sun glare, water clarity, or behavior of the animals can obscure portions of the school, making the photographs unsuitable for analysis. Thus, observer estimates, although often unsatisfactory for large aggregations, must often be relied upon for school size data.

Analyses by biologists from the IATTC, NMFS, and the University of Washington have been conducted to answer the following questions:

- 1) Do estimates derived from photographs accurately and precisely depict the true school size?
- 2) Are there systematic differences among observers in visual estimates?
- 3) Can the observer estimates be calibrated by photographic estimates?

These analyses used the results of four surveys that were conducted in the eastern Pacific in which aerial photographs were taken of dolphin schools (Table 16). During the 1979 *Gina Anne* cruise conducted by the IATTC, dolphin schools were photographed from the ship's helicopter, encircled with the vessel purse seine, and then counted as the dolphins were backed out of the net. A comparison of photographic estimates with the backdown counts allowed us to determine the accuracy of estimates derived from the photographs. The precision of the photographic estimates was determined from the results of a cooperative IATTC-

NMFS survey in which estimates made from photographs taken by different camera formats, on different passes, and by different readers were compared. Data from the above surveys plus two other NMFS aerial surveys allowed the comparison of both aerial observer and photographic estimates. A total of 151 schools were photographed during the four surveys, of which 71 (47%) were in photographs of good enough quality to be used in the analyses.

Accuracy of photographic estimates

Five schools which were photographed during the *Gina Anne* experiment were compared with the backdown counts. The slope of the regression (through the origin) of the photographic estimate on backdown count was 1.06, with 95% confidence interval (0.90, 1.22) and $R^2 = 0.79$. Although only five data points were available, the relationship between the two gave no indication of differing significantly from 1:1.

It should be noted that the backdown counts are not an absolute "ground truth." It was possible that dolphins were under- or over-counted when a large, tight group of animals was backed out. The error due to this, however, is likely to be small. Another source of error, also thought to be small, is that dolphins sometimes evaded capture after the photographs were taken and the number of dolphins in these groups (usually small groups of 10-40 animals) then had to be estimated by the shipboard observers.

Analyses of variance of photographic estimates

The photographic estimates from the 1980 IATTC aerial study were examined for variation due to camera format, individual school, and pass number, and then were compared with the observer estimates. An analysis of variance of the 1980 study showed that all possible sources of variation were significant (school, format, pass), and so were the interactions. The large variability in school sizes, however, dwarfed all the other sources. This allowed different passes, along with different estimates by the readers, to be considered as replicates. The precision analysis subsequently indicated that the photographic estimates have a standard deviation approximately 6-8 percent of school size, and thus are quite precise.

Comparison with observer estimates

A plot of all estimates by 13 observers and the corresponding average photographic estimates (Figure 29) shows that despite some scatter, the observer estimates as a group are fairly accurate for small schools (up to 200 animals), but that the majority are low for larger schools. This suggests a curvilinear relationship between observer estimates and school size.

Only three observers had large samples of estimates over a broad range of school sizes. The errors of both the observer and photographic estimates have variances that increase with school size. To standardize the variance, each observer estimate was divided by the average photographic estimate of that school, and this ratio was used in all the analyses. Algebraically, this quantity is:

$$\begin{aligned}
 \text{ratio} &= \frac{\text{observer estimate}}{\text{average photographic estimate}} \\
 &= \frac{\text{average photographic estimate} + \text{error of observer estimate}}{\text{average photographic estimate}} \\
 &= 1 + \frac{\text{error observer estimate}}{\text{average photographic estimate}}
 \end{aligned}$$

Working with the ratio is therefore equivalent to working with the *relative* error of the visual estimate. When this three-observer subset was analysed, all factors (observer, school size, and interaction) were found to be highly significant, with mean ratios as follows:

School size	Observer 1	Observer 2	Observer 3
1-99	.96	.85	.70
100-199	.93	.84	.64
200-499	1.00	.66	.71
500-999	.88	.76	.49
1000+	.65	.45	.36

The significant differences here are quite large. Even within school-size categories, the average differences among observers were 10-30 percent of school size.

The interpretation of these estimates, however, is problematic. The general relationship between observer and photographic estimates appears to be curvilinear and suggests that most observers tend to underestimate large schools. Some, however, tended to estimate high, and sometimes very high. The results of the analysis of variance of the three-observer subset indicated that this relationship varies widely among observers. These results may even understate these differences, as the three observers in the subset all happened to estimate low, on the average. In some school size categories, therefore, it seems likely that the average differences among some observers could amount to much more than the 10-30 percent of school size indicated here.

These results and studies by other researchers indicate that observer estimates can be highly variable. Two methods have been used to calibrate these estimates, however. Other researchers surveying animals on land have adjusted for bias on an individual basis by measuring the performance of each aerial observer against ground counts. Large sample sizes over the whole range of school sizes are needed, however, to calibrate the observers. Given the effort needed for calibration, a constant cadre of observers would be needed for the required surveys.

A second approach is to train observers with slides or photographs of aggregations of known size, allowing them to calibrate themselves. Aerial observers have been successfully trained in this manner for surveys of terrestrial animals. The IATTC has also used cine film of known-size dolphin schools taken during the *Gina Anne* cruise to train shipboard observers.

In either case, aerial photographic techniques should be used during aerial surveys. For those schools which can be successfully photographed, the estimates derived from the photographs have proved to be both accurate and precise. The photographs can also be used to train and calibrate observers so that reliable estimates can be obtained for schools for which adequate photographs are not available.

Gear studies

The gear staff continued to visit vessels in port to discuss dolphin release gear and procedures, gear problems, mortality levels, and Commission projects with captains and crewmen. Informal discussions were held this year with captains of six vessels which experienced high dolphin mortality during their Commission-sampled trips. Three of the captains attributed the high mortality during those trips to adverse dolphin behavior, strong ocean currents, and delay-causing gear malfunctions, primarily net roll-ups. A fourth captain believed that his problems stemmed from his net being too deep for "porpoise fishing." The vessel had recently returned from the western Pacific, and its net had been decreased in depth from 25 to 20 strips prior to the trip, but the captain believed that the net's large volume resulted in reduced backdown speed and inadequate cork sinkage. The mortality experienced by another vessel occurred mostly in only three sets, two of which were dark backdown sets. The captain dislikes the superapron safety panel, saying it is difficult to sink the apex corkline, and the channel collapses when steps are taken to increase cork sinkage. The mortality on the sixth vessel was a result of problems due to misalignment of the dolphin safety panel. The captain had never fished on a vessel equipped with a superapron dolphin safety panel prior to that trip, and he was given suggestions on how to align the panel properly. In a follow-up interview with the captain after the vessel's next trip, he indicated that the safety panel had functioned satisfactorily.

The gear staff accompanied two vessels, one U.S. flag and one Venezuelan flag, on local trial sets to align their dolphin safety panels. It was recommended to several other vessel captains that a local trial set to align the panel should be made, but scheduling problems prevented these sets.

The 115 Class-4, -5, and -6 purse seiners of the non-U.S. fleet that have fished in the eastern Pacific Ocean in 1984 employ the following types of dolphin safety panels:

Type of safety panel	Number of vessels
Superapron and fine-mesh panel (1 1/4-inch mesh)	52
Fine-mesh panel only (1 1/4-inch mesh)	44

Type of safety panel	Number of vessels
Two-inch mesh panel only	1
Not equipped with any panel	10
Unknown	8
Total	115

The above information has been obtained from visual verification by IATTC staff members, verification from national fisheries agencies, and verbal statements from vessel captains and managing owners. The 10 vessels not equipped with a small-mesh dolphin safety panels do not necessarily fish for tunas associated with dolphins.

This year the Commission gear staff and the staff of the U.S. tuna industry's Porpoise Rescue Foundation (PRF) began conducting interviews of vessel operators of both U.S. and non-U.S. vessels to study the use of lighting systems by vessels to illuminate the backdown channel at night. Opinions were also solicited as to why mortality rates are higher when backdowns are carried out in darkness than when performed in daylight. Fifty-two vessel operators were interviewed, including 33 U.S. and 19 non-U.S. captains. Four captains responded that they do not make any night sets on dolphin schools. Of the remaining 48, all but one stated that they use at least one light, either a spotlight or a floodlight, to illuminate the backdown channel when it is dark. Deck lights which may illuminate the part of the channel near the vessel were not considered to be lights specifically used to illuminate the channel. Twenty-three vessel operators said they use one light to illuminate the channel, nineteen said they use two lights for channel illumination, and five said they use as many as three lights for illumination. Only one captain thought that it was better to leave the channel completely dark. Our interviews indicated that many vessel operators are satisfied with the available lighting system on their vessels, but if given the opportunity, would prefer to add brighter or more lights for backdown channel illumination.

Vessel operators were asked how they communicate at night between themselves and dolphin rescuers stationed at the backdown channel apex. Good communication between the rescuer(s) and vessel operator is important in coordinating an efficient backdown. The vessel operator frequently wants to know how deep the apex corks are submerged, how many dolphins are left in the net, the location of the fish, whether he should continue to backdown, and other information. All of the 48 captains who responded to this question maintain radio contact with the rescuer(s), but only 15 maintain two-way radio contact. The other 33 talk to the rescuer(s) via one-way radio and rely on return communication via flashlight and hand signals. Many of the vessel operators who use two-way radios, such as walkie-talkies, thought that there was less of a chance of communication problems, such as mis-read signals, when there was two-way voice communication.

A total of 36 vessel operators gave their opinion as to why dolphin mortality is higher for dark backdown sets than for daylight backdown sets. Even though

one can easily venture some intuitive opinions as to why this is so, it seemed important to know the point of view of the operators. The primary reasons given for the higher mortality are as follows:

- 1) darkness in general affecting both dolphin behavior and the vessel operator's visibility (12)
- 2) adverse dolphin behavior at night (12)
- 3) limited visibility of vessel operator at night (5)
- 4) vessel operator impatience during backdown at night (3)
- 5) lack of dolphin rescuers during backdown at night (1)
- 6) improper use of lights during backdown at night (1)
- 7) inexperienced captains (1)
- 8) improper backdown procedures at night (1)

Thus, 29 vessel operators (1-3) thought that the effect of darkness on dolphin behavior, vessel operator visibility, or both, is the main reason for higher dolphin mortality during dark backdowns.

Interviews of captains are continuing, and a more complete summary of all responses will be made in the future.

The Commission has continued to lend high-intensity floodlights to sampled vessels for use during dark backdown sets. Their increasing popularity among vessel captains who have used them prompted the PRF to obtain several of the floodlights to lend to NMFS-sampled vessels during the year. Of 24 Commission sampled trips during 1984, 12 carried a Commission floodlight, and another had its own floodlight aboard. All 13 of these trips were by U.S. flag vessels. The Commission and PRF together provided lights on 4 of 11 sampled NMFS trips, with a fifth vessel also having its own floodlight. During the Commission sampled trips, 7 of the 13, the floodlight was utilized in 30 dark backdown sets. During 3 of the 5 NMFS-sampled trips, the floodlight was utilized during 12 dark backdown sets. In addition, the Commission provided floodlights on four non-sampled U.S. trips during the year. Twelve captains who had the opportunity to try the light were very satisfied with the illumination of the backdown channel it provided, and eight of them bought the floodlight for permanent use on their vessels. Several captains have stated that the floodlight's illumination provides much needed safety for any dolphin rescuers stationed in the backdown channel at night, and the floodlight's low glare does not hinder dolphin rescue.

As mentioned previously, dark backdown sets have a much higher dolphin mortality rate than do daylight backdown sets. For the 1979-1984 period, combining IATTC and NMFS data, sets in which the entire backdown occurred in daylight had a mortality rate of 2.98 animals per set (10,601 observed sets), whereas sets in which at least part of the backdown occurred in darkness had a mortality rate of 12.34 animals per set (1051 observed sets). These dark backdown sets accounted for 9.0 percent of the observed dolphin sets, but 29.12 percent of the total observed kill. Of the 1051 observed dark backdown sets, 83 were sets in which the Commission-type floodlights were utilized, all which occurred in 1982-1984. Removing these sets from the analysis raises the kill per

set to 12.80 animals (968 sets). The kill per set for the 83 sets utilizing the Commission-type floodlights is 6.92 animals.

Due to the fact that the distribution, and therefore the use, of the floodlights has not been random, it cannot be concluded statistically that the use of the Commission floodlights results in lower mortality rates. However, their success can be measured by the many positive comments received from vessel captains, crewmen, and observers who have had the opportunity to compare the illumination provided by the floodlights to more traditional means of illuminating the backdown channel. Almost all of the vessel captains who have used a Commission light indicate that these high-intensity floodlights provide improved conditions during night backdown operations that should result in a more efficient backdown and possibly reduced mortality. The Commission plans to keep a supply of these floodlights in its Panama field office in 1985 so that they can be provided to seiners of the international fleet that are sampled by the Commission and that operate out of that port.

OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

Disappearance of El Niño in 1984

Sea-surface temperature (SST) analyses prepared by the Commission in 1982 provided one of the first clues that an El Niño was developing several hundred miles off the west coast of South America. By October 1982 the most intense El Niño episode of this century became fully developed, with SST's 6° to 8°C above normal along the equator and in the coastal region of South America. The first indications of a weakening El Niño were not observed until one year later, in October 1983. At that time SST's of 1° to 2°C below normal appeared along the equator, indicating that upwelling was again established. The events leading up to and during the 1982-83 El Niño have been described in the 1982 and 1983 annual reports of the Commission.

During the first quarter of 1984 SST's over much of the equatorial region between 5°N and 5°S were below normal. In most of the tropical region south of 5°S , where SST's had been 1° to 5°C above normal during 1982 and 1983, they remained less than 1°C above normal overall and were slowly returning to normal. Along the coasts of Ecuador and Peru SST's were also returning to normal during the first quarter of 1984. During the second quarter of 1984 equatorial and coastal upwelling became well established again. This was revealed by the consistent patterns of negative SST anomalies which appeared in all monthly analyses along the equator. In addition, the second quarter was marked by a significant reduction in the size of areas with SST's more than 1°C above normal both north of 5°N and south of 5°S . Figure 30 shows the SST anomalies for May 1984. A comparison of SST anomalies in Figure 30 with those for May 1983, (IATTC annual report, 1983: Figure 42) shows a significant difference. For example, in May 1983 there was a large equatorial region east of 130°W with SST's more than 2°C above normal. In contrast, the same region experienced

SST's more than 1°C below normal on an average one year later in May 1984. The pattern of SST anomalies for May 1984 was typical for both the first and second quarters of 1984. The pattern of SST anomalies for December, shown in Figure 31, was representative of the third and fourth quarters of 1984. As shown in Figures 30 and 31, both the second and fourth quarters of 1984 were noted for the absence of any large, well-defined areas with SST's more than 1°C above normal. Along the equator in the eastern tropical Pacific the SST's were below normal from 85°W to 175°W, especially during the last half of 1984. In addition, the equatorial ocean front, which usually is found 2° to 4° of latitude north of the equator, was stronger, judging from the SST's during the last half of 1984 than during the same periods in 1982 and 1983.

At coastal stations from Ecuador to southern Peru the effects of a rapidly weakening El Niño in 1984 were reflected in the monthly changes in SST's at Manta, Ecuador, and Chimbote and Callao, Peru. Figure 32A shows that by mid-1984 the SST's at most coastal stations fell below normal, reaching about 0.5°C below normal by the end of the austral winter. When the southern summer began, SST's off Manta and Callao were nearly normal again, reflecting seasonal warming at a rate slightly greater than normal.

The atmospheric circulation in the surface (marine) layer has a direct effect on maintaining or diminishing wind-induced upwelling and mixing in the coastal region of the Peru Current and its equatorial extension. Variations in surface-wind speeds are proportional to sea-surface pressure gradients (differences) across the surface of the Peru Current. For the past 12 years the Commission has used the pressure-gradient data to calculate an index based on the difference in sea-level pressure between Juan Fernandez Island (34°S, 80°W) and the coastal station at San Juan, Peru (15°S, 76°W). During the last quarter of 1983 and the first quarter of 1984, surface-pressure gradients and surface winds were weaker than normal (the negative anomalies in Figure 32B) while SST's at coastal stations remained above normal (Figure 32A). From April through August 1984 the surface-pressure gradient became stronger than normal. Subsequently surface winds and ocean mixing intensified, so that by mid-1984 negative SST anomalies were appearing at most coastal stations of Ecuador and Peru. During the third and fourth quarter of 1984 the pressure gradient weakened again, but not enough to cause any abnormal warming in the coastal region of the Peru Current. By the end of 1984 winds had strengthened and become more steady over the eastern tropical Pacific. This resulted in an increase in the amount of the equatorial region with negative SST anomalies. However, there is no evidence at present that persistent anti-El Niño conditions have developed.

Possible effects of El Niño on tuna fisheries

During an El Niño episode in the eastern tropical Pacific sea level rises, the thermocline deepens, temperatures in the surface layer increase, surface winds shift, and the positions and strengths of tropical ocean currents are altered. These changes may have significant effects on the distribution and vulnerability of tunas to capture by purse seining.

During the period that the Commission has been recording and assessing tuna stocks there have been three major El Niño events and four weaker ones. The last major El Niño, in 1982-1983, culminated in the strongest warm water event in this century and was accompanied by drought and torrential rains in different parts of the tropics. All of the abnormal ocean features which characterize an El Niño were observed in the CYRA beginning in the fourth quarter of 1982 and persisting throughout 1983. Fishing success was reduced significantly in the CYRA during this period.

The 1983 total catch of yellowfin in the CYRA was 24 percent below the 1982 catch, but in 1984 the estimated catch was approximately 57 percent greater than during the peak El Niño year, 1983 (Table 1). The skipjack catch was markedly depressed in 1983 in the CYRA, with a 48 percent lower catch than in 1982. In 1984 the skipjack catch showed a 17 percent improvement over 1983, but it remained approximately 39 percent below the 1982 catch. This was largely due to reduced market demand for skipjack, however. Most of the tuna catches in the CYRA during 1982 were made before El Niño became fully developed. During 1982 and 1983, as catch rates decreased in the CYRA, many large seiners moved to the western Pacific. Good catches were made in the western Pacific before and during the 1982-1983 El Niño due, in part, to improved nets and increased skills in capturing tunas in clear water with deep thermoclines. In addition, the western tropical Pacific experienced mild anti-El Niño condition in 1982-83, which apparently improved ocean conditions for tuna fishing.

The decrease in fishing effort in the CYRA during the El Niño accounted for much of the decrease in catches in 1983. Several environmental parameters were compared with catch rates for the 1955-1983 period to determine if there had been any significant environmental effects on tuna catch during this and previous El Niño events. Time sections of several mean, annual environmental factors, known to change during an El Niño, were compared to time sections of mean annual catches in the CYRA. The Commission's annual report for 1983 contains a detailed description of this comparative study. The results revealed that during an El Niño there were no strong relationships between one or more environmental parameters and the rates of catch or recruitment based on data averaged annually over the entire CYRA. However, it appeared that there could have been some effects of an El Niño on catch rates in specific locations and times within the year.

The Commission is currently investigating in greater detail the possible effects of each El Niño period between 1960 and 1984 on tuna catches at specific locations and times. Initially, data were selected from three areas within the CYRA where tuna catches have been large at times and with considerable variation from year to year. These areas also experience seasonal and large year-to-year variations periodically in the ocean environment. The three areas are: 1) the coastal region of Ecuador from 1°N to 5°S between 80°W and 85°W; 2) south of Baja California from 23°N to 14°N between 105°W and 115°W; and 3) the Costa Rica Dome (area of upwelling centered near 10°N, 90°W) from 15°N to 5°N between 85°W and 95°W. For each area, catches (short tons) of yellowfin and skipjack, effort (number of fishing days), set types, sea-surface temperatures (SST's), wind directions, and

wind speeds have been extracted and summarized by 1-degree areas at weekly intervals for a entire year before, during and after an El Niño event. Because of considerable week-to-week variations in catches, effort, winds, and SST's the weekly summaries were averaged for each month and for each study area. Finally, time sections were plotted covering each El Niño event for a comparison of the inter-annual variations among wind direction, wind speed, SST's, and CPUE's in each of the three fishing areas. The CPUE's were computed as a ratio of mean weekly catch in tons to the mean weekly number of fishing days for each month.

Figures 33 and 34 present time sections of CPUE, fishing effort, winds, and SST's before and during the 1976 and 1982-83 El Niño events for the coastal area of Ecuador. These figures are typical of the other time sections for El Niño events prior to 1976. Several features common to nearly all years, which characterize fishing effort, catch, and environment off Ecuador, appear in these figures. For example, fishing effort and tuna catches are usually greatest during the first and fourth quarter of each year. The SST's are normally highest during February-April and lowest during September-November of each year. During most years fishing effort by purse seiners is at a minimum during the austral winter. This is due, in part, to the stronger southerly winds accompanied by rough seas. Weaker winds under 10 knots normally prevail during the austral summer and fall months. During most months of a normal year the prevailing wind direction is from the south over the area of this study.

During the first quarter of 1975 unusually high catches (CPUE's) of skipjack and yellowfin were made off Ecuador with below-average fishing effort (Figure 33C, D and E). Fishing was conducted on the warm sides of a cold Peru Current under light winds (Figure 33A, and B) from the south to southeast. The CPUE's remained high until mid year, especially for skipjack, in an environment where SST's were warm and winds persisted from the south and southeast. Beginning in June 1975 and continuing in the third quarter, winds swung around to the southwest and SST's leveled off to 75°F (26.2°C) in the active fishing areas. During the third quarter fishing effort reached a minimum and so did the CPUE's, except for yellowfin in September. By the fourth quarter fishing effort and CPUE's had increased sharply in an environment where winds shifted back to southeast again and SST's dropped to seasonal values of 72° to 73°F (25.1 to 25.5°C). Thus, 9 months of the pre-El Niño (1975) year off Ecuador, where the weather consisted of southerly winds and warm ocean temperatures along the periphery of the colder Peru Current, were very good for fishing.

During February 1976 an El Niño of moderate intensity developed. The fishing effort and CPUE's for skipjack and yellowfin, which were high in January 1976, dropped rapidly as the El Niño intensified. During the first quarter of 1976 SST's became abnormally high and winds shifted from southeasterly to southwesterly. Except for a large catch of skipjack in April, effort and CPUE's were well below those in during the second and third quarter of 1975. During this poor fishing period surface winds were blowing from the southwest toward the coast and SST's were 2° to 3°F (0.7 to 1.0°C) above normal. Finally, in the fourth quarter of 1976,

winds turned back to the south and southeast, SST's were only slightly above normal, and the fishing effort and CPUE on skipjack rose sharply (Figure 33). However, the CPUE on yellowfin dropped to under 2 tons per fishing day in the last quarter.

A discussion of the 1982-83 El Niño event is presented in the Commission's annual report for 1983. This El Niño developed with exceptionally high SST's along the coast of Ecuador and Peru during the last quarter of 1982. However, earlier in the year fishermen encountered water warmer than normal and southwesterly winds off the coast (Figures 34A and B). Fishing effort and CPUE's were quite low during most of 1982, except for skipjack in February, June, and September (Figure 34C, D, and E). During these months SST's were close to normal and winds had returned to a more southerly direction. During the last quarter of 1982 SST's rose rapidly to 12° to 14° F (4.2 to 4.9°C) above normal, and surface winds became more westerly and stronger. Effort increased slightly on skipjack and yellowfin, but CPUE's decreased. During the first three quarters of 1983, when the El Niño was well developed, fishing effort and CPUE's were very low. This was due, in part, to the departure of many purse seiners from the CYRA in 1982 to the western Pacific where fishing was better. However, during this period of low CPUE's off Ecuador surface winds were more westerly than usual and SST's were extremely high (Figure 34A, and B). By September 1983 SST's began to return slowly to normal, and surface winds had returned to a southerly direction by August. During the last quarter of 1983, as the El Niño deteriorated rapidly, fishing effort tripled and the CPUE's increased sharply.

The changes both in the environment and in the catches along the coast of Ecuador and northern Peru therefore appear to have been similar before and during the last two El Niño events. Preliminary analyses of results from the 1972-73 and earlier El Niño episodes suggest similar patterns of events may have occurred.

This study for the fishing area off Ecuador has revealed that before an El Niño begins surface winds are usually from the south or southeast and the principal component of wind-stress (driving force) on the ocean surface is directed northward parallel to or slightly away from the coast. In contrast, during an El Niño, surface winds are from a more westerly direction and an onshore component of the wind tends to drive the surface water toward the coast of Ecuador. For a long time fishermen and sailors have stated that during an El Niño a surface current called, "Corriente del Niño" moves southward along the coast of Ecuador. This is opposite in direction to the Peru Current in non-El Niño years. This southward flowing current is considered to be an eastward extension of the South Equatorial Countercurrent which surfaces during El Niño. The westerly winds help to maintain the Equatorial Countercurrent at the surface, and also contributes to piling up of water on the coast as the sea level rises in the initial stages of the El Niño. The winds shift from southeast to westerly during these warm-water events because the atmospheric high pressure system weakens off the coast of Peru and usually moves toward the equator, and a low-pressure trough develops

over the coastal region. The surface air flow then moves away from the weakened high toward the strengthened low-pressure trough. The preliminary results of this study suggest that as sea level rises and winds become westerly during the El Niño the mixed layer depth of abnormally warm water is increased and the thermocline becomes deeper. Some upwelling continues to occur along the coast, but only warmer-than-normal water, low in nutrients, is brought to the surface. The nutrient-rich water in and below the thermocline is not brought to the surface as in non-El Niño years. Thus, nutrient enrichment of coastal waters is suppressed during an El Niño because of high sea levels and winds and currents which tend to inhibit upwelling and push surface water toward the coast. As a result, the availability of forage for tunas is probably reduced, especially when the El Niño continues for a year or longer. The preliminary results suggest that during prolonged El Niño episodes, as occurred in 1957-58, 1969, 1972 and 1982-83, there is an environmentally related reduction in the availability and distribution of tunas in the tropical eastern Pacific and that this is most obvious off Ecuador, one of the major fishing grounds in the CYRA. The Commission is continuing work on El Niño periods before 1972 and in the two other fishing areas mentioned above.

STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1984 AND OUTLOOK FOR 1985

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 1984 and considerations for 1985.

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 1) 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 35. 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 1984 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.)

The quotas and catch and CPDF data for the CYRA and the area outside the CYRA for 1967 through 1984 are shown in Table 17. The CPDF data are shown in the top panel of Figure 36. The equilibrium production curves and the "observed" points representing non-equilibrium catch and effort are shown in Figure 37. The "observed" CPDF values are not identical to the CPDF values in Table 17 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. Curves equivalent to the bottom two curves were calculated in 1983. During this process no constraints were applied to q , *i.e.* it was reestimated while estimating the other parameters. For the present analysis q was set equal to the values obtained in 1983, but the sums of squares were recalculated, using one more year of data. The data for these four curves are as follows:

m	q	Maximum sustainable yield in thousands of short tons	Sum of squares (x 10 ⁻⁹)
2.0	0.000039	175	1.630
0.8	0.000039	173	1.614
2.0	0.000034	172	1.559
0.8	0.000021	152	1.306

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.

Biomass indices of abundance of yellowfin, derived from the cohort analyses described below, are also shown in Figure 36. These show a lesser decline than do the CPDF indices for the 1970-1980 period and a greater recovery since 1980.

The above results will be discussed in more detail in the section entitled *Condition of the stock in 1984 and considerations for 1985*.

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 size, 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 38. 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 (exploitation rate of 32 percent)
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 *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 about half of, equal to, and twice the average effort values for 1980-1983. A multiplier of about 0.7 corresponds to the effort value for 1984. 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 (28 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 8.7 pounds (3.9 kg). At the 1984 level of fishing effort the yield per recruit should be about 5.5 pounds (2.5 kg). A small increase in the yield per recruit might be realized 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). These relationships are shown in Figure 39.

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 38.

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 18). 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 19. 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, first 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 19 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 18. 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 (2.8) 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	2	5.6	3	8.0
4	10.2	5	13.5	6	18.9
7	27.0	8	36.1	9	45.0
10	55.1	11	67.0	12	83.0

Quarter	Average weight	Quarter	Average weight	Quarter	Average weight
13	98.0	14	111.1	15	122.0
16	130.0	17	134.0	18	136.0
				19+	157.0

These values were multiplied by the corresponding values in Table 19 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 40. 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 41 are shown the average quarterly and average annual biomass estimates for 1968 through 1984 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. The recruitment was slightly above average in 1980, 1981, and 1983 and slightly below average in 1982. Preliminary estimates of the 1984 recruitment indicate that it was slightly below average. The biomass increased in 1982, 1983, and 1984, however, due primarily to lesser fishing effort in those years. Increases are evident for both small and large fish, but the increase for the latter did not become apparent until 1984.

The purse-seine catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during the first 6 months of 1968-1984 are shown in Figures 42 and

43. In Figure 42 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 43 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

Comparison of Figures 40 (annual estimates of the biomass of the X and Y groups), 41 (quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 42 and 43 (purse-seine catches during the first 6 months of each year by age and cohort) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970's, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The age-structured biomass analysis sheds further light on this subject. The total contribution each X plus Y cohort had 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 19, 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 18A 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 53 million fish). For 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 the 1970's. 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 42) 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 53 million fish, which would produce about 146 thousand tons at a yield per recruit of 5.5 pounds. It was pointed out in previous IATTC annual reports that a shift of fishery effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. However, at the current reduced levels of effort there is little to gain by changing the size composition of the fish in the catch.

Condition of the stock in 1984 and considerations for 1985

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 80 and in Figure 37. 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 during the 1970's. 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 44. The expected CPDF values for 1985 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 and 1984, however, the fit for the constrained model (top panel) is much worse than that for the unconstrained model (bottom panel). For the constrained model the expected values exceeds the observed values, but for the second quarter for the unconstrained model the reverse is the case. The expected CPDF values for 1983, 1984, and 1985 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. However, because of the higher incidence of larger fish in the catch in 1983 and 1984, that trend could be reversed, increasing the productivity of the stock.

In both cases depicted in Figure 44 the predicted CPDFs in 1983 were greater than those 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.

The first point above was discussed in the IATTC annual report for 1983. The CPDFs of 15 vessels which fished in the eastern Pacific from 1979 through 1983 increased 29 percent relative to 1982, indicating that the abundance of fish was greater in 1983 than in 1982.

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 18), 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. An examination of the available data on the depth of the upper mixed layer in the central portion of the fishery shows that during the 1982-1983 El Niño it was much deeper than normal (Figure 4A). The overall effect of the recent El Niño conditions, then, has been reduced CPDFs. In 1984, when the ocean had returned to more or less normal conditions, the CPDF increased, approaching or exceeding the expected values in Figure 44. 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.

The results obtained from the production and yield-per-recruit analyses are integrated in Figure 45, 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, 1983, and 1984 both the fishing effort and catches were less than those which would produce the AMSY (Figure 37). The effect of this was increased stock size at the beginning of 1985. The stock size at that time was about 16 to 80 percent greater than the optimum, depending upon which estimates of productivity are valid. The estimates of the AMSY on page 80 range from 152 to 175 thousand tons. The stock size is estimated to be about 52 thousand tons greater than the size necessary to produce the AMSY for the most conservative model, so in 1985 about 204 thousand (152 thousand plus 52 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 had 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 1985. Considering that there was a change during the 1970's in the age-specific fishing mortality and that such change reduced the yield per recruit, and considering that estimates of the productivity of the stock based on production modeling show a corresponding decrease in productivity, it is reasonable to assume that the stock is currently less productive than formerly. Now, however, the stock shows signs of reverting to its previous, more productive state. It is impossible to determine which of the two unconstrained estimates of the AMSY (152 or 172 thousand tons) better represents the dynamics of the yellowfin stock. Catches of 204 or 244 thousand tons, depending on which of the two unconstrained models is the correct one, would theoretically be possible in 1985 without reducing the stock size to less than the optimum. It would not be advisable to attempt to do this, however, as the stock size would probably be reduced below the optimum size unless the fishing effort were appropriately distributed in space and time. In addition, although economic matters are not within the province of the IATTC staff, it perhaps should be mentioned that if catches of those magnitudes were made in 1985 the CPUEs in subsequent years would probably be so reduced that many vessel owners would suffer economic hardship. Accordingly, the staff recommended a minimum quota of 174,000 tons for 1985. As already noted, all estimates from production modeling indicated that the stock by the end of 1984 would be larger than the optimum size needed to produce the AMSY. It was therefore recommended that there be provisions to increase the quota by two increments totalling 30,000 tons. 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 1985 would be greater than if the unconstrained models best represent the dynamics of the stock. However, the two increments totalling 30,000 tons provide for a total catch of up to 204,000 tons, which is well in excess of the AMSY values of 175 and 173 thousand tons estimated for the two constrained models (page 80).

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. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be re-instituted, the opening data of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch. With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982-1984 period has increased the average size of the fish in the population, which has increased its productivity. However, maintenance of high productivity by continuous underfishing would reduce the annual yields, which is probably not in the best interests of all concerned. With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed

with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. With regard to the third approach, closure of areas where small yellowfin are most abundant might increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant. With regard to the fourth approach, it does not appear as though shifting the opening date of the season would be 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. Also, as has been mentioned previously, at the current reduced levels of effort there is little to gain by changing the size composition of the fish in the catch.

Outside the CYRA

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 35, Area A3) since 1968 (Table 17). 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 1970-1984 period the CPDFs have been fairly constant, between 7 and 13 tons (Figure 46, upper panel). The CPDF was relatively low in 1983, but increased considerably in 1984, as was the case for the area inside the CYRA. It is believed that the variations in the level of the thermocline which affected the CPDFs inside the CYRA affected those outside the CYRA in the same way. In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.6 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 46, lower panel). During the 1972-1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.1 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977-1984, due apparently to reduced effort,

the catches averaged only about 19 thousand tons, but the CPDFs were down only slightly from those for 1970-1976. In the lower panel of Figure 46 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. The average size of the fish caught outside the CYRA declined from about 80 pounds (36 kg) in 1972-1975 to about 55 pounds (25 kg) in 1979-1983, and then increased to about 70 pounds (32 kg) in 1984 (Figure 47). The decrease 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. The increase in 1984 is probably due to the decreased catches in 1982 and 1983, which permitted the fish to grow larger. The fishery in the area outside the CYRA should continue to be closely monitored to evaluate the various possibilities.

SKIPJACK

Skipjack has been the most important species of tuna caught, in terms of weight, for many years. During the last 12 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 44 percent in 1982. 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 48. 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 1965-1982 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 48). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 49). During the late 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 (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1980, and these results were discussed in detail in the IATTC annual report for 1983. That report also includes a discussion of the population structure of skipjack in the eastern Pacific and their relationship with those in the rest of the Pacific.

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 56 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 49. 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 1984 are shown in Figure 51. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (about 7.8 pounds) was highest in 1971-1973, low in 1978-1983, and high again in 1984.

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 one reason why 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 52. 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 1985

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.

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 will be completed during 1986.

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.

The catches of bluefin in the eastern Pacific during the 1980-1984 period have been well below the average for 1961-1979 (Table 1). Those of 1983 and 1984 were less than those during any years since the early 1930's, when the market was depressed due to economic conditions. Many Class-3, -4, and -5 vessels, which have been responsible for a large share of the bluefin catch since the early 1960's, have withdrawn from the fleet, but examination of the catch and effort data indicates that the catch per unit of effort, as well as the effort, has declined. The declines in the catch and catch per unit of effort are of serious concern to the IATTC staff. Unfortunately uncertainty as to the stock structure of bluefin, and therefore the relationships between the eastern and western Pacific bluefin fisheries, coupled with the lack of precise data on the catches and catch composition in the western Pacific, make it impossible to determine the long-term implications of the current decline in the eastern Pacific fishery. Discussions are underway with Japanese scientists in regard to the feasibility of convening a workshop on bluefin as a first step toward increasing the understanding of the dynamics of the total resource.

INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL 1984

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, Costa Rica en 1979 y Canadá en 1984.

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 los stocks 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 XXXIV 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 los informes especiales de la Comisión, en libros, en revistas científicas exteriores de prensa y en publicaciones comerciales. Al final de 1984, la Comisión ha publicado 120 boletines, 4 informes especiales, 238 artículos en libros y revistas exteriores de prensa y 33 anuarios. Todos estos escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance de la crítica de la comunidad científica.

REUNIONES DE LA COMISION

La XLII reunión de la Comisión fue convocada en La Jolla (California) el 16, 17 y 18 de octubre de 1984. El Sr. Henry R. Beasley de los EEUU actuó como Presidente. Participaron en la reunión representantes de los cinco países miembros, como también observadores de Costa Rica, Ecuador, El Salvador, México, la Rep. de China, Venezuela 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 1984
6. Condición de la población del aleta amarilla y recomendaciones en 1985
7. Programa recomendado de investigación y presupuesto en el AF 1986-1987
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 174,000 toneladas americanas en el año pesquero de 1985, 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 1985:

Reconociendo que existe la necesidad de un programa de conservación para evitar que el recurso del atún aleta amarilla del Océano Pacífico oriental sea reducido a un nivel inferior al que pueda garantizar una productividad 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 1985, debería establecerse una cuota anual para la captura total del atún aleta amarilla en el año civil de 1985, de 174,000 toneladas americanas en el ARCAA según se define en la resolución aprobada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y

Recomienda además, que se autorice al Director de Investigaciones para que eleve este límite con no más de dos incrementos sucesivos, si al examinar los datos disponibles, concluye que dichos incrementos no constituirán un peligro considerable para la población; el primer incremento debe ser de 20,000 toneladas y el segundo incremento debe ser de 10,000 toneladas, 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 1985”.

(2) La Comisión acordó el presupuesto propuesto de \$3,149,400, correspondiente al año fiscal de 1986-1987.

(3) La Comisión acordó que la próxima reunión anual se convocaría del 15 al 17 de octubre de 1985, en Tokio (Japón).

(4) La Comisión nombró al Sr. Kyuichi Tanabe del Japón como Presidente y al Sr. Jamil Urroz de Nicaragua como Secretario de la Comisión en 1985.

ADMINISTRACION

En la XXXIX reunión, convocada en París (Francia), del 19 al 21 de octubre de 1981, la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto del año fiscal de 1983-1984, presentado por el Director de Investigaciones por la suma de \$2,638,355. Luego los EEUU decidieron reducir su cuota del presupuesto aprobado en \$184,520 dólares, lo que fijó el presupuesto total en \$2,300,395, aproximadamente \$338 mil dólares menos que la cantidad recomendada y aprobada.

DECLARACION FINANCIERA

Las cuentas financieras de la Comisión en el año fiscal de 1983-1984, fueron revisadas por Peat, Marwick, Mitchell y Co. Se presentan a continuación tablas compendiadas de este informe:

COMISION INTERAMERICAN DEL ATUN TROPICAL
Balance General
30 de Septiembre de 1984

Activo

Activo circulante	
Efectivo	\$ 143,560
Certificados de depósito	-
Cuentas a cobrar	66,509
Anticipos y depósitos	36,841
	<hr/>
Activo Total circulante	246,910
Propiedad raíz, al costo	325,775
	<hr/>
	\$ 572,685
	<hr/> <hr/>

Pasivo y Balance de los Fondos

Pasivo circulante:	
Cuentas por pagar	49,400
Gastos acumulados	263,313
	<hr/>
Pasivo total circulante	312,713
Balance de los fondos:	
Fondo general (déficit)	(65,803)
Fondo propiedad raíz	325,775
	<hr/>
Balance total de los fondos	259,972
	<hr/>
	\$ 572,685
	<hr/> <hr/>

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Declaración de los Cambios en la Situación Financiera
correspondiente al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1984

Origen del capital de trabajo:	
Exceso de gastos sobre los ingresos	81,807
Aumento en el capital de trabajo	\$ 81,807
<hr style="border-top: 3px double black;"/>	
Utilización del capital de trabajo:	
Deficit de los ingresos sobre los gastos	-
Reducción del capital de trabajo	\$ -
<hr style="border-top: 3px double black;"/>	
Cambios en los elementos del capital de trabajo:	
Aumento (reducción) del activo circulante:	
Efectivo	130,254
Certificados de depósito	(101,562)
Cuentas por cobrar - contratos	18,247
Anticipos y depósitos	11,384
	58,323
<hr style="border-top: 1px solid black;"/>	
Aumento (reducción) en el pasivo circulante:	
Cuentas por pagar	(38,400)
Gastos acumulados por pagar	14,916
	(23,484)
Aumento (reducción) en el capital de trabajo	\$ 81,807

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Declaración de Ingresos y Gastos
Correspondiente al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1984

Ingresos:

Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados:	
Estados Unidos de América	\$ 2,190,000
Canadá	58,651
Japón	43,710
Francia	7,034
Panamá	500
Nicaragua	-
	<hr/>
Contribuciones totales	2,299,895
Ingresos por contrato	138,078
Ingresos por interés	22,012
Otros ingresos	12,301
	<hr/>
Ingreso total	2,472,286

Gastos:

Sueldos	1,453,011
Beneficios laborales	339,572
Gastos por contratos	101,607
Gastos de viajes	142,845
Gastos de los observadores	23,216
Imprenta y franqueo	37,516
Legales y profesionales	19,070
Materiales y suministros	175,283
Renta y servicios públicos	50,219
Seguros e impuestos	19,551
(Ganancia) perdida cambio moneda extranjera	(621)
Recompensa por marcas de peces	96
Miscelánea	29,114
	<hr/>
Gastos totales	2,390,479
Exceso (déficit) de gastos sobre ingresos	<hr/> <hr/> \$ 81,807

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 1984

	Balance ilimitado de los fondos	Fondo propiedad raíz	Total
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1982	\$ (3,698)	325,775	322,077
Exceso de gastos sobre los ingresos	(143,912)	-	(143,912)
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1983	(147,610)	325,775	178,165
Exceso de gastos sobre los ingresos	81,807	-	81,807
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1984	\$ (65,803)	325,775	259,972

COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Los investigadores en 1984, 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, implicadas en la 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 1984, 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.

El director de investigaciones de la Comisión convocó en enero de 1984, una reunión de expertos sobre la pesca internacional para considerar la investigación de los túnidos que debería llevarse a cabo hasta el año 2000. Este es un ejemplo concreto del papel que desempeña la Comisión en la colaboración entre entidades afines. La reunión, celebrada en la Jolla (California), se convocó porque se han presentado nuevos requisitos en la administración de los recursos atuneros, debido a la rápida expansión de la pesca atunera a regiones oceánicas anteriormente inexplotadas, a la extensión de la jurisdicción de pesca de la mayoría de los estados costeros y al aumento del esfuerzo ejercido en las pesquerías tradicionales. Los participantes de la reunión discutieron cómo puede la investigación responder más eficazmente a estos cambios, al identificar los problemas críticos que se han de tratar en los próximos 20 años. Los expertos prestaron un interés particular a tres temas de investigación que necesitan una atención especial: (1) la distribución y el movimiento de los atunes; (2) la variación periódica de las partes duras con relación a los estudios de la edad, la heterogeneidad del stock y los índices de transferencia; y (3) la heterogeneidad genética. Se juzgó que estos temas tenían tal importancia en los requerimientos de la administración futura, que se le pidió al convocador que iniciara alguna acción sobre cada tema. Los participantes deliberaron también acerca de los componentes pesqueros y biológicos de los recursos atuneros, los índices vitales de las especies, el comportamiento y la fisiología, la necesidad de datos y las propiedades que se desean en los modelos. Las recomendaciones de los participantes de esta reunión, deben ser beneficiosas para la comunidad investigativa y administrativa en los proyectos actuales y futuros.

OFICINAS REGIONALES

La Comisión, además de sus oficinas principales en La Jolla (California), tiene oficinas y laboratorios regionales en varios lugares de latinoamérica con industrias importantes de atún.

El laboratorio regional más nuevo y grande se encuentra localizado en 10 hectáreas (25 acres) en la Bahía de Achotines, justo al noroeste de Cabo Mala en la parte occidental de Panamá. La Dirección General de Recursos Marinos de Panamá del Ministerio de Comercio y el Gobernador de la Provincia de Los Santos de ese país suministraron una gran ayuda en la adquisición de la propiedad en 1983, desmontando el terreno y construyendo un camino desde este lugar a la carretera más cercana. Se han construido cuatro edificios, un laboratorio con tanques dentro y fuera, una caseta en la que se tienen tres generadores diesel de 30 kw, una combinación de comedor y cocina y un edificio con tres apartamentos de una habitación. La Comisión obtuvo los generadores, un tractor, un camión, un automóvil, un pequeño barco y otra gran cantidad de equipo y materiales como propiedad sobrante, por cortesía del U.S. General Services Administration. El laboratorio de Achotines, se dedicará principalmente a los estudios de los primeros

estadios de vida de los túnidos. Estos estudios tienen gran importancia, ya que la adquisición del conocimiento del ciclo vital de los túnidos antes del reclutamiento en la pesca, eliminará muchas de las dudas que existen actualmente en los avalúos del personal referente a la condición de los varios stocks de atunes. La Comisión proyecta ampliar las instalaciones del laboratorio, con el fin de que haya suficiente espacio para acomodar investigadores de otras empresas como de la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá, La Universidad de Panamá, etc.

Además, la Comisión tiene dos empleados en su oficina en la ciudad de Panamá, quienes recolectan los diarios de bitácora de los barcos que trasbordan sus capturas a barcos frigoríficos en ese país y de embarcaciones que atraviesan el Canal de Panamá para descargar en puertos del Atlántico o que pescan en el Océano Atlántico después de haber pescado en el Océano Pacífico oriental. Dedicán también parte del tiempo en medir atunes en Panamá y viajan a Puntarenas (Costa Rica) tres o cuatro veces al año para obtener allí las estadísticas de atún.

La Comisión tiene dos empleados en Manta (Ecuador). La gran industria atunera 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 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.

Se tiene un oficina en Mayagüez (Puerto Rico) con personal permanente. Estos empleados trabajan allí principalmente en la recolección y clasificación de las estadísticas de captura y esfuerzo y en obtener los registros de los descargues y medir atunes en ese puerto y en Ponce, el otro puerto principal de atún en Puerto Rico. Recuperan además las marcas de los atunes y obtienen otra información biológica, estadística y de la pesca en general, según sea necesaria.

La Comisión tiene un técnico en Ensenada (Baja California, México) el puerto principal atunero. El visita también otros puertos en México. Dedicó la mayor parte de su tiempo en medir atunes, pero obtiene además otros datos científicos sobre la pesca.

La Comisión tiene también una oficina regional en Terminal Island (California) con dos empleados permanentes. Estos obtienen y clasifican las estadísticas de la captura y el esfuerzo y los registros de los descargues, miden atunes, y obtienen otros datos científicos de pesca.

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 1984, se editó en esta serie otro boletín en inglés y español.

Allen, Robin y Richard Punsly. 1984. Proporciones de captura como índices de abundancia del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* en el Océano Pacífico oriental, Vol. 18, No. 4.

En 1984, se publicó otro Informe Interno de la Comisión:

Bayliff, William H. 1984. Migrations of yellowfin and skipjack tuna released in the central portion of the eastern Pacific Ocean, as determined by tagging experiments. No. 18.

Además de las publicaciones anteriores, los investigadores publicaron 6 escritos en otras revistas:

Allen, Robin L. 1984. Los delfines y la pesca con cerco de atún aleta amarilla. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (14): 3-18.

Hammond, P.S. 1984. Dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern tropical Pacific, 1982. Rep. Int. Whal. Commn, 34: 539-541.

Hammond, P.S. 1984. Abundance of killer whales in Antarctic Areas II, III, IV and V. Rep. Int. Whal. Commn, 34: 543-547.

Mullen, Ashley. 1984. Autonomic tuning of a two predator, one prey system via commensalism. Mathematical Biosciences, 72: 71-81.

Schaefer, Kurt M. 1984. Swimming performance, body temperatures and gastric evacuation times of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. Copeia, 4: 1000-1005.

LA PESCA EN 1984

RESUMEN

Las embarcaciones de 13 naciones (Canadá, las Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, Estados Unidos de América, Japón, México, Panamá, Perú, URSS y Venezuela) pescaron atún en el Océano Pacífico oriental en 1984. 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 fuerte explotación, la pesca del atún aleta amarilla estuvo desde 1966 hasta 1979, bajo administración internacional. La zona en la que se aplicó el programa de conservación del atún aleta amarilla, denominada Área 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, XL y XLI, el personal de la CIAT recomendó que se fijaran las cuotas en 160 mil toneladas en 1981 y 1982, 170 mil toneladas en 1983 y 162,000 toneladas en 1984, con la estipulación de aumentarlas según el criterio del Director. Estas fueron aprobadas, pero no se hicieron vigentes. En la XLII reunión celebrada en octubre de 1984, el personal de la CIAT recomendó una cuota de 174 mil toneladas en 1985, 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.

No se ha demostrado que haya necesidad de aplicar estas medidas de conservación a otras especies de túnidos obtenidas por la pesca en el Pacífico oriental.

La capacidad colectiva de la flota internacional que pesca atún en el Océano Pacífico oriental, aumentó desde 1965 a 1980, 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 116,362 toneladas. En 1984, esta flota capturó 142,367 toneladas de aleta amarilla y 64,614 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 18,185 toneladas de aleta amarilla y 2,144 toneladas de barrilete. Trece barcos que participaron en la pesca del ARCAA en 1984, pescaron también en ese año en el Océano Atlántico, en el Mar Caribe o en ambos y capturaron allí 7,429 toneladas de atún aleta amarilla y 5,284 toneladas de barrilete. Quince barcos que pescaron en el Pacífico oriental en 1984, pescaron también en el Pacífico occidental en ese año y capturaron allí 5,877 toneladas de aleta amarilla y 17,971 toneladas de barrilete.

La captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1984, fue considerablemente superior a la de 1983, que fue la más baja desde 1967. Esta captura baja en 1983 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 gran reducción en el esfuerzo de pesca en 1983. La reducción de captura en 1982 y 1983, permitió que se incrementara la magnitud de la población, lo que dió como resultado un aumento en las capturas de 1984. La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental en 1983, fue la más baja desde 1973. Se cree que la baja captura en 1984, se debe en su mayoría o totalmente a la poca demanda de barrilete, debido a lo cuál la mayoría de las embarcaciones que estaban pescando en el Pacífico oriental concentraron su esfuerzo en el aleta amarilla.

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 1984 y perspectivas en 1985*.

ESTADISTICAS DE CAPTURA Y DESEMBARQUE

En la Tabla 1 se presentan las capturas anuales (1961-1984) de las varias especies de atunes y peces afines, en cuatro zonas principales de pesca, capturadas por barcos que habían pescado por lo menos parte del año aleta amarilla, barrilete o atún aleta azul en el ARCAA. (En esta tabla se incluyen solo las capturas de las artes epipelágicas, con excepción de las capturas palangreras de aleta amarilla obtenidas en el ARCAA que están incluidas). Los datos de captura del aleta amarilla, barrilete y atún aleta azul se encuentran esencialmente completos, excepto por cantidades insignificantes obtenidas por algunos barcos deportivos y la pesca artesanal, pero las cifras de captura de estas tres especies capturadas en las otras tres zonas y las cantidades de las otras especies en todas las cuatro zonas no representan la captura total de estas especies. Por ejemplo, las cifras de captura indicadas en la parte B de la Tabla 1 correspondientes al Pacífico occidental y al Océano Atlántico, representan solo parte de la captura total de estas especies obtenidas en estas dos zonas, ya que no se incluyen los datos de los barcos que no han pescado en el ARCAA.

La estimación preliminar de la captura de atún aleta amarilla en el ARCAA en 1984, de 142,367 toneladas es 51,616 toneladas superior a la captura del ARCAA en 1983 y 3,166 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 64,614 toneladas, es decir, 9,321 toneladas superior a la registrada en 1983 y 45,622 toneladas inferior al promedio de captura de los cinco años anteriores. La estimación preliminar en 1984, de la captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete en el ARCAA de 206,981 toneladas, es 60,937 toneladas superior a la captura de 1983 y 48,789 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 150W en 1984, fueron respectivamente 18,185 y 2,144 toneladas, un total combinado de 20,329 toneladas que es 1,673 toneladas inferior a la captura de 1983 y 8,923 toneladas inferior al promedio de la captura anual de los cinco años anteriores. La captura de 282,060 toneladas de todas las especies, en todas las zonas de pesca en 1984 (parte B, Tabla 1) fue 735 toneladas inferior a la de 1983 y 58,875 toneladas inferior al promedio de los cinco años anteriores.

Las capturas obtenidas por la flota del Pacífico oriental en 1984, de aleta amarilla, barrilete y varios otros atunes obtenidas en el ARCAA y en la zona adyacente al oeste del ARCAA se presentan en la Tabla 2, por abanderamiento de barcos. Al usar como comparación la captura total de todas las especies obtenidas en el ARCAA en 1983 y al excluir cambios inferiores a 500 toneladas, se observaron los siguientes incrementos en la captura: Costa Rica (+272%),

Ecuador (+42%), Estados Unidos (+14%), México (+143%) y Venezuela (+53%). Las capturas de los barcos de los EEUU (y los cambios) incluyen las capturas de dos cerqueros de la clase 6 de arqueo fletados al Ecuador y seis cerqueros de la clase 6 fletados a Venezuela. Las siguientes naciones obtuvieron menos captura que en 1983: Las Islas Caimán (-37%), Panamá (-70%) y Perú (-92%). Las embarcaciones de Bermuda obtuvieron capturas en 1983, pero no pescaron en el ARCAA en 1984. Además, embarcaciones de España y la URSS volvieron a pescar de nuevo en 1984, en el ARCAA.

Se presentan también en la Tabla 2 los desembarques anuales por país. Los desembarques son las cantidades de peces descargadas durante un año civil, omitiendo el año de captura. El país de desembarque es aquel en el que se descargaron 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 1984, obtenidas por barcos cerqueros en el Océano Pacífico oriental se presentan en la Figura 2. Durante el año la distribución de captura volvió a un patrón más normal después de la terminación de las condiciones del Niño que predominaron en el Pacífico oriental desde fines de 1982 hasta principios de 1984. El número de zonas de un grado que produjeron 500 o más toneladas registradas de aleta amarilla en 1984, fue cerca de 58, comparada con 29 en 1983 y 32 en 1982.

La distribución geográfica de la captura registrada de barrilete en 1984, se presenta en la Figura 3. La captura de barrilete fue baja en la parte central y norte del ARCAA y al oeste de esta misma zona. La zona en donde se obtuvo más captura fue cerca de la costa entre el ecuador y aproximadamente los 8°N.

ULTIMOS ACONTECIMIENTOS EN LA PESCA DE ATUNES EN TODO EL PACIFICO

Durante los años sesenta y setenta la demanda de atún aumentó considerablemente y no fue posible satisfacerla con las poblaciones existentes de atún aleta amarilla, albacora, patudo y atún aleta azul, la mayoría de las cuales han sido fuertemente explotadas. Consecuentemente, las personas interesadas en incrementar las capturas de atún, encauzaron principalmente su interés hacia el barrilete. Como se cree que el mayor abastecimiento de barrilete se encuentra en el Pacífico occidental, esta región recibió la mayor atención.

La termoclina normalmente es mucho más profunda en el Pacífico occidental que en el Pacífico oriental o el Atlántico oriental, en donde se realizó la mayoría de la pesca con redes de cerco de atunes tropicales en los años sesenta y setenta. Esto hace que sea más difícil la pesca con redes de cerco, pero se han concebido técnicas para aumentar el éxito de la pesca en dichas condiciones. El desarrollo de estas técnicas, combinado con las estimaciones de un recurso muy grande de barrilete en el Pacífico occidental y la reducción de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) del atún aleta amarilla en el Pacífico oriental a fines de la década de 1970 y a comienzos de la de 1980, hizo que muchos barcos cerqueros transfirieran

sus maniobras de pesca del Pacífico oriental al occidental. Además un gran número de barcos que nunca habían pescado en el Pacífico oriental empezaron a pescar en el Pacífico occidental. En 1982, se encontraban 29 cerqueros en el Pacífico occidental que antes habían pescado en el Pacífico oriental y en 1983, este número ascendió a 62. En esos dos años el promedio combinado de los índices de captura del aleta amarilla y barrilete en el Pacífico occidental fue aproximadamente el doble a los índices correspondientes del Pacífico oriental.

El éxodo de los barcos del Pacífico oriental a principios de la década de 1980, resultó en capturas de aleta amarilla muy inferiores al promedio del rendimiento máximo constante, que se estimó era de unas 152 a 175 mil toneladas, depende del modelo usado. Esto permitió que se incrementara la población del aleta amarilla en el Pacífico oriental, que a su vez resultó en un aumento del 70 por ciento en la CPUE de 1984, con relación a la de 1982. El promedio de captura de aleta amarilla y barrilete por día de ausencia de los barcos con más de 1000 toneladas americanas de capacidad en 1984, fue aproximadamente 44 por ciento superior a la cifra correspondiente de 1983, lo que hizo que algunos barcos regresaran al Pacífico oriental.

La condición del recurso del aleta amarilla en el Pacífico oriental, según fue estimada por los datos de la captura, el esfuerzo y la composición de talla, ha correspondido notablemente bien a lo pronosticado por los modelos matemáticos usados para describir la pesca. La población fue reducida por la pesca excesiva a principios de los años sesenta y luego se recuperó cuando el esfuerzo se desvió mar afuera a mediados de los sesenta. El programa de conservación iniciado en 1966, alentó la pesca mar afuera y mantuvo la abundancia de los peces cerca a la costa a un nivel óptimo. Este programa cesó después de 1979, reduciéndose la abundancia de los peces, lo que contribuyó al éxodo de los barcos al Pacífico occidental a comienzos de la década de 1980. El aumento reciente en la abundancia del aleta amarilla, debido por lo menos en parte al cambio del esfuerzo del Pacífico oriental al occidental a principios de la década de 1980, es reminiscente del aumento en la abundancia aparente de esa especie en el Pacífico oriental a mediados de los años sesenta, que fue debida en su mayor parte al cambio del esfuerzo de la zona de bajura a la zona de altura del Pacífico oriental. Los acontecimientos respecto a la condición del aleta amarilla en el Pacífico oriental en los próximos 2 o 3 años, deben suministrar una cantidad poco común de información referente a las consecuencias que tiene la pesca sobre el aleta amarilla en el Pacífico oriental.

Además, las condiciones oceánicas anómalas, redujeron aparentemente la vulnerabilidad a la captura del aleta amarilla y barrilete en el Pacífico oriental en 1982 y 1983, lo que redujo la captura por unidad de esfuerzo, que a la vez dió como resultado una reducción del esfuerzo y la captura. La termoclina, que generalmente es poco profunda en el Pacífico oriental, se profundizó durante aquellos dos años como resultado de las mismas fuerzas que causaron las condiciones del Niño en ese tiempo. Los estudios realizados anteriormente han demostrado que cuando se profundiza la termoclina, se reduce la pesca positiva.

En el recuadro A de la Figura 4 se presenta la profundidad observada de la termoclina durante 1981-1983, y la media a largo plazo de la profundidad de la termoclina. Es evidente un fuerte incremento en la profundidad durante el Niño de 1982-1983. Esto corresponde al período en que muchos barcos abandonaron el Pacífico oriental por el Pacífico occidental. A fines de 1983, la profundidad de la termoclina volvió a ser normal en el Pacífico oriental. Los índices de captura del aleta amarilla y barrilete han ascendido substancialmente en 1984. Aunque se dispone de menos datos ambientales del Pacífico occidental, parece que la situación allí fue opuesta. La termoclina en el Pacífico occidental es normalmente profunda, pero durante el Niño de 1982-1983, estuvo cerca de la superficie (Figura 4, recuadro B) y el incremento del éxito de pesca en el Pacífico occidental coincidió con esta falta de profundidad de la termoclina. El éxito relativo de pesca de los atunes aleta amarilla y barriletes combinados en las dos zonas, calibrado a la unidad en 1982, se presenta en la Figura 5. La relación evidente entre la topografía de la termoclina y la pesca positiva en las dos zonas es elevada; sin embargo, se necesita ser cauteloso al suponer una relación de causa y efecto, especialmente en el Pacífico occidental. Además, se destaca que los datos usados para indicar la profundidad de la termoclina, representan actualmente solo porciones pequeñas de las zonas de pesca del Pacífico oriental y occidental. El personal de la CIAT continuará supervisando los acontecimientos en las dos zonas.

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, de barcos pesqueros de deporte o de canoas y otras embarcaciones pequeñas.

Las embarcaciones se clasifican por clase de arqueado, 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. Se examinan anualmente los registros de descargo 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 en ese año 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 internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1984 y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior.

Debido a la construcción de nuevos cerqueros de gran porte, la capacidad de la flota aumentó substancialmente cada año entre 1968 y 1976, lo que resultó en

una ganancia de 138,611 toneladas. Desde 1976 hasta 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. En 1984, la flota perdió otras 25,000 toneladas. La capacidad de la flota en 1984 de 116,362 toneladas es la más baja desde 1971. Sin embargo, parece que se está moderando la reducción en la capacidad. En 1984, varios cerqueros que habían estado pescando en el Pacífico occidental volvieron a pescar al Pacífico oriental.

En la Tabla 4, se presenta el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica del Pacífico oriental en 1984, por bandera, arte y clase de arqueo. En términos de la capacidad, la flota en 1984, estuvo formada el 97.2% por embarcaciones cerqueras, el 2.6% por embarcaciones de carnada, 0.2% por barcos con curricán. En términos del número de barcos, los cerqueros formaron el 77.1%, los de carnada 18.7% y los barcos con curricán el 4.2% de la flota.

En 1984, participaron en la pesca epipelágica del Pacífico oriental embarcaciones de 12 naciones (las 10 en la Tabla 4 más Colombia y Perú que obtuvieron capturas de barcos de los que la Comisión no obtuvo registros). Bermuda en 1983, tenía un barco en la flota que estuvo inactivo en 1984. En 1984, tanto España como la URSS tuvieron un barco en la flota aunque ni la una ni la otra participaron en la pesca en 1983. De los países que tuvieron barcos en la pesca tanto en 1983 como 1984, las flotas de Costa Rica, las Islas Caimán, México y Venezuela aumentaron y las flotas del Ecuador, EEUU y Panamá perdieron capacidad en 1984. La flota total tuvo una pérdida neta de 57 barcos y 25,317 toneladas de capacidad en 1984. La flota de los EEUU fue la que más perdió en capacidad, unas 31,500 toneladas, es decir 24 cerqueros de la clase 6 de arqueo. Cerca de tres cuartas partes de estos barcos se fueron a pescar al Pacífico occidental y los restantes permanecieron inactivos en 1984. La única otra nación que perdió una cantidad substancial de capacidad fue Panamá, que perdió unas 3,600 toneladas cuando algunos de sus barcos se fueron a pescar al Pacífico occidental. Los barcos de la flota venezolana fueron los que más ganaron en capacidad, unas 4,700 toneladas. En 1984, se anotaron los siguientes cambios de barcos cerqueros (clase 6) que pescan en el ARCAA: 8 cerqueros inactivos (7,275 toneladas de capacidad) volvieron a ingresar a la flota, 6 cerqueros (7,371 toneladas de capacidad) se unieron por primera vez a la flota, 6 cerqueros (6,189 toneladas de capacidad) que habían pescado en 1983, estuvieron inactivos, 30 cerqueros (37,310 toneladas de capacidad) entraron a formar parte de la flota del Pacífico occidental y 6 cerqueros (7,936 toneladas de capacidad) volvieron a reintegrarse a la flota del ARCAA después de haber estado en la flota del Pacífico occidental o del Atlántico.

INVESTIGACION EN 1984**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 el índice de la abundancia relativa y aparente del aleta amarilla y del barrilete y, también, como un índice relativo del éxito de pesca. La CPDNP se estima según los datos de bitácora que se obtienen de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. Los cambios temporales y geográficos de la disponibilidad y vulnerabilidad de los peces, como también la variabilidad en la distribución del esfuerzo pesquero afectan la CPDNP. 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 han sido capturados por embarcaciones con redes de cerco; por consiguiente, la CPDNP de estas embarcaciones sirve como el 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 1960-1984, se presentan en la Figura 6 para el aleta amarilla en el ARCAA (recuadro superior) y el barrilete en el Océano Pacífico al este de los 150W (recuadro inferior). Los valores de 1984 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 continuó en 1962, reduciéndose en ese entonces el índice a menos de la mitad del valor de 1960. Permaneció aproximadamente al mismo nivel en 1963. 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 casi al nivel de 1966. En 1972, la CPDNP aumentó agudamente, volviendo al nivel de 1970. Sin embargo, después de 1972, la CPDNP empezó de nuevo a reducirse fuertemente y continuó así hasta 1980, excepto por un pequeño aumento en 1976. En 1980, el índice era cerca de una cuarta parte de lo que había sido en 1972. La CPDNP fue bastante estable

en 1981-1983. Sin embargo, en 1984, hubo un fuerte incremento. El valor preliminar de 1984, es el más elevado desde 1976, pero aproximadamente la mitad del de 1972.

La CPDNP del barrilete

La CPDNP del barrilete no ha demostrado ninguna tendencia a largo plazo. El índice más elevado se obtuvo en 1967 y el más bajo en 1960, cuando la mayor parte del esfuerzo se aplicó al aleta amarilla. Se obtuvieron otros índices elevados en 1963, 1971 y 1978. Se obtuvieron índices bajos en 1972 y 1973. La CPDNP ha sido bastante constante desde 1979. Hubo una pequeña reducción en 1983, pero el valor preliminar de 1984, es aproximadamente igual al 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 la captura total de todas las zonas de pesca, dividida 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 arqueo 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 5 se presenta la CPTCA de 1974-1984, por clase de arqueo y por todas las clases combinadas de arqueo, 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 1984, son preliminares.

En 1974-1980, la CPTCA del aleta amarilla de todas las clases combinadas de arqueo, se redujo de 1.65 a 0.96. En 1981, aumentó a 1.22 pero luego se redujo en 1982, casi al mismo nivel de 1980, y permaneció allí en 1983. El valor preliminar de 1984, es 1.52, el valor máximo desde 1976. Durante el período de 1974-1984, la CPTCA del barrilete, de todas las clases combinadas, ha fluctuado de un valor mínimo de 0.55 en 1977 a uno máximo de 1.11 en 1978. El valor preliminar de 1984, es 0.76. Entre 1976 y 1982, la CPTCA de todas las especies combinadas, de todas las clases combinadas de arqueo, se redujo de 2.58 a 1.65. En 1983, aumentó a 1.89 y el valor preliminar 2.39 en 1984, es el más elevado desde 1976. En 1984, la CPTCA de todas las especies combinadas, fue máxima para la clase 4 (5.96) y mínima para la clase 10 (1.57).

Normalización de los índices de captura del aleta amarilla

El Boletín 18(4) de la CIAT describe otra opción con referencia a la captura por día de pesca como un índice de la abundancia del aleta amarilla. Con el índice opcional, se definió el esfuerzo de pesca como el tiempo transcurrido entre los lances positivos y se empleó un modelo lineal generalizado para estimar la variación anual de los índices de captura independientes de las tendencias de la eficacia de los barcos, de las condiciones ambientales y las modas de pesca. El modelo incluía los factores de la eficacia del barco, la capacidad (0-499 toneladas, 500-999 toneladas y 1000 o más toneladas), la velocidad del barco, longitud de la red, altura de la red y si se disponía o no de ayuda aérea; las variables ambientales, la temperatura de la superficie del mar, la temperatura superficial del mar al cuadrado y la temperatura superficial del mar al cubo; y las modas de pesca, “delfines” y “cardúmenes con objetos flotantes” (troncos). Se encontró recientemente que si se agregan otros dos factores, los efectos del barrilete y la latitud, se podría explicar más la variación del índice de captura del aleta amarilla. Más recientemente, se compendiaron los datos del modelo de tal manera que se pudieron examinar las diferencias entre los lances de los cardúmenes de peces y los lances sobre objetos flotantes.

Los lances sobre objetos flotantes producen, en promedio, menos toneladas de aleta amarilla que los lances sobre cardúmenes de peces. Además, los tiempos de búsqueda anteriores a los lances sobre objetos flotantes duran, en promedio, más tiempo que aquellos de lances sobre cardúmenes de peces. Por consiguiente, la proporción de captura (toneladas por hora de búsqueda) es inferior en lances sobre objetos flotantes que en lances sobre cardúmenes de peces. Como la proporción de los lances sobre objetos flotantes es tan diferente entre los años, es necesario ajustar los índices de la proporción de captura, para poder distinguir un aumento en la pesca sobre objetos flotantes de una reducción en la abundancia y viceversa.

Se emplearon dos opciones para normalizar las proporciones de captura por tipo de lance (cardúmenes de peces sin delfines, objetos flotantes y cardúmenes asociados con delfines). En la primera opción se normalizaron las proporciones de captura en cada estrato mes-zona de 5° por la proporción de captura según cada tipo de lance. En la segunda opción se excluyeron del análisis las búsquedas y las capturas que principiaban o terminaban con lances sobre objetos flotantes. Como ambos métodos producen resultados idénticos, se escoge el segundo por su simplicidad.

Después de eliminar la pesca sobre objetos flotantes, 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 siguiente forma: 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 “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.

Las modas de pesca de los barcos en los estratos de cardúmenes de peces se clasificaron aún más en una o dos categorías de acuerdo a si el barco había o no capturado algún barrilete en el estrato de mes y zona de 5°. Las tres modas de pesca en este 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” referente a los barcos que pescaron cardúmenes puros y que no capturaron barrilete y 3) “moda con cardúmenes de aleta amarilla y barrilete” de barcos que pescaron en estratos de cardúmenes de peces y capturaron barrilete.

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 ($\alpha = .01$) con la latitud fueron la moda de pesca, y la temperatura de la superficie del mar, siendo esta última 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. La relación entre el índice de la captura y la temperatura superficial del mar entre el ecuador y los 20°N no fue significativa.

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 obtenerse un índice individual de abundancia que abarque todas las modas de pesca en el ARCAA. En la Tabla 6 se presentan los factores que han tenido un resultado significativo ($\alpha = .01$) en el logaritmo de los índices de captura del aleta amarilla en el ARCAA, usando los datos de 1970 a 1984.

El índice de la proporción de captura de la abundancia (Figura 7) indica un período declinante desde 1970 a 1982, seguido por un ascenso agudo en 1983 y 1984. El estimado de 1984, es el más elevado desde 1976; sin embargo, este es provisional ya que los datos de 1984, no están aún completos. Se estima que el índice declinante de la abundancia del aleta amarilla desde 1970 hasta 1982, es más gradual mediante este modelo que por otros índices de la proporción de captura que consideran los lances sobre objetos flotantes iguales a los lances sobre cardúmenes de peces. En este modelo se ha eliminado la captura y el esfuerzo sobre los objetos flotantes para anular el sesgo que ocurre debido a que ha aumentado la pesca sobre objetos flotantes que tiene un índice más bajo de captura.

BIOLOGIA DE LOS TUNIDOS

Dinámica de población del aleta amarilla y barrilete

Los datos de los aleta amarilla y barriletes marcados y liberados frente a Baja California y las Islas Revillagigedo en los años cincuenta y sesenta, se han empleado para los estudios de migración (CIAT, Bol., 5(5) y 15(1)) y mortalidad (CIAT, Bol., 10(1), 13(1) y 15(4); CIAT, Informe Interno 10) y los datos de todos los años se han empleado para estudiar el crecimiento (CIAT, Bol., 5(5) y 13(1)) y se han descrito las investigaciones en los informes anuales de la CIAT de 1982 y 1983). Se comenzó recientemente un nuevo examen de la dinámica de población del aleta amarilla y del barrilete en estas zonas, usando datos de dos cruceros realizados en 1962 y 1963 y de cuatro cruceros llevados a cabo en 1975 y 1976.

Las cantidades más grandes de devoluciones fueron de barriletes marcados y liberados frente a Baja California del 4 al 7 de octubre de 1976. Los datos de éstos fueron sometidos a una inspección detallada para tratar de conocer más acerca del comportamiento de los peces y cómo afecta los resultados. Se preparó con este fin un informe estadístico especial, sumando los datos de la captura y el esfuerzo registrados en los barcos cerqueros por día y zonas de 1 grado, al norte de los 20°N, durante el período de octubre a diciembre de 1976. (No fue práctico preparar un informe similar de los datos de la captura y el esfuerzo registrados de los barcos de carnada, ya que se combinan los datos de diferentes días de estos barcos en los archivos de la computadora de la CIAT). Los datos de recaptura durante este período se dividieron en intervalos de 5 días y se graficaron en los mapas las distribuciones de las recapturas de los peces marcados por todas las artes y las capturas de las embarcaciones cerqueras. La gran mayoría del esfuerzo y las recapturas, además de la captura de los cerqueros se concentró cerca a la costa oeste de Baja California entre los 24° y 29°N. No hubo evidencia de cambios en las distribuciones de las recapturas de marcas o en el esfuerzo cerquero durante el período que se trata. Las capturas de las embarcaciones de carnada fueron graficadas por meses en la misma forma y con los mismos resultados. Como hubo muy poco intercambio de peces entre la zona en que se realizó el marcado y otras zonas, se decidió considerar solamente las devoluciones de marcas y los datos de la captura y el esfuerzo de la zona limitada por California, Baja California y los 110°W al este, los 20°N al sur y los 125°W al oeste, que corresponde a la Zona 1 designada para obtener muestras de la frecuencia de talla de los atunes (CIAT, Informe Anual 1981: Figura 30).

En los estudios de esta naturaleza se supone comúnmente que los peces marcados y sin marcar se comportan de la misma manera en la zona de estudio. Si este es el caso la probabilidad de ser capturado en cualquier día determinado es igual para los peces marcados que sin marcar. Pueden ocurrir fluctuaciones en el esfuerzo o la vulnerabilidad sobre el tiempo, pero afectarán del mismo modo las capturas de peces marcados o sin marcar. Sin embargo, puede que no se cumpla esta suposición. Por ejemplo, puede que haya dos grupos de peces, A y B, en la

zona de estudio. Puede que aquellos del grupo A sean especialmente vulnerables a la captura durante el período del marcado y que sean menos vulnerables poco tiempo después, en cambio aquellos del grupo B pueden ser menos vulnerables durante el primer período y más durante el segundo. Si éste es el caso, se presentaría un sesgo en los cálculos.

Las causas de la disminución de un grupo de peces marcados incluyen la mortalidad natural y por pesca, el desplazamiento, la mortalidad debida a la llevada de las marcas y la pérdida de las marcas debida al desprendimiento. El índice total de disminución se estima según los cálculos que implican la relación entre las recapturas de los peces marcados y el tiempo. Las recapturas de los peces marcados se expresan como números de recapturas durante varios intervalos de tiempo (CIAT, Bol., 5(5)), recapturas por unidad de esfuerzo de pesca durante varios intervalos de tiempo (CIAT, Bol., 10(1), 13(1) y 15(4); CIAT, Informes Internos 8 y 10) o recapturas por unidad de peces capturados durante varios intervalos de tiempo (South Pacif. Comm., Tuna and Billfish Assessment Programme, Tech. Rep., 8). El investigador no necesita preocuparse por los peces sin marcar cuando emplea cualquiera de los dos primeros métodos. Los resultados obtenidos por el primer método no tienen sesgo solo si el esfuerzo de pesca y la vulnerabilidad a la recaptura de los peces marcados permanece constante durante el período de recaptura de los peces marcados. En el segundo método no importa si el esfuerzo fluctúa, pero la vulnerabilidad de los peces marcados a la recaptura tiene que seguir siendo constante durante el período de recaptura. En el tercer método el investigador no necesita preocuparse por las fluctuaciones del esfuerzo de pesca o la vulnerabilidad de los peces a la recaptura, ya que ninguna afecta las estimaciones. Sin embargo, este método emplea la razón de los peces marcados con relación a la cantidad de peces en la captura, así que debe preocuparse tanto por los peces marcados como sin marcar. Tanto el reclutamiento como el desplazamiento de los peces sin marcar reducen la razón de los peces marcados con relación al total en la zona de estudio. Si cualquiera de éstos es inferior a lo normal podría causar un sesgo descendente en la estimación del índice de disminución y si cualquiera de éstos es superior a lo normal el efecto sería lo contrario.

Los datos de las recapturas de barrilete del Crucero 1082 se enumeran en la Tabla 7. Se realizaron los ajustes del esfuerzo al dividir las cantidades de las devoluciones de marcas por el esfuerzo sin normalizar registrado por los cerqueros correspondiente a los períodos de que se trata, ajustados en forma ascendente para compensar la falta de datos del esfuerzo de los barcos de carnada y el esfuerzo de los cerqueros de barcos de los que no se obtuvieron datos útiles. Se hicieron los ajustes de la captura en la misma forma.

Se estimó el coeficiente de la disminución total (Z''') para el período del 7 de octubre al 15 de diciembre con ambas series de datos ajustados. Los resultados fueron los siguientes:

Ajustamiento	Coeficiente total de disminución		
	Por período de 5 días	Por período de 70 días (Z_p''')	Anual (Z_a''')
esfuerzo	0.218	3.06	15.94
captura	0.215	3.01	15.71

N_0 es el número de peces marcados que permanece al comienzo del período del 7 de octubre al 15 de diciembre. Es igual o inferior a 7,651, ya que se liberaron 8,098 peces marcados y se recapturaron 447 de ellos durante el período del 4 al 6 de octubre, no quedando más de 7,651 peces. Sin embargo, casi con seguridad N_0 fue inferior a 7,651, debido a la mortalidad de los peces marcados ($1 - p$), del Tipo-1, el desprendimiento de las marcas ($1 - r$) del Tipo-1 y los que encuentran peces marcados que no devuelven las marcas ($1 - b$). Evidentemente prb es superior a 0.67, ya que el 67 por ciento de las marcas fueron devueltas y se debieron perder otros peces debido a la mortalidad natural y al desplazamiento. Se estimó que prb tenía un margen de 0.37 a 0.82 en los experimentos conducidos con barriletes en el Pacífico central y occidental (South Pacif. Comm., Tuna and Billfish Assessment Programme, Tech. Rep., 8), pero probablemente excede 0.8 en los experimentos de que se trata, debido a que el personal de la CIAT ha abarcado mejor los puertos pesqueros y los centros procesadores de atún en el Pacífico oriental. Se le asignaron a prb valores de 1.0, 0.9 y 0.8, resultando en valores equivalentes de 7,651, 6,886 y 6,121 para N_0 . Se empleó el método de Murphy-Tomlinson, descrito en CIAT, Bol., 15(4) y en CIAT, Inf. Internos 8 y 10, con estos valores de N_0 y varias combinaciones de los valores de prueba de los coeficientes de la mortalidad por pesca (F_p') y todas las otras formas de disminución (X_p') para encontrar las combinaciones que den valores de Z_p''' iguales a los estimados anteriormente. Los resultados fueron los siguientes:

Ajustamiento	N_0	X_p'	F_p	Z_p'''	X_a'	F_a	Z_a'''
esfuerzo	7,651	0.91	2.15	3.06	4.75	11.21	15.96
	6,886	0.69	2.37	3.06	3.60	12.36	15.96
	6,121	0.43	2.63	3.06	2.24	13.72	15.96
captura	7,651	0.90	2.11	3.01	4.69	11.00	15.69
	6,886	0.69	2.32	3.01	3.60	12.09	15.69
	6,121	0.43	2.58	3.01	2.24	13.45	15.69

Para que los datos sean más completos, se dan también las estimaciones de los coeficientes anuales de disminución. Estas estimaciones serían válidas solo si la disminución durante el año fue igual a la del período del 7 de octubre al 15 de diciembre de 1976. Puede que este sea el caso de X_a' , ya que la estimación de 2.76 indicada en CIAT, Bol., 13(1) se encuentra entre las estimaciones hechas con los valores de prb de 0.8 y 0.9. Sin embargo, las estimaciones de F_a derivadas

de las de F_p son probablemente demasiado elevadas, ya que la gran proporción de marcas devueltas y registradas, de este experimento, indica probablemente que la vulnerabilidad a la recaptura de los peces marcados fue especialmente elevada durante el período de que se trata.

Estudios de la variación geográfica y migración usando los estudios de los microelementos químicos y de los isótopos

El objetivo general de este programa es utilizar la variación en la química de las partes duras como son las espinas y las vértebras como una forma de registro ecológico que sirva para obtener los datos de la población y del ciclo vital. La estructura de los microelementos químicos y la relativa concentración de los isótopos naturales se emplean como una forma de huella digital química. El objetivo específico es usar las diferencias observadas en la composición química de las vértebras para descubrir el origen del *T. thynnus* capturado en el Océano Atlántico norte y en el Mar Mediterráneo.

Los detalles de los objetivos de este programa, el origen de los fondos, la metodología y los resultados preliminares se han descrito en los informes anuales de la Comisión de 1982 y 1983. Se progresó considerablemente en 1984. En el pasado y durante la mayor parte de 1984, se ha concentrado el interés en los estudios de los microelementos. Los *T. thynnus* juveniles y adultos capturados en la parte oriental y occidental del Océano Atlántico y en el Mar Mediterráneo (Figura 8) fueron enviados a La Jolla en donde se sacaron varias vértebras cerca de las colas. La 35ava vértebra fue cortada transversalmente y se secó. Las vértebras fueron examinadas casi en la misma forma en que se cuentan y estudian los anillos de los árboles. Las vértebras se cortan en tal forma que el hueso del centro representa la primera formación del hueso y el borde exterior la parte recién formada. Luego cada vértebra fue irradiada una o más veces con un haz de protón. La estructura química de las vértebras se caracteriza por un espectro fluorescente de rayos X. En los estudios preliminares, se realizó una serie continua de análisis, comenzando en el centro y trabajando hasta el borde exterior. En la mayoría de las muestras se irradió tres veces la 35ava vértebra de cada pez. Cada uno de los tres análisis se localizó en el centro de las vértebras, en aquella región del hueso formada durante el primer año de vida. Se emplearon varios análisis estadísticos con múltiples variables para transformar tanto los datos (análisis de los factores) como para comparar los espectros de los peces de las diferentes zonas geográficas (función discriminante y análisis por conglomerado).

Se llevaron a cabo varios estudios preliminares que suministraron la base de este estudio. Se observaron tanto diferencias geográficas como estacionales en la composición química de las vértebras de los *T. thynnus* juveniles. Se irradiaron las vértebras de peces de 2, 3 y 4 años de edad, del Atlántico occidental (costa de Virginia), del Atlántico oriental (Golfo de Vizcaya) y del Mediterráneo (Golfo de León). El estudio indicó que los *T. thynnus* juveniles de la parte oriental y occidental del Atlántico se pueden identificar fácilmente usando aspectos de los análisis de configuración. Los análisis de exploración lineal a través de vértebras individuales de diferentes zonas geográficas, revelaron variación estacional y también partes del hueso en que la variación geográfica era más pronunciada que

la variación estacional. Aún más, se demostró que la variación temporal es cíclica y se ha comprobado que se pueden usar tales datos para obtener la edad y los índices de crecimiento a una edad determinada.

La parte de las vértebras que se encuentra más cerca al centro, aquella donde se formaron depósitos durante el primer año, se encontró que exhibía una variación geográfica constante. Este fue el objetivo escogido para los estudios de la entremezcla. Las muestras tanto de juveniles (cardúmenes) como de adultos (gigantes) obtenidas en las zonas indicadas en la Figura 8, fueron irradiadas en el centro de la vértebra como se indicó. Antes de 1984, se habían irradiado tres grupos de juveniles, uno del Atlántico occidental, otro grupo del Atlántico oriental y uno del Mediterráneo. Se irradiaron también tres grupos de *T. thynnus* gigantes. Como con los peces jóvenes, un grupo fue obtenido en el Atlántico occidental, uno en el Atlántico oriental y uno en el Mediterráneo. Este último grupo estaba formado por peces obtenidos en el Mar Tirreno y el Mar Jónico. En 1984, se obtuvo una segunda serie de muestras de *T. thynnus* adultos en el Atlántico oriental, en el Atlántico occidental y en el Mar Mediterráneo. Este fue el primer trabajo principal terminado en este año. Otras labores incluyen el análisis estadístico de todos los datos obtenidos con referencia a los peces gigantes, la evaluación de varias hipótesis de la estructura del stock usando las técnicas de simulación de Monte Carlo y el descubrimiento de nuevas técnicas independientes para estimar la cantidad efectiva de mezcla.

Estimaciones de mezcla obtenidas según los patrones de rayos-X

Las estimaciones presentadas en el informe anual de la CIAT de 1983, basadas en los análisis de menos de una tercera parte de los datos y en el muestreo de los peces durante solo un lapso de tiempo fueron preliminares. La segunda labor de más importancia emprendida en 1984, ha sido la combinación de las tres series de datos de la misma vértebra en un índice de un grupo integrante y usar estos índices para examinar la frecuencia e incidencia con que los pescadores de un lado del Atlántico capturan los *T. thynnus* originados al lado opuesto del mismo. Se obtuvieron los índices de peces individuales en cada una de las series de muestras recolectadas en los dos diferentes lapsos de tiempo. Se obtuvieron las estimaciones combinadas al hacer primero los análisis de los factores de las tres series independientes de datos obtenidas de las mismas vértebras. Se calcularon los puntajes de los factores y aquellos obtenidos según los factores responsables por una porción significativa de la variación, es decir, se combinaron aquellos factores con valores propios superiores a uno en una base de datos. En esta forma los datos originales de los rayos X se transformaron en una serie más pequeña de variables (puntaje de los factores) que incluyen datos sobre la química del hueso en una forma que puede someterse a métodos estadísticos normales paramétricos de múltiples variables. Los datos se arreglaron en dos categorías, los del Atlántico oriental y occidental (las muestras del Mediterráneo se incluyen en el grupo del Atlántico oriental) y se dedujeron las funciones discriminantes.

El primer resultado interesante obtenido es que se encontraron diferencias importantes y constantes en la composición química de las vértebras de los peces del Atlántico oriental y occidental cuando se compararon los juveniles y cuando

se compararon los *T. thynnus* adultos usando dos diferentes grupos de peces. La segunda observación de interés proviene del examen de cada pez. Se emplearon las funciones discriminantes para calcular las probabilidades de que cada pez era un miembro ya sea del grupo del Atlántico oriental u occidental. La mayoría de los individuos se clasificaron como pertenecientes al grupo correspondiente a la zona en que fueron capturados, pero una cantidad significativa de individuos se clasificaron como pertenecientes al grupo capturado al lado opuesto del Atlántico como se ilustra en las Figuras 9 y 10. Como las clasificaciones se basaron en la similitud de la estructura química de la parte depositada en las vértebras durante el primer año de vida, se puede concluir que aquellos peces con características similares a los peces del lado opuesto, son inmigrantes. Los valores indicados en la Tabla 7 se basan en esta hipótesis. Estos valores incluyen estimaciones de desplazamiento de los *T. thynnus* juveniles y gigantes, obtenidos en dos diferentes lapsos de tiempo. Los resultados indican que existe algún movimiento transatlántico tanto de los juveniles como de los adultos. Parece que sean más frecuentes los desplazamientos del este al oeste tanto de los juveniles como los adultos. Las diferencias en las dos estimaciones de mezcla de los adultos enumerados en la Tabla 7, se deben a dos factores: (1) los peces se obtuvieron en diferentes años y (2) el segundo grupo fue irradiado por un período más prolongado con el fin de reducir las dudas al definir mejor los máximos elementales. Por esta razón los resultados de la segunda evaluación reflejan mejor el nivel de desplazamiento. Los valores obtenidos se consideran mejor como estimaciones por puntos.

Evaluación de la validez de las estimaciones de mezcla

Las estimaciones dadas en la Tabla 7 se basan en un número de suposiciones estadísticas. Una tercera labor emprendida en 1984, ha sido comprobar la validez de estas suposiciones usando las técnicas de Monte Carlo, que incluyen comparar los resultados observados con aquellos obtenidos al usar los datos aleatorios. Las técnicas usadas para caracterizar la composición química de las vértebras de diferentes zonas geográficas producen una cantidad relativamente grande de información. Los datos obtenidos al irradiar un área de 1 mm forman un conjunto de 2,048 números (variables). Estos números varían de 0 a 300,000 depende de la abundancia de los elementos químicos determinados en las vértebras. Existe una redundancia considerable en los datos ya que se encuentran influenciadas muchas variables diferentes por la concentración de un elemento químico. En términos estadísticos muchas de las variables en la serie de datos se encuentran correlacionadas. Los análisis de los factores se emplean principalmente como una técnica para reducir los datos a una cantidad menor de variables sin correlacionar y para producir nuevas coordenadas matemáticas, en tal forma, que los ejes sean independientes. Al usar esta técnica, ha sido posible extraer según los datos originales todas las variables que se relacionan con un elemento químico determinado o series de elementos químicos con reacciones semejantes y comparar los peces de diferentes zonas geográficas empleando esta serie de datos significativa y más pequeña. Desafortunadamente, el número de variables sigue siendo grande con relación a la cantidad de peces comparados, lo que a veces puede conducir a conclusiones erradas. Se estudió esta área potencial de problemas al

substituir las variables aleatorias por datos reales y al hacer análisis idénticos sobre una gran cantidad de series de variables aleatorias.

La primera evaluación trata con la suposición de que las diferencias en la composición química de las vértebras del *T. thynnus* de diversas zonas geográficas son significativamente diferentes y reconocibles. Los datos reales fueron reemplazados por variables aleatorias y se realizaron 50 análisis con múltiples variables, cada uno en una serie diferente de números aleatorios. En la Figura 11 se presentan las distribuciones de las estadísticas aleatorias de F y los valores observados de F calculados según los datos actuales. Las tres distribuciones en la Figura 11 provienen de diferentes formas de análisis realizados en los mismos datos. Omitiendo la manera en la que se escogen las variables, es extremadamente improbable que las diferencias observadas se deban solo a la casualidad. El valor observado de F es equivalente a muchas desviaciones normales de la media de la distribución aleatoria. En términos biológicos la composición química de las vértebras de *T. thynnus* adultos del Atlántico oriental y occidental son diferentes, de ésto hay poca duda.

La segunda evaluación trata con la hipótesis de nulidad, es decir, que aquellos individuos clasificados como inmigrantes son aquellos individuos en los extremos de dos poblaciones que se traslapan, es decir no hay mezcla. Para comprobar esta explicación, se escalonaron cantidades aleatorias, en tal forma, que los promedios igualaron la distribución observada de los datos. Las propiedades estadísticas de los datos reales son el resultado de la transformación factorial; las variables tienen una media de cero y una desviación normal de 1. Se encontró que las medias observadas de cada variable eran diferentes, de acuerdo al lugar en que los peces fueron capturados. Se escalonaron las variables aleatorias para que la media de los datos simulados aleatorios correspondiera a los datos observados. Se obtuvo la distribución de las probabilidades de cada individuo perteneciente a cada grupo y se compararon los datos actuales con los datos calculados según las cantidades aleatorias. Esto se ilustra en la Figura 12. La distribución de los datos aleatorios es simétrica como se esperaba; aquella de los datos reales no es simétrica. Existe evidentemente heterogeneidad en los datos reales. La hipótesis de que solo hay dos poblaciones de *T. thynnus*, una en la parte oriental del Atlántico y la otra en la parte occidental del mismo, con alguna pequeña cantidad de traslapo, no es una suposición irrealística. Sin embargo, si se examinan detalladamente los datos, éstos indican que en realidad, puede existir más heterogeneidad dentro de las zonas. Esto es notable en las muestras del Atlántico oriental en donde hay dos o más modas en los datos.

Se han llevado a cabo otras simulaciones Monte Carlo y pruebas para investigar la probabilidad de obtener los mismos resultados al repetir estos análisis. Como se indicó en informes anuales anteriores de la CIAT, la probabilidad de obtener los mismos resultados al repetir estos análisis, conforme fue calculada al irradiar la misma vértebra en la misma localidad y en otras diferentes, es excelente en cuanto a los juveniles. Sin embargo, existe alguna inconsistencia con la de los adultos y ésta fue la base por la que se irradió la segunda serie de adultos durante un período más prolongado. La mayoría de las muestras indicaron resultados

constantes, sin considerar dónde se realizaron los análisis en la vértebra y en que año se llevaron a cabo. Los análisis de una pequeña porción de adultos dieron varios resultados, especialmente en la parte de la muestra identificada como inmigrantes. Puede que estos resultados variables se debieran a que no se irradió la muestra en la misma localidad una segunda vez, a cambios físicos en las vértebras causados por la irradiación, a la heterogeneidad en los datos o a otros factores. Se está investigando actualmente este asunto. Por ahora, las estimaciones de desplazamiento indicadas en la Tabla 8 se consideran mejor como límites superiores.

Las estimaciones de mezcla obtenidas según las razones de los isótopos naturales de oxígeno

Se continúa también el trabajo en otro método para determinar el origen del *T. thynnus* capturado por los pescadores. Esencialmente es una extensión del trabajo de los microelementos, utilizando técnicas similares y la mayoría del mismo equipo. Se emplean diferentes detectores para medir la concentración relativa de dos isótopos diferentes de oxígeno, masas 18 y 16, ya que la razón de estos dos isótopos no es constante en el hueso pero varía con tales factores como son la temperatura y la salinidad del ambiente acuático. Los peces que se originan en el Mediterráneo deben ser diferentes de aquellos que se originan en el Golfo de México, debido a que el agua del golfo es más cálida. Las diferencias más grandes que pueden esperarse se deben encontrar en aquella porción de las vértebras formada durante el invierno del primer año de vida. Se espera que las diferencias en las razones sean cerca del 3%. El problema experimental que se encuentra es idear un método práctico para calcular las razones de las diferencias debidas a dicha cantidad relativamente pequeña. Se dedicó una gran parte del trabajo en desarrollar y refinar las técnicas. Una vez que las técnicas puedan producir datos suficientes y confiables, se analizará una pequeña cantidad de muestras usadas en los estudios de los rayos X para poder confirmar los hallazgos dados anteriormente.

Composición de talla en la captura de 1984

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 Ecuador, Estados Unidos, México, Panamá, Perú y Puerto Rico. En 1954, se muestreó por primera vez la captura del aleta amarilla y barrilete. Se ha continuado, hasta ahora, con el muestreo cada año. La información obtenida según las muestras frecuencia-talla ha formado parte integral de las estimaciones de la Comisión 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. A fines de 1984, se habían recolectado unas 500 muestras de la frecuencia de talla (cada una de unos 50 peces) de aleta amarilla y 320 muestras de barrilete de la captura obtenida en 1984, por barcos cerqueros y de carnada en el Pacífico oriental. A principios de 1985, se obtendrán otras muestras de la captura de 1984,

a medida que continúa la descarga de los barcos que pescaron en 1984.

En la Figura 13 se presentan los histogramas en los que se indica el tonelaje estimado del aleta amarilla capturado por 2 cm de intervalo, basado en las capturas registradas en el ARCAA de 1979 a 1984. La estimación preliminar del promedio del peso en 1984 es de 23.4 libras (10.6 kg). Este es el promedio de peso más alto en el ARCAA desde 1977. La captura de 1984 tuvo una proporción inferior de peces muy pequeños y peces muy grandes de lo que tuvieron las capturas de 1979-1983.

En la Figura 14 se presentan los histogramas, por 2 cm de intervalo, en los que se indica el tonelaje estimado y capturado del aleta amarilla, basado en las capturas registradas del Océano Pacífico oriental entre el límite del ARCAA y los 150°W correspondientes a 1979-1984. Como en los años anteriores, el peso promedio del aleta amarilla en esta zona en 1984 (74.4 libras (33.7 kg)), es considerablemente superior al peso promedio del ARCAA. El peso promedio en 1984, es el más elevado que se haya logrado en esta zona desde 1974, cuando fue 80.3 libras (36.4 kg). El promedio elevado del peso en 1984, se debió a la reducción en la proporción de captura de peces pequeños. En 1984, el 3.1 por ciento de la captura, por peso, fue menos de 90 cm en talla. En 1979-1983, el porcentaje de los peces de menos de 90 cm varió de 6.2 (1981) a 8.9 (1982 y 1983).

En la Figura 15 se presentan los histogramas, por intervalos de 1 cm, en los que se indica el tonelaje estimado y capturado del barrilete, basado en las capturas registradas del Océano Pacífico al este de los 150°W durante 1979-1984. La estimación preliminar del peso promedio en 1984, fue de 6.6 libras (3.0 kg). Este es el promedio de peso más alto desde 1977.

En la Figura 16 se presenta la distribución anual frecuencia-talla del patudo muestreado en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental durante 1979-1984. La captura epipelágica de patudo es muy inferior a la del aleta amarilla o barrilete (véase Tabla 1) y la mayoría de la captura, y por consiguiente, la mayor parte de las muestras se obtienen entre los 5°N y los 5°S en los trimestres primero y último del año.

Análisis de los grupos de edad del barrilete

En investigaciones anteriores de los grupos de edad del barrilete según los cálculos de la frecuencia-talla, se separaban los grupos de edad de acuerdo a los índices del crecimiento lineal debido a que parecía que las progresiones modales indicaban un crecimiento lineal dentro de los límites de talla de los peces en la captura. Las investigaciones anteriores basadas en las progresiones modales produjeron una estimación del crecimiento lineal de 17 cm/año. Más tarde otras investigaciones basadas en los datos del mercado, que son mucho más confiables en los estudios del crecimiento de lo que son las progresiones modales, resultaron en estimaciones de 17.2 cm/año en la zona al norte de los 15°N y 33.0 cm/año en la zona al sur de los 15°N. Los análisis originales de los grupos de edad, basados en 17 cm/año fueron, por consiguiente, considerados como válidos y, además, se

hicieron también análisis basados en 32 cm/año y 24 cm/año, un valor intermedio. El último valor se considera como el más apropiado para la pesca en general.

De acuerdo a la hipótesis de von Bertalanffy (vB) los peces crecen en proporción más lentamente con el aumento de la edad y talla, siendo errada la suposición del crecimiento lineal. Sin embargo, debido al alcance pequeño de las tallas de los peces muestreados con más frecuencia y a la gran variabilidad de los parámetros de la función de vB (L_{∞} y K) en ésta y otras pesquerías, se decidió usar el crecimiento lineal como el método más sencillo, suponiendo que había muy poca diferencia en cuanto al método usado debido a las limitaciones de los datos.

Sin embargo, como el crecimiento cambia rápidamente con la edad para el barrilete del Pacífico occidental, se ha aconsejado que no es prudente usar también el crecimiento lineal para el barrilete de otras zonas. Así que se volvió a calcular la cantidad de peces en cada grupo de edad de acuerdo a la función de vB con los parámetros más recientes ($L_{\infty} = 86$ cm y $K = 0.79$) estimados para el barrilete del Pacífico oriental. En la Tabla 9 se presenta la longitud de horquilla usada para separar los grupos de edad por los dos métodos. En general hay poca diferencia en las longitudes basadas en el índice de crecimiento lineal de 24 cm/año y aquellos basados en la función de vB, excepto en los grupos de peces de edad 0+ de los dos primeros trimestres. Sin embargo, como no se capturan peces de menos de 30 cm y pocos peces menores de 35 cm, no tiene mucha importancia en la estimación de las cantidades de peces de edades 0+ ó 1+ en los dos primeros trimestres. El valor inferior a 15 cm de la edad 0+ en el primer trimestre no tiene probablemente ninguna importancia ya que no se conoce el patrón de crecimiento de barriletes muy jóvenes.

El índice de captura, es decir el índice supuesto de la abundancia, se ha basado en la cantidad de peces de edad 1+ capturados por embarcaciones cerqueras en los tres primeros trimestres, dividida por el esfuerzo correspondiente. Se volvieron a calcular los índices de captura basados en los resultados de los cálculos al usar la función de vB y se pudieron comparar bien éstos con aquellos obtenidos según el índice del crecimiento lineal de 24 cm/año: la razón del último con el primero varió de 0.979 a 1.039 en 23 cohortes desde 1961 hasta 1983. Así que parece justificarse la suposición original de que hay muy poca diferencia acerca de cuál método se emplea. Además, los coeficientes de correlación de los índices de captura basados en el índice de crecimiento de 24 cm/año y en la función de VB *versus* el índice de la mezcla del viento un año y medio antes, durante el período de desove, son virtualmente idénticos.

Análisis por conglomerado de los datos frecuencia-talla

La Comisión ha recolectado rutinariamente datos de la frecuencia de talla del atún aleta amarilla, barrilete y patudo desde la década de 1950 y del atún aleta azul (*T. thynnus*) y del barrilete negro (*E. lineatus*) desde la década de 1970. Estos datos son de una importancia fundamental en lo que se refiere a los estudios del crecimiento y la mortalidad. Además, puede que sean muy valiosos en cuanto a los estudios de la disponibilidad y vulnerabilidad de los grupos de peces con relación a la pesquería. Se pueden sacar deducciones, sencillamente mediante el examen

visual de los histogramas frecuencia-talla, pero la utilidad de dichos estudios es limitada debido al comportamiento frecuentemente errático de las modas, que se cree son principalmente el resultado de cambios repentinos en la disponibilidad y vulnerabilidad de varios grupos de peces en la pesca. Por consiguiente, de vez en cuando se han empleado procedimientos más sofisticados para tratar de obtener más conocimiento según los datos frecuencia-talla. El estudio más reciente fue emprendido en 1980, se continuó en 1981 y se terminó recientemente. Aunque en algunos de los estudios se usaron los datos de 1976 a 1978, la mayoría del trabajo se realizó con datos solamente de enero a junio de 1976. Estos datos incluían 185 muestras (cada una de 50 peces) de la frecuencia de talla, que se combinaron en 125 grupos por meses y zonas de 1 grado. Los análisis por conglomerado fueron realizados con los datos de los seis meses combinados (125 grupos) y para cada mes individualmente (13 a 30 grupos), lo que produjo combinaciones de cinco a siete grupos principales de cada uno. Las distribuciones de los grupos principales fueron graficadas en mapas para determinar si aparecen peces de distribuciones similares de tallas aproximadas las unas a las otras. En general, no se encontró que éste fuera frecuentemente el caso, es decir los peces con distribuciones similares de talla aparecen frecuentemente en zonas ampliamente esparcidas y peces con distribuciones de diferentes tallas aparecen con frecuencia en zonas adyacentes. Se juzgó, sin embargo, que se debieron usar más datos. Gracias a las técnicas examinadas, empleadas en el trabajo más reciente, junto con un programa de cómputo más versátil que se ha podido emplear, evidentemente, será posible procesar grandes cantidades de datos con relativa facilidad en esta forma.

Estudios de la alimentación y la energética del atún aleta amarilla

En 1984, se terminó y presentó para su publicación un manuscrito hecho en colaboración con un científico del National Marine Fisheries Service, en el que se estimaron los índices de depredación de la población del aleta amarilla en el ARCAA del Pacífico oriental, usando tres métodos independientes. Es importante el estudio de las interacciones de un depredador como es el aleta amarilla, su presa, sus competidores y sus depredadores, para comprender la dinámica de la producción pesquera. Las relaciones tróficas de los ecosistemas marinos son típicamente complicadas. No solo es importante investigar los hábitos alimenticios del aleta amarilla, pero es necesario estimar también qué cantidad de cada presa es ingerida para sostener los índices elevados de crecimiento y las demandas metabólicas. Los índices de consumo de este depredador localizado y abundante (extrapolado con relación a la población) proveen información importante acerca de las poblaciones de presa que sostienen la producción del aleta amarilla.

Se utilizaron tres métodos independientes para estimar el flujo de energía en la población del aleta amarilla del Pacífico oriental. En el primero, se combinaron los análisis estomacales de 3,581 atunes aleta amarilla capturados en el mar, con las determinaciones en el laboratorio del índice de la evacuación gástrica de diferentes tipos de presa, para estimar la ración diaria (consumo de alimento expresado como porcentaje de la masa húmeda del cuerpo) del aleta amarilla en el mar y para estimar los índices de depredación de varios organismos de presa. El segundo método fue supervisar en el laboratorio el índice del gasto de energía

del aleta amarilla como una función de la talla y de la velocidad de natación. Se aplicaron estas relaciones metabólicas a los cálculos de la velocidad de natación de los aleta amarilla en el mar, hechos durante experimentos acústicos telemétricos (CIAT, Inf. Anual 1981) para estimar los requisitos típicos de energía de la alimentación. En el tercer método se emplearon determinaciones anteriores del nivel trófico y de la concentración del cesio (una medida bioamplificada de la trama alimenticia pelágica) en el aleta amarilla y sus presas (CIAT, Inf. Anual 1980) para estimar las cantidades de presas consumidas por el aleta amarilla. Se estimó la absorción de cesio del aleta amarilla como la cantidad requerida para igualar el crecimiento y mantener concentraciones calculadas en los tejidos de esta especie, suponiendo el período medio biológico del cesio determinado para el albacora. Se usó entonces el contenido de cesio de la presa para estimar la ración diaria del aleta amarilla.

Las mejores estimaciones según estos tres métodos fueron respectivamente 3.9, 5.2 y 6.7 por ciento de la masa del cuerpo por día. La estimación mínima, determinada según los análisis de los estómagos y por los índices de la evacuación gástrica, varía de 2.8 a 4.6 por ciento en cuatro grupos de talla de atunes aleta amarilla. Los requerimientos totales de energía para la natación, metabolismo normal, crecimiento, excreción, defecación y asimilación del alimento promediaron 241 julios (J) por gramo, al día, correspondiente a los cuatro atunes aleta amarilla rastreados de 87-98 cm. Esto equivale por día al 5.2 por ciento de la masa del cuerpo, usando un equivalente calórico de 4.6 kJ/g de masa húmeda para el alimento. La estimación necesaria de la ración diaria para compensar el balance del cesio, fue la más elevada de las tres estimaciones (6.7 por ciento), apoyando las estimaciones superiores de las raciones determinadas según los requerimientos de energía. La similitud entre los resultados según el método del cesio y de la bioenergética, significa que el análisis estomacal subestima la cantidad verdadera de alimento en los estómagos de los aleta amarilla que se encuentran en la mar. En general, puede que la mejor estimación de la ración sea cerca del 50 por ciento superior (6 por ciento de la masa del cuerpo/d) a las estimaciones del contenido estomacal. No obstante, la amplitud de las estimaciones según los tres métodos no es tan grande para una variable ecológica que no se puede medir directamente.

Los componentes proporcionales del contenido estomacal ajustados por las razones diferenciales de la evacuación gástrica, las estimaciones de las raciones según el contenido estomacal y los índices de la evacuación gástrica se multiplicaron por el peso estimado de aleta amarilla, por unidad de zona en el ARCAA, para producir estimaciones de depredación en las categorías principales de presa (estas estimaciones son probablemente moderadas). Estas estimaciones de depredación representan los índices mínimos de producción pero, en muchos casos, son las únicas estimaciones de producción de estos animales pelágicos. Puede que los índices actuales de depredación sean por lo menos 1.5 veces superiores a estas estimaciones ya que las estimaciones de consumo basadas en los requerimientos de energía y las concentraciones del cesio fueron cerca de 1.5 veces las estimaciones de consumo basadas en el contenido estomacal. Esta amplitud (1-1.5 x) se incorpora en las siguientes estimaciones.

Los índices de consumo presentados en la Figura 17 indican que en el ARCAA la producción anual de melvas (*Auxis* spp.) en 1970-1972, debió ser por lo menos de 1.4-2.1 millones de toneladas métricas. Esto es aproximadamente de 11 a 17 veces más que el promedio de la biomasa del aleta amarilla capturado en esa zona anualmente durante esos años. La posibilidad de depredación y las interacciones competitivas entre las melvas y otros atunes en estadios juveniles pueden tener consecuencias importantes en los stocks atuneros. Por ejemplo, si las melvas se alimentan de larvas de aleta amarilla, entonces el incremento de la captura comercial del aleta amarilla resultaría en stocks permanentes de mayor magnitud de las melvas, que a la vez pueden tener un efecto nocivo en la producción del aleta amarilla. Además, las melvas probablemente compiten con los aleta amarilla y los barriletes jóvenes por el alimento. No se conoce la dinámica de la población ni las relaciones tróficas de las melvas y antes de este estudio no se tenía una estimación de la producción de esta especie importante en el Pacífico oriental.

Los índices de depredación del aleta amarilla indican que la productividad mínima de los peces epipelágicos tiene un promedio que es de tres a cinco veces superior al stock permanente y supuesto de los peces epipelágicos en el micronecton, conforme fue calculado por la expedición oceanográfica de EASTROPAC de 1967-1968. Muchas de las presas consumidas por el aleta amarilla fueron más grandes que el micronecton. La producción estrictamente de peces micronectónicos epipelágicos debe ser presumiblemente superior a esta estimación. Esto ilustra la conveniencia de emplear depredadores para estimar la productividad a niveles intermedios tróficos en un ecosistema pelágico.

Los primeros investigadores estimaron que el consumo diario de la población de los atunes aleta amarilla era pequeño comparado con los stocks permanentes de presa calculados por la expedición EASTROPAC e indicaron que los aleta amarilla con longitudes de más de 40 cm no tienen un límite en la alimentación. Sin embargo, puede que a lo sumo, los aleta amarilla representen solamente el 40 por ciento de la biomasa de depredadores máximos en el Océano Pacífico oriental tropical epipelágico. Se necesita investigar más los índices de depredación de otras especies de atunes, delfines (*Stenella* spp. y *Delphinus delphis*), peces espada (Istiophoridae y Xiphiidae), dorados (Coryphaenidae), tiburones y otros. Así que actualmente no hay una evidencia apremiante a favor o en contra de los límites de la alimentación del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental tropical. El aleta amarilla puede verse limitado por la frecuencia con que encuentra las presas distribuidas irregularmente y el gasto consecuente de la locomoción y no por la abundancia absoluta de las presas.

La crianza de atunes jóvenes en Achotines, Panamá

Los primeros intentos de recolectar atunes jóvenes vivos cerca al Laboratorio de Achotines de la Comisión en la costa del Pacífico de Panamá, se hicieron en abril de 1984. Se pueden atraer atunes pequeños que varían de menos de 10 mm a unos 50 mm, de noche mediante una luz fuerte y luego se capturan con un salabre. Los peces capturados de esta manera son ideales para los experimentos de crianza en las instalaciones de tierra. Se capturaron pequeños barriletes negros *Euthynnus*

lineatus y melvas *Auxis* sp., durante varios de los viajes de recolección realizados entre abril y diciembre. El transporte de los atunes jóvenes a los tanques y acuarios del litoral fue difícil y muchos de los ejemplares murieron antes de llegar a tierra. Por ejemplo, a mediados de agosto solo 14 ejemplares de los 122 barriletes negros y melvas (principalmente los primeros) obtenidos con una luz nocturna y un salabre sobrevivieron el viaje de regreso al laboratorio. Se les dió a los atunes cautivos pequeños crustáceos *Artemia*, criados en el laboratorio y zooplancton obtenido en la zona del litoral. Los atunes jóvenes voraces pronto crecieron más que su alimento y parece que buscaban presas más grandes incluso su propia especie (el canibalismo entre los atunes no es infrecuente). Desafortunadamente, no se les pudo dar peces pequeños como alimento, así que con el tiempo todos los atunes juveniles murieron. Para evitar problemas similares en el futuro, se están criando dos peces pequeños de agua dulce y *Artemia* en Achotines para garantizar un abastecimiento constante de organismos alimenticios de tallas convenientes para los experimentos futuros de crianza de atunes jóvenes.

Estudio de los otolitos del atún aleta amarilla

La capacidad de estimar la edad absoluta del aleta amarilla al contar el número de incrementos en los otolitos sagitales, depende de dos prerrequisitos. El primero es determinar el significado temporal de cada incremento a través del límite (rango) de crecimiento de cualquier medida conveniente (Y_t). Por ejemplo, si se escoge Y_t como la longitud de horquilla, un límite (rango) conveniente sería de 0-170 cm. El segundo, es determinar el número total de incrementos en los otolitos que se encuentran en ese límite de longitud. Puede que sea necesario ajustar la curva de crecimiento resultante si se puede demostrar que cada incremento no equivale a un día.

Mediante un experimento de marcado (CIAT, Bol. 17(7)), en el que se inyectaron los peces con tetraciclina, se conoce que se depositan incrementos diarios en el aleta amarilla, de aproximadamente 40-110 cm de longitud. Aunque se necesitan otros experimentos con el fin de explorar los intervalos de 0-40 cm y los de 110-170 cm, la falta de información no ha retardado la investigación del segundo prerrequisito.

Se muestrearon las descargas de 16 embarcaciones cerqueras, desde 1977 hasta 1980, para obtener 196 atunes aleta amarilla en el intervalo de 30-170 cm. Todas la capturas se obtuvieron en la zona al norte del ecuador y al este de los 137°W. Se dedicó un tiempo considerable en examinar las réplicas de los otolitos grabados de estos peces para establecer un criterio con el fin de juzgar cuáles estructuras constituían incrementos. Las estructuras identificadas como incrementos en los experimentos con tetraciclina fueron inicialmente útiles, pero se observaron en otolitos enteros o en su estado natural. Además, se conoce ahora que la interpretación de los incrementos asociada con el intervalo de 40-110 cm es relativamente sencilla. Basados en las normas ideadas, un gráfico de la longitud *versus* el cálculo original de los incrementos de los 196 atunes aleta amarilla, indicó inesperadamente poca variabilidad. Con el fin de investigar más esta variabilidad se permitió que pasaran varios meses antes de preparar nuevos cálculos según

la muestra aleatorizada. Durante el período intermedio se examinaron las normas de selección y se consolidó aún más al resolver algunas imprecisiones anteriores. La disertación que sigue se basa en el nuevo cálculo de los incrementos.

La relación de crecimiento de una variedad de Y_t o las medidas morfométricas se determinaron al igualar la edad (t), expresada en años como un valor codificado de los incrementos (I), es decir, $t = I/365$. Se emplearon luego técnicas de regresión no lineal ponderadas, para seleccionar el modelo de crecimiento más conveniente según cuatro opciones: una función potencial, la ecuación de Richard y los casos especiales de los modelos de Gompertz y von Bertalanffy. Se calculó el peso de regresión de cada Y_t , según las varianzas de segmentos cortos lineales a lo largo de la curva de crecimiento. Los resultados de las medidas más interesantes y comunes de la muestra compuesta que incluía peces jóvenes de sexo indeterminado, machos y hembras en todos los años de muestreo fueron:

$$FL(\text{cm}) = 188.2 [1.0 + .434e^{-.724(t - 1.825)}] - 2.304$$

$$GWT(\text{kg}) = 178.4e^{-e^{-.555(t - 3.638)}}$$

$$\ln GWT = -11.186 + 3.086 \ln FL$$

$$PRL(\text{mm} \times 100) = 1396 [1.0 - e^{-.202(t + .594)}]$$

en donde FL = longitud de horquilla, GWT = peso bruto y PRL = longitud de la línea de cálculo del otolito. La ecuación de von Bertalanffy de PRL como una función del tiempo es el único modelo de crecimiento probado, sin un punto de inflexión y, por consiguiente, refleja más acertadamente la reducción de la anchura del incremento a lo largo de la línea de cálculo. Las curvas restantes del crecimiento que corresponden a FL, GWT, longitud predorsal (PDL, mm) y de la cabeza y el peso de los otolitos (OWT) todas contienen puntos de inflexión ya que la muestra incluye peces jóvenes que estaban creciendo exponencialmente.

Dos ecuaciones que ofrecen una precisión igual en el pronóstico de la edad son:

$$t = 1.726 - 1.920 \ln [\ln (211.7 / FL)]$$

$$t = 1.080 - 2.628 \ln [(1.0 - \{PDL / 581\}^{-.445}) / .445]$$

El estudio ha indicado que existe una gran cantidad de variabilidad en el crecimiento del aleta amarilla. Existen diferencias significativas entre los índices de crecimiento en 1977 y 1978, en los sexos combinados y entre machos (m) y hembras (f) en los años combinados. Por ejemplo, se sumaria más adelante el pronóstico ($\hat{}$) del tamaño con relación a la edad sobre el límite (rango) de la edad de las hembras ($t = 1.08-3.51$ por año). Los valores imprimidos con letra itálica indican los puntos de intersección de las curvas respectivas de crecimiento. Existe también un patrón similar del crecimiento sexual dimórfico de PRL.

<i>t</i>	1.08	1.50	1.89	2.10	2.50	3.00	3.51
$\hat{F}L(f)$	54.2	70.7	-	94.7	108.4	124.2	137.6
$\hat{F}L(m)$	49.9	67.9	-	94.7	110.2	128.2	143.5
$G\hat{W}T(f)$	3.27	7.18	12.90	-	26.10	40.02	55.87
$G\hat{W}T(m)$	3.46	6.46	12.90	-	28.50	44.91	62.94

La relación talla-peso de los machos y hembras no fue significativamente diferente, pero basados en las zonas fue diferente para los sexos combinados. Los aleta amarilla de 30-110 cm capturados en aguas de bajura (CIAT, Inf. An., 1981: Fig. 30: Zonas 1-5) fueron más pesados que aquellos capturados en alta mar, pero para peces de más de 110 cm se invirtió la situación.

Existen también grandes diferencias en el índice de crecimiento de las porciones linealizadas de la curva de crecimiento FL entre la muestra actual y los valores comparativos anteriores del Pacífico oriental, ej. dado:

<i>n</i>	Índice de crecimiento cm/mo \pm SE	Límite FL	Zona	Fuente y método (* = derivados de los datos)
38 peces	3.4 \pm .10	57-122	bajura; 1-4, 8	estudio actual; incrementos
81 peces	3.2 \pm .05	40-135	altura	" " ; "
144 peces	3.2 \pm .04	40-135	N of 0°, E of 137°W	" " ; conglomeración
132 modas	3.6	49-136	bajura; 1-4, 8	CIAT, Inf. An., 1973, datos frecuencia-longitud
170 modas	3.3 \pm .06	72-134	bajura; 1-4, 8	*CIAT, Bol., 8(4), datos frecuencia-longitud
159 modas	3.5 \pm .05	70-126	bajura; 1-4	*CIAT, Bol., 5(1), datos frecuencia-longitud

Los índices de crecimiento en las aguas de altura y bajura, basados en el cálculo de los incrementos, no son significativamente diferentes y se agrupan en un solo valor de 3.2 cm/mes. Este índice se basa en la distribución uniforme de los peces a lo largo de la curva linealizada de crecimiento y no se encuentra afectado por la mortalidad. Los índices de crecimiento basados en el análisis modal frecuencia-talla (3.5 cm/mes, Vol. 5(1) y 3.3 cm/mes, Vol. 8(4)) reflejan la estructura de talla de la población explotada y son ponderados hacia los grupos jóvenes de edad. Si se elimina la ponderación, los índices se reducen respectivamente a 3.3 y 3.2 cm/mes. Por esta razón no hay probablemente diferencias significativas entre los índices de crecimiento indicados en la tabla.

Se consideran por tres razones que las ecuaciones del crecimiento y las estimaciones del índice del crecimiento FL preparadas en este estudio se basan en un cálculo preciso y confiable del tiempo. Primero, se ha confirmado la igualdad entre los incrementos y los días sobre el intervalo de 40-110 cm. Segundo, la parte de los otolitos del aleta amarilla más difícil de interpretar corresponde al límite

de FL de 0-35 cm. Aparte de las diferencias proporcionales, esta parte es cualitativamente similar a la encontrada en los otolitos de los barriletes, albacoras y atunes aleta azul del norte. El criterio usado para interpretar los incrementos en esta parte del otolito del aleta amarilla, se concibió más tarde independientemente y se aplicó en pequeños atunes aleta azul con el fin de confirmar la formación diaria de los incrementos (Inf. Anual de la CIAT, 1983). Esta evidencia circunstancial indica que las edades estimadas del aleta amarilla hasta de 40 cm, son razonablemente precisas. Finalmente, los estudios de la Comisión han indicado que la proporción capturada de atunes aleta amarilla grandes en aguas de altura es superior a la proporción disponible en la pesca histórica de bajura. Entre el límite de talla de 110-170 cm, el 85 por ciento de la muestra actual fue capturada en aguas de altura en el ARCAA o al oeste de esta zona. Además, se determinó la edad de los peces individualmente. Su contribución a la curva de crecimiento no fue reducida por ninguna técnica promediadora. Por esta razón no es anormal que la curva de crecimiento se aproxime a una asíntota con menos rapidez que la basada en los estudios descritos en los boletines de la CIAT Vol. 5, No. 1 y Vol. 8, No. 4.

Estudios del atún aleta azul (Thunnus thynnus)

La pesca en 1984

La captura de *T. thynnus* en la parte norte del Pacífico oriental se obtiene comúnmente cerca de la costa de California y Baja California desde los 23°N hasta los 34°N, obteniéndose el grueso de la captura entre fines de mayo y mediados de octubre. Las primeras capturas de 1984, se lograron en el Banco de Cortés (entre los 32°N y 33°N) en enero. Después no se registraron capturas sino hasta abril. Aproximadamente dos tercios de la captura anual se obtuvo desde julio hasta septiembre. Por el tercer año consecutivo no se recibieron informes de capturas al sur de los 27°N.

La estimación preliminar de la captura total de *T. thynnus* en 1984, fue de 971 toneladas. Esta fue un poco superior a la de 1983 de 809 toneladas, pero es la segunda captura más baja desde 1933. El año de 1984, es el quinto año consecutivo en el que la captura de *T. thynnus* fue inferior a 4,000 toneladas. En el período de 1961-1979, la captura más baja de esta especie fue 4,373 toneladas en 1970 (véase Tabla 1).

Las distribuciones anuales frecuencia-talla de los peces muestreados en la captura de *T. thynnus* durante 1979-1984, se presentan en la Figura 18. El peso promedio en 1984, fue de 27.0 libras y la moda principal 70 cm.

Crecimiento del atún aleta azul (T. thynnus)

En el Informe Interno 12 de la CIAT se hicieron las estimaciones de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de *T. thynnus*, según los datos de peces marcados y liberados durante 1963 y 1964, del U.S. Bureau of Commercial Fisheries, el California Department of Fish and Game y la Mission Bay Research Foundation. Estos peces se midieron solamente hasta los 5 cm más cercanos antes

de ser liberados. La comparación de las tallas de liberación y recaptura de 30 peces que estuvieron en libertad de 1 a 20 días, indicó que había un sesgo ascendente en las medidas de la talla de liberación, así que se hicieron ajustes para tratar de eliminar este sesgo. A pesar de los ajustes, las estimaciones de los parámetros de crecimiento obtenidas según estos datos se consideraron irrealísticas. En conclusión, se recomendó que si se “marcaba *T. thynnus* del norte en el futuro . . . se [debían] medir al cm más cercano y con bastante cuidado para minimizar el sesgo.”

Los empleados de la CIAT marcaron y liberaron *T. thynnus* en el Pacífico oriental en 1979 y 1980, y en el Pacífico occidental en 1980, 1981 y 1982. Se midieron los peces al cm más cercano para los experimentos y con mucho cuidado para minimizar el sesgo. Existen 382 recapturas de las que se tienen las fechas y tallas. La mayoría de las recapturas fueron realizadas por barcos japoneses – los investigadores de la CIAT agradecen al personal del Far Seas Fisheries Research Laboratory en Shimizu por haber reunido los datos de las recapturas obtenidos por varios individuos y organizaciones del Japón y por enviarlos a las oficinas de la CIAT en la Jolla. Algunas de las tallas de recaptura de los peces en el Japón se presentaron como longitud total o longitud del cuerpo; éstas se convirtieron a longitud de horquilla. Además, se tienen datos del peso de dos peces liberados en marzo de 1980 y recapturados en junio de 1983; los pesos de estos dos peces se convirtieron a longitudes, usando la fórmula de peces de más de 80 cm de longitud, indicada en la página 120 del informe anual de la Comisión de 1980 y se combinaron con el resto de los datos de talla.

Se emplearon los datos de estos 384 peces para estimar los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. Los resultados se presentan en la primera línea de la Tabla 10. Las estimaciones de K y l_{∞} obtenidas de los datos sin agrupar son respectivamente demasiado altas o bajas con respecto a las estimaciones correspondientes obtenidas anteriormente y la estimación de l_{∞} es considerablemente inferior a la talla máxima observada (cerca de 186 cm, derivada de un peso máximo observado de 237 kg) en el Océano Pacífico. Se cree, por consiguiente, que K debe ser inferior a 0.671 y l_{∞} debe ser superior a 117 cm. Los datos incluyen muchos peces de menos de 30 cm en talla cuando se liberaron y muchos peces que estuvieron en libertad menos de 1 año y relativamente pocos peces grandes y peces que estuvieron en libertad más de 1 año. Se cree que se hubieran obtenido mejores estimaciones de los parámetros si hubieran habido más datos de peces más grandes y de peces que hubieran estado en libertad durante más tiempo. Con el fin de remediar esto, tanto como sea posible, se agruparon los datos por tallas de liberación (16-20, 21-25, 26-30 cm, etc.) y tiempo en libertad (1-30, 31-60, 61-90 días, etc.) y se substituyeron las medias de cada grupo por valores individuales. Las estimaciones resultantes de K y l_{∞} (Tabla 10, línea 2) siguen siendo respectivamente algo altas y bajas en comparación a las obtenidas por investigadores anteriores (Tabla 10, líneas 4-6), pero la estimación de l_{∞} es más próxima a la talla máxima observada en el Océano Pacífico que cualquiera obtenida anteriormente.

Se ha indicado anteriormente (informes anuales de la CIAT de 1981 y 1982)

que los peces liberados y recapturados en el Pacífico occidental, habían crecido más rápidamente que los peces liberados en el Pacífico occidental y recapturados en el Pacífico oriental. Por consiguiente, se eliminaron los datos de los desplazamientos transoceánicos y se volvieron a calcular las estimaciones de los parámetros (Tabla 10, línea 3). No es sorprendente que la eliminación de los datos de estos peces de crecimiento lento, diera como resultado estimaciones respectivas más altas y bajas de K y l_{∞} .

Estudios de la edad

En informes anteriores de la CIAT los investigadores han tratado el problema de comprobar las marcas temporales del crecimiento en los otolitos y determinar las normas para identificarlas. La investigación realizada en 1984, fue orientada hacia las marcas de crecimiento encontradas en las vértebras y la relación que tienen con las marcas encontradas en los experimentos con oxitetraciclina (OTC).

Vértebras

Se ha continuado con el análisis de las vértebras marcadas con OTC, descrito en el Informe Anual de la CIAT de 1983. En breve, se marcaron *T. thynnus* pequeños, se inyectaron con OTC y fueron liberados. La OTC se incorpora en las partes duras y forma una marca que es visible cuando se ve bajo luz ultravioleta. Esta marca, sirve entonces como una marca fija en definir el significado temporal de cualquier marca natural.

Se midieron indirectamente las distancias entre las marcas usando un microscopio y un micrómetro o se midieron directamente con una regla plástica biselada bajo un microscopio de disección. Se encontró que la relación entre la longitud de horquilla y el radio de la vértebra del pez marcado con OTC era lineal cuando se transformaba mediante logaritmos naturales, de acuerdo a la ecuación $\ln FL(\text{mm}) = 2.14 + 0.894 \ln R(\text{mm})$, en la que FL = longitud de horquilla en mm y R = radio de la vértebra en mm ($n = 29$ y $r^2 = .973$).

Las estimaciones de la talla (véase tabla siguiente) cuando se formaron los anillos, de cuatro peces marcados con OTC, que tenían un anillo (marca natural), fueron calculadas según la ecuación

$$\ln FL_{(\text{ann})} = \frac{\ln r_1}{\ln r_{\text{borde}}} (\ln \Delta FL - a) + a + \ln FL_{\text{liberación}}$$

en la que $FL_{(\text{ann})}$ = longitud de horquilla (mm) al formarse el anillo, r_1 = distancia (mm) desde la marca de OCT hasta la marca natural, r_{borde} = distancia (mm) desde la marca de OTC hasta el borde de la vértebra, ΔFL = crecimiento en la longitud de horquilla (mm) entre el marcado y la recaptura, $a = 2.14$ (intersección de y de la ecuación longitud de horquilla/radio de la vértebra de los peces marcados con OTC) y $FL_{\text{liberación}}$ = longitud de horquilla (mm) en el momento de la liberación.

No. de la marca	Días en libertad	FL (mm)		ΔFL	Formación anillo		Crecimiento cm/mes
		liberación	recaptura		FL	fecha	
X2459	347*	250	610	360	410	Feb 7	3.15
X1866	333	240	680	440	416	Feb 19	4.02
X3728	319	220	630	410	407	Mar 16	3.91
X3147	221	200	500**	300	294	Dec 8	4.13

* Recapturado en el Pacífico oriental, todos los demás en el Pacífico occidental cerca al Japón.

** Estimada por la ecuación talla-peso $\ln Y = 3.40 \ln X - 20.1$ de un pez de 2.8 kg.

Se estimó la fecha de la formación del anillo al incluir la distancia (mm) entre la marca de OTC y el anillo en la relación $D = -91.0 + 59.3V$, donde D = días en libertad y V = radio de la vértebra desde la marca de OTC hasta el borde, ($n = 29$ y $r^2 = .810$). El resultado se grafica luego como días del calendario después del marcado. El resumen de los datos del marcado (Figura 19) en los que se anotaron los anillos, indica que la formación de los anillos se realiza entre diciembre y marzo (media cerca del 3 de febrero) lo que es significativamente más temprano que las estimaciones hechas por otros investigadores (cerca de abril). Se están haciendo otros análisis de esto.

Observando que el experimento de OTC tuvo lugar en 1981, sobre peces jóvenes del año, se comparó la media de la distancia al primer anillo de los peces de un año en 1982, con los peces marcados con OTC que tenían un anillo. Los datos son:

	Distancia media al 1r anillo (mm)	No. de peces	D.N.	La media retrocalculada FL (cm) al 1r anillo
Captura (1982 1's)	6.9	72	0.51	48.8
OTC (1981 0's)	7.3	4	0.76	38.2

El análisis de la varianza ($F_{.05,1,71} = 2.93$) no indicó que había diferencia entre las distancias medias hasta el primer anillo entre los grupos, así que parece que la primera marca de crecimiento identificada en las muestras de la captura de 1982, se encuentra relativamente en la misma posición en el cono de la vértebra como las marcas anuales en los peces tratados con OTC. Así que las marcas en los ejemplares capturados se forman solo una vez en el primer año.

Se envió una submuestra de 25 vértebras de las anteriormente procesadas de peces muestreados durante 1982-1984, al Sr. Dennis Lee del NMFS laboratorio en Miami, quién está investigando la edad del *T. thynnus* del Atlántico para verificar las estructuras que se están identificando como anillos. Los resultados mostraron una diferencia entre las estimaciones de los lectores en peces con cuatro o más marcas y una diferencia significativa entre las estimaciones del radio de los anillos (prueba de la correlación de los rangos de Spearman, $r_{s,.05(2),25} = 0.927$, $P < .001$).

Se estimó el tamaño de la formación de los anillos de 162 *T. thynnus* muestreados en la captura de 1982-1984, utilizando la ecuación

$$\ln FL_x = \frac{\ln r_x}{\ln R} (\ln FL_r - a) + a$$

en la que FL_x = longitud de horquilla (mm) cuando se forma el anillo x , r_x = radio desde el centro de la vértebra al anillo x , R = radio desde el centro al borde distal, FL_R = longitud de horquilla en el momento de la captura y $a = 2.14$ (intercepción de y de la ecuación $\ln FL = 2.14 + 0.894 \ln R$ ($r^2 = .973, n = 162$) que describe la relación longitud de horquilla : radio de la vértebra) con los siguientes resultados:

No. de anillos	n*	Promedio FL (cm) en la formación	E.N. de la media
1	163	48.5	7.68
2	88	66.8	14.26
3	40	91.5	26.63
4	35	115.2	34.14
5	24	133.6	36.70
6	7	149.5	59.79

n^* significa la cantidad total de peces de los que se hicieron los cálculos para esa edad en lugar de la cantidad total de peces de esa edad en la muestra.

La talla media de los peces de un año de edad fue 48.5 cm al formarse el anillo en febrero y 66 cm cuando fueron capturados en agosto. Así que la media del índice del crecimiento mensual fue 2.5 cm.

Si las tallas medias en el momento de la captura y la formación de los anillos son estimaciones confiables, ocurre poco crecimiento entre mediados del verano y la formación de los anillos en febrero en lo que se refiere a los peces de 2 años de edad. No se conoce actualmente si este fenómeno es debido a las diferencias en los métodos del retrocálculo, a la variación de un año a otro, a la dificultad de la lectura de las partes duras o a otros factores que aún no se han identificado.

Los análisis futuros de los datos de las vértebras se concentrarán en investigar si se necesita o no una muestra más grande de talla para determinar el valor potencial de las marcas vertebrales y si se necesita incluir peces más pequeños de la captura japonesa.

Otolitos

El trabajo actual y futuro se concentrará en las estimaciones de la edad según los otolitos recolectados en la captura. Actualmente se están grabando, haciendo

réplicas y analizando los otolitos de peces a los que se les ha asignado la edad por el método de las vértebras. Se compararán las estimaciones de la edad y las curvas del crecimiento de los dos métodos y se recomendará cual método es más apropiado para asignar la edad a los peces en la captura.

Estudios del barrilete negro (Euthynnus lineatus)

Un objetivo principal de la Comisión ha sido la investigación biológica de las especies de atún que aparecen juntas y se encuentran incluídas en la pesca atunera del Pacífico oriental. Es probable que en el futuro se aplique más esfuerzo de pesca al barrilete negro y es prudente investigar la biología de esta especie, antes de que sea explotada fuertemente. El estudio de la Comisión de esta especie, se concentra actualmente en la biología reproductiva y en la relación que puede existir entre los parámetros reproductivos, las localidades geográficas y los factores ambientales.

Los investigadores han terminado de procesar las gónadas del barrilete negro obtenidas durante 1980-82, y están analizando los datos para obtener información sobre las localidades de desove y las temporadas, talla de madurez, proporción de sexo y fecundidad. Se han considerado separadamente cuatro zonas geográficas como zonas de estudio. La Zona 1 se encuentra frente a México, abarcando las Islas Revillagigedo y la Isla de Clipperton (7° - 20° N, 105° - 120° W). La Zona 2 se localiza a la altura del sur de México y la América Central (5° - 15° N, 80° - 100° W). La Zona 3 es el Golfo de Panamá. La Zona 4 se encuentra frente a Colombia y el Ecuador (5° S- 5° N, 78° - 90° W).

Los valores de la media mensual de los índices gonosomáticos (IGS) en la Zona 1, indicaron un patrón estacional con valores más elevados en agosto, septiembre y octubre, que corresponden a la temporada de desove de esta especie en esa zona. La media mensual del diámetro de los óvulos del grupo modal más avanzado de los oocitos de 281 hembras fue superior en septiembre. La media elevada del diámetro de los óvulos de agosto a septiembre corresponde a la incidencia mayor de ovarios en los estadios III (bien desarrollados), IV (maduros) y V (recientemente desovados). Los valores observados más bajos del diámetro de los óvulos, en los otros meses, corresponden al estadio II de los ovarios (virgen en desarrollo; latente). Estos datos indicaron un máximo pronunciado en la actividad de desove del barrilete negro aproximadamente desde agosto hasta octubre en la Zona 1.

En la Zona 2 los valores de las medias mensuales de los IGS tienen un patrón estacional con los valores más elevados en octubre. La media mensual del diámetro de los óvulos del grupo modal más avanzado de oocitos fue superior en octubre y enero. De octubre a abril se vieron principalmente ovarios en el estadio V de madurez. Los ovarios en el estadio II de madurez se encontraron principalmente de junio a septiembre. La media elevada del diámetro de los óvulos de octubre a junio corresponde a la incidencia mayor de ovarios en los estadios III, IV y V. Estos datos indican un máximo en la actividad del desove de esta especie aproximadamente desde octubre hasta abril en la Zona 2.

Los valores de la media mensual de los IGS en la Zona 3 indican un patrón

estacional con los valores más elevados de diciembre a marzo. La media mensual de los diámetros de los óvulos del grupo modal más avanzado de oocitos fue superior en enero y febrero (Figura 20). Se vieron ovarios en estadio de madurez V de noviembre hasta marzo (Figura 21). Se encontraron ovarios en estadio de madurez II de junio a octubre. La media elevada del diámetro de los óvulos de noviembre a marzo corresponde a la incidencia mayor de ovarios en los estadios III, IV y V. Los valores observados de la media más baja del diámetro de los óvulos fue de junio a octubre, correspondiente a ovarios en el estadio II. Estos datos indican que la mayoría del desove en esta zona ocurre aproximadamente durante los trimestres primero y último del año desde noviembre hasta marzo. De junio a octubre no hay actividad de desove, pero más bien regresión ovárica y un desarrollo prematuro.

Los análisis de la muestra mensual de los ovarios de barrilete negro de la Zona 4 indican que solo en abril hubo allí actividad de desove. Durante el resto del año todos los otros peces muestreados fueron clasificados como en los estadios I y II.

En la Tabla 11 se presenta la talla de los peces clasificados como sexualmente maduros en cada zona de estudio. Se determinó el porcentaje de barriletes negros maduros (ovarios en desarrollo, maduros, agotados o en condiciones de recuperación) en cada intervalo de longitud de 20 mm. Las hembras más pequeñas encontradas con ovarios maduros en las Zonas 1, 2 y 3 medían respectivamente 431 mm, 406 mm y 400 mm.

INVESTIGACION ATUN-DELFIN

Aproximadamente la mitad del peso total capturado de atún en el Océano Pacífico oriental proviene de lances cerqueros hechos sobre atunes asociados con delfines. Algunos delfines mueren accidentalmente durante esta maniobra. A causa del interés internacional acerca de la mortalidad de los delfines en la pesca atunera, los países miembros de la CIAT dieron instrucciones al personal de la Comisión para que investigaran este problema.

La investigación atún-delfín de la Comisión recibió por primera vez recursos financieros a fines de 1978 y a comienzos de 1979, se inició el programa de la recolección de datos de los técnicos científicos. Se contrató personal para emprender la investigación acerca (1) de la evaluación de la población, incluso la estimación de la abundancia, el índice de la mortalidad y otros parámetros del ciclo vital; (2) la forma de reducir la mortalidad de los delfines inclusive el descubrimiento de nuevas técnicas de pesca o mejorar las actuales y el estudio del comportamiento de los delfines; (3) las interacciones entre atunes y delfines. Los objetivos de la investigación se concentran en mantener la producción de atún a niveles elevados, tratando de evitar al mismo tiempo la muerte innecesaria de los delfines y asegurando la sobrevivencia de todos los stocks de delfines incluidos en la pesca. Los resultados presentados aquí se dividen en cuatro secciones y representan las labores principales del programa: recolección y manejo de datos, investigación sobre la mortalidad de los delfines, investigación sobre la abundancia de los delfines e investigación de las artes.

Recolección y manejo de datos**Proyecto de muestreo**

En los últimos dos años un número creciente de barcos, muchos de los cuales pescaban regularmente en el Pacífico oriental, han pescado en otras zonas, lo que ha hecho más difícil concebir un diseño eficaz de muestreo. Los barcos de la flota de los EEUU continúan siendo muestreados como parte de un acuerdo colaborativo de muestreo con el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU. El modelo usado en el muestreo de la flota de EEUU, incluyó (1) dividir arbitrariamente el año civil en tres intervalos y (2) asignar los viajes de los barcos a estos intervalos alternativamente. El esquema de muestreo de 1984, se cambió para los barcos colaboradores de las flotas de otros países, en tal forma que cada barco llevara un técnico científico a bordo en cada otro viaje que pudieran realizar en el Pacífico oriental. Este esquema tiene varias ventajas: a) los dueños y capitanes de barcos saben con anticipación en que viajes tendrán que acomodar un técnico científico, b) como no existen períodos determinados de muestreo, no importa si un barco pesca infrecuentemente en el Pacífico oriental y c) la Comisión puede muestrear una proporción constante de barcos de otros países que pescan en cualquier época en el Pacífico oriental.

La Comisión en 1984, muestreó 26 viajes de la flota internacional que maniobra en el Océano Pacífico oriental. A continuación se presenta el número total de los viajes programados y muestreados por la flota en 1984.

	Programado	Muestreado
Costa Rica	1	1
Ecuador	-	1
Gran Caimán Islands	1	0
Panamá	2	0
Estados Unidos	18	18
EEUU (fletados por Ecuador)	-	1
EEUU (fletados por Venezuela)	-	2
Venezuela	7	3
Total	29	26

No se incluyeron en la base de datos otros dos viajes (lo que hace que haya un total de 28 viajes observados). Uno fue rechazado a causa de que los datos no eran lo suficientemente buenos y el otro viaje porque no se hicieron lances sobre delfines. Los barcos de Canadá, Francia, Nicaragua y Japón no fueron muestreados en 1984, porque estas naciones no tienen barcos cerqueros pescando en el Pacífico oriental.

En 1984, muchos barcos que anteriormente tenían su base principal en puertos de los EEUU, se trasladaron a puertos sudamericanos, lo que hizo que fuera necesario entrenar más técnicos científicos latinoamericanos. Se dieron cursos de entrenamiento en Cumaná (Venezuela) y Guayaquil (Ecuador), en total unas 80 personas recibieron estos cursos que son necesarios para servir como técnicos

científicos. En Venezuela ésto se llevó a cabo en colaboración con la Dirección de Desarrollo Pesquero y el Fondo Nacional de Investigación Agropecuario y Pesca, y en el Ecuador la Secretaría de Recursos Naturales ayudó en la organización del curso, junto con la Escuela de Pesca, la Facultad de Ciencias Naturales y el Instituto Nacional de Pesca. Un técnico costarricense fue también entrenado en Cumaná.

Datos de los lances observados de delfines

Los datos de los 26 viajes, han sido procesados y archivados permanentemente en la base de datos y se puede disponer de ellos para el análisis. Gracias a la gentileza del NMFS, la Comisión recibió datos de otros 11 viajes. En resumen, hay datos de 938 lances sobre atunes asociados con delfines, los que produjeron 17,797 toneladas de atún.

La base de los datos atún-delfín

Los datos obtenidos por los técnicos científicos a bordo de embarcaciones cerqueras, incluyen información útil para la investigación de la mortalidad accidental de los delfines relacionada a la maniobras de la pesca de atunes con redes de cerco, de la abundancia de los delfines, del comportamiento de los delfines con relación a la pesca y de los problemas de las artes que causan más mortalidad. Los datos que se reciben son editados por el personal de la Comisión y son archivados en una base permanente de datos atún-delfín. Se dedica un trabajo considerable en el manejo de la base de datos, la documentación de las correcciones hechas en ella y el desarrollo de programas computarizados que faciliten la rápida obtención y el análisis de la información y la producción de sumarios estadísticos.

Investigación sobre la mortalidad de los delfines

Estimaciones de la mortalidad de los delfines en 1983

En 1983, la Comisión muestreó 35 viajes realizados por barcos de los EEUU. Normalmente, se incluyen los datos de los viajes observados por el NMFS con los datos de la CIAT para calcular la mortalidad estimada de la flota de los EEUU. En 1983, sin embargo, un problema legal impidió que el NMFS colocara a bordo observadores en los barcos atuneros, así que los únicos datos de 1983, del NMFS son de viajes iniciados en 1982 y terminados en 1983. Estos datos, sin embargo, tienen un sesgo estacional y no fueron incluidos por la CIAT para estimar la mortalidad. No se pudieron muestrear las flotas de otros países a un nivel conveniente durante el período de 1983, así que se emplearon los datos combinados de 1979-1983.

	Número de viajes con lances sobre delfines	Número de lances sobre delfines	Toneladas de atún capturadas sobre delfines
Barcos de los EEUU, 1983			
Muestreados	35	862	9474
Total estimado	109	2853	29023

	Número de viajes con lances sobre delfines	Número de lances sobre delfines	Toneladas de atún capturadas sobre delfines
Barcos de otros países, 1979-1983			
Muestreados	27	489	7207
Total estimado	633	11038	111523

Las estimaciones obtenidas usando los métodos tradicionales se presentan más adelante. En 1983, hubo una considerable reducción en la mortalidad, causada principalmente por el hecho de que una gran parte de la flota se había trasladado al Pacífico occidental, en donde la pesca no se presenta en asociación con delfines. El valor absoluto de los índices de mortalidad es inferior al de 1982, pero queda por evaluar el significado estadístico de estos cambios, después de examinar el método de la estimación de la varianza (página 151).

Especie o stock	Método de la mortalidad por lance		Método de la mortalidad por tonelada	
	Estimación	Error normal	Estimación	Error normal
Flota de los EEUU, 1983				
Manchado de altura	3671	672	3397	684
Tornillo oriental	625	245	579	252
Tornillo panza blanca	3846	1212	3560	1148
Tornillo sin ident.	3	3	3	3
Común	232	129	214	134
Listado	3	3	3	3
Otros + sin ident.	132	46	122	46
Todas las especies	8513	1414	7879	1367
Flotas combinadas de otros países, 1979-1983				
Manchado de altura	41886	14493	28561	12124
Tornillo oriental	2493	1397	1700	1531
Tornillo panza blanca	20693	9513	14110	9177
Tornillo sin ident.	317	273	216	287
Común	9021	5606	6151	6000
Listado	1020	546	696	555
Otros + sin ident.	2176	1097	1484	1089
Todas las especies	77606	18316	52918	16466

Fuentes de heterogeneidad en las estimaciones de la mortalidad

Tradicionalmente, las estimaciones de la mortalidad de la flota de los EEUU se han obtenido al combinar los datos de los viajes muestreados por el NMFS y la CIAT. Como parte de un examen reciente de nuestra base de datos, se calcularon estimaciones separadas de la base y las diferencias entre estos valores y aquellos

de la serie combinada, indican que se deben examinar las causas de las diferencias. La colaboración con el NMFS permitió que se iniciara este examen.

Los datos de los delfines manchados de altura son los siguientes:

Fuente	1979	1980	1981	1982	1983	1979-1983
Mortalidad por lance						
CIAT	1.61	1.97	1.93	2.61	1.29	1.91
NMFS	1.16	2.44	2.42	4.49	-	2.22
Combinadas	1.30	2.19	2.12	3.40	-	2.06
Mortalidad por tonelada						
CIAT	0.16	0.20	0.17	0.26	0.12	0.18
NMFS	0.11	0.22	0.24	0.37	-	0.20
Combinadas	0.12	0.21	0.20	0.31	-	0.19

Los totales de 1979-1983, indican una diferencia del 15.9% en las estimaciones de la mortalidad por lance y una diferencia del 11.1% en las estimaciones de la mortalidad por tonelada. Los índices de la mortalidad durante 1980-1982, según los datos del NMFS fueron consistentemente más elevados. Tanto el NMFS como la CIAT tratan de obtener las mejores estimaciones posibles y solo la combinación de estas dos bases de datos pueden proveer una muestra de magnitud adecuada. A causa de la naturaleza aglomerada del sistema de muestro que se emplea (el muestreo de todos los lances de viajes seleccionados aleatoriamente, en lugar del muestreo aleatorio de lances seleccionados de todos los viajes), puede que los factores aleatorios tengan un impacto en un gran número de lances. Evidentemente es necesario crear un esquema de estratificación que pueda reducir los problemas causados por tales factores como son el tiempo, la zona, la capacidad del barco, etc., que puedan afectar las estimaciones. En esta forma se podrían eliminar algunas de las fuentes de heterogeneidad y siguiendo este esquema combinar las bases de los datos.

Como una solución preliminar y antes de realizar análisis más complejos, se seleccionaron unas cuantas fuentes posibles de heterogeneidad y se hicieron unos análisis sencillos de la varianza en todos los datos (en ambas bases de datos y en todos los años) empleando la mortalidad por lance de todas las especies y separadamente la de los delfines manchados de altura, tornillo oriental y tornillo panza blanca. Con este propósito se seleccionó lo que se puede llamar lances "normales" de delfines, que se definen en la forma siguiente:

- 1) Se seleccionaron solo lances en los que se había realizado la maniobra de retroceso.
- 2) Se seleccionaron solo lances en los que el paño de seguridad cubrió la porción de la red involucrada en el retroceso.
- 3) Se excluyeron los lances en los que se realizó el retroceso en la obscuridad.
- 4) Se excluyeron los lances en los que hubo fuertes corrientes.
- 5) Se seleccionaron solo lances con longitudes al este de los 140°W.

6) Se excluyeron cuando fue posible los lances en los que se presentaron grandes averías.

7) En algunos análisis se excluyó 1979, porque fue un año en el que hubo reglamentación en la captura del atún aleta amarilla y en otros se excluyó 1983, debido a que el programa del NMFS no funcionó normalmente en ese año.

8) No se incluyeron lances sobre objetos flotantes o en cardúmenes de peces en los que murieron accidentalmente delfines.

En la tabla siguiente se indica el resultado de estos análisis preliminares.

Fuente	Delfin manchado	Tornillo oriental	Tornillo panza blanca	Todos los delfines
Año	$p < 0.01$	$p < 0.01$	N.S.	$p < 0.01$
Mes	$p < 0.001$	N.S.	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Beaufort	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Latitud	$p < 0.001$	*	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Capacidad del barco	$p < 0.001$	N.S.	N.S.	$p < 0.01$

* No hubo suficientes datos en los varios estratos latitudinales para este análisis.

Es evidente que las diferentes especies o stocks se deben tratar diferentemente.

El efecto de la latitud en los índices de la mortalidad

Debido a los cambios estacionales en la localidad del esfuerzo de pesca (Figura 22) el verdadero efecto de la latitud no puede separarse de aquel del componente temporal, así que no es posible atribuirle evidentemente un efecto a una sola causa. Se han definido los intervalos latitudinales a 6 grados cada uno y se han obtenido los valores de la media de la mortalidad por lance de todos los lances que fueron realizados en cada intervalo en 1980-1982:

Intervalo de latitud	Todas las especies		Delfines manchados de altura		Delfines tornillo oriental		Delfines tornillo panza blanca	
	Media mor/lan.	No. lan.	Media mor/lan.	No. lan.	Media mor/lan.	No. lan.	Media mor/lan.	No. lan.
21-27N	5.51	43	0.00	3	0.00	2	-	0
15-21N	0.92	329	0.49	316	2.76	37	.30	10
9-15N	1.14	1996	0.67	1969	1.28	430	0.73	402
3- 9N	1.89	891	1.45	871	0.55	38	0.94	246
3S- 3N	5.24	187	4.22	185	0.00	4	2.06	69
3- 9S	14.96	103	9.38	103	-	0	7.59	74
9-15S	13.06	83	4.90	70	-	0	21.88	25

Es evidente que no se puede considerar toda la zona como homogénea, ya que los cambios en la proporción de los lances en diferentes zonas pueden causar grandes cambios en las estimaciones de la mortalidad.

El efecto de la temporada en los índices de la mortalidad

En la siguiente tabla se presentan las estimaciones de la mortalidad mensual por lance (1980-1982) de los delfines manchados de altura:

Mes	Todas las bases de datos		NMFS		CIAT	
	Mort. por lance	No. de lances	Mort. por lance	No. de lances	Mort. por lance	No. de lances
Enero	1.94	262	3.46	158	1.11	125
Febrero	2.02	250	1.76	123	1.43	118
Marzo	1.39	519	1.10	232	1.57	330
Abril	0.76	320	0.74	188	0.96	166
Mayo	1.00	279	1.97	175	1.02	142
Junio	1.07	352	0.57	141	1.37	219
Julio	1.09	344	1.63	147	1.10	215
Agosto	0.63	364	0.86	148	0.67	245
Septiembre	0.66	239	0.52	120	0.71	137
Octubre	0.49	155	0.62	76	0.41	108
Noviembre	1.62	259	4.30	87	1.46	190
Diciembre	5.38	182	6.78	111	5.04	104

Como los valores de mayo-julio y agosto-octubre son bastante homogéneos, se decidió definir las temporadas en la forma siguiente: noviembre-enero, febrero-abril, mayo-julio, agosto-octubre. Los índices de mortalidad son mínimos en el último período y máximos en el primero, pero tanto los efectos latitudinales como temporales pueden estar presentes a medida que el esfuerzo cambia hacia el sur en noviembre-enero, dirigiéndose a una zona con un promedio más elevado de mortalidad. Con el fin de considerar esto, en la Tabla 12 se indica la mortalidad por lance, por temporada y por intervalo latitudinal para los delfines manchados de altura, los delfines tornillo oriental y los delfines tornillo oriental panza blanca. Aún en las temporadas, los índices de mortalidad son superiores en el sur, lo que indica que no todo el efecto se debe a las temporadas. Aún en los intervalos latitudinales los índices de mortalidad cambian con las temporadas; en lo que se refiere a los delfines manchados y tornillo panza blanca, los índices más elevados de mortalidad aparecen en el período de noviembre-abril. Para estas dos especies, la pesca prácticamente desaparece en el sur durante el resto del año. En cuanto a los delfines tornillo oriental, no hay un patrón tan evidente y la magnitud de las muestras no son lo suficientemente grandes como para derivar conclusiones.

No se tienen suficientes anotaciones sobre las otras especies o stocks presentes en la pesca para poder hacer análisis similares.

Aunque esas tablas no sirven como substitutos de una prueba estadística más precisa, parece seguro concluir que por lo menos una estratificación basada en la zona y el tiempo, o una función continua de corrección mejoraría los métodos de la estimación. Las diferencias observadas entre los datos del NMFS y la CIAT pueden ser causadas por una distribución de los lances en tiempo o en espacio

algo sesgadas. En la Figura 23 se indica la distribución de los lances sobre delfines correspondiente a la base de los datos del NMFS y de la CIAT. Se puede ver que la proporción de los lances al sur de los 7°N es superior en cuanto a los datos del NMFS (véase también página 157). Cuando se concibe un esquema apropiado de estratificación, se pueden combinar sin peligro las estimaciones de ambas fuentes. Las fases que se han de cumplir en un futuro cercano con este propósito son:

- 1) definir la zona en la que una especie es vulnerable (lo que no es necesariamente igual a su distribución geográfica);
- 2) calcular los índices de mortalidad y los totales (de lances sobre delfines o toneladas capturadas de atún en lances sobre delfines) solo para estas zonas;
- 3) calcular los factores de ajustamiento o de la estratificación de los datos, basados en las características individuales de la especie o stock incluida;
- 4) calcular los intervalos de confianza, basados en los métodos que no son paramétricos (página 151).

Zonas de vulnerabilidad

La estimación de la mortalidad accidental de los delfines requiere que (1) se calcule la proporción de animales por lance o por tonelada, basada en los datos del programa de los técnicos científicos y (2) luego que se haga una extrapolación referente al número total realizado de lances o del tonelaje capturado por toda la flota. Esta extrapolación es una aproximación preliminar, pero razonablemente válida para estimar la mortalidad combinada de todos los delfines, pero para las especies individuales existen otros métodos de extrapolación más precisos. Básicamente se puede capturar una especie solo dentro de sus límites, así que se deben calcular las proporciones de la mortalidad dentro de esos límites. Sin embargo, puede que no se hagan los lances sobre las especies de que se trata en partes de su distribución, así que en los casos normales los lances hechos en esas zonas no se emplearían al estimar la mortalidad. El problema de determinar las zonas en las que ocurre la mortalidad nos ha impedido en el pasado proceder en esta forma, pero después de haber acumulado una cantidad razonable de información, se pueden introducir algunas mejoras en el método. Para lograr este objetivo se han preparado mapas en los que se sumariza la información del período 1979-1983. En la Figura 24a se presenta el número de lances sobre delfines, acumulados durante un período de 5 años. Existen dos “zonas de delfines” claramente definidas, una centralizada cerca a los 10°N—100°W y la otra más lejos al oeste, localizada cerca a los 10°N 130°W. Al sur de los 6°N existe una extensa zona con muy poco esfuerzo en el que se encuentra uniformemente distribuido. En la Figura 24b se indica el promedio de la mortalidad por lance de delfines de todas las especies combinadas. Las zonas con promedios más elevados son la zona al sur de los 6°N, el extremo noroeste de la pesca y una zona frente a Nicaragua y Costa Rica. En la mayoría de estas zonas ha habido poco esfuerzo sobre delfines durante el período de 1979-1983. Según estos dos mapas parece que los índices de mortalidad son inversamente proporcionales al esfuerzo acumulado de pesca. Con el fin de examinar las razones, se prepararon las Figuras 25 y 26, lo que indica a) que las poblaciones sobre las que se realizan más lances, adquieren pautas de

comportamiento que reducen su mortalidad o b) que los cardúmenes son más pequeños en esas zonas y que los índices de mortalidad son directamente proporcionales a la magnitud del cardumen. En la Figura 26 el eje-x contiene la suma de los lances observados en cuadrados de 1 grado; el eje-y incluye la media de la mortalidad total de todos aquellos cuadrados con la frecuencia de los lances dados en x. Por ejemplo, si se habían hecho 10 lances en 3 de los cuadrados durante el período considerado de 5 años y la mortalidad total acumulativa era de 20, 25 y 30 animales, entonces el valor de x sería 10 y el valor de y sería 25. Si se supone que los lances observados son proporcionales al esfuerzo total en el cuadrado, una conclusión probable sería que los cardúmenes en los que se hacen frecuentemente lances, aprenden a salir de la red, reduciendo así los índices de mortalidad. Si una zona fue explotada fuertemente antes de 1979, entonces, aún un gran número de lances produciría una mortalidad total baja. En zonas recientemente agregadas a la pesca, unos pocos lances producirían una gran mortalidad. Esta tendencia es evidente en cuanto a los delfines manchados de altura y los delfines tornillo panza blanca (Figura 27).

Si se pudiera investigar la historia de una zona desde el comienzo de la pesca, observaríamos probablemente índices elevados de mortalidad al principio, pero después que los barcos habían calado las redes una o varias veces en la mayoría de los cardúmenes en esa zona, los índices de mortalidad se reducirían fuertemente. Después de varios años de una fuerte pesca, los índices de mortalidad posiblemente se estabilizarían a un valor muy inferior. Lo que realmente se presenta en la Figura 26, es un grupo de zonas que han sido explotadas en diferentes lapsos de tiempo. Es probable que los cambios en los índices de la mortalidad reflejen los períodos de expansión y contracción de la zona en que maniobra la flota. Cuando se explotan zonas nuevas los índices de mortalidad son más elevados y cuando la pesca se concentra en las zonas tradicionales, se reducen los índices de mortalidad.

La evidencia anecdótica indica que los delfines de la misma especie se comportan diferentemente en zonas diferentes. Se dice que en las zonas de pesca en que hay delfines y en donde se emplea la maniobra de retroceso para liberarlos, los delfines después de la captura esperan pasivamente para ser liberados. En las zonas en que se han realizado menos lances sobre delfines, son más activos y generalmente parecen más nerviosos. Esta diferencia en el comportamiento puede resultar en una diferencia en la mortalidad causada por las maniobras cerqueras.

Con el fin de investigar esto, se ha creado un archivo que incluye los detalles de cada lance observado por un técnico científico: posición, condiciones ambientales prevalecientes, anotación de cualquier avería del equipo, estimación de la cantidad total de delfines congregados de cada especie, número de delfines cercados por la red, cantidad de delfines muertos, peces capturados etc. Puede que se presenten ocasiones, en las que cualquiera que sea el comportamiento de los delfines, aumenta la probabilidad de muerte de cualquier individuo. Estos lances confundirían el análisis de los datos, así que se intentó eliminarlos. Los lances eliminados del archivo fueron aquellos que se hicieron bajo condiciones difíciles, es decir, se

realizaron de noche, con corrientes fuertes, incluían una gran cantidad de delfines o peces, o en alguna forma se presentó una avería en el equipo. Para los datos restantes se categorizó cada cuadrícula por el número de lances observados durante el período de 1979-1983, y por el número total de delfines muertos durante estos lances. Se promedió la mortalidad total en todas las cuadrículas con un número similar de lances. En la Figura 26 se ilustra esta información. Raciocinamos que el número observado de lances sirve como un índice de la cantidad total de lances realizados en la zona. Los datos indican que la mortalidad producida por cada lance es máxima cuando los delfines en la zona nunca han experimentado este fenómeno. La mortalidad luego se reduce pero la razón de declinación en sí disminuye. Estos atributos son incorporados por el modelo siguiente:

$$K_s = K_m + (K_0 - K_m) e^{-ys}$$

donde K_s es la cantidad esperada de delfines muertos cuando se habían hecho anteriormente s lances en la zona. La primera vez que se hace un lance en la zona s equivale a 0,

$$K_0 = K_m + (K_0 - K_m) e^{-y(0)} = K_m + (K_0 - K_m) = K_0$$

A medida que s llega a ser muy grande K_s tiende hacia K_m , la mortalidad mínima por lance. Puede que K_m sea cero, es decir es posible que los delfines eventualmente aprendan a sobrevivir un lance "normal" con la probabilidad de uno, o puede que la reducción en la mortalidad se nivele en alguna cantidad positiva que represente el límite de la capacidad de aprendizaje de los delfines. Los datos no son suficientes para determinar si K_m es significativamente diferente a cero.

Se cree que la mortalidad de los delfines sea una función de las especies incluídas, probablemente depende también de la cantidad incluída por la red y la densidad del cardumen y, tal vez, en parte, esté determinada por la amplitud del hábitat de los delfines.

La otra opción principal de esta hipótesis es que los índices de mortalidad son directamente proporcionales a la magnitud del cardumen y que las faenas de pesca de la flota reducen la magnitud de los cardúmenes en las zonas en que las faenas son intensas. Los lances hechos en cardúmenes de delfines pueden separarlos en componentes más pequeños. A la vez, puede que sea más fácil manejar los cardúmenes más pequeños durante el lance, puede que la duración de la maniobra de retroceso sea más breve, etc.

Como la especie predominante es el delfín manchado de altura, las características anteriormente mencionadas se aplican en su mayor parte a esa especie; no es posible decir que es válida para las otras. En la Figura 27a se indica la media de la mortalidad por lance de los delfines manchados de altura. Esta figura es muy similar a la mortalidad por lance de la Figura 24. La mortalidad por lance es cero en la mayoría de la zona de Baja California, pero fue elevada en la figura. El extremo noroeste de la zona de pesca muestra también valores bajos en

comparación al total. La Figura 27b presenta los resultados de los delfines tornillo oriental. Prácticamente toda la mortalidad ocurre entre los 9°N y 15°N y entre los 93°W y 135°W. Los delfines tornillo panza blanca tienen dos zonas principales con índices elevados de mortalidad (Figura 27c), una entre el ecuador y los 12°S, relativamente cerca a la costa y la otra en los extremos occidentales de la pesquería. En la Figura 27d se indica que la mortalidad de los delfines comunes ocurre en zonas muy limitadas, lo que refleja su distribución geográfica más limitada. En conclusión, parece razonable que en los estudios que se hagan en el futuro se utilice esta información para definir la zona en la que ocurre la mortalidad de las especies o poblaciones. Aunque puede que esta zona no coincide con la distribución geográfica de la población, es la que se debe emplear en la extrapolación para estimar la mortalidad total. Este cambio en los métodos de extrapolación pueden ser muy importantes para algunas de las poblaciones.

La estimación de la varianza para obtener la mortalidad total

El proceso de estimar la mortalidad total de los delfines usando las proporciones es como sigue:

- 1) Se emplean los datos del programa de los técnicos científicos para estimar la proporción de animales muertos por lance o por tonelada en toda la flota.
- 2) Se emplea un algoritmo para estimar el número total de lances hechos sobre delfines durante el período considerado.
- 3) Al usar los registros de bitácora se obtiene una estimación de la captura de atún por lance sobre delfines.
- 4) Se calcula el tonelaje total capturado en lances sobre delfines usando los valores anteriores.
- 5) Para estimar la mortalidad total, la mortalidad por lance se multiplica por el número de lances o la mortalidad por tonelada se multiplica por el número de toneladas.

Aunque ambos totales son estimaciones, probablemente las varianzas son bastante bajas comparadas con aquellas de las proporciones en sí mismas. Las varianzas se estimaron por el método tradicional y al desarrollar nuevas muestras. La fórmula tradicional es válida, solo si ciertas suposiciones son verdaderas. En nuestro caso, los coeficientes de variación del numerador y denominador son usualmente bastante elevados de lo que indica el máximo del 10%. Como resultado de esto, la fórmula paramétrica subestima la varianza real. Básicamente para esto último, se emplean las muestras en sí para estimar las varianzas sin suponer que la distribución implícita es de un tipo determinado. Los dos métodos principales de desarrollar nuevas muestras son el método de "jackknife" que consiste en producir "nuevas" muestras al eliminar a la vez uno o más casos de la serie original de los datos y al repetir este proceso varias veces, y el método "bootstrap" por el que se producen nuevas muestras al extraer muestras aleatorias con reemplazo de la serie original. El número posible de réplicas por el método bootstrap, es virtualmente infinito, mientras que por el método del jackknife, si se elimina cada vez un caso de una serie de n , puede generarse un máximo de n "nuevas" muestras con $n-1$ casos cada vez.

Se han aplicado estos dos estimadores de la varianza a los datos para comparar los resultados con aquellos computarizados con la fórmula tradicional. La comparación de los errores normales se limita al método bootstrap (SE_b) versus la fórmula tradicional (SE) a causa de la similitud de las estimaciones de los métodos jackknife y bootstrap. Las nuevas varianzas son hasta el 100% superiores que las estimaciones anteriores.

Base de los Datos Combinados de la CIAT-NMFS							
Año	No. de viajes	Jackknife		Bootstrap (200 réplicas)		Comparación E.N.	
		Estimación	Varianza	Estimación	Varianza	SE_b	SE
Mortalidad por lance							
1979	98	1.301	0.054	1.318	0.063	1555	1041
1980	99	2.189	0.229	2.220	0.235	2549	1451
1981	94	2.122	0.146	2.163	0.132	2047	1304
1982	74	3.396	0.254	3.399	0.222	2152	1525
1983*	35	1.287	0.091	1.317	0.088	846	672
Mortalidad por tonelada							
1979	98	0.123	0.0004	0.124	0.0005	1475	999
1980	99	0.210	0.0019	0.213	0.0021	2725	1376
1981	94	0.196	0.0009	0.199	0.0009	1907	1098
1982	74	0.310	0.0019	0.312	0.0018	2175	1445
1983*	35	0.117	0.0008	0.120	0.0007	768	684

* (solo la CIAT)

Estimación de la mortalidad de los delfines en 1984

Como resultado de los análisis de las heterogeneidades, descritos en capítulos anteriores, se decidió cambiar la metodología usada al estimar la mortalidad de los delfines. Sigue a continuación un breve esquema del nuevo método; las estimaciones revisadas de años anteriores y una relación completa, serán el sujeto de una contribución en el futuro.

Básicamente, algunas especies o stocks, como los delfines comunes y los delfines tornillo orientales, indican un patrón geográfico muy limitado de vulnerabilidad con relación a la pesca. Esta información puede emplearse para mejorar los métodos de estimación al reducir la zona que necesita ser extrapolada. Como resultado de esto, se espera que la precisión de las estimaciones aumente significativamente, al eliminar esa parte del esfuerzo que probablemente no tiene ningún impacto en aquellas especies o stocks. Para otros stocks con una mortalidad más esparcida, habrá de considerarse todo el Pacífico oriental, pero aún en este caso, se debe recolectar la información en subzonas que se crea tienen características individuales que se reflejan en los índices de mortalidad.

El concepto del área de vulnerabilidad se usará como una base para la estratificación de aquellas especies o stocks en que la mortalidad está limitada a zonas bien definidas: los delfines tornillo oriental y los delfines comunes. En el primer caso, se puede definir una zona que abarca comúnmente más del 95% de la mortalidad (Figura 27). Se pueden describir tres zonas de delfines comunes, que corresponden aproximadamente a los tres stocks comúnmente reconocidos. En ambos casos, se emplea un factor de corrección para considerar la proporción de mortalidad que ocurre fuera de la zona definida. Con referencia a los delfines manchados de altura y los tornillo panza blanca, se tiene que considerar toda la zona, pero se puede obtener alguna mejora al estratificar la zona en secciones (1) que reflejen principalmente la intensidad del esfuerzo de pesca sobre delfines, (2) la heterogeneidad de los índices de mortalidad y (3) cuando sea posible, considerar los límites del stock indicados por los investigadores que trabajan en este estudio.

Un caso que tiene un significado especial es el tratamiento de los delfines “tornillo sin identificar”. Este nombre incluye tradicionalmente una mezcla de los delfines tornillo oriental y tornillo panza blanca, que no han sido apropiadamente identificados a un stock. En el pasado, la CIAT ha producido una estimación separada de este grupo, que luego tiene que prorratearse con relación a los stocks de acuerdo a cierto criterio. A causa de las reglamentaciones actuales de los EEUU, esta cifra tiene que prorratearse entre los dos stocks y la forma usual empleada por el NMFS de los EEUU ha sido prorratear de acuerdo a la proporción de la mortalidad observada correspondiente a cada stock. El sistema propuesto retiene la idea del prorrateo, pero introduce un componente zonal, de tal manera, que las proporciones usadas cambian, depende de si la mortalidad de los delfines sin identificar ocurre o nó en la zona en que los delfines tornillo oriental son vulnerables.

No se estratificarán actualmente dos de los grupos para los que se producen rutinariamente estimaciones, los delfines listados y la clase de “otros delfines”, debido al pequeño número de lances que se tiene de los primeros y a la heterogeneidad de los últimos. Se combinarán en un solo grupo.

Respecto a las estimaciones, los métodos paramétricos usados actualmente fueron reemplazados por métodos de remuestreo, suministrando una táctica más realística del problema al relajar las suposiciones necesarias para la validez de las fórmulas tradicionales. Estas suposiciones son frecuentemente violadas en las distribuciones observadas.

Se presenta aquí la fracción del muestreo de la flota internacional:

	No. de viajes con lances sobre delfines	Número de lances sobre delfines	Toneladas de atún capturadas con delfines
Muestreo (CIAT + NMFS)	26 + 11 (37)	550 + 388 (938)	8962 + 8835 (17797)
Total estimado	285	6413	95643
Porcentaje de muestreo	13.0	14.6	18.6

No se colocaron observadores del NMFS durante la primera parte de 1984 (1 de enero a 25 de marzo), pero el uso del nuevo método debe reducir el sesgo causado por ésto.

En la tabla siguiente se presentan las cifras preliminares de la mortalidad en 1984:

Especie o stock	Estimación de la mortalidad basada en la (mort/lance)		Estimación de la mortalidad basada en la (mort/lance)	
		E.N.		E.N.
Delfín manchado de altura	19620	3527	18682	4187
Delfín tornillo oriental	5193	2495	4806	2434
Delfín tornillo panza blanca	11955	4601	10616	4043
Delfín común	5998	4117	5547	4127
Delfín tornillo sin identificar prorrteados como delfines tornillo oriental	926	883	846	800
prorrteados como delfines tornillo panza blanca	138	156	127	145
Otros delfines	154	74	123	62
Todas las especies	43984	7589	40747	7583

En 1984, aumentó el esfuerzo en el Océano Pacífico oriental tropical en comparación al de 1983, debido a que regresaron algunos de los barcos que estaban anteriormente pescando en el Pacífico occidental. A causa de las condiciones económicas, se dió preferencia a los atunes aleta amarilla grandes que se pescan comúnmente en asociación con los delfines y ésto ha causado un aumento en la proporción relativa de los lances sobre delfines.

En la mayoría de las zonas aumentaron las capturas de atún por lances de delfines, aún más del doble que las cifras de 1983, en algunos de ellos. La magnitud de los cardúmenes de delfines capturados aumentó también durante este período. El promedio de la magnitud de los cardúmenes capturados aumentó de 470 en 1983, a 599 en 1984, mientras las capturas aumentaron de 11.77 a 19.37 toneladas por lance en la muestra observada (todas las muestras tenían más de 900 ejemplares). Como ambos factores (la gran magnitud de los cardúmenes y las capturas de atún) tienden a incrementar la mortalidad de los delfines, éstos pueden reflejarse en el incremento de los índices de mortalidad de 1984.

	1983	1984
Mortalidad por lance	3.81	7.63
Mortalidad por tonelada	0.34	0.40

La muestra de 1984, incluye 2 cruceros en barcos con capitanes principiantes, lo que resultó en más del 40% de la mortalidad total observada. En vista de las circunstancias, hubiera sido posible rechazar esos cruceros como atípicos, pero se prefirió actuar conservadoramente y retener todos los datos. Como resultado de esto, la mortalidad estimada de los delfines comunes, por ejemplo, se basa en una pequeña muestra de los lances, uno de los que fue un lance desastroso. En este caso ni el total estimado ni su varianza son cifras sólidas.

Examen de la base de datos y análisis preliminar

En los primeros años del programa de la CIAT, se le concedió atención especial a la tarea de organizar el proceso de la recolección de datos y planear la base de datos. Después de 5 años de funcionamiento, la base de datos ha aumentado considerablemente, y se decidió verificar minuciosamente su contenido, en preparación de varios análisis estadísticos. Se eliminaron todas las imprecisiones y después de extraer una subserie que incluía solo los lances sobre delfines, se corrió una serie de programas para descubrir errores o valores atípicos. Después de terminar esta labor, se preparó una descripción cuantitativa de la base de datos. Esta incluía un análisis sencillo estadístico de las variables cuantitativas (media, error normal, desviación normal, mínimo, máximo) y un estudio de la distribución de las frecuencias de otras variables que resultan en clases. En las Tablas 13, 14 y 15 se presentan estos resultados. Este análisis da una idea rápida de la información disponible y es útil en decidir si se puede proceder con un análisis a fondo de los factores considerados (si la magnitud de la muestra es adecuada) o si se debe postergar el estudio hasta tener suficientes datos que permitan pruebas estadísticas significativas.

Al mismo tiempo suministra estadísticas sumariadas de un gran número de lances que son bastante útiles en sí mismos (ej. d. la captura por lance, mortalidad por lance, la media de la duración del lance). Además provee información de los valores extremos de las variables que se emplearon para descubrir errores o valores atípicos y es útil en definir los límites de las variables que se han de considerar en el análisis. La base de datos se dividió luego en series correspondientes a los barcos de los EEUU y no pertenecientes a los EEUU, para permitir hacer comparaciones. Por la misma razón, se hizo un análisis similar con los datos del NMFS para el período de 1979-1982, estos datos fueron provistos amablemente por el NMFS. No se incluye el año de 1983, en el análisis debido a que un asunto legal desorganizó el funcionamiento normal de ese programa. Sigue una breve comparación de algunas de las variables.

Capacidad de los barcos (en toneladas)

La flota muestreada que no pertenece a los EEUU, tiene una media de capacidad superior y también valores más elevados en ambos extremos.

Latitud y longitud

El "centro de gravedad" de todos los lances sobre delfines de la flota de los EEUU se localiza cerca a la Isla de Clipperton (Figura 24a). El centro de los datos

de la CIAT es al oeste de la isla a los $110^{\circ}30'W$, en cambio el de los datos del NMFS se localiza al este de la isla a los $106^{\circ}40'W$. Los valores extremos de los meridianos son bastante similares, pero en cuanto a las latitudes el alcance de los datos de la CIAT es $4^{\circ}15'$ más extenso.

El centro de la flota que no pertenece a los EEUU se localiza más lejos al sur y hacia el este (aproximadamente $2^{\circ}00'N-96^{\circ}10'W$), algunas 300 millas al noroeste de las Islas Galápagos. Claro está que estos centros pueden encontrarse en zonas con poca o ninguna pesca; su uso principal es proveer una descripción estadística de la localidad espacial de los lances sobre delfines.

Distancia desde el litoral

La flota que no pertenece a los EEUU pesca sobre delfines a una distancia promedio de la costa de 514 millas. La flota de los EEUU pesca normalmente más lejos (promedio de 701 millas).

Duración de los lances

El promedio de los lances de los EEUU es muy similar en cuanto a los datos del NMFS y de la CIAT (2 1/2 horas). El lance de más duración que se ha observado fue cerca de 23 horas. La flota que no pertenece a los EEUU tiene una media inferior (2 horas y 20 minutos), pero hay poca diferencia.

Captura total de atún

La media de la captura de atunes en lances sobre delfines es superior para la flota no perteneciente a los EEUU que para la de los EEUU (14.8 versus 10.5–11.0 toneladas). La captura observada más grande en un lance fue de 165 toneladas.

Número de delfines capturados por lance

El promedio de las capturas de la flota que no pertenece a los EEUU fue de 40 delfines menos por lance. La mayoría de la diferencia se debe a la reducción en el número de los delfines manchados de altura capturados por lance. Los cardúmenes más grandes capturados fueron: más de 10,000 delfines manchados de altura, 2,125 delfines tornillo oriental, 3,200 delfines tornillo panza blanca, 3,000 delfines comunes y 1,800 delfines listados.

Número de delfines muertos por lance

La mortalidad por lance de la flota que no pertenece a los EEUU es superior a la de la flota de los EEUU, pero la diferencia no es estadísticamente importante. Existen diferencias fundamentales para los delfines manchados, los delfines tornillo panza blanca y los delfines comunes, pero estas diferencias se deben principalmente a la distribución diferente espacial y temporal de los lances.

Porcentaje de mortalidad de los delfines capturados

El porcentaje de la mortalidad de los delfines capturados de la flota que no pertenece a los EEUU es superior al de la flota de los EEUU y en casi todas las

especies o stocks individuales. Sin embargo, las varianzas relativamente grandes hacen que la mayoría de las comparaciones no tengan importancia estadística.

Frecuencia de la distribución de los lances

En este análisis se consideraron tres series de datos: 1) la base de los datos de la CIAT de la flota que no pertenece a los EEUU para 1979-1983; 2) la base de los datos de la CIAT de la flota de los EEUU para 1979-1983 y 3) la base de los datos del NMFS de la flota de los EEUU para 1979-1982. El número total de los lances sobre delfines de ambas bases combinadas de datos es 10,632. Se deben considerar con precaución estos análisis sencillos, ya que se pueden presentar en los datos efectos confusos.

Por latitud (1980-1982).

	CIAT						NMFS		
	No-EEUU			EEUU			EEUU		
	Frec.	%	Cum. %	Frec.	%	Cum. %	Frec.	%	Cum. %
11 S- 14 S	9	2.8	2.8	7	0.2	0.3	28	1.1	1.0
8 S- 11 S	38	12.0	14.8	26	0.6	0.9	66	2.4	3.4
5 S- 8 S	4	1.2	16.1	47	1.3	2.2	35	1.3	4.7
2 S- 5 S	17	5.3	21.5	83	2.3	4.5	31	1.2	5.9
1 N- 2 S	21	6.62	8.1	213	5.8	10.4	60	2.2	8.1
1 N- 4 N	52	16.4	44.5	113	3.1	13.5	180	6.6	14.6
4 N- 7 N	29	9.1	53.6	423	11.7	25.2	462	16.9	31.6
7 N-10 N	78	24.7	78.2	1225	33.7	59.0	777	28.4	60.0
10 N-13 N	50	15.8	94.0	864	23.8	82.8	627	23.0	82.9
13 N-16 N	16	5.0	99.1	348	9.6	92.4	300	10.9	93.9
16 N-19 N	1	.3	99.4	177	4.9	97.3	109	3.9	97.9
19 N-22 N	2	.6	100.0	65	1.8	99.1	43	1.5	99.5
22 N-25 N				31	0.8	100.0	14	0.5	100.0
25 N-28 N				1	0.0	100.0			

Como era de esperar, la flota que no pertenece a los EEUU, indica un desplazamiento evidente hacia el sur del esfuerzo. No se esperó tanta diferencia entre la distribución de la base de datos de los EEUU del NMFS y de la CIAT. Al norte de los 7°N, las proporciones son muy similares, pero la base de datos del NMFS indica una proporción más elevada de lances al sur de los 7°N (pero especialmente notorio al sur de los 5°S). Los índices más elevados de mortalidad en la parte sur, resultan en una estimación de mortalidad más elevada en toda la zona. Esta diferencia es el resultado de un proceso aleatorio que afecta la distribución latitudinal de los lances y es causada por las características aglomeradas del sistema de muestreo (viajes muestreados en vez de lances). No es posible decir cuál de los dos programas provee una representación mejor de las actividades de la flota, pero se examinarán los datos de bitácora para tratar de conseguir una respuesta.

Por capacidad de barco (1980-1982)

Capacidad	CIAT				NMFS	
	No-EEUU		EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
401- 600	0	0.0	213	5.9	176	6.4
601- 800	14	2.9	542	14.9	254	9.3
801-1000	58	11.9	436	12.0	390	14.2
1001-1200	318	65.0	1852	51.1	1475	53.9
1201-1400	71	14.5	357	9.8	202	7.4
1401-1600	15	3.1	145	4.0	5	0.2
1600-1800	0	0.0	41	1.1	235	8.6
> 1800	13	2.7	41	1.1		

La moda es la misma en todos los casos, pero la flota que no pertenece a los EEUU tenía solo 15% de sus lances de barcos de pequeño porte, en cambio los otros grupos tenían 34% de los lances inferiores a la moda.

Por año (1979-1983)

Año	CIAT				NMFS	
	No-EEUU		EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
1979	110	22.5	915	16.9	1994	42.1
1980	109	22.3	1153	21.3	1052	22.2
1981	79	16.2	1436	26.5	820	17.3
1982	129	26.4	1038	19.2	865	18.3
1983	62	12.7	870	16.1		

En cuanto a los datos de la CIAT hay una distribución buena (uniforme) de los lances entre los años, pero para los datos del NMFS, se hizo un número desproporcionado de lances en 1979. Como en ese año hubo reglamentación del aleta amarilla, es posible que los resultados no se puedan comparar completamente con los otros.

Por mes (1980-1982)

	CIAT						NMFS		
	No-EEUU			EEUU			EEUU		
	Lances	%	Cum %	Lances	%	Cum %	Lances	%	Cum %
Enero	51	16.1	16.1	284	7.8	7.8	304	11.1	11.1
Febrero	60	18.9	35.0	226	6.2	14.1	198	7.2	18.3
Marzo	21	6.6	41.6	544	15.0	29.1	366	13.4	31.7
Abril	33	10.4	52.1	261	7.2	36.3	263	9.6	41.3
Mayo	12	3.8	55.8	233	6.4	42.7	236	8.6	49.9

	CIAT						NMFS		
	No-EEUU			EEUU			EEUU		
	Lances	%	Cum %	Lances	%	Cum %	Lances	%	Cum %
Junio	29	9.1	65.0	324	8.9	51.6	231	8.4	58.4
Julio	28	8.8	73.8	355	9.8	61.4	233	8.5	66.9
Agosto	16	5.0	78.9	383	10.6	72.0	256	9.4	76.3
Septiembre	32	10.1	89.0	241	6.6	78.6	169	6.2	82.4
Octubre	4	1.3	90.2	195	5.4	84.0	134	4.9	87.3
Noviembre	15	4.7	95.0	338	9.3	93.3	151	5.5	92.8
Diciembre	16	5.0	100.0	243	6.7	100.0	196	7.2	100.0

Cuando se usan solo los años en los que no hubo reglamentación de atún aleta amarilla (y de los que se tenían datos del NMFS de 1980-82), para obtener datos similares, se encuentra que la mayor actividad de la flota de los EEUU se localiza en marzo pero se encuentra distribuida con bastante uniformidad durante el año.

Lances diurnos por día versus nocturnos (1979-1983)

	CIAT				NMFS	
	No-EEUU		EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Lances diurnos	444	90.8	4949	90.9	4313	91.2
Lances nocturnos	43	8.8	493	9.1	418	8.8
Desconocidos	2	.4				

Las proporciones son muy similares. Se pueden hacer comparaciones usando solo los datos de los EEUU. El pequeño número de lances nocturnos de la flota que no pertenece a los EEUU, impide que se comprueben esos datos individualmente.

La porción de la red involucrada en el retroceso cubierta por el paño de seguridad (1979-1983)

	CIAT				NMFS	
	No-EEUU		EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Cubierta	377	77.1	5002	92.4	4278	90.4
No cubierta	46	9.4	79	1.5	157	3.3
No se conoce	66	13.5	331	6.2	296	6.3

Ambos datos de los EEUU son similares; las flotas de otros países tuvieron una proporción más pequeña de lances en los que en paño de seguridad cubría parte de la red en el retroceso.

Por el índice del viento (1979-1983)

Valor de Beaufort	CIAT				NMFS	
	No-EEUU		EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
0	25	5.1	61	1.1	116	2.5
1	116	23.7	869	16.1	803	17.3
2	156	31.9	1959	36.2	1689	36.3
3	123	15.2	1673	30.9	1447	31.1
4	63	12.9	701	13.0	525	11.3
5	6	1.2	137	2.5	65	1.4
>5			10	.2	8	0.2
Desconocido					78	1.6

Todas las proporciones son bastante similares.

Por la presencia de corrientes fuertes (1979-1983)

Corrientes fuertes	CIAT				NMFS	
	No-EEUU		EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Presente	138	28.2	815	15.1	708	15.0
Ausente	284	58.1	4464	82.5	3970	83.9
No se conocen	67	13.7	133	2.5	53	1.1

La proporción de los lances con corrientes fuertes es aproximadamente el doble en cuanto a la flota que no pertenece a los EEUU.

Averías en las artes (1979-1983)

Averías	CIAT			
	No-EEUU		EEUU	
	Frec.	%	Frec.	%
Mayores	19	3.9	527	9.7
Menores	14	2.9	559	10.3
Ninguna	279	57.1	3365	62.2
No información	177	36.2	961	17.8

La flota de los EEUU tuvo en 20% de los lances alguna clase de avería, versus solo 7% de la flota no perteneciente a los EEUU.

Investigación sobre la abundancia de los delfines

Estimaciones de la abundancia relativa de los delfines del Pacífico oriental

Se ha venido empleando la estimación de la derrota para estimar la abundancia y la abundancia relativa de los delfines del Pacífico oriental. El método de la derrota es útil para estimar la densidad de objetos cuando disminuye la probabilidad de observar un objeto a cierta distancia desconocida de la línea de búsqueda. Sin embargo, con el fin de que las estimaciones de la derrota reflejen acertadamente la abundancia real, se tienen que satisfacer varias suposiciones.

La más crítica de éstas es que se puedan descubrir todos los cardúmenes de delfines que se encuentran directamente en en la línea de búsqueda. Como comúnmente los delfines están en movimiento, se hace la suposición dependiente de que el movimiento de los delfines dentro y fuera de la línea de búsqueda es aleatoria. Así que los delfines que evitan activamente el barco sesgan negativamente las estimaciones de la densidad. Puede que no se descubra este sesgo, especialmente si no es evidente el escape de los delfines en la distribución de las distancias perpendiculares de las observaciones. La segunda suposición que se emplea en la estimación de la derrota es que se hace el cálculo de la localidad del cardumen sin una variación o cálculo sesgado. Por consiguiente, se debe anotar exactamente la localidad del cardumen con relación al rumbo del barco, cuando se ve inicialmente el cardumen. La tercera suposición es que la visualización de los cardúmenes de delfines son estadísticamente independientes. Así que la visualización de un cardumen no debe influenciar la de otro cardumen y el esfuerzo de visualización y la densidad del cardumen de delfines deben ser independientes el uno del otro. Como son los cardúmenes de delfines los que han sido observados y no delfines individuales, deben hacerse otras dos suposiciones; se estima sin sesgo la magnitud del cardumen y la magnitud del cardumen no afecta la probabilidad de descubrimiento. Este último punto no afecta la estimación de la densidad del cardumen de delfines si se ven todos los cardúmenes en la derrota; sin embargo, una interdependencia de la probabilidad de visualización y la magnitud del cardumen sesgarían las estimaciones de la magnitud del cardumen.

Se cree que la información de las observaciones obtenidas por los técnicos científicos de la CIAT a bordo de las embarcaciones con redes de cerco violan todas estas suposiciones en diversos grados. Esta desviación de las suposiciones, limita la utilidad de estos datos para la estimación de los cálculos de la abundancia absoluta, pero no limitan necesariamente su utilización como índices relativos de la magnitud de la población. Si se comprende el tipo y la magnitud de las violaciones, podrá averiguarse la dirección del sesgo y posiblemente la magnitud. Estos otros fragmentos de información serían evidentemente útiles en la evaluación de la población.

La suposición que es más importante en la utilidad del método de la derrota es que se observen todos los cardúmenes en la derrota. Hay más probabilidad de omitir cardúmenes pequeños de delfines. Se conocen bien los mamíferos marinos por su habilidad de zambullirse y es posible que todos los individuos de un cardumen

pequeño estén sumergidos cuando el barco pasa cerca o encima de ellos. Esta probabilidad disminuye a medida que aumenta la magnitud del cardumen y, por consiguiente, resulta en el sesgo de la estimación de la media de la magnitud del cardumen. Además, las señales empleadas para localizar cardúmenes de delfines (tales como pájaros o el chapoteo) son más visibles en cardúmenes con más de 15 animales que las señales de cardúmenes inferiores a ese número. Los análisis de la distribución de los ángulos de visualización y de las distancias observadas en 1983, indican que no existen diferencias relativas a la magnitud en cardúmenes de más de 100 animales. Esto se debe, en parte, al uso de la señal de pájaros alimentándose para encontrar tanto delfines como atunes. Se supone que los pequeños cardúmenes de delfines son una pequeña proporción de la población. Aunque no se sospecha que los delfines eviten los barcos según la distribución de las observaciones, puede que algunos delfines eludan los barcos y se alejen de la derrota a mayores distancias que la capacidad visual.

No solamente se deben ver todos los cardúmenes en la derrota, pero deben identificarse por especie y debe averiguarse sin sesgo, la proporción de las especies en cardúmenes mezclados. Sin embargo, se anotaron varios cardúmenes en la derrota como delfines sin identificar. Estos cardúmenes sesgan descendentemente las estimaciones de las cantidades de delfines identificados y producen un sesgo similar al causado cuando no se logra observar todos los cardúmenes en la derrota, aunque se estimen los números de éstos.

Debido a la falta de instrumentos para medir los ángulos de visualización y las distancias en las embarcaciones cerqueras, estas medidas son sesgadas. Ocurren más visualizaciones de las esperadas a los 0° , 15° , 30° , 60° y 90° , y se redondean las distancias radiales a millas náuticas enteras. Esta aglomeración de observaciones causa problemas cuando se quiere ajustar la curva de descubrimiento a los datos de visualización. Con el fin de evitar estos problemas, se emplea tanto la suavización de los datos como el agrupamiento de las observaciones. Estas fases preparan los datos para el análisis y parece moldearlos de nuevo a las expectativas que hubo antes de redondearlos.

Probablemente más importante que el conglomerado de las observaciones es la violación de la suposición del muestreo aleatorio o la distribución aleatoria de los delfines con respecto al muestreo. En ambos años 1982 y 1983, los cerqueros aplicaron más esfuerzo (Figura 28) en las regiones en que había una densidad elevada de delfines que en donde había poca densidad. Estos sesgos aumentaron las estimaciones de los delfines en toda la zona. Estos sesgos no son inesperados, ya que los factores oceanográficos que hacen que los atunes sean vulnerables a la captura de las embarcaciones de cerco, desempeñan probablemente un papel en determinar la calidad del hábitat de los delfines. Se necesita trabajar aún más para definir un método apropiado de estratificación, ya que este sesgo a diferencia de los otros, está asociado con un sesgo significativo y positivo con relación a la estimación de la abundancia. El método actualmente usado sigue siendo algo subjetivo y necesita modificarse para incrementar su objetividad. Se está emprendiendo un trabajo para producir un algoritmo de cómputo que estratifique el Océano Pacífico oriental tanto en el campo biológico como estadístico homogéneo.

Así se podrá emplear para cada especie la información de bitácora de la CIAT referente a la variación en los índices de encuentro, las estimaciones de la magnitud del cardumen, la composición del cardumen, el esfuerzo y los tipos de lance para reunir los datos de las observaciones en estratos más homogéneos.

Estimación de la magnitud de los cardúmenes de delfines

La magnitud del cardumen es un factor importante en la estimación de la densidad y la abundancia de los cetáceos. Se han hecho reconocimientos aéreos de las especies de delfines en el Pacífico oriental, con el fin de proveer datos de la densidad de los cardúmenes y del promedio de la magnitud de los mismos. Los datos de la magnitud de los cardúmenes se basa típicamente en los cálculos o las estimaciones de los observadores a bordo de aviones. Sin embargo, las estimaciones de los observadores de grandes congregaciones de animales, pueden estar muy erradas.

Cada vez más se han usado las fotografías aéreas para recolectar datos sobre la magnitud de los grupos de cetáceos. Sin embargo, no siempre puede fotografiarse con éxito cada cardumen encontrado. Tales factores como la condición del mar, el resplandor del sol, la claridad del agua o el comportamiento de los animales pueden velar porciones del cardumen, lo que hace que las fotografías no sirvan para el análisis. Por consiguiente, las estimaciones de los observadores, aunque frecuentemente no son satisfactorias en grandes congregaciones de animales, con frecuencia hay que confiar en ellas para obtener los datos de la magnitud del cardumen.

Los biólogos de la CIAT, el NMFS y de la Universidad de Washington, han realizado análisis para obtener las respuestas de las preguntas siguientes:

- 1) Las estimaciones derivadas de las fotografías describen con exactitud y precisión la magnitud real del cardumen?
- 2) Existen diferencias sistemáticas entre los observadores en las estimaciones visuales?
- 3) Pueden calibrarse las estimaciones de los observadores mediante las estimaciones fotográficas?

Se usaron en estos análisis los resultados de cuatro reconocimientos hechos en el Pacífico oriental en los que se tomaron fotografías aéreas de cardúmenes de delfines (Tabla 16). Durante el crucero del *Gina Anne* en 1979, realizado por la CIAT, se fotografiaron cardúmenes de delfines rodeados por la red de cerco, desde el helicóptero del barco y luego se contaron a medida que los delfines salían de la red. Una comparación de las estimaciones fotográficas con los cálculos de la maniobra de retroceso, permitió determinar la exactitud de las estimaciones derivadas de las fotografías. Se estimó la precisión de las estimaciones fotográficas de los resultados del reconocimiento colaborativo de la CIAT-NMFS, en el que se compararon las estimaciones hechas según las fotografías tomadas por diferentes formatos de la cámara, en diferentes pasadas de la aeronave y por diferentes lectores. Los datos de los reconocimientos anteriores además de otros dos del NMFS, permitió comparar tanto las estimaciones de los observadores en

el avión como las fotográficas. Se fotografiaron en total 151 cardúmenes durante los cuatro reconocimientos, de los cuáles 71 (47%) eran de fotografías de una calidad lo suficientemente buena como para usar en los análisis.

Exactitud de las estimaciones fotográficas

Cinco cardúmenes que fueron fotografiados durante el experimento del *Gina Anne* fueron comparados con los cálculos del retroceso. La pendiente de la regresión (a través del origen) de la estimación fotográfica sobre el cálculo del retroceso fue 1.06, con el intervalo de confianza del 95% (0.90, 1.22) y $R^2 = 0.79$. Aunque solo se obtuvieron cinco puntos de referencia, la relación entre los dos, no indica una diferencia significativa de 1:1.

Debe observarse que el cálculo en el retroceso no es un “información básica” absoluta. Existía la posibilidad de contar más o menos delfines cuando en el canal de retroceso se encontraba un gran grupo compacto de animales. Sin embargo, el error debido a esto, es probablemente pequeño. Otra fuente de error, que también se cree que es pequeña, es que los delfines algunas veces eluden la captura después de que se han tomado las fotografías y el número de delfines en estos grupos (comúnmente grupos pequeños de 10-40 animales) tenían que ser entonces estimados por los observadores que se encontraban a bordo de la embarcación.

Análisis de la varianza de los estimados fotográficos

Se examinaron los estimados fotográficos del estudio aéreo de la CIAT de 1980, para ver si tenían variación debido al formato de la cámara, cardumen individual y número de pasadas, luego se compararon con los estimados de los observadores. Un análisis de la varianza del estudio de 1980, indicó que probablemente todas las fuentes de variación eran significativas (cardumen, formato, pasada) y también lo eran las interacciones. Sin embargo, la gran variabilidad en la magnitud de los cardúmenes minimizó todas las otras fuentes. Esto permitió considerar como réplicas las diferentes pasadas, junto con diferentes estimados de los lectores. La precisión del análisis indicó luego que los estimados fotográficos tienen una desviación normal aproximadamente del 6-8% de la magnitud del cardumen y por consiguiente, son bastante precisos.

Comparación con los estimados de los observadores

Un gráfico de todos los estimados de 13 observadores y el promedio de las estimaciones fotográficas correspondientes (Figura 29) indica que a pesar de alguna dispersión, los estimados de los observadores como grupo son bastante precisos en cuanto a los cardúmenes pequeños (hasta de 200 animales), pero la mayoría son bajos con referencia a los grandes cardúmenes. Esto señala una relación curvilínea entre los estimados de los observadores y la magnitud del cardumen.

Solo tres observadores tenían grandes muestras de estimados sobre una amplia escala de tamaños de cardúmenes. Los errores tanto de los estimados de los observadores como los fotográficos tienen varianzas que aumentan con la magnitud del cardumen. Para normalizar la varianza, el estimado de cada observador se dividió por el promedio de la estimación fotográfica de ese cardumen y se usó esta

razón en todos los análisis. Algebraicamente esta cantidad es:

$$\begin{aligned} \text{razón} &= \frac{\text{estimado del observador}}{\text{promedio del estimado fotográfico}} \\ &= \frac{\text{promedio del estimado fotográfico} + \text{error del estimado del observador}}{\text{promedio del estimado fotográfico}} \\ &= 1 + \frac{\text{error del estimado del observador}}{\text{promedio del estimado fotográfico}} \end{aligned}$$

Por consiguiente, trabajar con la razón es equivalente a trabajar con el error *relativo* del estimado visual. Cuando se analizaron estas subseries de los tres observadores, todos los factores (observador, magnitud del cardumen y la interacción) se encontraron que eran muy significativas, con las medias de la razón como sigue:

Magnitud del cardumen	Observador 1	Observador 2	Observador 3
1-99	.96	.85	.70
100-199	.93	.84	.64
200-499	1.00	.66	.71
500-999	.88	.76	.49
1000+	.65	.45	.36

Las diferencias significativas aquí son bastante grandes. Aún dentro de las categorías de la magnitud del cardumen, el promedio de las diferencias entre los observadores era del 10–30% en la magnitud del cardumen.

Sin embargo, es problemática la interpretación de estos estimados. La relación general entre los estimados de los observadores y los fotográficos parecen ser curvilíneas e indica que la mayoría de los observadores tienden a subestimar los cardúmenes grandes. Algunos, sin embargo, tienden a estimar elevadamente y algunas veces demasiado elevadamente. Los resultados de los análisis de la varianza de la subserie de los tres observadores indican que esta relación varía ampliamente entre los observadores. Estos resultados pueden aún subestimar estas diferencias, ya que todos los tres observadores en la subserie, estimaron comúnmente bajo. Por consiguiente, en algunas categorías de la magnitud del cardumen, parece probable que el promedio de las diferencias entre algunos observadores puede ser muy superior al 10–30% de la magnitud del cardumen aquí indicada.

Estos resultados y los estudios de otros investigadores, indican que las estimaciones de los observadores pueden variar grandemente. Sin embargo, se han empleado dos métodos para calibrar estos estimados. Otros observadores que estaban haciendo reconocimientos de animales en tierra ajustaron los datos con

base individual al calcular el desempeño de cada observador aéreo contra los cálculos del litoral. Se necesitan, sin embargo, grandes muestras en toda la escala de la magnitud de los cardúmenes, para calibrar los estimados de los observadores. Dado el trabajo que se necesita para la calibración, es necesario tener un grupo constante de observadores para realizar los reconocimientos requeridos.

Otra opción sería entrenar observadores por medio de diapositivas o fotografías de congregaciones de magnitud conocida, permitiéndoles calibrarlas por sí mismos. Se han entrenado con éxito los observadores aéreos en esta forma para reconocimientos de animales terrestres. La CIAT ha usado también una película de los cardúmenes de delfines de los que se conoce la magnitud, tomada durante el crucero del *Gina Anne* para entrenar observadores a bordo de los barcos.

Ya sea en uno u otro caso, se debe emplear la técnica fotográfica aérea durante los reconocimientos aéreos. En el caso de aquellos cardúmenes que han sido fotografiados con éxito, los estimados derivados de las fotografías han demostrado ser tanto precisos como exactos. Se pueden también usar las fotografías para entrenar y calcular la precisión de los observadores, obteniendo en esta forma estimaciones confiables para los cardúmenes de los cuales no se tienen fotografías adecuadas.

Programa de las artes

El personal encargado de las artes continuó visitando barcos en el puerto de San Diego para examinar con los capitanes y la tripulación los procedimientos de las artes de liberación, los problemas de las artes, los niveles de mortalidad y los proyectos de la Comisión. En este año se habló informalmente con los capitanes de seis barcos, en los que hubo una gran mortalidad de delfines durante los viajes muestreados por la Comisión. Tres de los capitanes atribuyeron la mortalidad elevada durante sus cruceros al comportamiento adverso de los delfines, a fuertes corrientes oceánicas y a demoras causadas por averías en las artes, especialmente al enrollamiento de la red. El cuarto capitán creyó que su problema provenía de que la red tenía demasiada altura para la "pesca de delfines". El barco regresó recientemente del Pacífico occidental y antes de emprender ese viaje se había acortado la altura de la red de 25 a 20 paños, el capitán pensó que el mayor volumen de la red hacía que el retroceso fuera más lento y que el hundimiento de los corchos era inadecuado. La mortalidad de otro barco ocurrió principalmente en tres lances, dos de éstos fueron lances nocturnos. Al capitán no le gusta el paño superprotector o mandil, dijo que era difícil hundir el ápice de la línea de corchos y que el canal se desplomaba cuando se tomaban medidas para aumentar el hundimiento de los corchos. La mortalidad ocurrida en el sexto barco se debió a los problemas causados por el alineamiento incorrecto del paño de seguridad. El capitán nunca había pescado en un barco equipado con el paño de seguridad superprotector antes de ese viaje y se le aconsejó como debía alinear el paño. En una entrevista más tarde con el capitán, después del viaje siguiente del barco, indicó que el paño de seguridad había funcionado correctamente.

El encargado de las artes estuvo a bordo de dos barcos, uno venezolano y el otro de los EEUU, en pruebas locales de lances para alinear el paño de seguridad

de los delfines. Se recomendó a varios otros capitanes de barcos que debían ensayar un lance para alinear el paño de seguridad, pero se presentaron problemas en el horario y no se llevaron a cabo estos lances.

Los 115 cerqueros de la clase 4, 5 y 6 de la flota que no pertenece a los EEUU, que han pescado en el Océano Pacífico oriental en 1984, emplearon las siguientes clases de paños de seguridad:

Tipo de paño de seguridad	Número de barcos
Equipados con paño superprotector y paño de seguridad de malla fina (1 1/4 de pulgada)	52
Equipados solo con un paño de seguridad de malla fina (1 1/4 de pulgada)	44
Equipados solo con un paño de dos pulgadas	1
No equipados con ningún paño de seguridad	10
Artes desconocidas	8
Total	115

La información anterior ha sido obtenida mediante verificación visual de los miembros del personal de la CIAT, la verificación de las oficinas nacionales pesqueras y mediante declaraciones verbales de los capitanes y dueños. Los diez barcos que no estaban equipados con paños de seguridad de malla fina no pescan necesariamente atunes asociados con delfines.

El personal de la Comisión encargado de las artes y el personal del Porpoise Rescue Foundation (PRF) de la industria atunera de los EEUU, empezaron durante el año a entrevistar los patronos de los barcos tanto de barcos de los EEUU como de otros países para estudiar el empleo del sistema de luces por barcos para iluminar de noche el canal formado por el retroceso. Se solicitaron opiniones de porqué los índices de mortalidad son más elevados cuando se hace la maniobra de retroceso en la obscuridad que cuando se hace a la luz del día. Se entrevistaron cincuenta y dos patronos de barcos, incluso 33 capitanes de los EEUU y 19 de otros países. Cuatro capitanes respondieron que no hacen lances nocturnos sobre cardúmenes de delfines. De los 48 restantes, todos menos uno declaró que usan por lo menos una luz, ya sea un proyector o reflector para iluminar el canal del retroceso en la obscuridad. Las luces de cubierta que pueden iluminar la parte del canal cerca al barco, no se consideraron como luces específicamente usadas para iluminar el canal. Veintitres de los patronos dijeron que usan una luz para iluminar el canal, diecinueve dijeron que usan dos luces para iluminar el canal y cinco dijeron que emplean tanto como tres luces para la iluminación. Solo un capitán pensó que era mejor dejar el canal completamente en la obscuridad. Las entrevistas indicaron que muchos patronos de barcos están satisfechos con el sistema de luces que tienen en los barcos, pero que si se les presenta la oportunidad, preferían agregar más luces para la iluminación del canal de retroceso.

Se les preguntó a los patronos de los barcos como se comunican por la noche entre ellos y con los rescatadores de los delfines que se encuentran en el ápice

del canal de retroceso. Es importante que exista una buena comunicación entre los rescatadores y el patrono del barco para coordinar un retroceso eficaz. El patrono del barco frecuentemente desea saber a cuánta profundidad se encuentran sumergidos los corchos del ápice, cuántos delfines quedan en la red, la localización de los peces, si debe continuar con el retroceso y otra información. Todos los 48 capitanes que respondieron a esta pregunta se comunican por medio del radio con los rescatadores, pero solo 15 mantienen comunicación con un aparato emisor y receptor. Los otros 33 hablan con los rescatadores mediante un radio emisor y dependen en la comunicación de regreso mediante linternas o señales de mano. Muchos de los patronos de barcos que usan transeptores como son los radiotelefonos portátiles pensaron que tenían menos oportunidad de que ocurrieran problemas en la comunicación, como la mala interpretación de las señales, cuando hay una comunicación recíproca.

Unos 36 patronos dieron su opinión de porqué la mortalidad de los delfines es más elevada en el canal de retroceso de los lances nocturnos que en los diurnos. Aunque se puede fácilmente conjeturar algunas opiniones intuitivas de porque es ésto, parece importante conocer el punto de vista de los patronos. Las razones principales dadas por la mortalidad elevada son las siguientes:

- 1) la obscuridad en general afecta tanto el comportamiento de los delfines como la visibilidad del patrono del barco (12)
- 2) el comportamiento adverso de los delfines por la noche (12)
- 3) la visibilidad limitada del patrono del barco por la noche (5)
- 4) la impaciencia del patrono del barco durante un retroceso nocturno (3)
- 5) la falta de rescatadores de delfines durante el retroceso nocturno (1)
- 6) el uso inapropiado de las luces durante el retroceso nocturno (1)
- 7) capitanes sin experiencia (1)
- 8) procesos inapropiados del retroceso en la noche (1)

Así que 29 patronos de barcos (1-3) pensaron que la razón principal de la mortalidad elevada de los delfines durante los retrocesos en la obscuridad se debían al efecto de la obscuridad en el comportamiento de los delfines, a la visibilidad de los patronos del barco o ambas cosas.

Se continúan las entrevistas con los capitanes y en el futuro se hará un análisis completo de todas las respuestas.

La Comisión ha continuado prestando reflectores de gran intensidad para muestrear los barcos que los usan durante los lances de retrocesos nocturnos. Su creciente popularidad entre los capitanes de los barcos que las han usado hizo que la Porpoise Rescue Foundation (PRF) de los EEUU obtuviera varios de los reflectores para prestarlos a los barcos muestreados por el NMFS durante el año. De 24 viajes muestreados por la Comisión en 1984, 12 llevaban reflectores de la Comisión y otro tenía su propio reflector a bordo. Estos 13 viajes fueron realizados todos por barcos de los EEUU. La Comisión y el PRF suministraron en conjunto luces en 4 de 11 viajes muestreados por el NMFS, un quinto barco tenía también su propio reflector. Durante 7 de los 13 viajes muestreados por la Comisión, los reflectores fueron utilizados en 30 lances crepusculares. Durante tres de los cinco

viajes muestreados por el NMFS, se usaron reflectores en 12 lances crepusculares. Además la Comisión suministró reflectores a barcos de los EEUU en cuatro viajes realizados durante el año que no fueron muestreados. Doce capitanes que tuvieron la oportunidad de experimentar las luces quedaron muy satisfechos con la iluminación provista en el canal de retroceso y cuatro de ellos compraron reflectores para usarlos permanentemente en sus barcos. Varios capitanes han declarado que la luz de los reflectores provee la iluminación necesaria para los rescatadores de delfines que se encuentran de noche en el canal de retroceso y que el brillo de éstos no interfiere con el rescate de los delfines.

Como se mencionó anteriormente, los retrocesos en lances hechos en la obscuridad tienen un índice de mortalidad más elevado que los lances hechos durante el día. Durante el período de seis años 1979-1984, los datos combinados de la CIAT y el NMFS, de lances en los que todo el retroceso ocurrió durante el día, tuvieron un índice de mortalidad de 2.98 animales por lance (10,601 lances observados), mientras que los lances en los que al menos una parte del retroceso ocurrió en la obscuridad tuvieron un índice de mortalidad de 12.34 animales por lance (1051 lances observados). Estos retrocesos hechos en lances nocturnos son responsables por 9.0% de los lances observados de delfines, pero por el 29.1% de la mortalidad total observada. De los 1051 lances en los que se hizo el retroceso en la obscuridad, 83 fueron lances en los que se utilizaron los reflectores de la Comisión, todos éstos fueron realizados en 1982-1984. Al eliminar estos lances del análisis, la mortalidad por lance asciende a 12.80 animales (968 lances). La mortalidad por lance en los 83 lances en los que se utilizaron los reflectores de la Comisión fueron de 6.92 animales.

Debido al hecho de que la distribución y, por consiguiente, el uso de los reflectores no es aleatorio, no se puede concluir estadísticamente que el empleo de los reflectores de la CIAT ha resultado en índices más bajos de mortalidad. Sin embargo, puede estimarse su éxito por los varios comentarios positivos que se recibieron de los capitanes, tripulantes y observadores que tuvieron la oportunidad de comparar la iluminación provista por los reflectores con relación a los medios más tradicionales de iluminación del canal de retroceso. Casi todos los capitanes de los barcos que utilizaron una luz de la Comisión, indicaron que estos reflectores de alta tensión suministraron condiciones mejores de visibilidad durante las maniobras nocturnas del retroceso, lo que resulta en un retroceso más eficaz y posiblemente en una reducción de la mortalidad. En 1985, la Comisión proyecta mantener un inventario de estos reflectores en la oficina regional de Panamá y, en esta forma, poderlas proveer a los barcos cerqueros de la flota internacional que son muestreados por la Comisión y que maniobran fuera de este puerto.

OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DE LOS ATUNES

Desaparición del Niño en 1984

Los análisis de las temperaturas de la superficie del mar (TSM), preparados por la Comisión en 1982, suministraron uno de los primeros indicios de que se estaba formando un El Niño varios cientos de millas frente a las costas de Perú

y Ecuador. En octubre de 1982, ocurrió uno de los sucesos más intensos de este siglo del Niño, alcanzando TSM de 6° a 8° superiores a lo normal a lo largo del ecuador y en la zona costera sudamericana. En ese tiempo a lo largo de la línea ecuatorial aparecieron TSM de 1° a 2°C inferiores a lo normal, lo que indicó que se estaba estableciendo de nuevo el afloramiento ecuatorial. Los sucesos oceanográficos y meteorológicos que condujeron al Niño durante 1982-1983, han sido descritos en los Informes Anuales de la Comisión del Atún de 1982 y 1983.

En el primer trimestre de 1984, las TSM en la mayor parte de la región ecuatorial entre los 5°N y 5°S eran inferiores a lo normal. En la mayoría de la región tropical al sur de los 5°S, en la que las TSM eran de 1° a 5°C superiores a lo normal durante 1982 y 1983, las TSM permanecieron en general menos de 1°C superiores a lo normal y estaban volviendo lentamente a la normalidad en febrero de 1984. A lo largo de las costas de Perú y Ecuador las TSM también estaban volviendo a ser normales en el primer trimestre de 1984. En el segundo trimestre de 1984, el afloramiento ecuatorial y costero volvió a establecerse de nuevo bien. Esto fue revelado por el patrón constante de anomalías negativas de la TSM, que aparecieron en todos los análisis mensuales a lo largo del ecuador. Además, el segundo trimestre fue caracterizado por una reducción significativa en la magnitud de las zonas con TSM de más de 1°C superiores a lo normal, tanto al norte de los 5°N como al sur de los 5°S. En la Figura 30 se presenta el análisis de las anomalías de las TSM en mayo de 1984. Una comparación de las anomalías de las TSM en la Figura 30 con aquellas de mayo de 1983, (CIAT, informe anual de 1983: Figura 42) indica una diferencia significativa. Por ejemplo, en mayo de 1983, había una región ecuatorial grande al este de los 130°W con TSM de más de 2°C superiores a lo normal. En contraste, la misma región experimentó en promedio TSM de más de 1°C inferiores a lo normal un año más tarde en mayo de 1984. El patrón de las anomalías de las TSM en mayo de 1984, fue típico tanto en el primero como en el segundo trimestre de 1984. El patrón de las anomalías de las TSM de diciembre indicadas en la Figura 31, fue representativo del tercero y cuarto trimestre de 1984. Como se presenta en las Figuras 30 y 31, tanto el segundo como el cuarto trimestre de 1984, se destacaron por la ausencia de cualquier zona grande bien definida de TSM de más de 1°C superiores a lo normal. A lo largo del ecuador en el Pacífico oriental tropical, las TSM fueron inferiores a lo normal desde los 85°W hasta los 175°W, especialmente durante el último semestre de 1984. Además, el frente ecuatorial oceánico, que se encuentra comúnmente desde los 2° a 4° de latitud norte del ecuador, a juzgar por las TSM en el último semestre de 1984, fue más fuerte que durante el mismo período de 1982 y 1983.

En las estaciones costeras desde el Ecuador hasta el sur del Perú, se reflejaron los efectos de un debilitamiento rápido del Niño en 1984, en los cambios mensuales de la TSM en Manta (Ecuador), Chimbote y Callao (Perú). La Figura 32A indica que a mediados de 1984, las TSM en la mayoría de las estaciones costeras fueron cerca de 0.5°C inferiores a lo normal a fines del invierno austral. Cuando se inició el verano austral, las TSM frente a Manta y Callao, fueron de nuevo casi normales, reflejando un calentamiento estacional de una razón algo superior a lo normal.

La circulación atmosférica en la capa superficial (marina) tiene un efecto directo en mantener o disminuir el afloramiento producido por el viento y la mezcla en la región costera de la Corriente del Perú y su rama ecuatorial. Las variaciones en la velocidad del viento en la superficie son proporcionales a los gradientes (diferencias) de la presión de la superficie del mar a través de la superficie de la Corriente del Perú. En los últimos 12 años la Comisión ha usado los datos de los gradientes de la presión para calcular un índice basado en la diferencia de la presión al nivel del mar entre la Isla de Juan Fernández (34°S, 80°W) y la estación costera en San Juan, Perú (15°S, 76°W). En el último trimestre de 1983 y en el primer trimestre de 1984, los gradientes de la superficie del mar y los vientos superficiales fueron más débiles que lo normal (las anomalías negativas en la Figura 32B), mientras que las TSM en las estaciones costeras permanecieron superiores a lo normal (Figura 32A). Desde abril hasta agosto de 1984, los gradientes de la superficie del mar fueron más fuertes que lo normal. Subsecuentemente se intensificaron los vientos de la superficie y la mezcla oceánica, en tal forma, que a mediados de 1984, las anomalías negativas de la TSM estaban apareciendo en la mayoría de las estaciones costeras del Ecuador y Perú. En el tercero y cuarto trimestre de 1984, el gradiente de la presión se debilitó de nuevo, pero no lo suficiente como para causar ningún calentamiento anormal en la región costera de la Corriente del Perú. A fines de 1984, los vientos volvieron a ser más fuertes y más constantes sobre el Pacífico oriental tropical. Esto resultó en un aumento de la región ecuatorial con anomalías negativas de la TSM. Sin embargo, no hay ningún indicio actualmente de que se estén formando condiciones contrarias al Niño.

Las consecuencias que puede tener El Niño en la pesca atunera

Cuando se presenta un episodio del Niño en el Pacífico oriental tropical, asciende el nivel del mar, la termoclina se profundiza, las temperaturas en la capa superficial son inusualmente cálidas, cambian los vientos en la superficie y se alteran las posiciones y la fuerza de las corrientes oceánicas tropicales. Estos cambios pueden tener un efecto importante en la distribución y vulnerabilidad de los atunes en cuanto a la captura de las embarcaciones cerqueras.

Durante el período que la Comisión ha estado examinando y evaluando los stocks atuneros, se han presentado tres sucesos importantes del Niño y cuatro más débiles. El último fenómeno del Niño en 1982-1983, culminó en un suceso como no se había visto en este siglo, presentándose un fuerte calentamiento de las aguas, acompañado por sequías y lluvias torrenciales en diferentes regiones del trópico. Se observaron en el ARCAA, comenzando en el cuarto trimestre de 1982 y continuando a través de 1983, todas las características anormales del océano que caracterizan un el Niño. La CPDNP se redujo significativamente en el ARCAA durante este período.

En 1983, la captura total de aleta amarilla en el ARCAA fue 24% inferior a la captura de 1982, pero en 1984, la captura estimada fue aproximadamente 57% superior que durante el máximo en el año de 1983, del Niño (véase Tabla

1). La captura de barrilete fue marcadamente inferior en el ARCAA en 1983, siendo 48% inferior a la captura de 1982. En 1984, la captura de barrilete indicó una mejora del 17% sobre la de 1983, pero permaneció siendo cerca del 39% inferior a la captura de 1982. Sin embargo, ésto se debió en su mayor parte a la poca demanda de barrilete. La mayoría de las capturas de atún en el ARCAA en 1982, fueron obtenidas antes de que el Niño alcanzara su completo desarrollo. En 1982 y 1983, a medida que los índices de captura disminuían en el ARCAA, muchos de los cerqueros de gran porte se fueron al Pacífico occidental. Se obtuvieron buenas capturas en el Pacífico occidental antes y durante el Niño de 1982-1983, debido parcialmente al perfeccionamiento de las redes y al incremento en la pericia de capturar atunes en aguas claras con termoclinas profundas. Además, en 1982-83, el Pacífico tropical occidental experimentó condiciones suaves contrarias al Niño, las que aparentemente mejoraron las condiciones oceánicas de la pesca atunera.

Se puede explicar la mayoría de la reducción en las capturas de 1983, por la reducción del esfuerzo de pesca en el ARCAA durante el Niño. Con el fin de determinar si se presentaron algunos efectos ambientales importantes en la captura de atún durante este el Niño y los sucesos anteriores, se compararon varios parámetros ambientales con los índices de captura correspondientes al período de 1955-1983. Se compararon las secciones cronológicas de la media de varios factores anuales ambientales, que se conoce cambian durante el Niño, con las secciones cronológicas de las capturas medias anuales en el ARCAA. El Informe Anual de la Comisión de 1983, incluye una descripción detallada de este estudio comparativo. Los resultados revelan que durante un el Niño, no hubo fuertes relaciones entre uno o más parámetros ambientales y los índices de captura o reclutamiento basados en los datos fueron promediados anualmente en toda el ARCAA. Sin embargo, parece que pudo haber algún efecto del Niño en los índices de captura en épocas y localidades determinadas del año.

La Comisión está actualmente investigando detalladamente las consecuencias que han podido producir cada período del Niño entre 1960 y 1984, en las capturas atuneras en épocas y localidades determinadas. Inicialmente, se escogieron los datos de tres zonas en el ARCAA, donde las capturas de atún han sido a veces grandes y variado considerablemente de un año a otro. Estas zonas sufren también periódicamente grandes variaciones estacionales y de un año a otro en el ambiente oceánico. Las tres zonas son: 1) la región costera del Ecuador desde 1°N a 5°S entre los 80° y 85°W; 2) al sur de Baja California desde los 23°N a los 14°S, entre los 105°W y los 115°W y 3) el domo de Costa Rica (zona de afloramiento centralizada cerca a los 10°N, 90°W) desde los 15°N a los 5°N entre los 85°W y 95°W. Con respecto a cada zona se han extraído y sumariado por zonas de 1° a intervalos semanales en todo un año, antes, durante y después de un suceso del Niño, las capturas (toneladas americanas) de aleta amarilla y barrilete, el esfuerzo (número de días de pesca), los tipos de lance, las temperaturas de la superficie del mar (TSM), la dirección y la velocidad del viento. Debido a la variación considerable de una semana a otra en los datos de captura, esfuerzo, el viento y la TSM, se juntaron los promedios semanales de cada mes de cada zona de estudio. Finalmente, se graficaron las secciones cronológicas que abarcaban cada suceso

del Niño, para comparar las variaciones interanuales entre la dirección del viento, la velocidad del viento, las TSM y la CPUE de cada una de las tres zonas de pesca. Se calcularon las CPUE como una razón de la media semanal de captura en toneladas con relación a la media semanal del número de días de pesca de cada mes.

En las Figuras 33 y 34 se presentan las secciones cronológicas de la CPUE, el esfuerzo de pesca, los vientos y las TSM antes y durante los sucesos del Niño de 1976 y 1982-83, de la zona costera del Ecuador. Estas cifras son típicas de otras secciones cronológicas de sucesos del Niño anteriores a 1976. Varias características, comunes a casi todos los años, que caracterizan el esfuerzo de pesca, la captura y el ambiente frente al Ecuador, aparecen en estas figuras. Por ejemplo, el esfuerzo de pesca y las capturas de atún son comúnmente superiores durante el primer y cuarto trimestre de cada año. Las TSM son normalmente más elevadas desde febrero hasta abril y más bajas durante septiembre, octubre y noviembre de cada año. En la mayoría de los años, el esfuerzo de pesca de las embarcaciones cerqueras es mínimo durante el invierno austral. Esto se debe, en parte, a los vientos más fuertes del sur acompañados por mar borrascoso. Los vientos débiles inferiores a 10 nudos, prevalecen normalmente durante el verano austral y los meses de otoño. En la mayoría de los meses de un año normal, la dirección prevaleciente del viento es desde el sur (180°) abarcando la zona de este estudio.

En el primer trimestre de 1975, se obtuvieron capturas inusitadamente buenas (CPUE) de barrilete y aleta amarilla frente al Ecuador, con un promedio inferior de esfuerzo de pesca (Figura 33 C, D y E). La pesca se realizó en los costados cálidos de la Corriente fría del Perú bajo vientos suaves (Figura 33 A y B) desde el sur hasta el sudeste. La CPUE permaneció elevada hasta mediados del año, especialmente la del barrilete, en un ambiente en el que las TSM eran cálidas y los vientos prevalecían desde el sur y su sudeste. A comienzos de junio de 1975 y continuando en el tercer trimestre, el viento cambió hacia el sudoeste y las TSM se nivelaron a 75°F (26.2°C) en las zonas activas pesqueras. En el tercer trimestre el esfuerzo de pesca alcanzó un mínimo lo mismo que la CPUE, excepto por el aleta amarilla en septiembre. En el cuarto trimestre se incrementó fuertemente el esfuerzo de pesca y la CPUE en un ambiente en el que los vientos cambiaron de nuevo al sudeste y la TSM descendió a los valores estacionales de 72° y 73°F (25.1 a 25.5°C). Así que nueve meses de un año predecesor del Niño (1975) frente al Ecuador, fueron muy buenos para la pesca durante una época de vientos meridionales y temperaturas cálidas del océano a lo largo del perímetro de la Corriente fría del Perú.

En febrero de 1976, se desarrolló un el Niño de intensidad moderada. El esfuerzo de pesca y la CPUE del barrilete y el aleta amarilla, que fueron elevados en enero de 1976, descendieron rápidamente a medida que se intensificaba el Niño. Durante el primer trimestre de 1976, las TSM fueron anormalmente cálidas y los vientos cambiaron del sudeste al sudoeste. Con excepción de una gran captura de barrilete en abril, la CPUE y el esfuerzo fueron muy inferiores a los del segundo y tercer trimestre de 1975. En este período pobre de pesca los vientos en la superficie soplaban desde el sudoeste hacia la costa y las TSM eran de 2° a 3°

(0.7 a 1.0°C) superiores a lo normal. Finalmente, en el cuarto trimestre de 1976, los vientos provinieron de nuevo del sur y del sudeste, las TSM fueron solo algo superiores a lo normal y el esfuerzo de pesca y la CPUE de barrilete ascendieron rápidamente (Figura 33). Sin embargo, la CPUE del aleta amarilla se redujo a menos de 2 toneladas por día de pesca en el último trimestre.

El Niño de 1982-83, se desarrolló completamente con TSM excepcionalmente elevadas a lo largo de la costa del Ecuador y Perú en el último trimestre de 1982. (El examen de este suceso del Niño fue presentado en el Informe Anual de la Comisión de 1983). Sin embargo, temprano en el año los pescadores encontraron aguas más cálidas que lo normal junto con vientos sudoestes frente a la costa (Figura 34 A, B). El esfuerzo de pesca y la CPUE fueron bastante bajos durante la mayor parte de 1982, excepto para el barrilete en febrero, junio y septiembre (Figura 34 C, D, E). Durante estos meses las TSM estuvieron cerca a lo normal y los vientos habían vuelto a soplar fuertemente con dirección sudeste. En el último trimestre de 1982, las TSM ascendieron rápidamente de 12° a 14° (4.2 a 4.9°C) superiores a lo normal y los vientos en la superficie fueron más fuertes y soplaban con mayor fuerza desde el oeste. El esfuerzo aplicado al barrilete y aleta amarilla aumentó algo, pero se redujo la CPUE. En los tres primeros trimestres de 1983, cuando el Niño se encontraba bien desarrollado, el esfuerzo de pesca y la CPUE fueron muy reducidos. Esto se debió, en parte, a que muchos de los cerqueros salieron del ARCAA en 1982 para pescar en el Pacífico occidental donde la pesca era mejor. Sin embargo, durante este período de CPUE baja frente al Ecuador, los vientos superficiales provenían más del oeste que lo usual y las TSM eran extremadamente elevadas (Figura 34 A, B). En septiembre de 1983, las TSM empezaron lentamente a regresar a lo normal y los vientos en la superficie volvieron a soplar en una dirección más meridional en agosto. En el último trimestre de 1983, a medida que el Niño se deterioraba rápidamente, el esfuerzo de pesca se triplicó y la CPUE aumentó fuertemente.

Por consiguiente, parece que los cambios tanto del ambiente como de la captura fueron similares antes y durante los dos últimos sucesos del Niño a lo largo de la costa del Ecuador y el norte del Perú. Los análisis preliminares de los datos de 1972-73 y los de otros episodios anteriores del Niño indican que pueden haber ocurrido en el pasado sucesos con patrones similares.

Este estudio de la zona de pesca frente al Ecuador ha indicado que antes que empezara un el Niño, los vientos en la superficie comúnmente soplan desde el sur o el sudeste y el componente principal de la fuerza del viento (fuerza conductora) sobre la superficie oceánica es dirigida hacia el norte paralela o algo alejada de la costa. En contraste, durante un el Niño, los vientos en la superficie tienen una dirección más occidental y un componente hacia el litoral del viento tiende a conducir el agua de la superficie hacia la costa del Ecuador. Hace ya mucho tiempo que los pescadores y marineros han declarado que durante el Niño una corriente superficial llamada "Corriente del Niño" se desplaza hacia el sur a lo largo de la costa del Ecuador. Esta se encuentra en oposición a la Corriente del Perú en los años en los que no hay un el Niño. Esta corriente que fluye hacia el sur se

considera como una extensión hacia el este de la Contracorriente Ecuatorial del Sur que asciende a la superficie durante el Niño. Los vientos occidentales ayudan a mantener la Contracorriente Ecuatorial en la superficie y contribuyen también a amontonar el agua en la costa a la vez que el nivel de mar asciende en las etapas iniciales del Niño. Los vientos cambian del sudeste al occidente durante estos sucesos de aguas cálidas debido a que el sistema atmosférico de alta presión se debilita frente a la costa del Perú y se desplaza comúnmente hacia la línea ecuatorial, desarrollándose una depresión baja en la región costera. Entonces el aire en la superficie se aleja del sistema debilitado de alta presión a la depresión baja más fuerte. Los resultados preliminares de este estudio indican que a medida que asciende el nivel del mar y los vientos soplan más hacia el oeste durante el Niño, la profundidad de la capa de mezcla de aguas anormalmente cálidas aumenta y la termoclina se profundiza. Continúa ocurriendo algún afloramiento a lo largo de la costa, pero solamente ascienden a la superficie, aguas anormalmente cálidas, con pocas materias nutritivas. Las aguas ricas nutritivas de la termoclina y debajo de ésta no ascienden a la superficie en los años en que no hay un el Niño. Así que se suprime el enriquecimiento nutritivo de las aguas costeras durante el Niño, a causa de los niveles elevados del mar, los vientos y las corrientes tienden a impedir el afloramiento y empujan el agua superficial hacia la costa. Como resultado, se reduce probablemente la disponibilidad del alimento de los atunes, especialmente cuando continúa el Niño por más de un año. Los resultados preliminares indican que durante episodios prolongados del Niño, como sucedió en 1957-58, 1969, 1972 y 1982-83, ocurre una reducción (relacionada con el ambiente) en la disponibilidad y distribución de los atunes en el Pacífico oriental tropical y esta reducción es más evidente frente al Ecuador, una de las regiones de pesca principales en el ARCAA. La Comisión continúa con el estudio del Niño de los períodos anteriores a 1972 y de las dos zonas de pesca mencionadas previamente.

CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1984 Y PERSPECTIVAS EN 1985

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 CIAT. 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, basados en los datos recolectados por los investigadores de la CIAT. Estos resultados se presentarán en forma abreviada después de que se examine la condición del recursos en 1984 y las perspectivas de 1985.

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 unas 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 1) 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 que corresponden al sector de la subexplotación 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 informes anuales anteriores 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 que corresponde al sector de la subexplotación 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 35. 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 1984. 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).

En la Tabla 17 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 1967-1984. Los datos de la CPDP se presentan en el recuadro superior de la Figura 36. Las curvas de producción equilibradas y los puntos "observados" que representan la captura y el esfuerzo sin equilibrar se presentan en la Figura 37. Los valores "observados" de la CPDP no son idénticos a los valores de la CPDP de la Tabla 17 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 1983, se calcularon las curvas equivalentes a las dos curvas inferiores. Durante este proceso no se aplicaron límites a q , es decir, se volvió

a estimar al calcular los otros parámetros. En este análisis se determinó que q era igual a los valores obtenidos en 1983, pero se volvieron a calcular de nuevo las sumas de los cuadrados usando un año más de datos. 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	1.630
0.8	0.000039	173	1.614
2.0	0.000034	172	1.559
0.8	0.000021	152	1.306

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 36 se presentan también los índices de la biomasa del aleta amarilla, derivados de los análisis de las cohortes descritos más adelante. Estos indican menos inclinación que la de los índices de la CPDP correspondiente al período de 1970-1980, y una mayor recuperación desde 1980.

Los resultados anteriores se examinarán más detalladamente en la sección titulada *Condición del stock en 1984 y perspectivas en 1985*.

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 ésto es imposible. La mejor opción, después de ésto, 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 talla y 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 38 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	Coficiente 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 kg)	0.3 (índice de explotación del 18 por ciento)
X	todos los trimestres siguientes	4.6-200 libras (2.2-90 kg)	0.6 (índice de explotación del 32 por ciento)
Y	tercer trimestre del primer año civil en la pesca	3.2-4.6 libras (1.5-2.2 kg)	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 kg)	0.6 (índice de explotación del 32 por ciento)
Y	todos los trimestres siguientes	6.5-200 libras (3.1-90 kg)	0.8 (índice de explotación del 40 por ciento)

(Las cohortes X e Y se definen en la sección titulada *Análisis de la biomasa*). 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, aproximadamente de la mitad de, igual a y el doble al promedio de los valores del esfuerzo de 1980-1983. Un multiplicador de aproximadamente 0.7 corresponde al valor del esfuerzo de 1984. 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 (28 k), el peso crítico, y el rendimiento por recluta sería de 8.7 libras (3.9 k). Al nivel del esfuerzo de pesca de 1984, el rendimiento por recluta debería ser de unas 5.5 libras (2.5 k). Podría obtenerse un pequeño aumento en el rendimiento por recluta 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). Estas relaciones se presentan en la Figura 39.

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 38.

Análisis de la biomasa

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 18)). 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 esto 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 1984. 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 19. 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 19 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 18. 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 (2.8) 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 19 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 40. 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 promedio, 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 41 se presenta de 1968 a 1984, 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 1983, fue algo superior al promedio y algo inferior al promedio en 1982. Las estimaciones preliminares del reclutamiento en 1984, indican que fue algo inferior al promedio. Sin embargo, la biomasa aumentó en 1982, 1983 y 1984, debido principalmente a que hubo menos esfuerzo de pesca en esos años. El aumento es evidente tanto para los peces grandes como los pequeños, pero el incremento de estos últimos no fue evidente sino en 1984.

Las capturas cerqueras de peces de las cohortes *X* e *Y*, y de ambas cohortes combinadas, durante los 6 primeros meses de 1968-1984, se presentan en las Figuras 42 y 43. En la Figura 42 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes cohortes en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 43 se incluyen las capturas de peces de la misma cohorte en diferentes años.

La comparación de las Figuras 40 (las estimaciones anuales de la biomasa de los grupos *X* e *Y*), 41 (las estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los peces grandes) y 42 y 43 (las capturas cerqueras durante los 6 primeros meses de cada año por edad y cohorte) revelan los cambios que han tenido lugar en la composición de la edad de la población y la captura. En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era elevado, cada vez sobrevivieron menos individuos hasta alcanzar tallas grandes. El esfuerzo de pesca se redujo en 1982, 1983 y 1984, lo que ha permitido que muchos peces que se hubieran capturado cuando eran jóvenes, hayan crecido. El análisis de la biomasa estructurado según la edad provee más luz sobre este tema. Se ha estimado desde 1967 hasta 1978, 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 19), correspondiente a los 12 grupos. Si la cohorte *Y*74, 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 18A 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 53 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 años setenta. 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 42) 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 53 millones de peces, que producirían cerca de 146 mil toneladas con un rendimiento por recluta de 5.5 libras. Se ha indicado en informes anuales anteriores de la CIAT que un cambio de peces pequeños a grandes en el esfuerzo de pesca, aumentaría el rendimiento por recluta y las capturas. Sin embargo, a los niveles reducidos actuales del esfuerzo, se ganaría muy poco al cambiar la composición de talla de los peces en la captura.

Condición del stock en 1984 y perspectivas en 1985**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 180 y en la Figura 37. En esa tabla la suma de los cuadrados es la suma de las diferencias al cuadrado de los valores esperados (calculada de los parámetros estimados del modelo) según 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 formaban una porción mucho mayor en la captura durante los años setenta. 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 44. Se incluyen los valores esperados de la CPDP de 1985, 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 y 1984, los ajustes del modelo limitado (recuadro superior) son peores que los del modelo sin limitar (recuadro inferior). Los valores esperados en el modelo limitado exceden los valores observados, pero en el segundo trimestre, el caso es lo contrario en lo que se refiere al modelo sin limitar. Los valores esperados de la CPDP en 1983, 1984 y 1985, son considerablemente más elevados en el modelo limitado que en el modelo sin limitar, ya que en el último caso la productividad estimada del stock 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. Sin embargo, a causa de la incidencia elevada de peces más grandes en la captura en 1983 y 1984, esa tendencia puede invertirse, aumentando la productividad del stock.

En ambos casos la CPDP pronosticada en 1983, fue superior a la de 1982, conforme se describe en la Figura 44, 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 buscaran zonas en donde con más probabilidad pueden aparecer los peces. Tercero, se presentaron 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 CPUE.

El primer punto arriba mencionado fue examinado en el informe anual de la CIAT de 1983. La CPDP de 15 barcos que pescaron en el Pacífico oriental desde 1979 hasta 1983, aumentó 29 por ciento con relación a 1982, lo que indica que la abundancia de peces fue superior en 1983 que en 1982.

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 con mucha precisión 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 18), 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 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. Un examen de los datos que se tienen de la parte central de la pesca sobre la capa mixta superior indican que durante el Niño de 1982-1983, fue mucho más profunda que lo normal (Figura 4A). Entonces, el efecto general de las recientes condiciones del Niño ha sido CPDP reducidas. En 1984, cuando el océano volvió a tener condiciones más o menos normales, la CPDP aumentó, aproximándose o excediendo los valores esperados en la Figura 44. 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 hasta cierto punto hipotéticas.

Los resultados obtenidos en los análisis del rendimiento por recluta y de la producción, se han incorporado en la Figura 45, una representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca. En esta figura se describen los efectos sobre la productividad del stock (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, 1983 y 1984, tanto el esfuerzo de pesca como las capturas fueron inferiores a las cantidades que producirían el PMCP (Figura 37). Como resultado de esto hubo un aumento en la magnitud del stock a principios de 1985. La magnitud del stock en esa época fue aproximadamente del 16 al 80 por ciento superior a la magnitud óptima, depende de cuál de las estimaciones de la productividad sea válida. Las estimaciones del PMCP en la página 180 fluctúan de 152 a 175 mil toneladas. Se estima que la magnitud del stock es aproximadamente 52 mil toneladas superior a la magnitud necesaria para producir el PMCP en el modelo más conservador, así que en 1985, se podrían capturar cerca de 204 mil (152 mil más 52 mil) toneladas sin reducir el stock por debajo de su límite óptimo. En los otros modelos se podrían capturar aún mayores cantidades de peces.

Se debe recalcar que las principales desviaciones cronológicas 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 podrían haber tenido 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 1985. Al considerar que durante los años setenta hubo 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 de la productividad del stock, basadas en el modelado de producción indicaron una reducción correspondiente en la productividad, es razonable suponer que el stock fue menos productivo que anteriormente. Ahora, sin embargo, el stock presenta señales de volver a su condición anterior más productiva. Es imposible determinar cual de las dos estimaciones sin limitar del PMCP (152 versus 172 mil toneladas) representa mejor la dinámica del stock del aleta amarilla. En 1985, sería teóricamente posible obtener capturas de 204 ó 244 mil toneladas (depende de cuál de los dos modelos sin limitar sea el correcto) sin reducir a menos del óptimo la magnitud del stock. Sin embargo, no es aconsejable hacer esto, ya que probablemente se reduciría a menos de su magnitud óptima a no ser que se repartiera apropiadamente el esfuerzo de pesca con relación al tiempo y al espacio. Además, aunque los asuntos económicos no son de la incumbencia del personal de la CIAT, debe tal vez mencionarse, que si se obtuvieran capturas de esa magnitud en 1985, la CPUE en los años siguientes se reduciría probablemente tanto, que muchos dueños de los barcos sufrirían quebrantos económicos. Por consiguiente, los investigadores recomendaron una cuota mínima de 174 mil toneladas en 1985. Como ya se había indicado todas las estimaciones del modelado de producción, indicaron que el stock a fines de 1984, sería superior a la magnitud óptima necesaria para producir el PMCP. Consecuentemente, se recomendó que se tomen las medidas necesarias para permitir que se haga un aumento de la cuota mediante dos incrementos con un total de 30,000 toneladas. 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 1985, serían superiores

que si los modelos sin limitaciones representaran mejor la dinámica del stock. Sin embargo, los dos incrementos con un total de 30 mil toneladas, suministrarían una captura total hasta de 204 mil toneladas, muy superior a los valores del PMCP de 175 y 173 mil toneladas estimados por los dos modelos limitados (página 180).

Se ha mencionado frecuentemente, en debates anteriores, que se podría aumentar la productividad del stock si se redujeran las capturas de peces pequeños. Existen varios métodos posibles para reducir las capturas de peces pequeños. Primero, se podría reducir el esfuerzo de pesca. Segundo, se podría fijar un límite mínimo de talla. Tercero, si en ciertas zonas predominan los peces pequeños durante ciertas épocas, la pesca en esas zonas en esas épocas podría limitarse. Cuarto, si se supone que pueda volverse a instituir un sistema anual de clausura, la fecha de apertura de la temporada, podría cambiarse con el fin de reducir la cantidad de pesca durante algún período en el que los peces pequeños son más abundantes en la captura. Con respecto a la primera opción, se ha indicado que la reducción de pesca durante el período de 1982-1984, ha incrementado el promedio de talla de los peces en la población, lo que ha aumentado su productividad. Sin embargo, el mantenimiento de una productividad elevada mediante una continua subpesca reduciría la producción anual, lo que no es probablemente beneficioso para todos los interesados. En cuanto a la segunda opción, los análisis de la composición de talla indican, que en general, existe una incidencia elevada de pequeños peces que se mezclan con grandes peces y de barrilete mezclado con atún aleta amarilla pequeño. Esto haría difícil el problema de proteger al aleta amarilla pequeño, porque puede que sean 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. Respecto a la tercera opción 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. En cuanto a la cuarta opción no parece que el cambio en la fecha de apertura de la temporada sea 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 esta cohorte 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. Además, como ya se ha mencionado, al nivel actual del esfuerzo reducido, se ganaría muy poco al cambiar la composición de talla de los peces en la captura.

Fuera del ARCAA

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 35, zona A3) desde 1968 (Tabla 17). 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 fuera de la zona del ARCAA. Los experimentos de marcado han indicado que es poca la proporción de mezcla 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 1970-1984, la CPDP ha sido más bien constante, entre 7 y 13 toneladas (Figura 46, recuadro superior). En 1983, la CPDP fue relativamente baja, pero aumentó considerablemente en 1984, como lo fue en el caso dentro del ARCAA. Se cree que las variaciones en el nivel de la termoclina que afectó la CPDP en el ARCAA, afectó en la misma forma aquella obtenida fuera del ARCAA. En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.6 mil días y las capturas fueron menos de 31 mil toneladas (Figura 46, 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 1984, debido aparentemente a la reducción del esfuerzo, el promedio de captura fue solamente de unas 19 mil toneladas, pero la CPDP se redujo solamente un poco con relación a la de 1970-1976. En el recuadro inferior de la Figura 46 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 condición del stock corresponde al sector de subexplotación en la curva de pesca. 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. El promedio de talla de los peces capturados fuera del ARCAA se redujo de unas 80 libras (36 k) en 1971-1975, aproximadamente a 55 libras (25 k) en 1979-1983 y luego aumentó a unas 70 libras (32 k) en 1984 (Figura 47). Puede que esta reducción 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. El aumento en 1984, se debe probablemente a la reducción de las

capturas en 1982 y 1983, lo que permitió que los peces crecieran más. 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 12 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 44 por ciento en 1982. 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 47 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 Índico y que las capturas en la parte central y occidental del Pacífico son mucho más elevadas que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Pacífico oriental no han aumentado tanto como en otras zonas durante el período de 1965-1982, 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 48). 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 49). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S y desde esa época hasta 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 (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU y varias entidades del Japón. En un comité de biólogos pesqueros y de geneticistas patrocinado por la SPC en 1980, se examinaron los resultados de investigación relacionados a la solución de este problema y los resultados de la investigación fueron examinados en detalle en el informe anual de la CIAT de 1983. Se incluye también en ese informe un análisis sobre la estructura de la población del barrilete en el Pacífico oriental y su relación con aquellos en el resto del Pacífico.

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 explotación excesiva.

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 56 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 50. 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 1984, se presenta en la Figura 51. Las diferencias entre los años son evidentes. La incidencia de peces de más de 55 cm (unas 7.8 libras) fue elevada en 1971-1973 y baja en 1978-1983, y nuevamente elevada en 1984.

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 ésto, 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 una razón por la que hay tan pocas es la poca intensidad de pesca en esa zona.

En la Figura 52, 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 1985

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.

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 1986, 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.

Las capturas de *T. thynnus* en el Pacífico oriental durante el período de 1980-1984, han sido muy inferiores al promedio de 1961-1979 (Tabla 1). Las de 1983 y 1984, fueron inferiores a las de cualquier otro año desde comienzos de la década de 1930, cuando hubo una baja en el mercado debido a las condiciones económicas. Muchos de los barcos de las clases 3, 4 y 5 que han sido responsables por una gran parte de la captura de esta especie desde comienzos de la década de 1960, se han retirado de la flota, pero el examen de los datos de la captura y el esfuerzo indican que la captura por unidad de esfuerzo como también el esfuerzo, se han reducido. El personal de la CIAT, se encuentra seriamente preocupado por la reducción en la captura y la captura por unidad de esfuerzo. Desafortunadamente, la incertidumbre acerca de la estructura del stock del *T. thynnus* y, por consiguiente, la relación que existe entre las pescas de esta especie en el Pacífico oriental y occidental, junto con la falta de datos precisos sobre la pesca y la composición de las capturas en el Pacífico occidental, hacen que sea imposible determinar las implicaciones a largo plazo de la reducción actual en la pesca del Pacífico oriental. Se está considerando en colaboración con los científicos japoneses la posibilidad de convocar un grupo de trabajo sobre el *T. thynnus* como una primera etapa para obtener más conocimiento acerca de la dinámica del recurso total.

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**Chief Scientist-Científico Dirigente**

Robert E. Kearney, Ph.D. (Queensland) (From 16 November)	-Desde el 16 de noviembre)
---	----------------------------

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 (To 31 December)	-Biología -Hasta el 31 de diciembre)
Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard) Biology	-Biología
Martin A. Hall, Ph.D. (Washington) Population dynamics (From 16 January)	-Dinámica de poblaciones -Desde el 16 de enero)
Philip S. Hammond, D. Phil. (York, England) Population dynamics (To 30 April)	-Dinámica de poblaciones -Hasta el 30 de abril)
Howard S. Innes, Ph.D. (Guelph) Population dynamics (From March 12)	-Dinámica de poblaciones -Desde el 12 de marzo)
Witold L. Klawe, M.A. (Toronto) Biology	-Biología
Forrest R. Miller, M.A. (California) Metereology	-Meteorología
Craig J. Orange, B.S. (Oregon State) Biology: statistics	-Biología: estadística
George Schumann, Ph.D. (Hamburg) Biology (To 31 December)	-Biología -Hasta el 31 de diciembre)
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

Alejandro A. Anganuzzi, B.S. (Mar del Plata)	
Biology	-Biología
(From 5 November	-Desde el 5 de noviembre)
David A. Bratten, B.S. (San Diego State)	
Biology	-Biología
Thomas P. Calkins, B.S. (Washington)	
Biology	-Biología
Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching)	
Biology: statistics	-Biología: estadísticas (San Pedro, California)
Terry J. Foreman, B.S. (San Diego State)	
Biology	-Biología
James M. Ianelli, B.S. (Humbolt)	
Biology	-Biología
(From 1 October	-Desde el 1 de octubre)
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
(To 11 June	-Hasta el 11 de junio)
Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State)	
Computer programmer	-Programadora de computadoras
Peter C. Wussow, B.S. (Humbolt State)	
Biology	-Biología

Assistant Scientists-Científicos auxiliares

Edward H. Everett, B.S. (San Jose State)	
Biology: statistics	-Biología: estadísticas
Richard E. Irvin, B.S. (San Diego State)	
Biology	-Biología
(To 12 October	-Hasta el 12 de octubre)
Naozumi Miyabe, M.S. Agric. (Kyoto)	
Biology	-Biología
(From 1 October	-Desde el 1 de octubre)

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)
(To 30 September	-Hasta el 30 de noviembre)
Marcus K. Fieger, A.S. (Mesa Junior College)	
Scientific technician	-Técnico científico
(To 30 November	-Hasta el 30 de noviembre)
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)
Gary A. Hunt	
Scientific technician	-Técnico científico Achoyines, Panama)
(From 16 November	-Desde el 16 de noviembre)
Kevin C. McCarthy, B.S. (Cornell)	
Scientific technician	-Técnico científico
(From 16 November	-Desde el 16 de noviembre)
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

Oswaldo A. Silva, B.A. (Panama)
 Scientific technician -Técnico científico
 (Panama)
 (From 1 October -Desde el 1 de octubre)

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.

APPENDIX II - APENDICE II
FIGURES AND TABLES - FIGURAS Y TABLAS

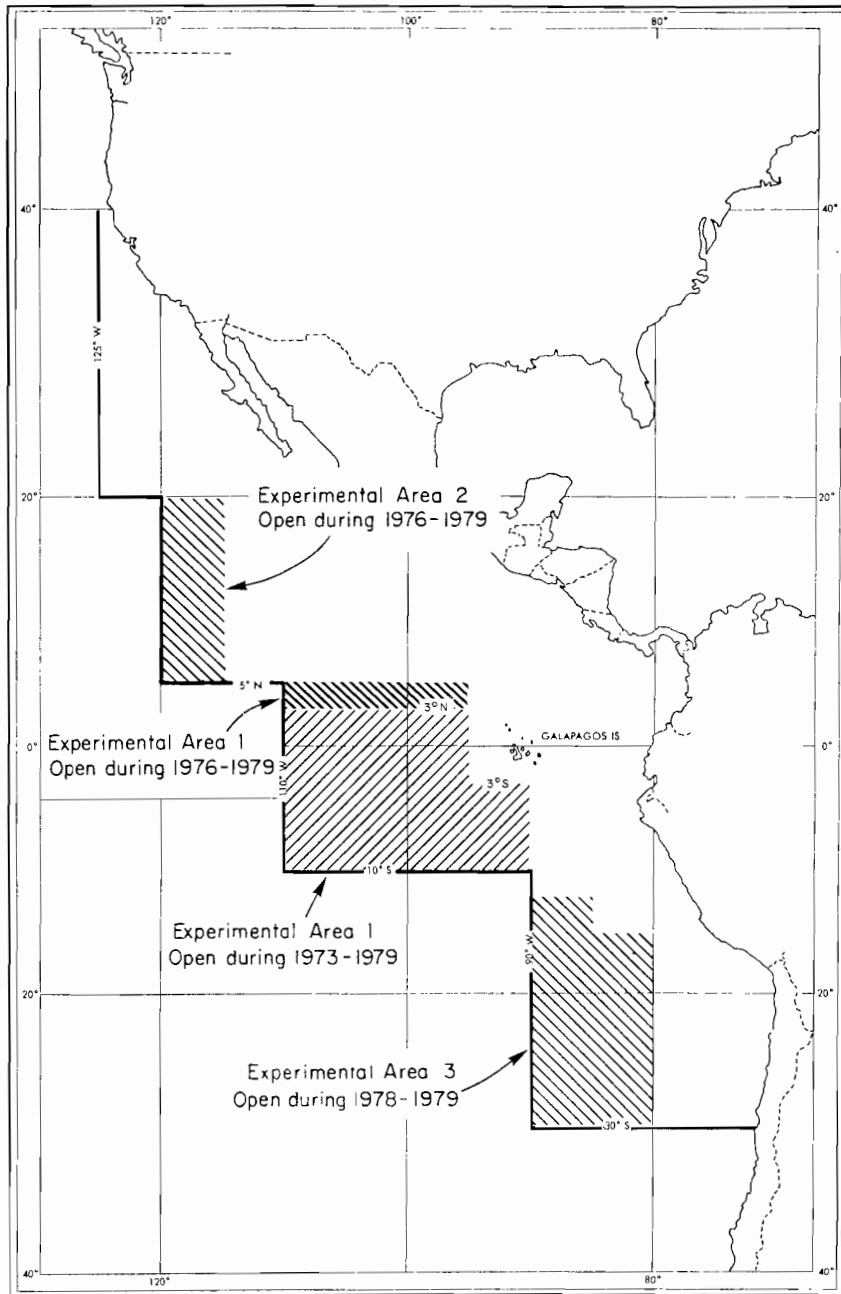


FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

FIGURA 1. Area reglamentaria de la Comisión de aleta amarilla (ARCAA).

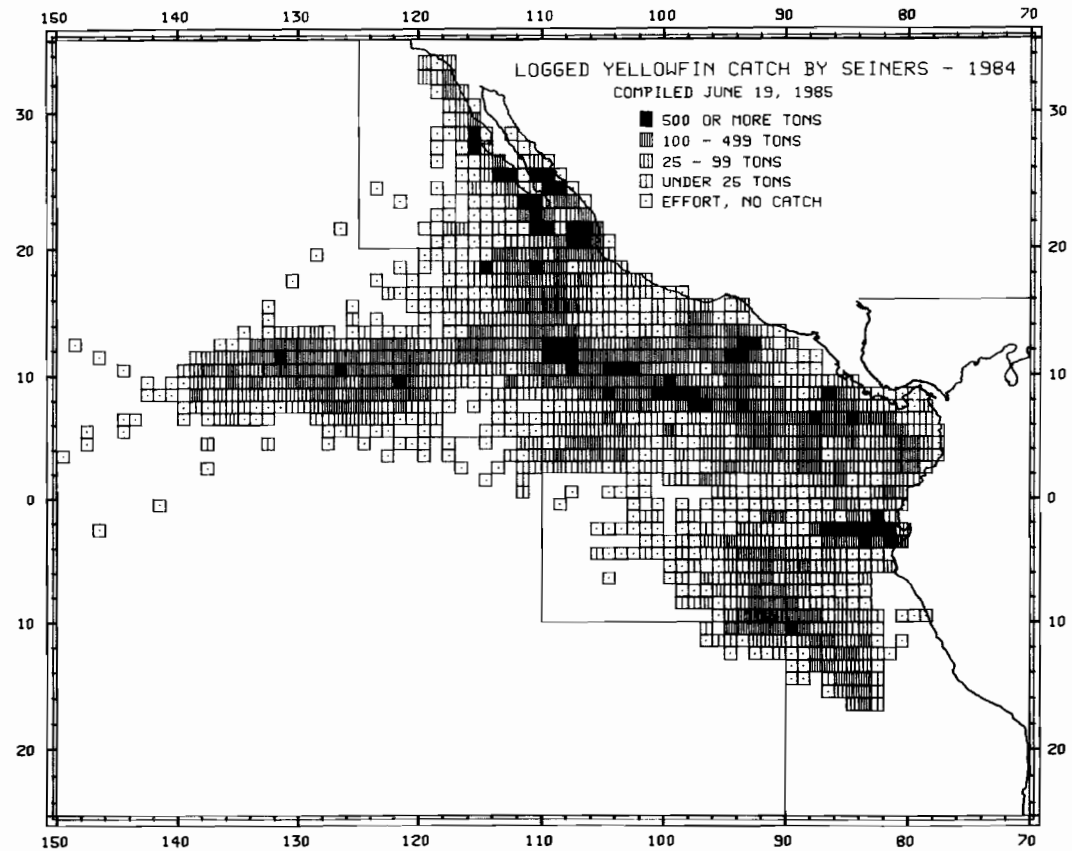


FIGURE 2. Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1984 by 1-degree areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 2. Capturas de atún aleta amarilla realizadas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1984, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes en los que obtuvieron datos útiles de bitácora.

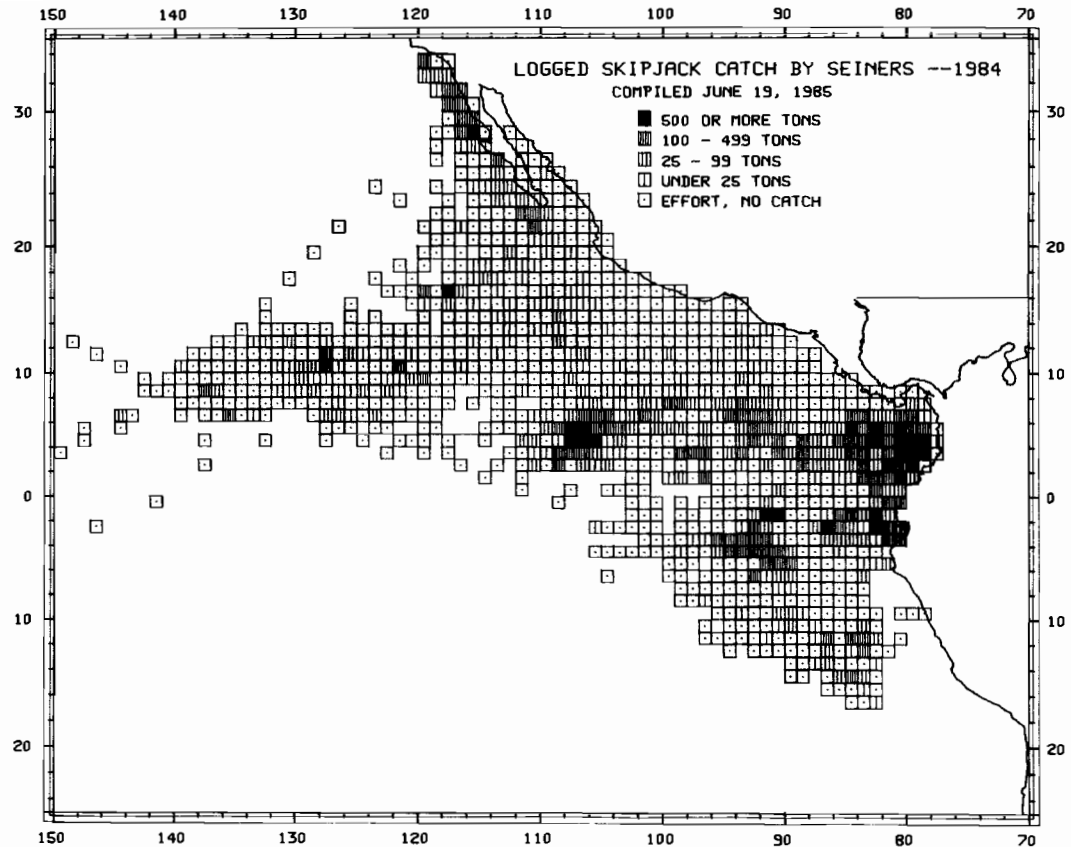


FIGURE 3. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1984 by 1-degree areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.
FIGURA 3. Capturas de barrilete realizadas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1984, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes en los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.

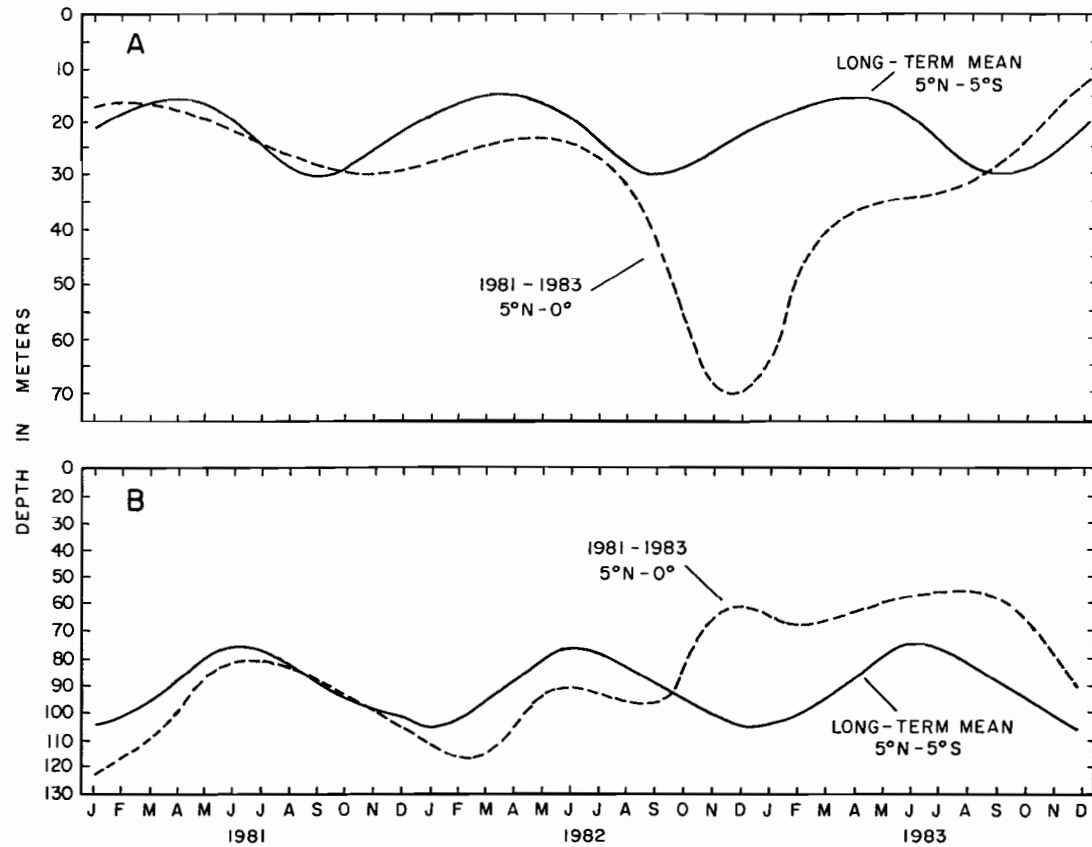


FIGURE 4. Depths to the top of the thermocline along the equator between 100°W and 105°W (A) and between 160°W and 165°W (B) during 1981-1983, compared with the long-term means.

FIGURA 4. Profundidad con relación a la parte superior de la termoclina a lo largo de la línea ecuatorial (A) entre los 100°W y 105°W y (B) entre los 160°W y 165°W, durante 1981-1983, comparada con la media a largo plazo.

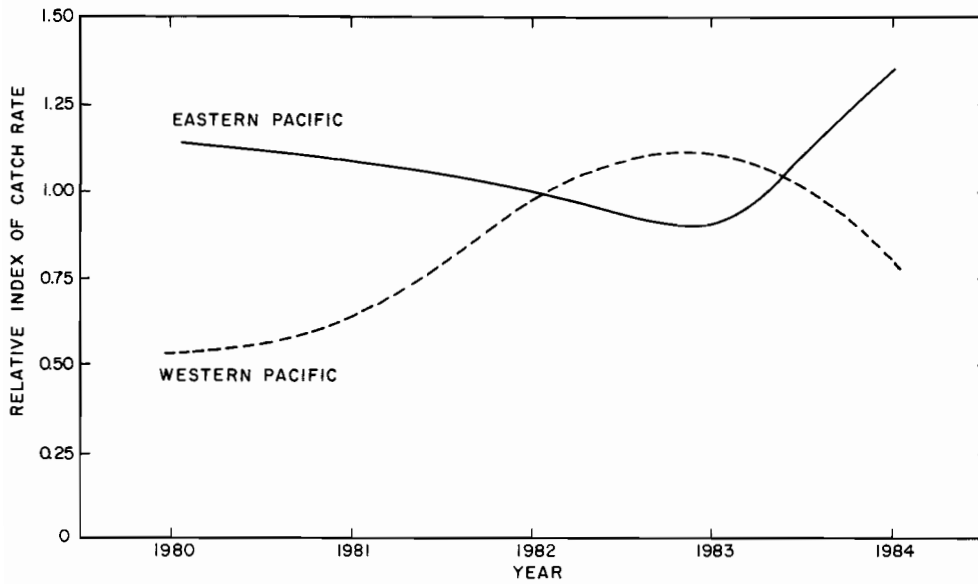


FIGURE 5. Relative fishing success for yellowfin and skipjack combined in the eastern and western Pacific during 1980-1984.

FIGURA 5. Exito relativo de pesca del aleta amarilla y barrilete combinados en el Pacifico oriental y occidental durante 1980-1984.

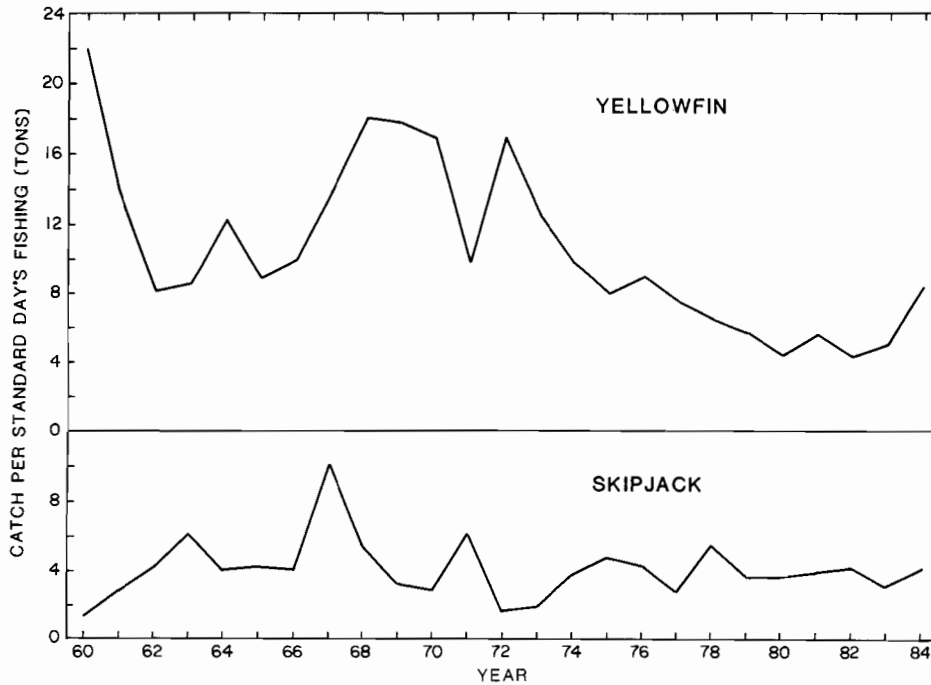


FIGURE 6. Catch per day's fishing for yellowfin in the CYRA (upper panel) and skipjack in the eastern Pacific (lower panel) in Class-6 purse-seine units during 1960-1984. The 1984 data are preliminary.

FIGURA 6. Captura por día de pesca del atún aleta amarilla en el ARCAA (recuadro superior) y de barrilete en el Pacifico oriental (recuadro inferior) durante 1960-1984, por unidades de la clase-6 de arqueo de los barcos cerqueros. Los datos de 1984, son preliminares.

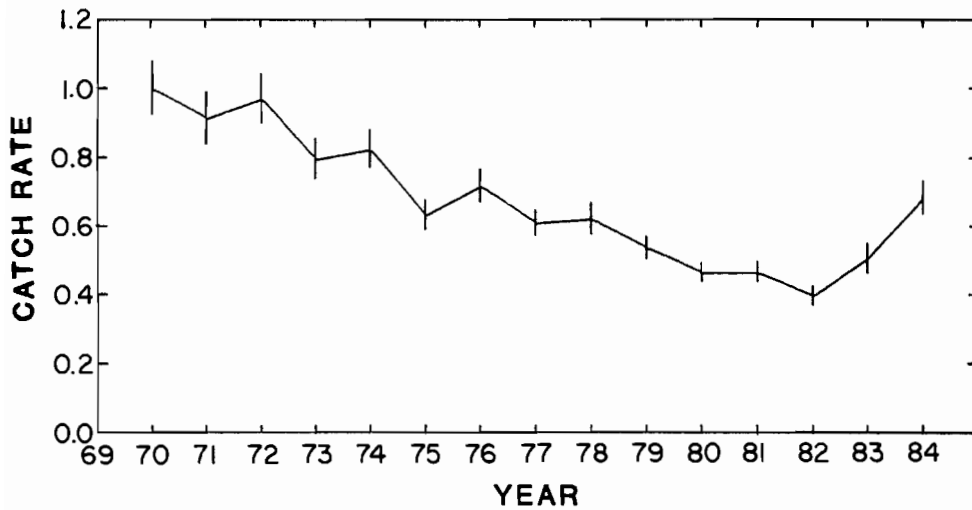


FIGURE 7. Standardized catch rates of yellowfin in the CYRA relative to 1970, from the linear model. The vertical bars are the approximate 95% confidence intervals. The data for 1984 are incomplete.

FIGURA 7. Indices normalizados de la captura de aleta amarilla en el ARCAA desde 1970, según el modelo lineal. Las barras verticales indican los intervalos de confianza aproximadamente del 95%. Los datos de 1984, están incompletos.

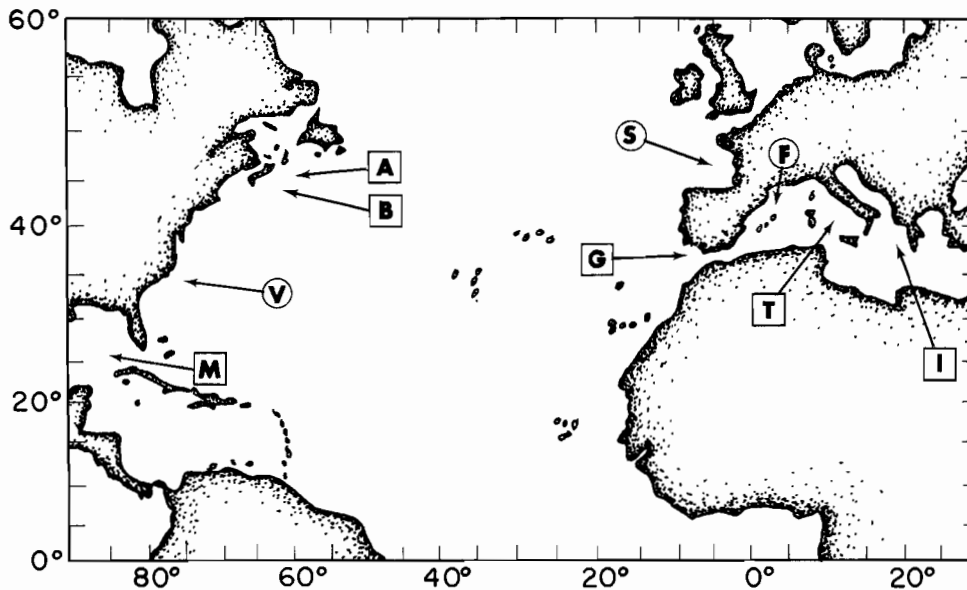


FIGURE 8. General locations where samples were collected. Samples of juveniles are indicated by circles and those of adults by squares. Letters within the circles or squares refer to the names of the locations: A - Massachusetts (1980), B - Massachusetts (1982), F - Gulf of Lyon, G - Gibraltar, I - Ionian Sea, M - Gulf of Mexico, S - Bay of Biscay, T - Tyrrhenian Sea, and V - Virginia.

FIGURA 8. Lugares generales en los que se recolectaron muestras. Las muestras de los juveniles se indican por círculos y las de los adultos por cuadrados. Las letras dentro de los círculos o cuadrados se refieren a nombres de los lugares: A - Massachusetts (1980), B - Massachusetts (1982), F - Golfo de León, G - Gibraltar, I - Mar jónico, M - Golfo de México, S - Golfo de Vizcaya, T - Mar Tirreno y V - Virginia.

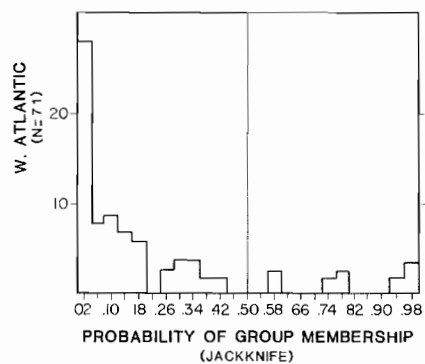
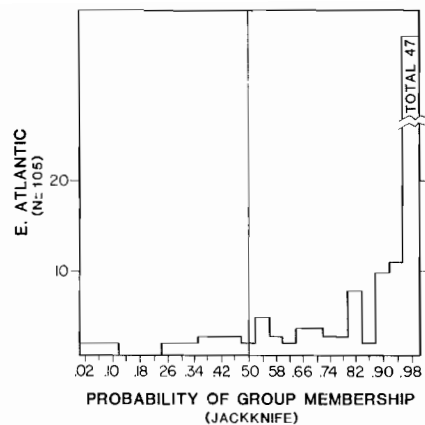


FIGURE 9. Distribution of joint probabilities from data obtained in the first comparison (see text). The values are the probability that individual vertebrae belong to the eastern Atlantic set of samples (jackknife method).

FIGURA 9. Distribución de las probabilidades conjuntas según los datos obtenidos en la primera comparación (véase texto). Los valores son la probabilidad de que las vértebras individuales pertenezcan a la serie de muestras del Atlántico oriental (método jackknife).

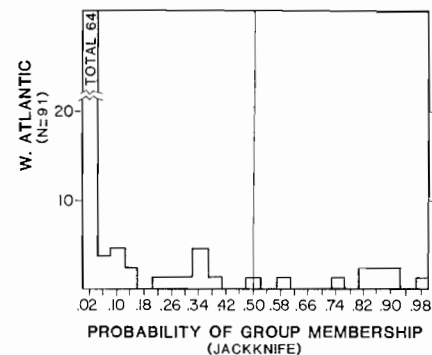
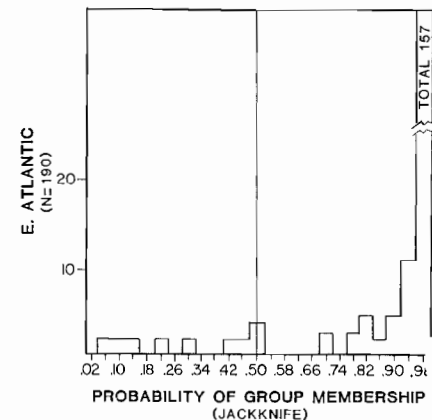


FIGURE 10. Distribution of joint probabilities from data obtained in the second comparison (see text). The values are the probability that individual vertebrae belong to the eastern Atlantic set of samples (jackknife method).

FIGURA 10. Distribución de las probabilidades conjuntas según los datos obtenidos en la segunda comparación (véase texto). Los valores son la probabilidad de que las vértebras individuales pertenezcan a la serie de muestras del Atlántico oriental (método jackknife).

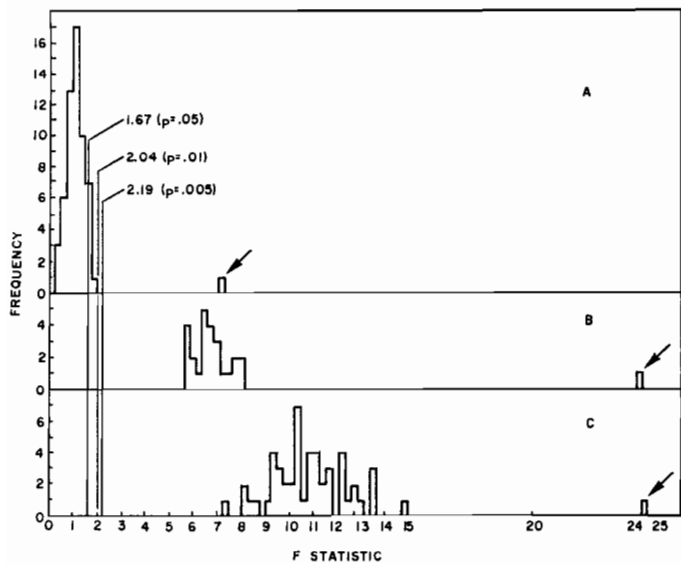


FIGURE 11. Monte Carlo evaluation of observed F statistic. The probabilities of obtaining observed F values (arrows) by chance alone are shown. A - All variables (factor scores) used to derive functions. B -Using stepwise process. C - Random variables adjusted to correspond to observed differences.

FIGURA 11. Evaluación Monte Carlo de la estadística F observada. Se indican las probabilidades de obtener valores observados de F (flechas) solo aleatoriamente. A - todas las variantes (puntaje de los factores) usadas para derivar funciones. B - Usando el proceso escalonado. C -variables aleatorias ajustadas para que correspondan a las diferencias observadas.

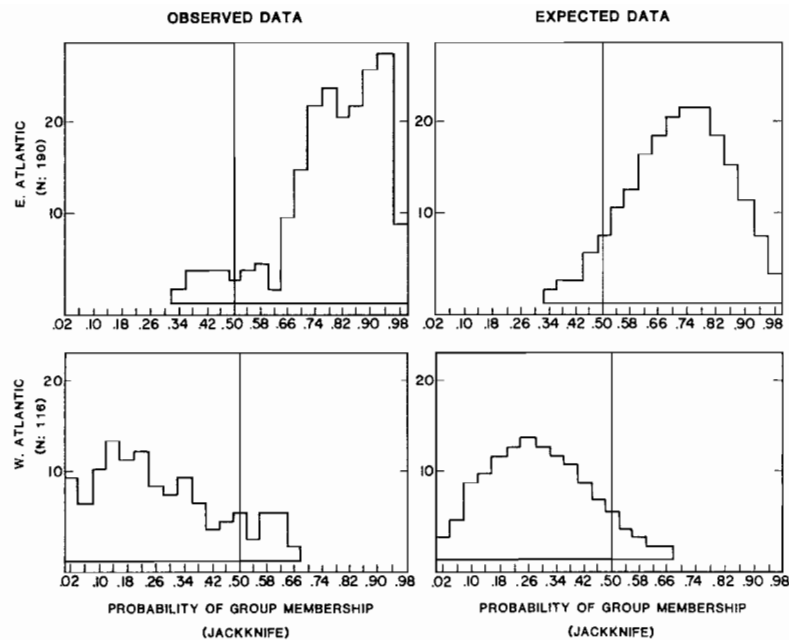


FIGURE 12. Mean probability of group membership and distribution of observed and expected data under the assumption of two homogeneous and overlapping distributions. The means in each case were obtained by averaging three values for each vertebra. The observed data are from the second comparison. The random values are means of 150 random points (50 replicates of 3-point averages).

FIGURA 12. Probabilidad media del grupo integrante y distribución de los datos esperados y observados bajo la suposición de dos distribuciones traslapadas y homogéneas. La media en cada caso se obtuvo al promediar tres valores en cada vértebra. Los datos observados pertenecen a la segunda comparación. Los valores aleatorios son las medias de 150 puntos aleatorios (50 réplicas con promedios de 3 puntos).

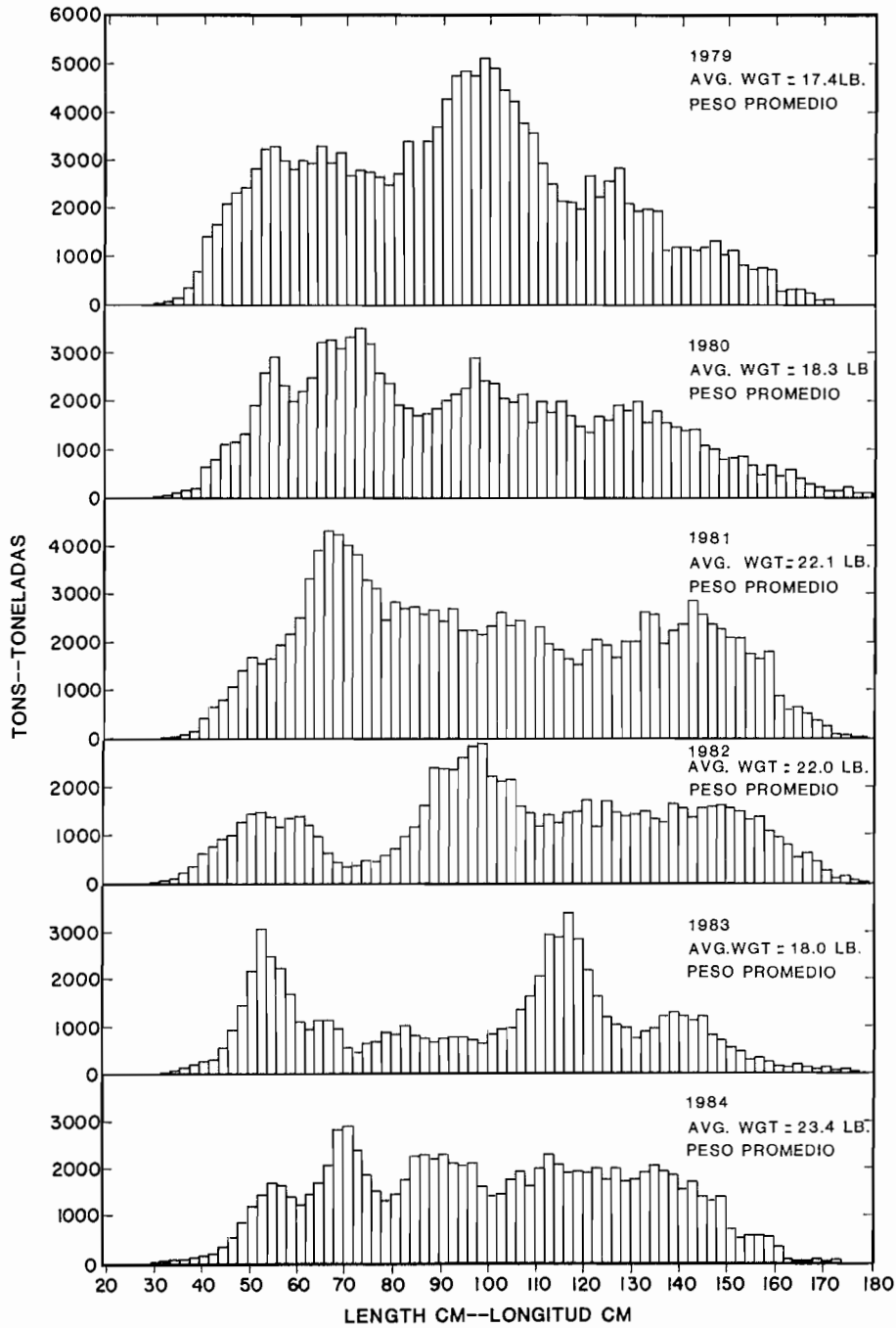


FIGURE 13. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA, 1979-1984.

FIGURA 13. Captura estimada del aleta amarilla por intervalos de talla de 2 cm en el ARCAA, 1979-1984.

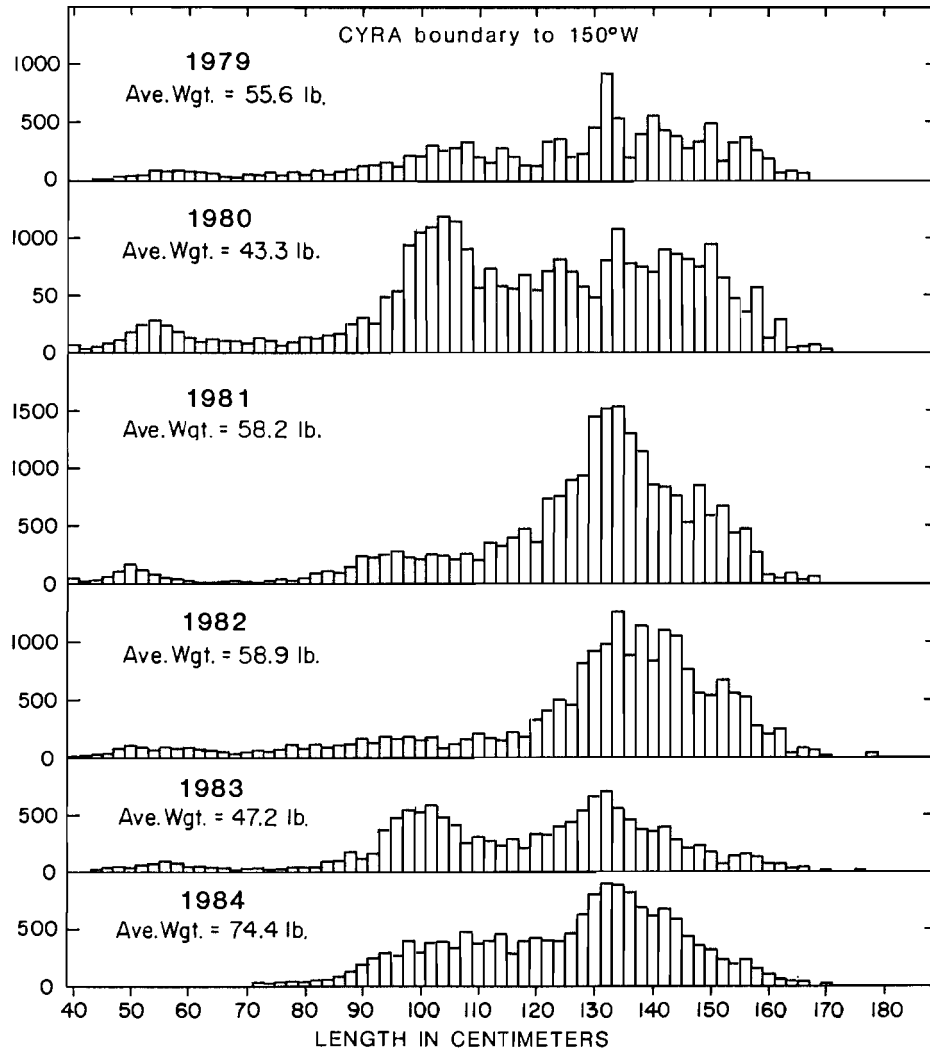


FIGURE 14. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals, CYRA boundary to 150°W, 1979-1984.

FIGURA 14. Captura estimada del aleta amarilla por intervalos de talla de 2 cm desde el límite del ARCAA hasta los 150°W, 1979-1984.

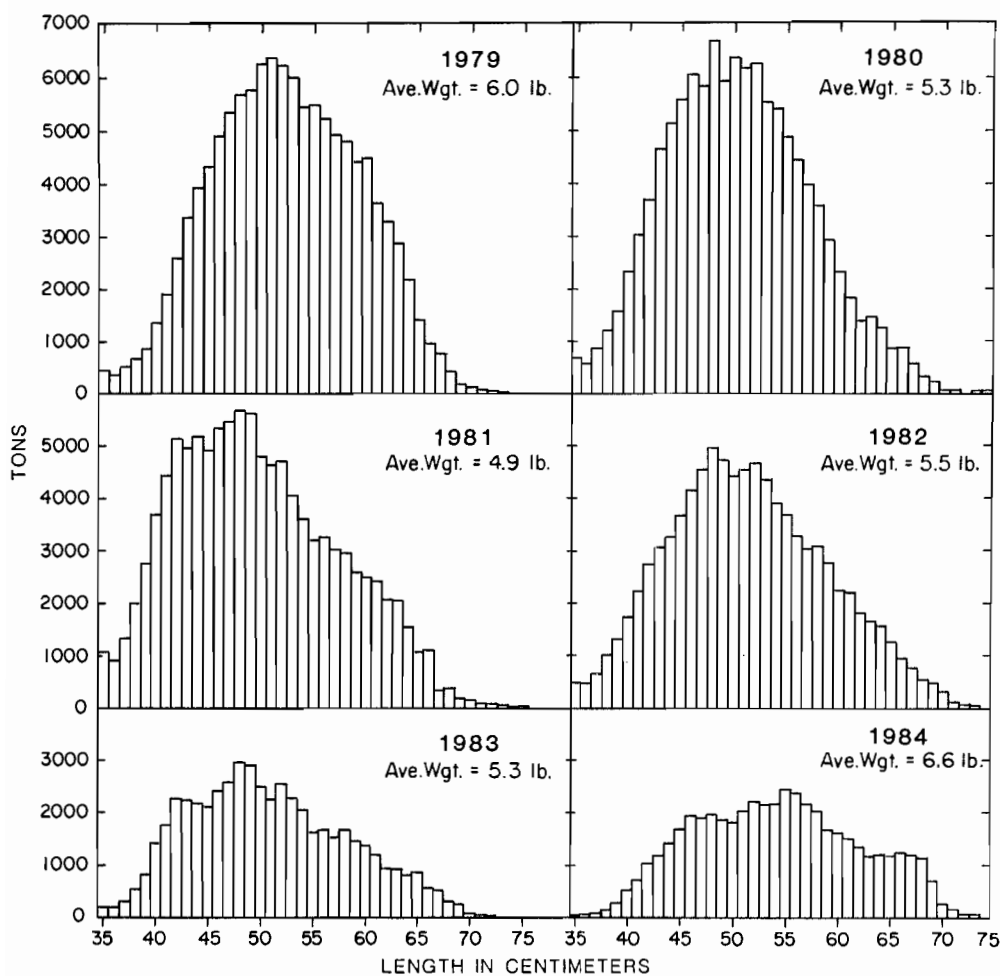


FIGURE 15. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals, eastern Pacific Ocean to 150°W, 1979-1984.

FIGURA 15. Captura estimada de barrilete por intervalos de talla de 1 cm, en el Océano Pacífico oriental hasta los 150°W, 1979-1984.

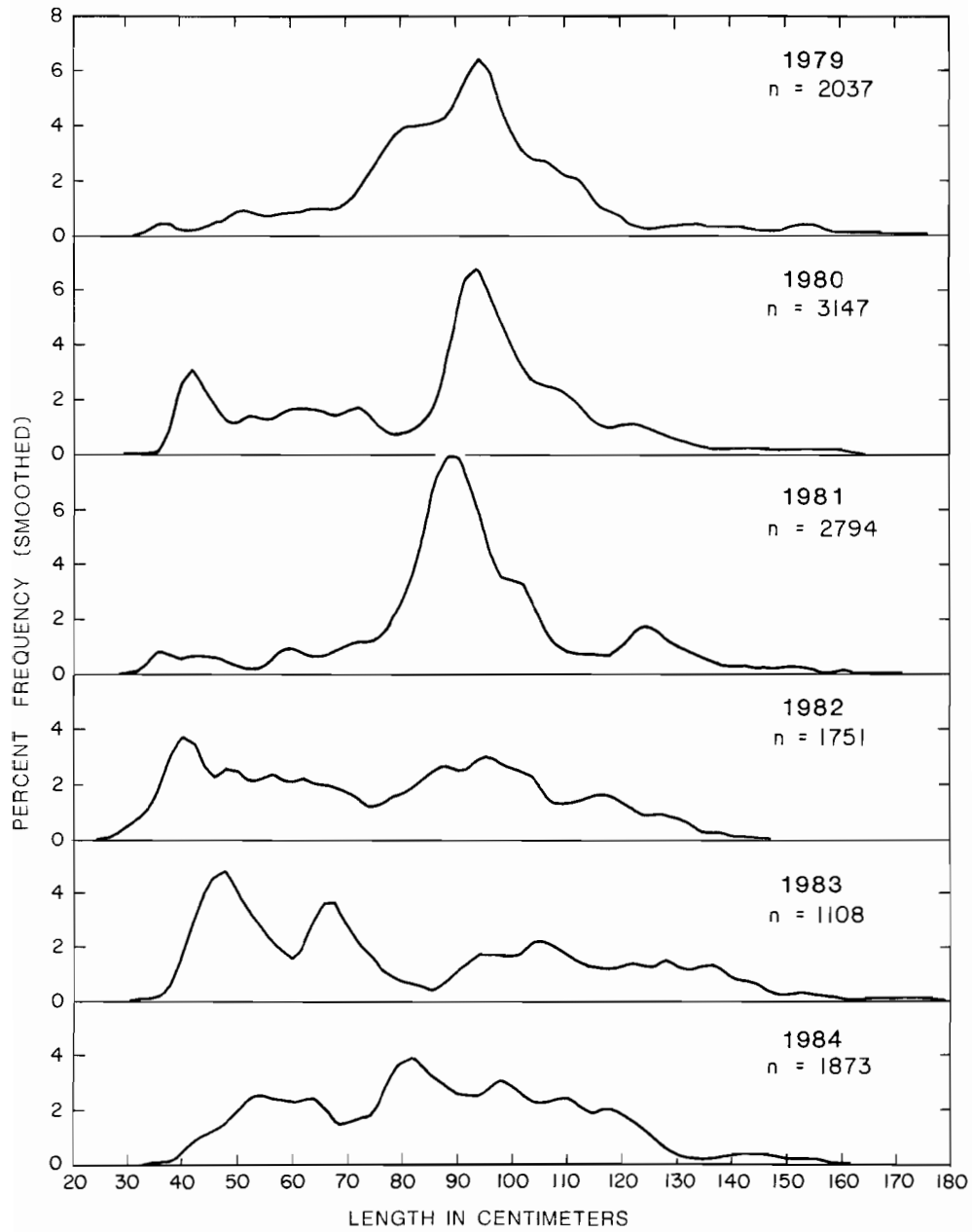


FIGURE 16. Bigeye length-frequency distributions from the eastern Pacific Ocean, 1979-1984.

FIGURA 16. Distribuciones de la frecuencia de talla del patudo en el Océano Pacífico oriental, 1979-1984.

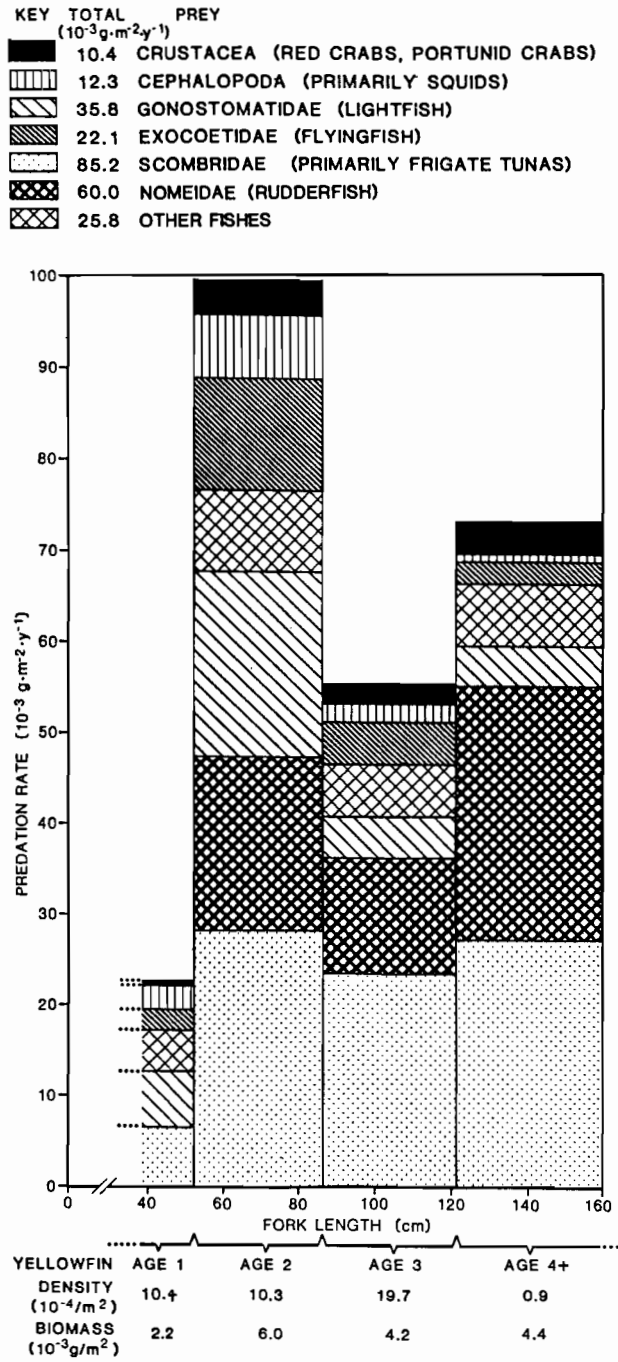


FIGURE 17. Rates of consumption of major categories of prey by yellowfin tuna.

FIGURA 17. Indices de consumo de las categorías principales de presa del aleta amarilla.

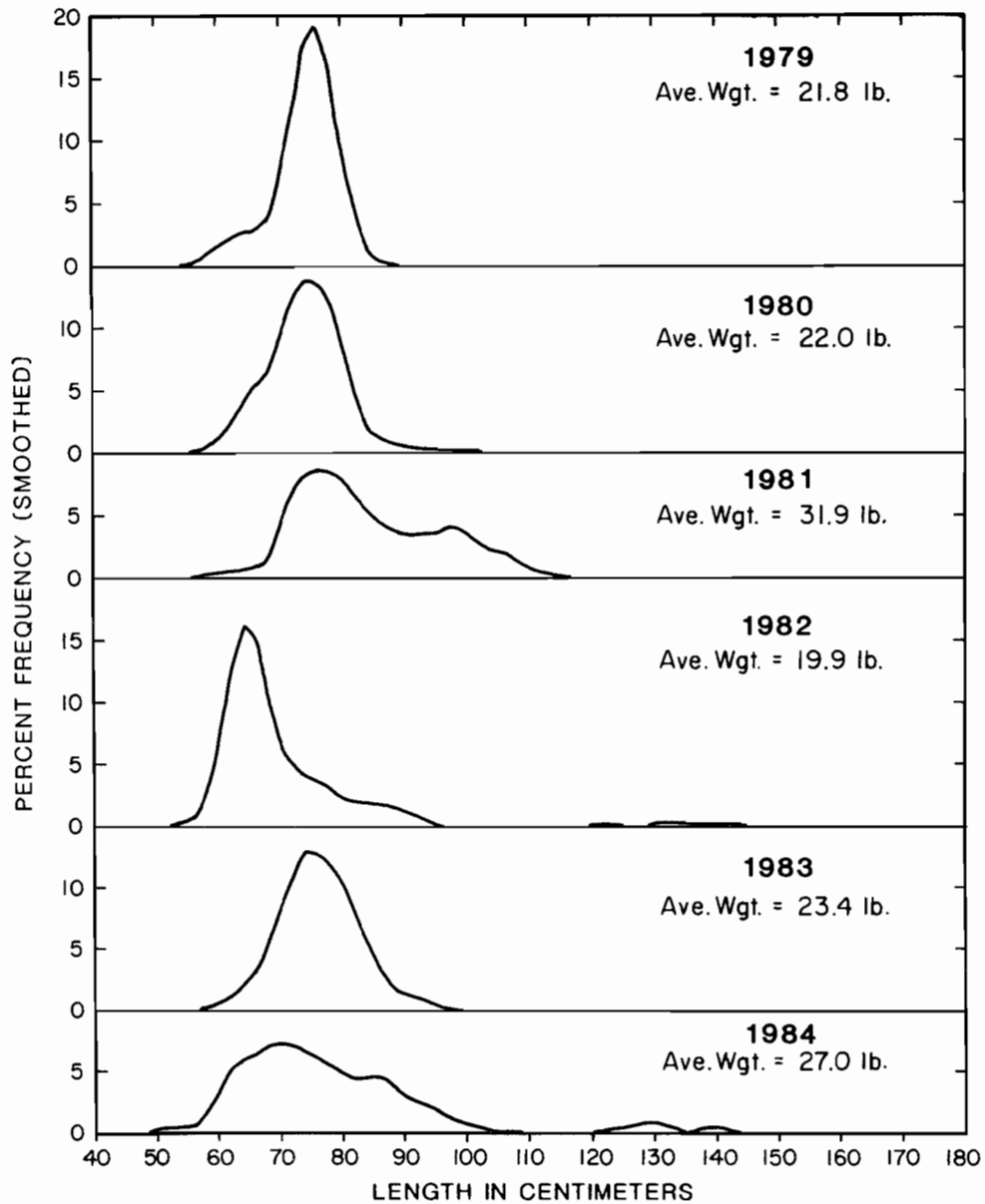


FIGURE 18. Northern bluefin length-frequency distributions from the eastern Pacific Ocean, 1979-1984.

FIGURA 18. Distribución de la frecuencia de talla del *T. thynnus* del norte en el Océano Pacífico oriental, 1979-1984.

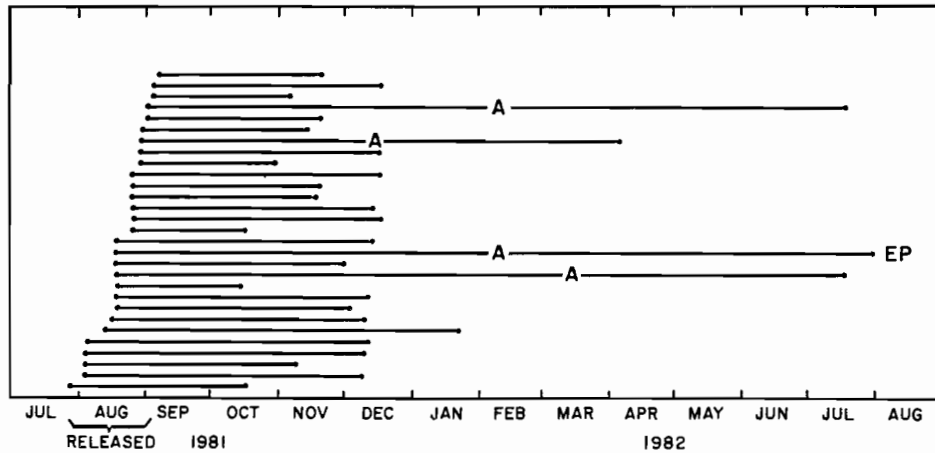


FIGURE 19. Temporal distribution of OTC tag returns of 29 bluefin used in the validation study, with the time of annulus formation denoted by the letter A. EP denotes a return from the eastern Pacific.

FIGURA 19. Distribución temporal de la recuperación de marcas de OTC de 29 *T. thynnus* empleados en el estudio de validación, con el tiempo de la formación del anillo indicado por la letra A. EP indica una recuperación del Pacífico oriental.

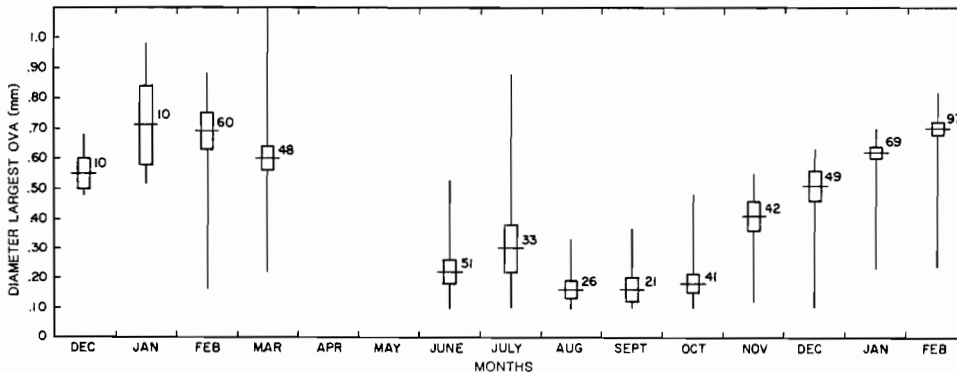


FIGURE 20. Seasonal variation in ova diameters from the most advanced modal group of oocytes from 557 black skipjack collected from Area 3 during 1980-1982. The mean, the 95% confidence interval above and below the mean, and the range are represented by horizontal lines, enclosed boxes, and vertical lines, respectively. The sample sizes (n) are also shown. Stage I ovaries are not included in the analysis.

FIGURA 20. Variación estacional del diámetro de los óvulos del grupo modal más avanzado de oocitos de 557 barriletes negros (*E. lineatus*) recolectados en la Zona 3 durante 1980-1982. La media, el 95% del intervalo de confianza sobre la media y bajo ésta y los límites se encuentran representados respectivamente por líneas horizontales, cuadrados encerrados y líneas verticales. La magnitud de la muestra (n) se presenta también. No se incluye en el análisis el estadio I de los ovarios.

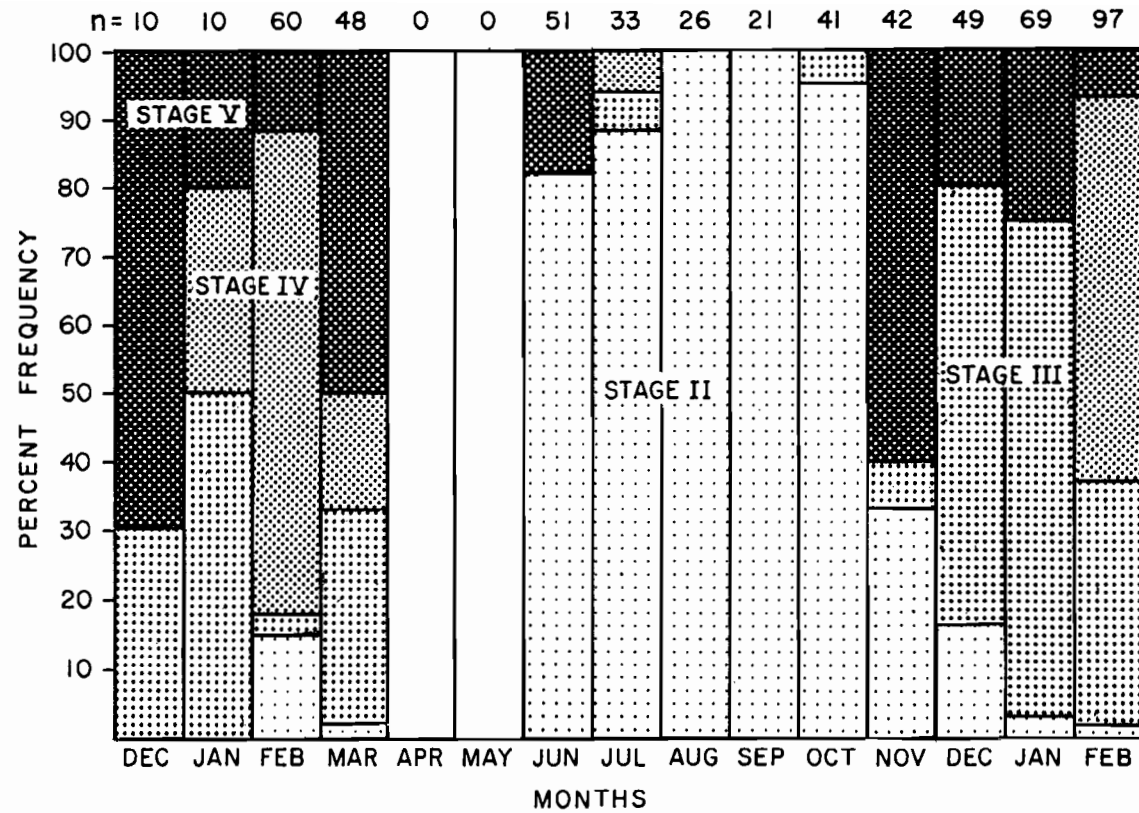


FIGURE 21. Percent frequency histogram of developmental stages of gonads observed each month for female black skipjack collected from Area 3 during 1980-1982. Stage I ovaries are not included in the analysis.

FIGURA 21. Histograma de la frecuencia del porcentaje de los estadios en desarrollo de las gónadas, observados mensualmente en hembras de *E. lineatus* obtenidas en la Zona 3, durante 1980-1982. No se incluyen en el análisis ovarios en el Estadio I.

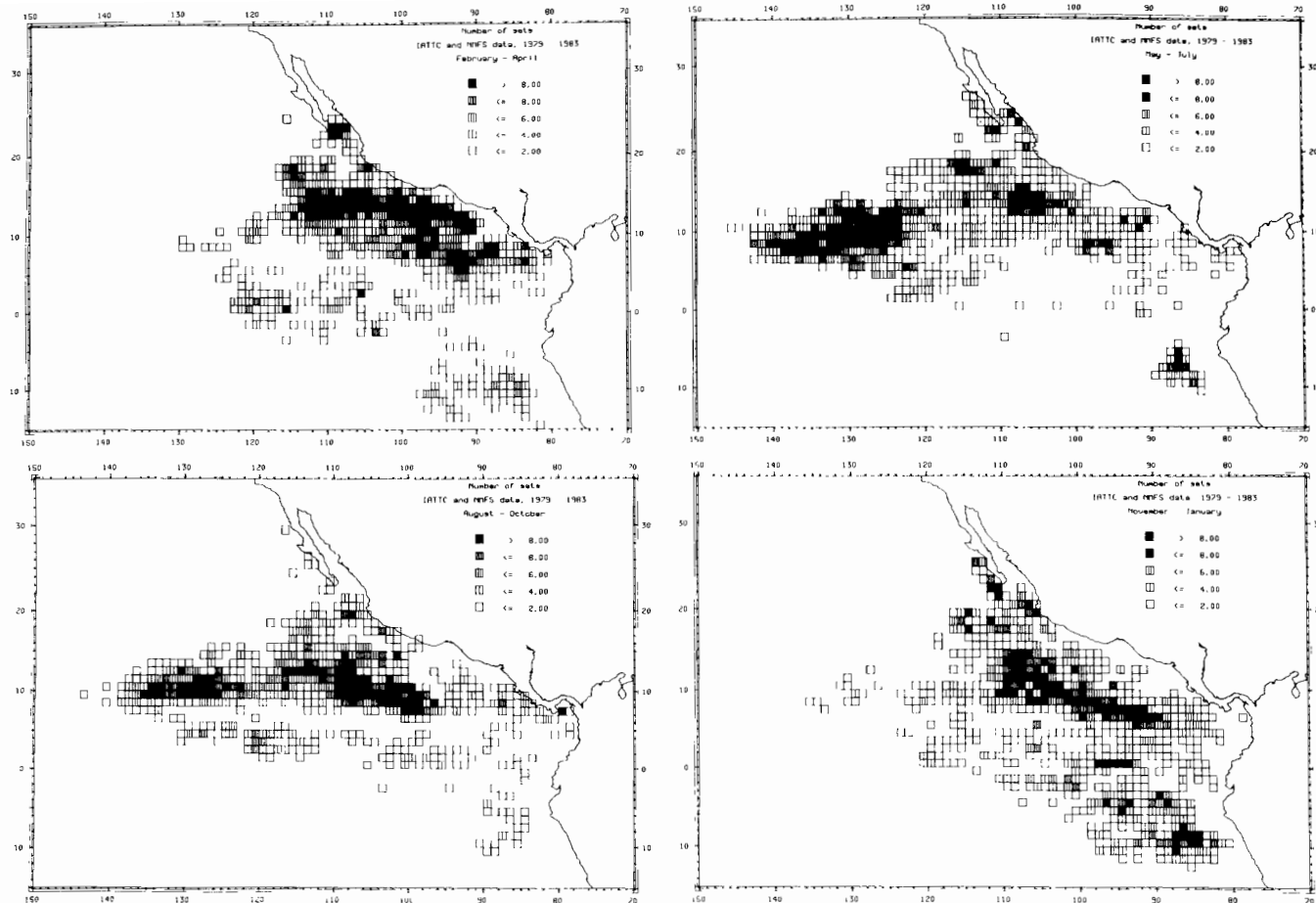


FIGURE 22. Cumulative number of observed dolphin sets by 1-degree quadrats by quarter. Period covered: 1979-1983. Source: IATTC-NMFS data base.

FIGURA 22. Número acumulado de los lanzes observados sobre delfines por trimestre y cuadrados de 1 grado. El período abarcado 1979-1983. Fuente: base de datos de la CIAT-NMFS.

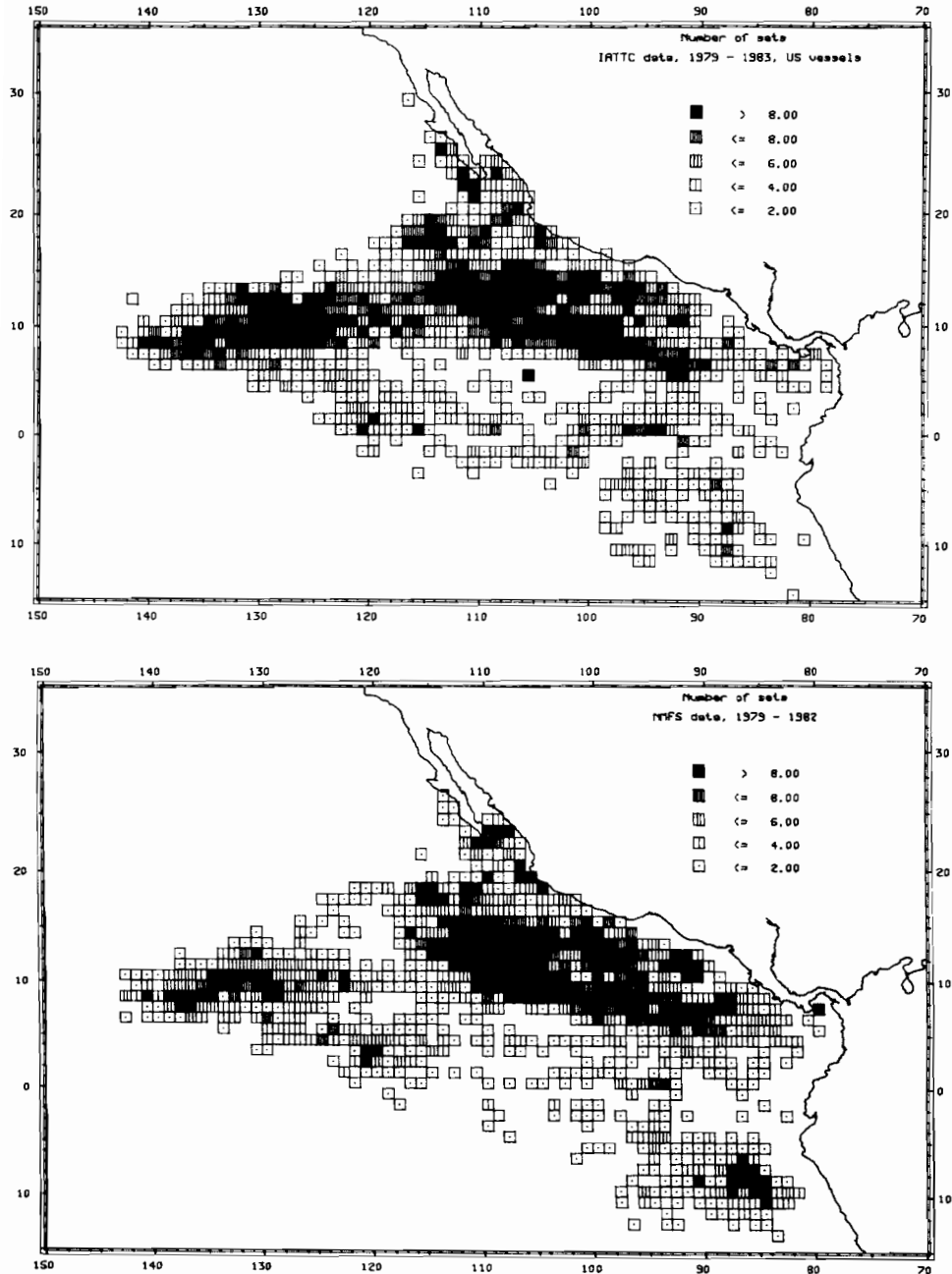


FIGURE 23. Upper: cumulative number of observed dolphin sets, entire year. Period covered: 1979-1983. Source: IATTC data base. Lower: cumulative number of observed dolphins sets, entire year. Period covered: 1979-1982. Source: NMFS data base.

FIGURA 23. Recuadro superior: número acumulado de lances observados sobre delfines durante todo el año. El período abarcado 1979-1983. Fuente: base de datos CIAT. Recuadro inferior: número acumulado de lances observados sobre delfines durante todo el año. Período abarcado 1979-1982. Fuente: base de datos del NMFS.

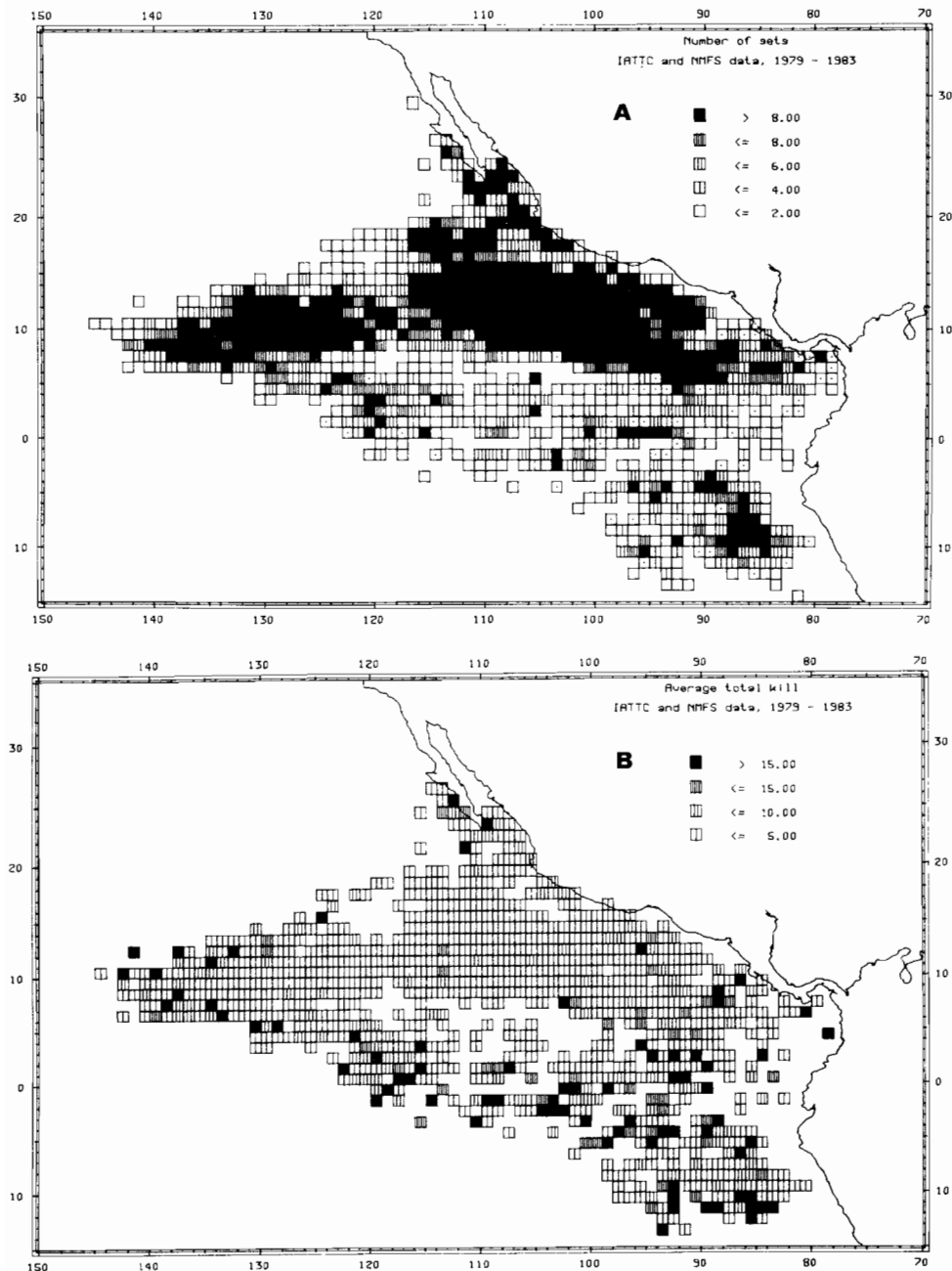


FIGURE 24. a: number of sets; b: average kill per set, all species by 1-degree quadrats. Period covered: 1979-1983. Source: Combined IATTC-NMFS data base.

FIGURA 24. a: Número de lances; b: promedio de mortalidad por lance, todas las especies por cuadrados de 1 grado. Período abarcado: 1979-1983. Fuente: base de datos combinados de la CIAT-NMFS.

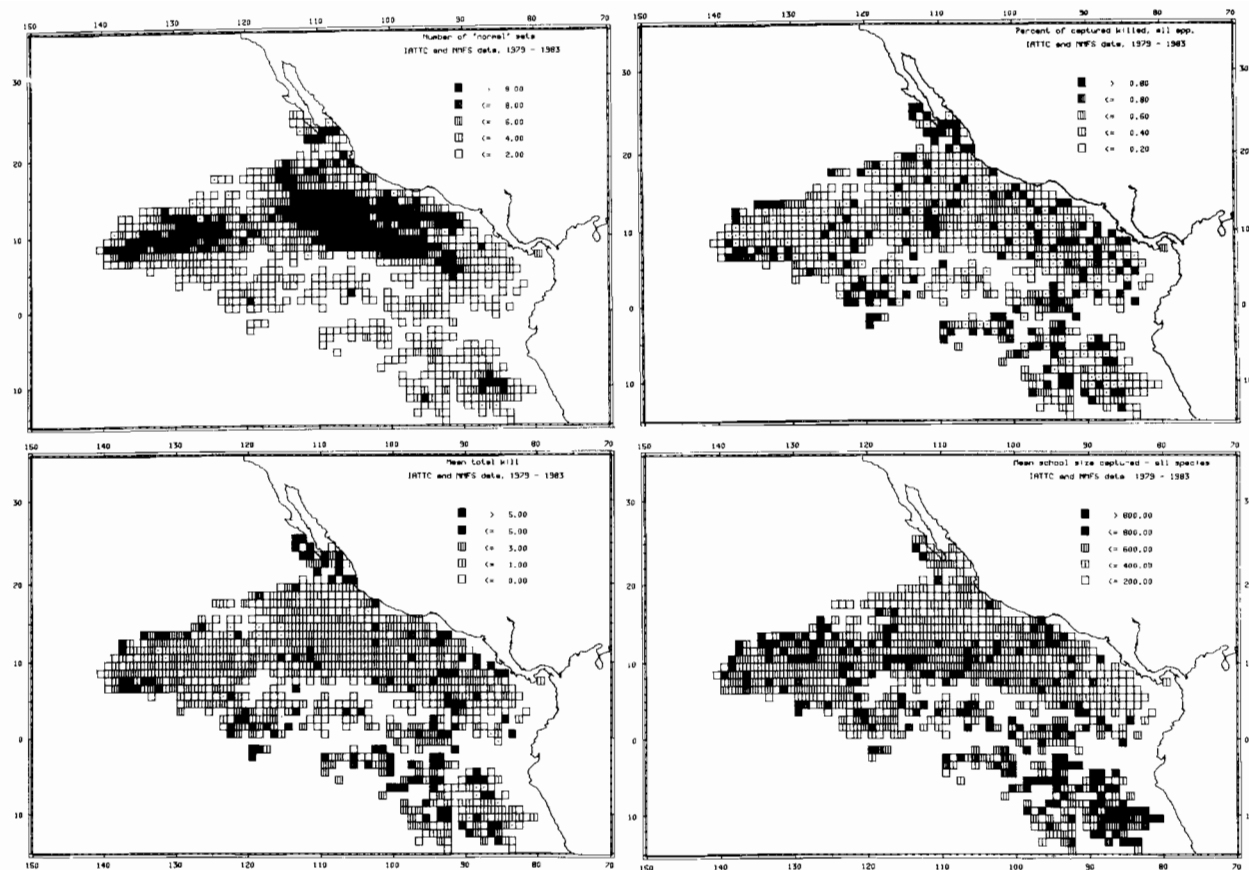


FIGURE 25. Distribution of “normal” dolphin sets (see p.49) observed by IATTC and NMFS observers during 1979-1983 (upper left), percent mortality of the total number of dolphins of all species captured by 1-degree square (upper right), the mean total mortality of all dolphin species by 1-degree square (lower left), and the mean school size of all dolphin species by 1-degree square (lower right).

FIGURA 25. Distribución de lances “normales” sobre delfines (véase pag.145) observada por técnicos de la CIAT y del NMFS durante 1979-1983 (izquierda superior), porcentaje de mortalidad de la cantidad total de delfines de todas las especies capturadas por cuadrados de 1 grado (derecha superior), la media total de mortalidad de todas las especies de delfines por cuadrados de 1 grado (izquierda inferior) y media de la magnitud de los cardúmenes de todas las especies de delfines por cuadrados de 1 grado (derecha inferior).

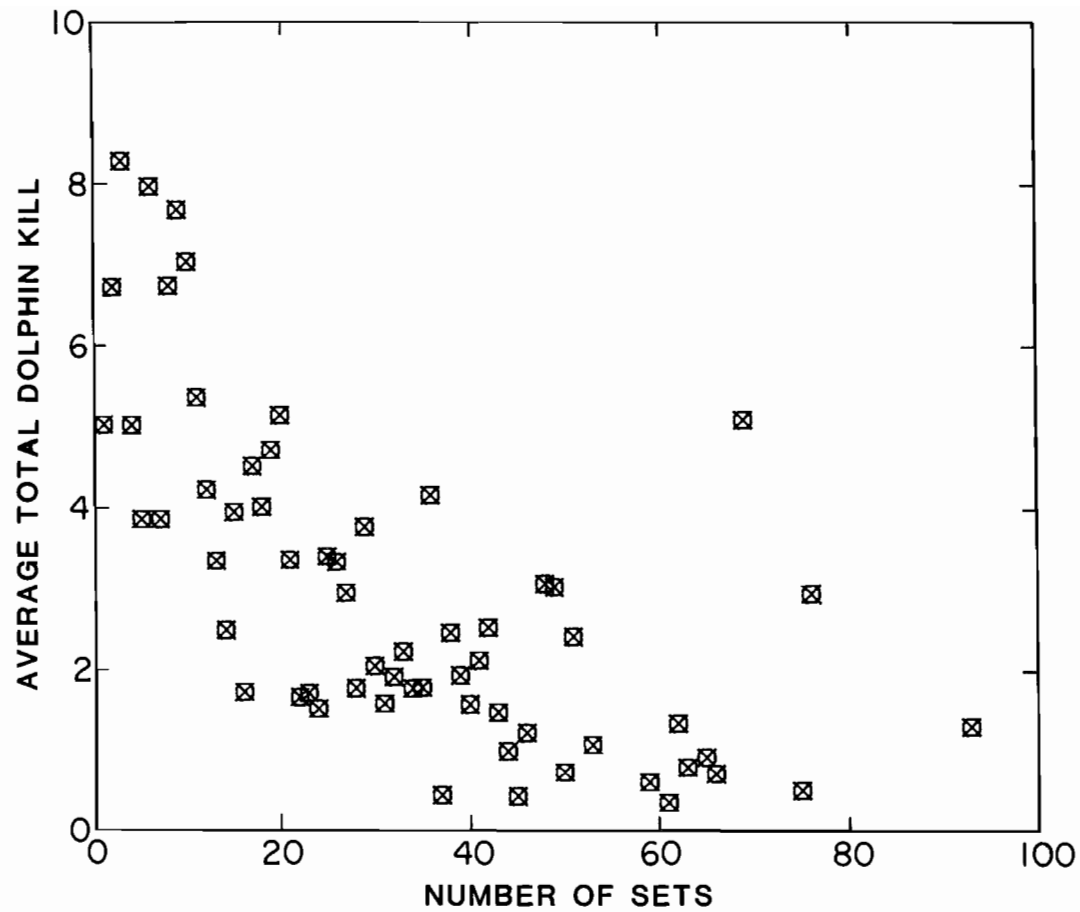


FIGURE 26. Average total (cumulative) dolphin kill as a function of cumulative number of observed dolphin sets in 1-degree quadrats.

FIGURA 26. Promedio total (acumulativo) de la mortalidad de los delfines como una función del número acumulativo de los lances observados sobre delfines en cuadrados de 1 grado.

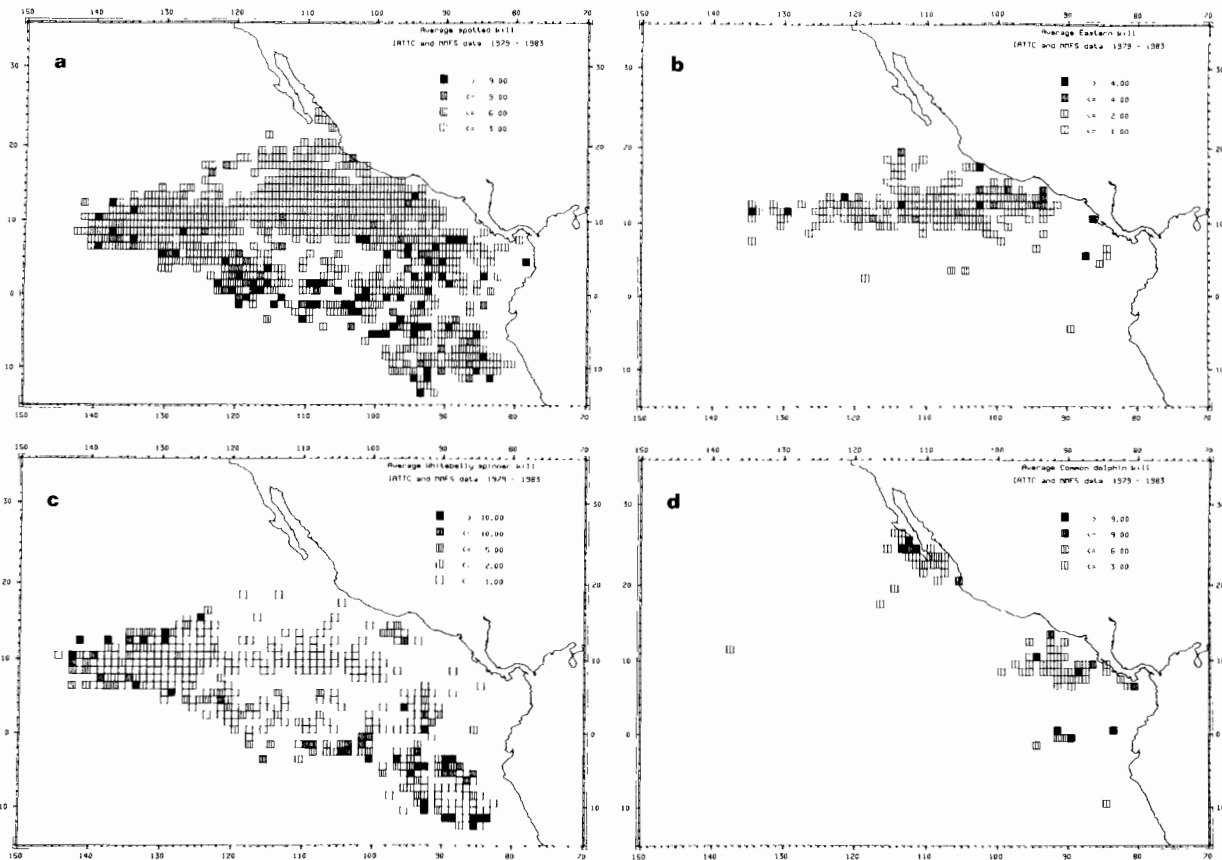


FIGURE 27. Average kill per set of offshore spotted, eastern spinner, whitebelly spinner, and common dolphin by 1-degree quadrats. Period covered: 1979-1983. Source: Combined IATTC-NMFS data base.

FIGURA 27. Promedio de la mortalidad por lance de los delfines manchado, tornillo oriental, tornillo panza blanca y común, por cuadrados de un grado. Período abarcado: 1979-1983. Fuente: base de datos combinados de la CIAT-NMFS.

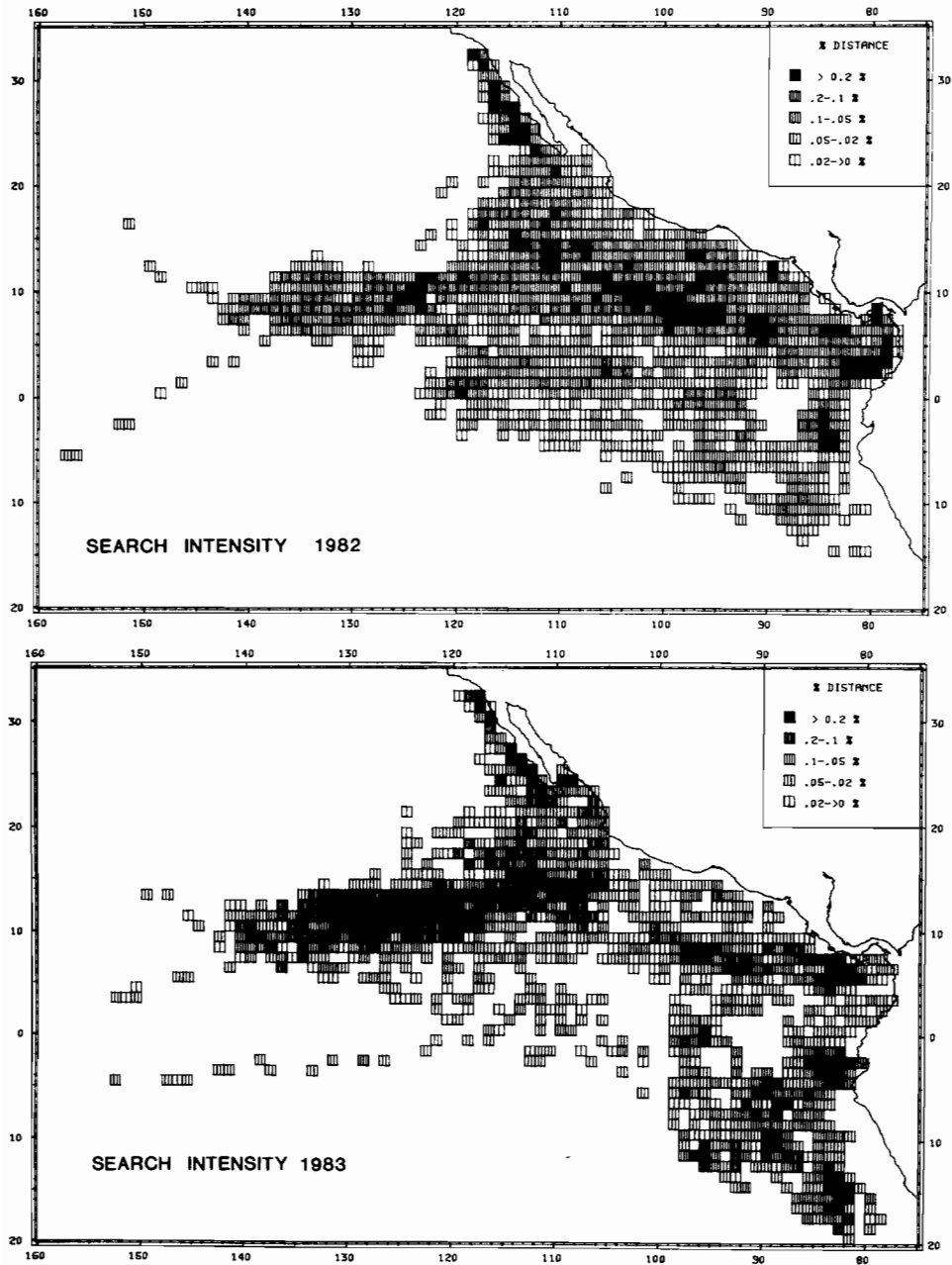


FIGURE 28. Sampling effort during 1982 and 1983 expressed as a percentage of the 277,903 nautical miles covered by vessels with scientific technicians aboard.

FIGURA 28. Esfuerzo de muestreo durante 1982 y 1983, expresado como un porcentaje de las 277,903 millas náuticas abarcadas por los barcos que llevaban a bordo técnicos científicos.

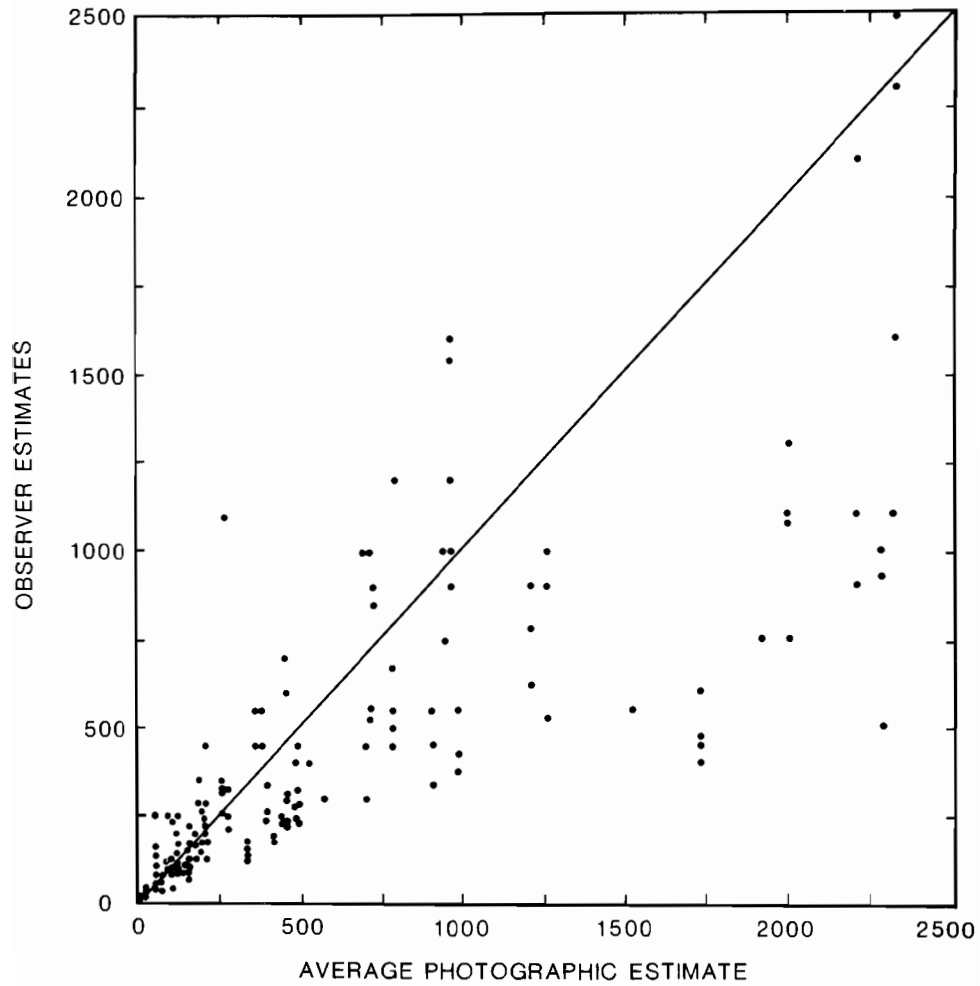


FIGURE 29. Comparison of visual estimates made by aerial observers and the corresponding average photographic estimates of cetacean schools. Not shown are observer estimates of 2500, 4000, 4200, and 4800 for a school with an average photographic estimate of 6028. The diagonal line is the 1:1 bisector.

FIGURA 29. Comparación de las estimaciones visuales hechas por los observadores a bordo de las aeronaves y el promedio correspondiente de las estimaciones fotográficas de los cardúmenes de cetáceos. No se presentan las estimaciones de los observadores de 2500, 4000, 4200 y 4800 de un cardumen con un promedio estimado fotográfico de 6028. La línea bisectriz es de 1:1.

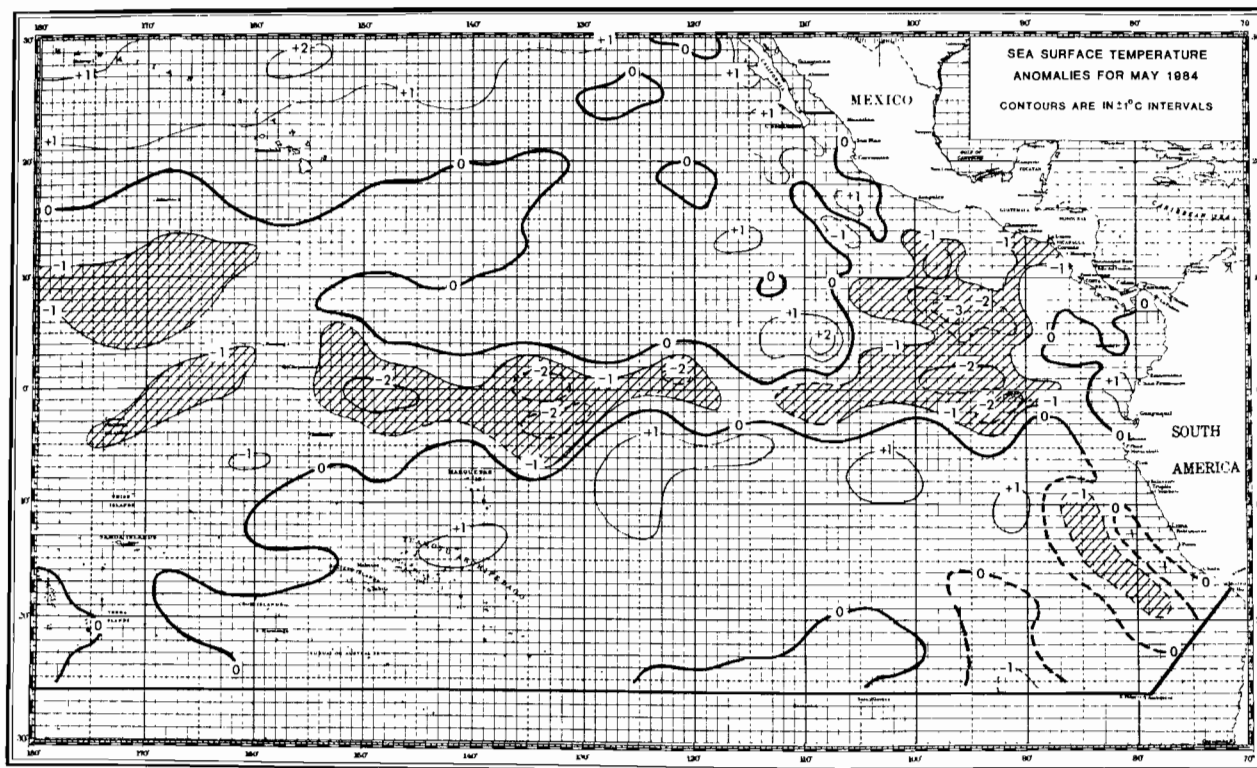


FIGURE 30. Departure of SST's from long-term normals (anomalies) for May 1984, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SST's from 1° to 3°C below normal are hatched; those with SST's more than 1°C above normal are not shaded.

FIGURA 30. Desviaciones (anomalías) de las TSM con relación a las temperaturas normales a largo plazo en mayo de 1984, basadas en los datos de embarcaciones mercantes y pesqueras. Las zonas con TSM de 1° a 3°C superiores a lo normal; se han sombreado; aquellas con TSM de 1°C superiores a lo normal no están sombreadas.

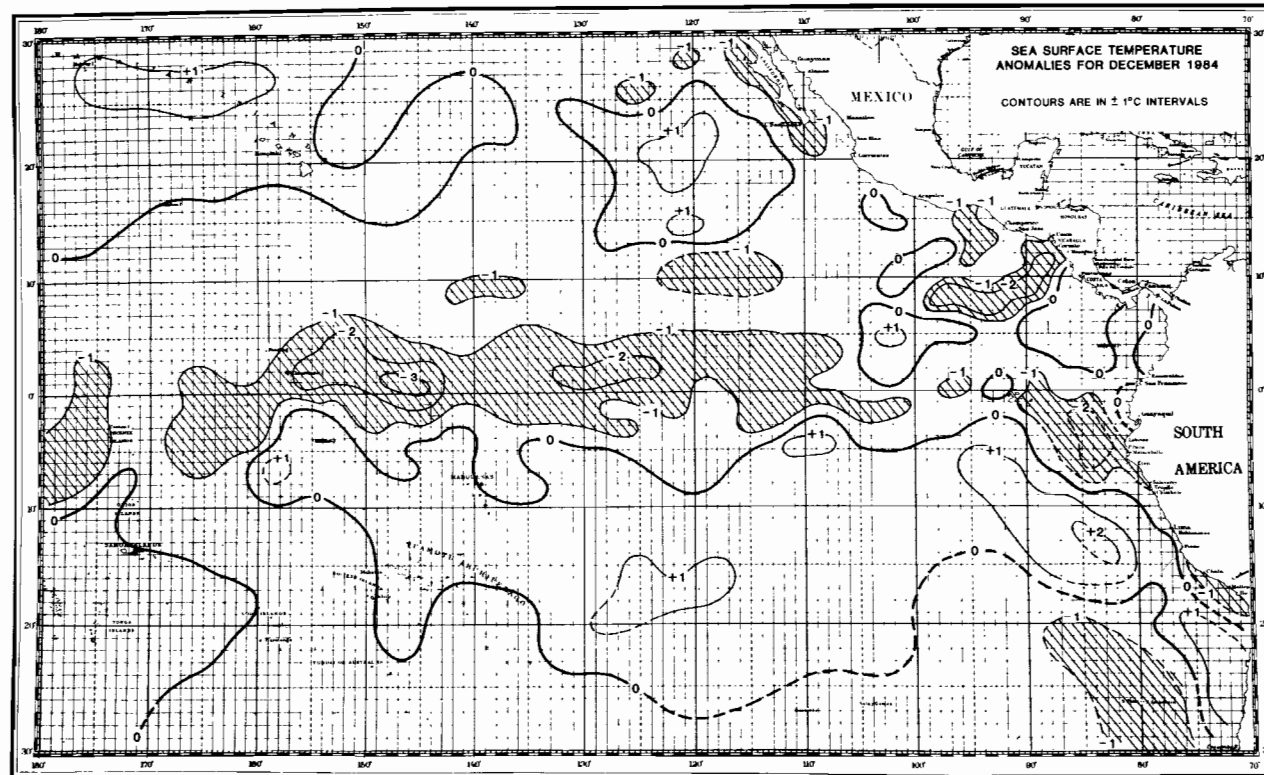


FIGURE 31. Departures of SST's from long-term normals (anomalies) for December 1984, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SST's from 1° to 3°C below normal are hatched; those with SST's more than 1°C above normal are not shaded.

FIGURA 31. Desviaciones (anomalías) de las TSM con relación a las temperaturas normales a largo plazo en diciembre de 1984, basadas en los datos de embarcaciones mercantes y pesqueras. Las zonas con TSM de 1° a 3°C inferiores a lo normal se han sombreado; aquellas con TSM de 1°C superiores a lo normal no están sombreadas.

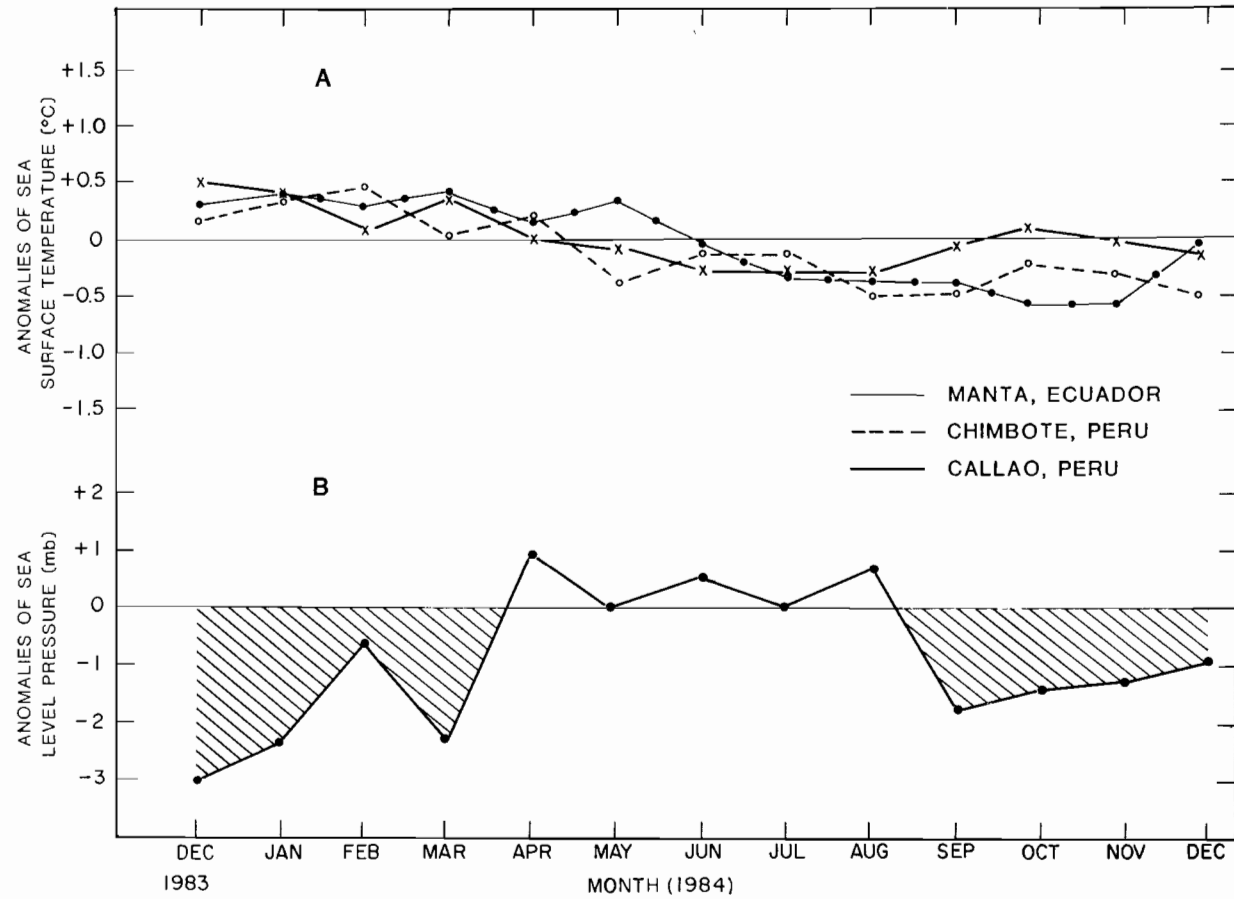


FIGURE 32. Monthly mean anomalies of SST for three South American Coastal Stations (Panel A) and mean monthly anomalies for sea-level pressure gradient (sea-level pressure difference between Juan Fernandez Island (34°S, 79°W) and San Juan, Peru (15°S, 75°W) (Panel B).

FIGURA 32. Media mensual de las anomalías de la TSM de tres estaciones costeras sudamericanas (recuadro A) y 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) (recuadro B).

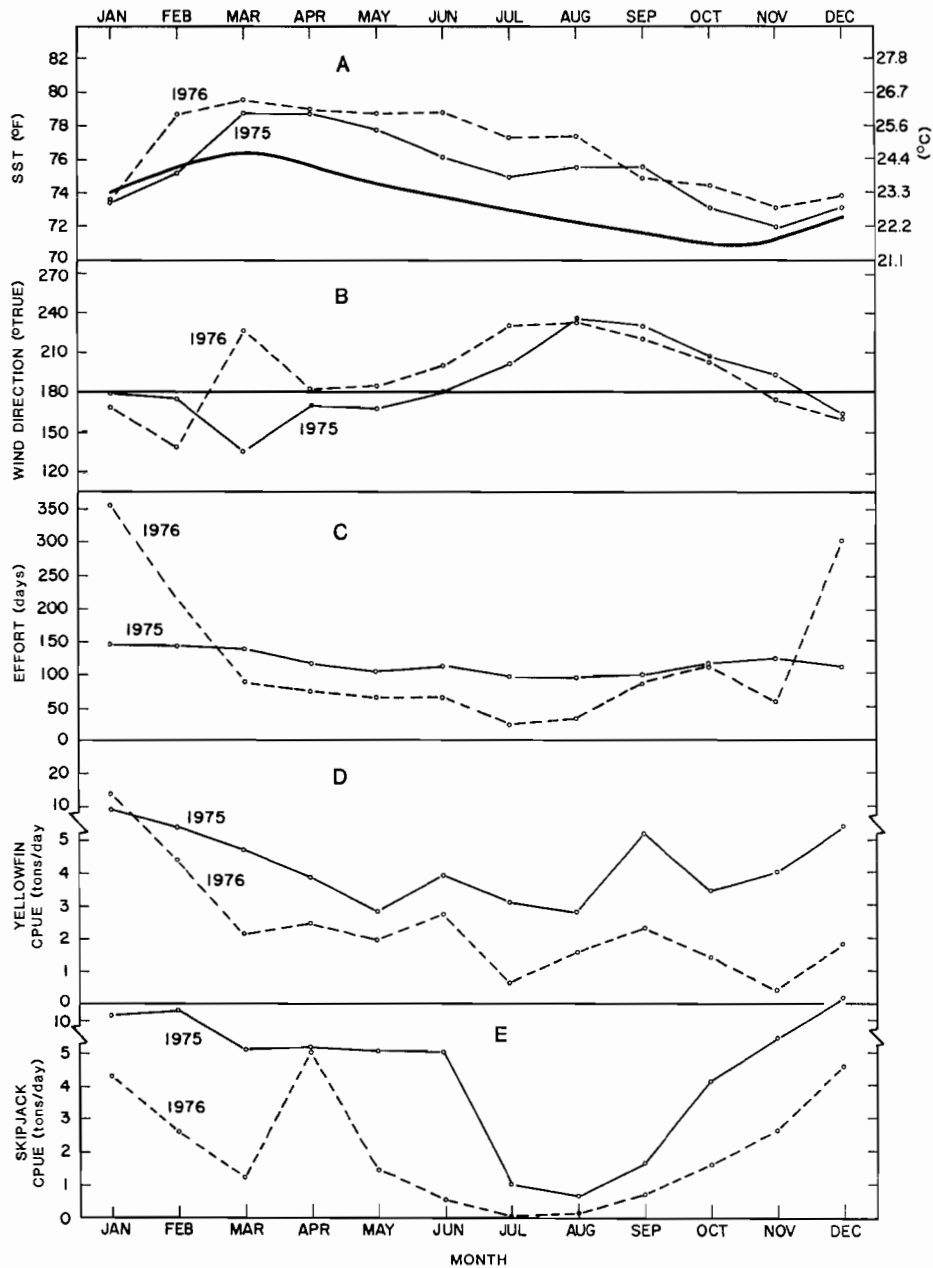


FIGURE 33. Monthly means (based on weekly values) of environmental, fishing effort, and CPUE data obtained from purse seiners which fished in the area from 0° to 5°S between 80°W and 85°W during 1975 and 1976. The heavy solid line in Panel A shows the long-term mean SST's at 3°S, 82°W.

FIGURA 33. Media mensual (basada en valores semanales) de los datos ambientales, esfuerzo de pesca y la CPUE, obtenidos de las embarcaciones cerqueras que pescaron en la zona desde los 0° a los 5°S entre los 80°W y 85°W, durante 1975 y 1976. La línea gruesa continua en el recuadro A, indica la media a largo plazo de las TSM a los 3°S, 82°W.

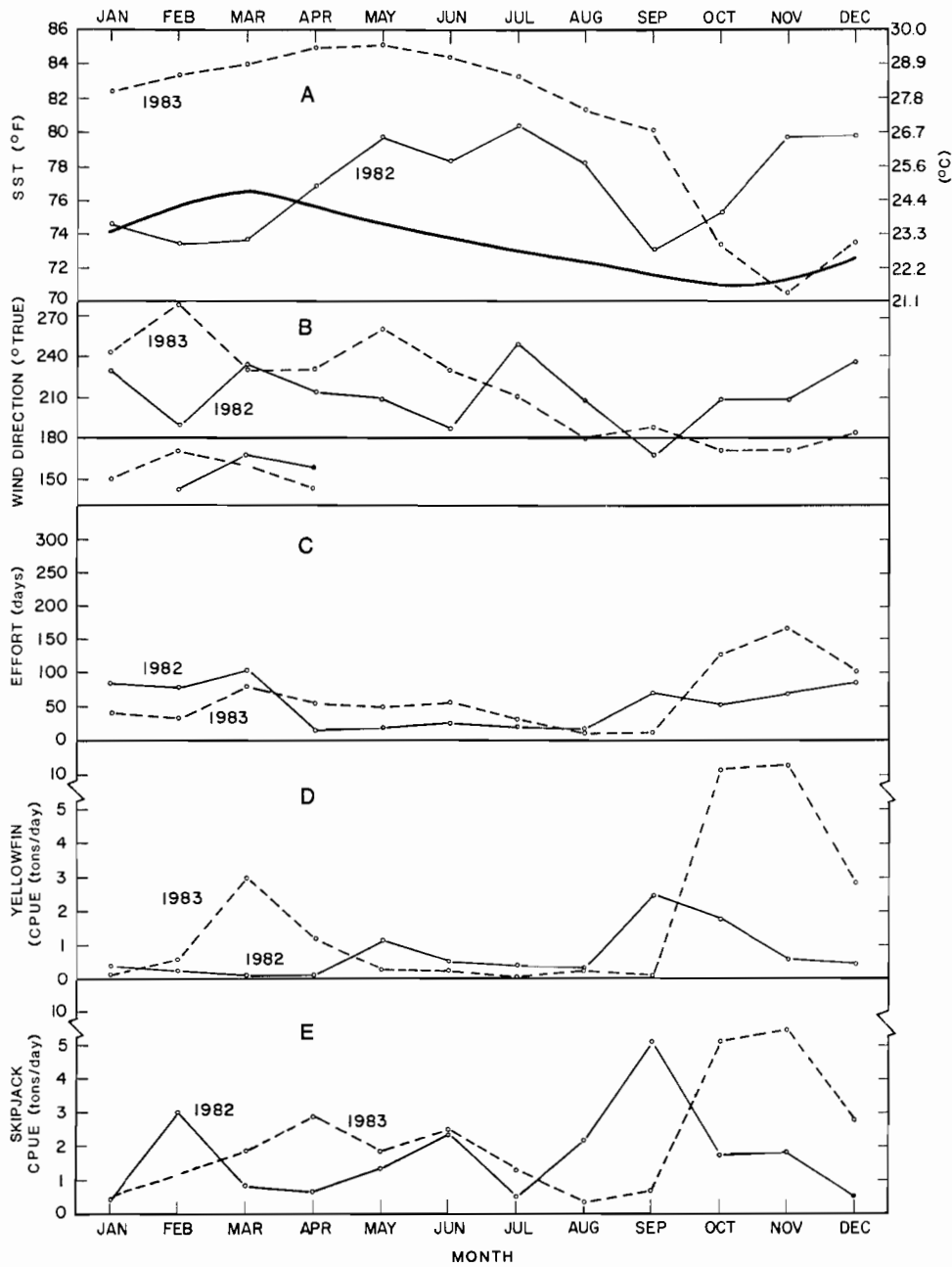


FIGURE 34. Monthly means (based on weekly values) of environmental, fishing effort, and CPUE data obtained from purse seiners which fished in the area from 0° to 5°S between 80°W and 85°W during 1982 and 1983. The heavy solid line in Panel A shows the long-term mean SST's at 3°S, 82°W.

FIGURA 34. Media mensual (basada en valores semanales) de los datos ambientales, esfuerzo de pesca y de la CPUE obtenidos de las embarcaciones cerqueras que pescaron en la zona desde los 0° a los 5°S entre los 80°W y 85°W durante 1982 y 1983. La línea gruesa continua en el recuadro A, indica la media a largo plazo de las TSM a los 3°S, 82°W.

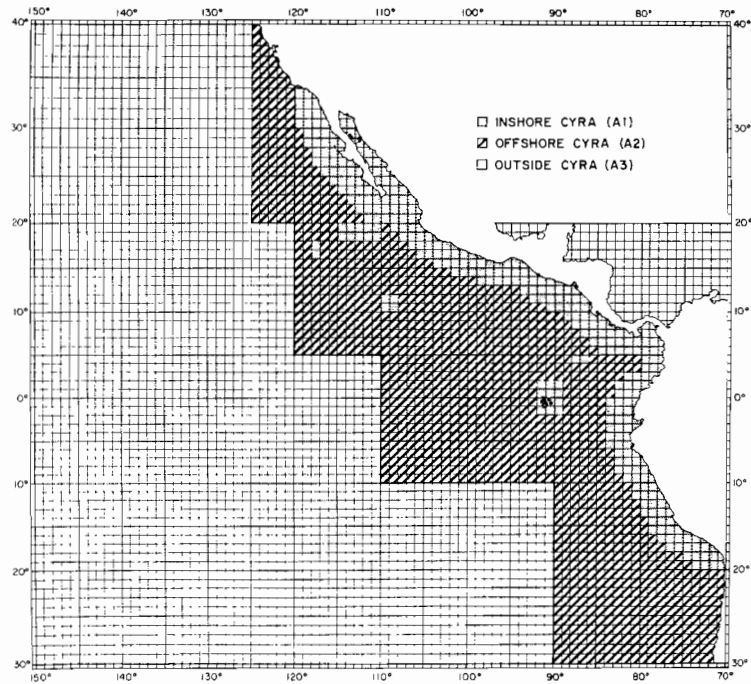


FIGURE 35. The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

FIGURA 35. El Océano Pacífico oriental, en el que se indican las zonas históricas A1, de la pesca del aleta amarilla, las zonas más recientes de pesca en el ARCAA, A2 y la zona fuera del ARCAA, A3.

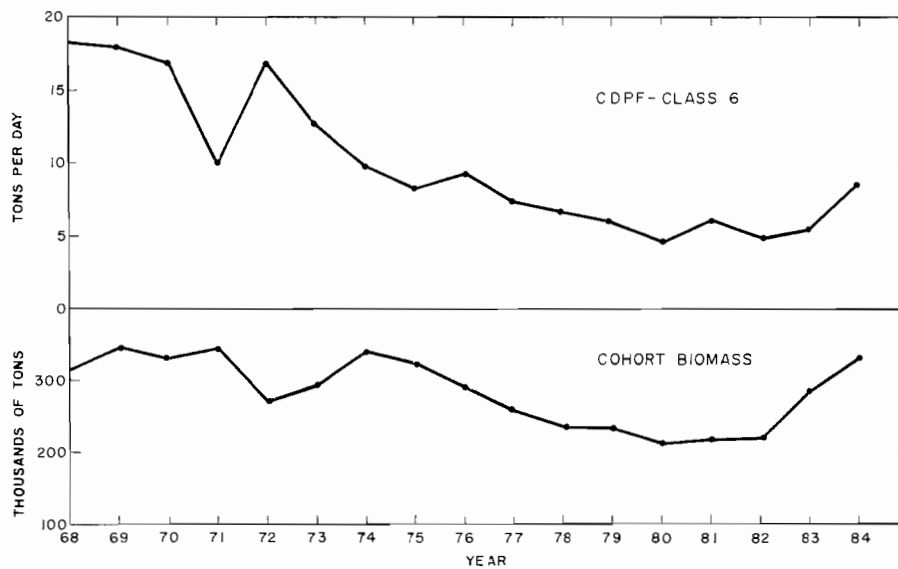


FIGURE 36. Two indices of abundance of yellowfin in the CYRA, 1968-1984.

FIGURA 36. Dos índices de la abundancia del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1984.

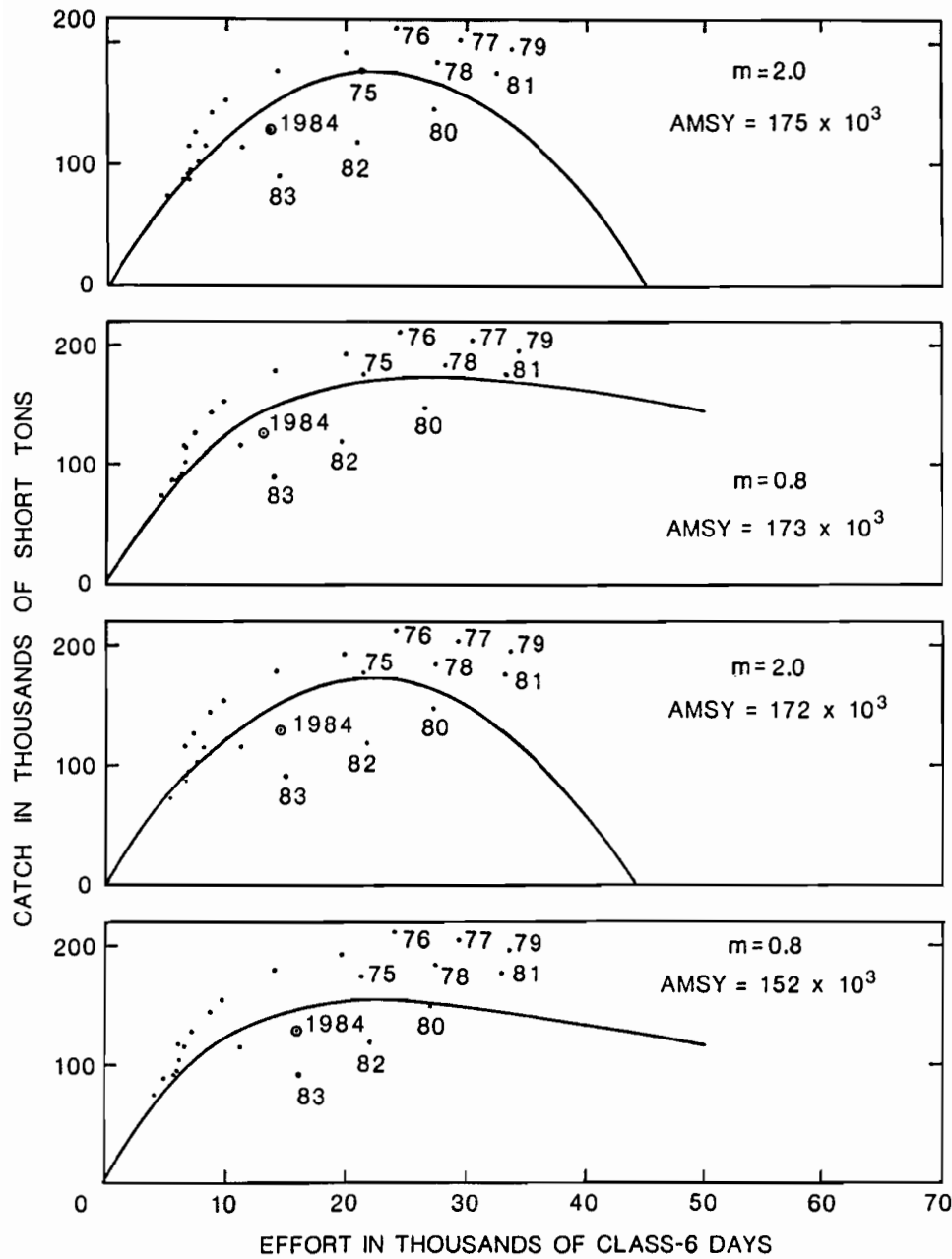


FIGURE 37. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968-1984, for the logistic (symmetrical) model and the generalized stock production (asymmetrical) model with q set at 0.000039 and q not set at any value.

FIGURA 37. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1984, para el modelo logístico (simétrico) y el modelo de producción del stock (asimétrico) dándole a q un valor de 0.000039 y no dándole a q ningún valor.

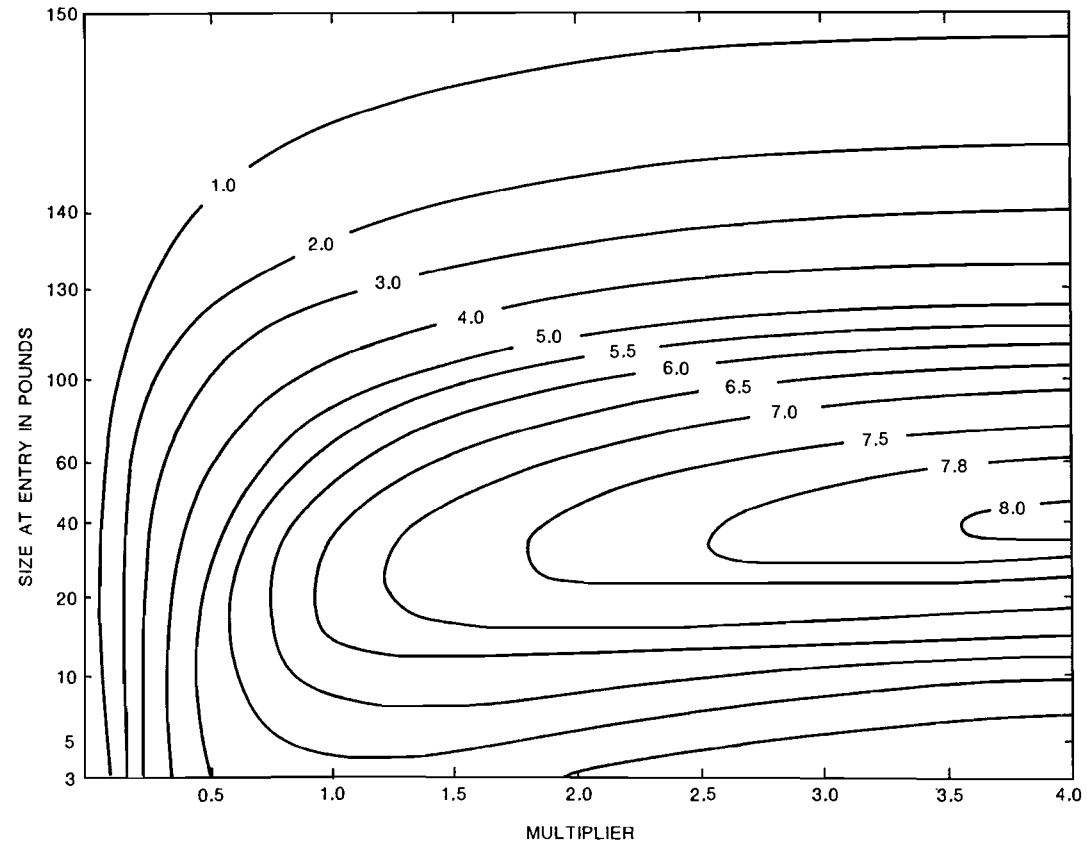


FIGURE 38. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin.

FIGURA 38. Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla.

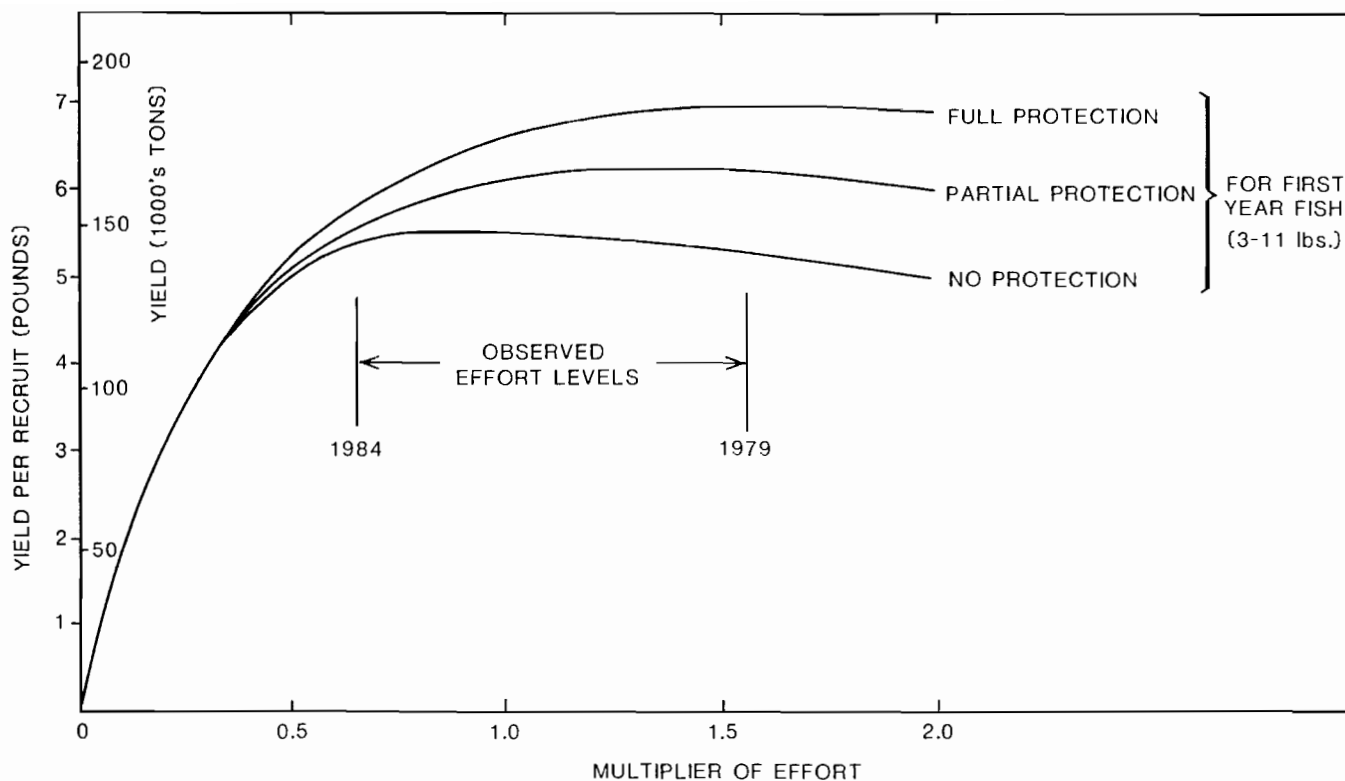


FIGURE 39. Yields per recruit of yellowfin at various multiples of fishing effort, assuming three different combinations of age-specific fishing mortality. The "full-protection" curve corresponds to the late 1960's and early 1970's, when effort was directed more toward larger fish, and the "no protection" curve corresponds to the middle and late 1970's, when the effort was directed more toward smaller fish.

FIGURA 39. 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 comienzo de los setenta, cuando se había orientado el esfuerzo más hacia los grandes peces y la curva de "no protección" corresponde más a mediados y fines de los años setenta, cuando se aplicó más esfuerzo hacia los peces más pequeños.

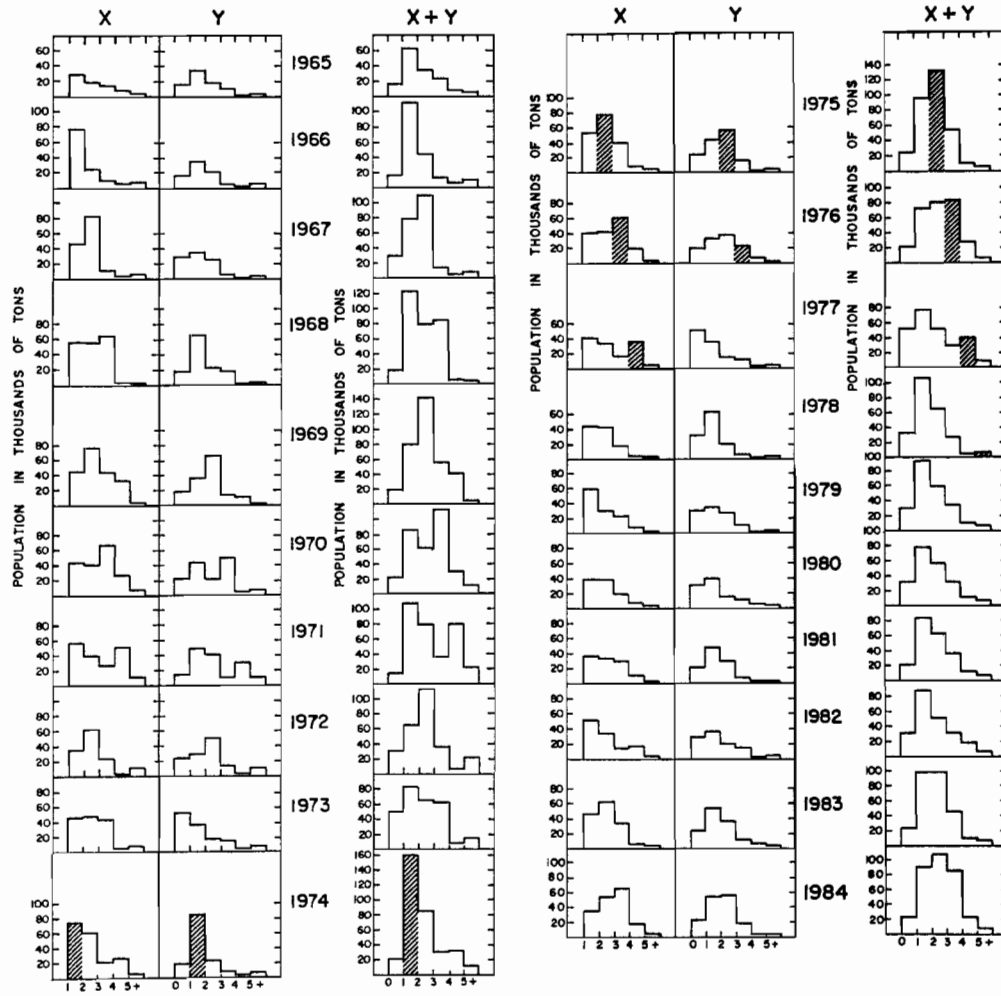


FIGURE 40. Average within-year biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1965-1984, by age groups.

FIGURA 40. Estimaciones del promedio de la biomasa en el año del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad, 1965-1984.

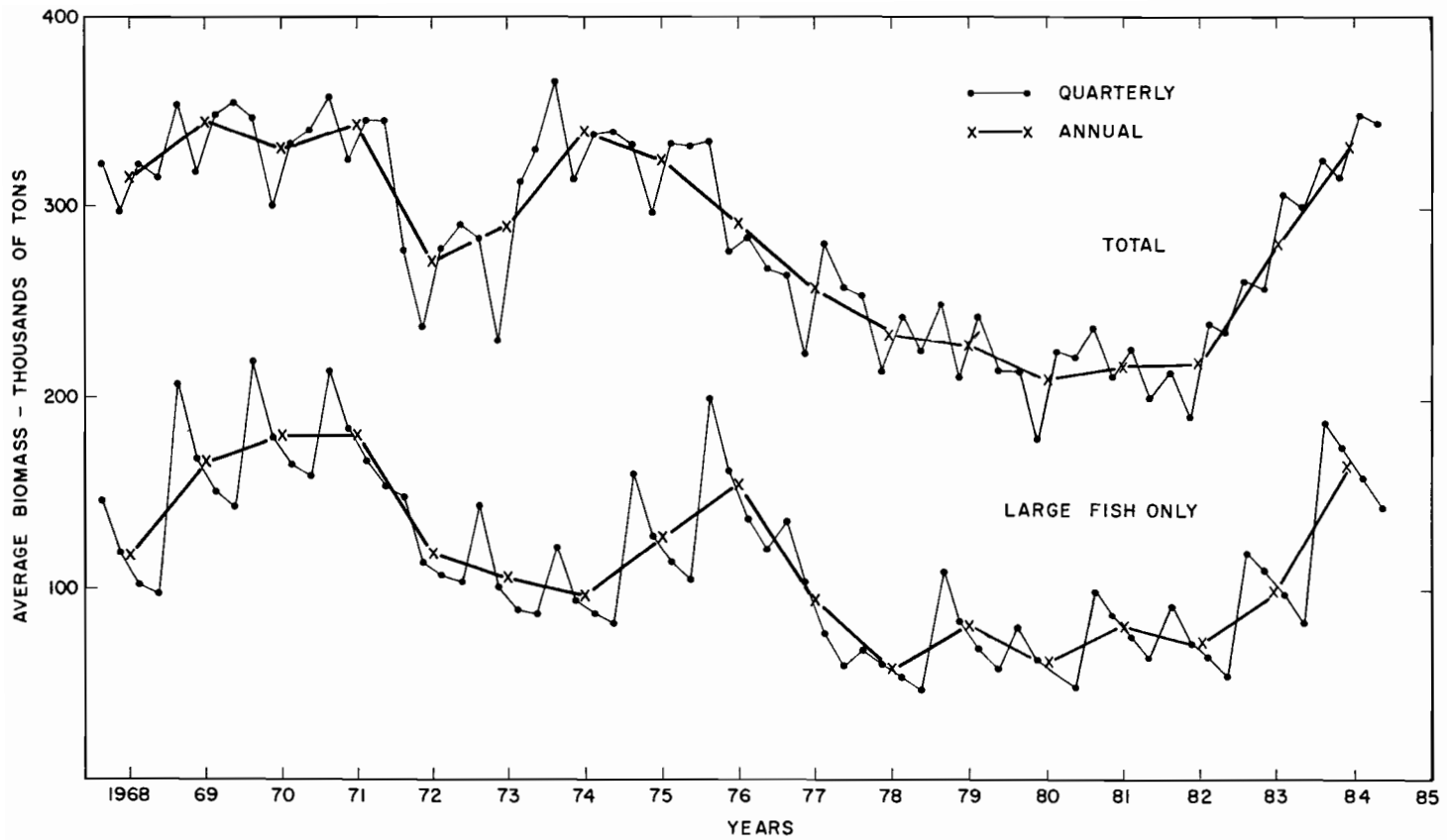


FIGURE 41. Annual and quarterly biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1968-1984, for all fish and for larger fish only.

FIGURA 41. Estimaciones de la biomasa trimestral y anual del aleta amarilla en el ARCAA, de todos los peces y solo de peces más grandes, 1968-1984.

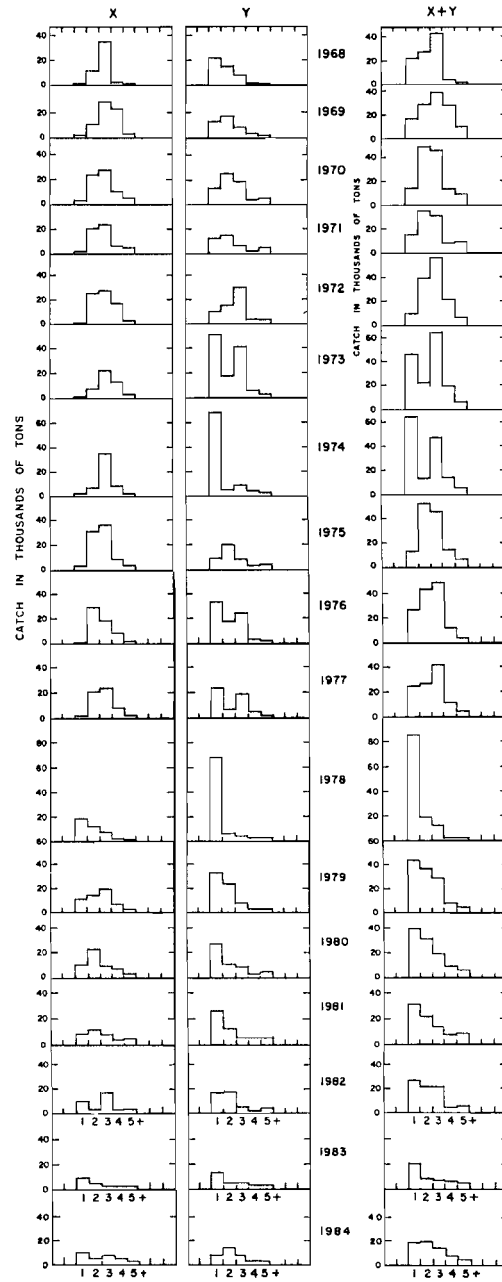


FIGURE 42. Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1984, by X and Y groups.

FIGURA 42. Capturas estimadas de las cohortes X e Y de aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad, obtenidas por embarcaciones cerqueras en los dos primeros trimestres, desde 1968 hasta 1984.

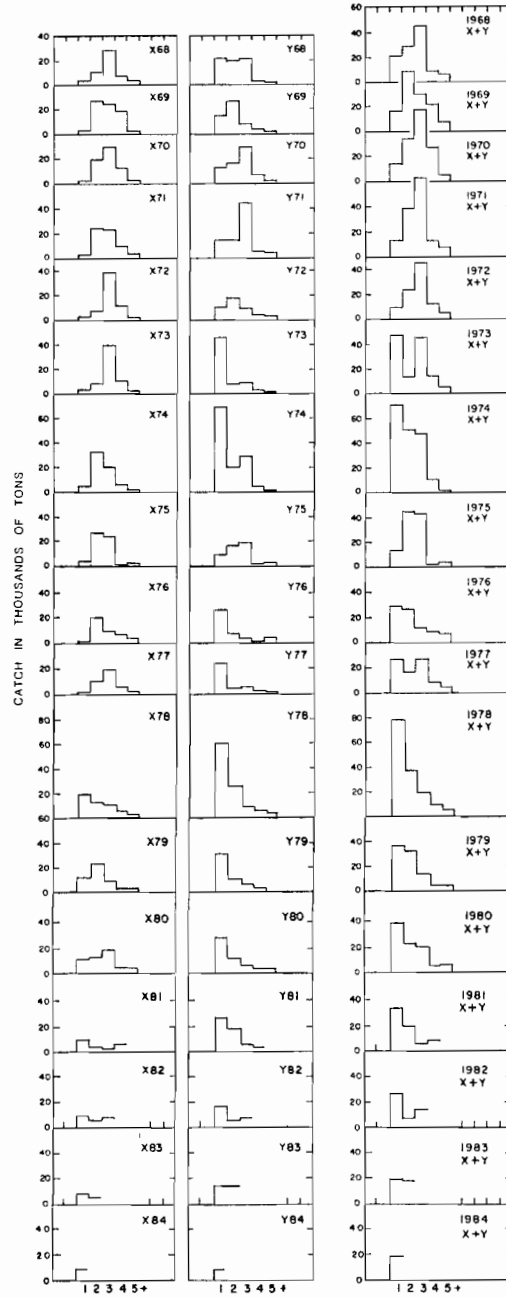


FIGURE 43. Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1984 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1984, by X and Y groups.

FIGURA 43. Capturas estimadas de las cohortes X e Y de aleta amarilla de las generaciones de 1968 a 1984, de peces de 1 a 5+ años de edad obtenidas por cerqueros durante los dos primeros trimestres de esos años.

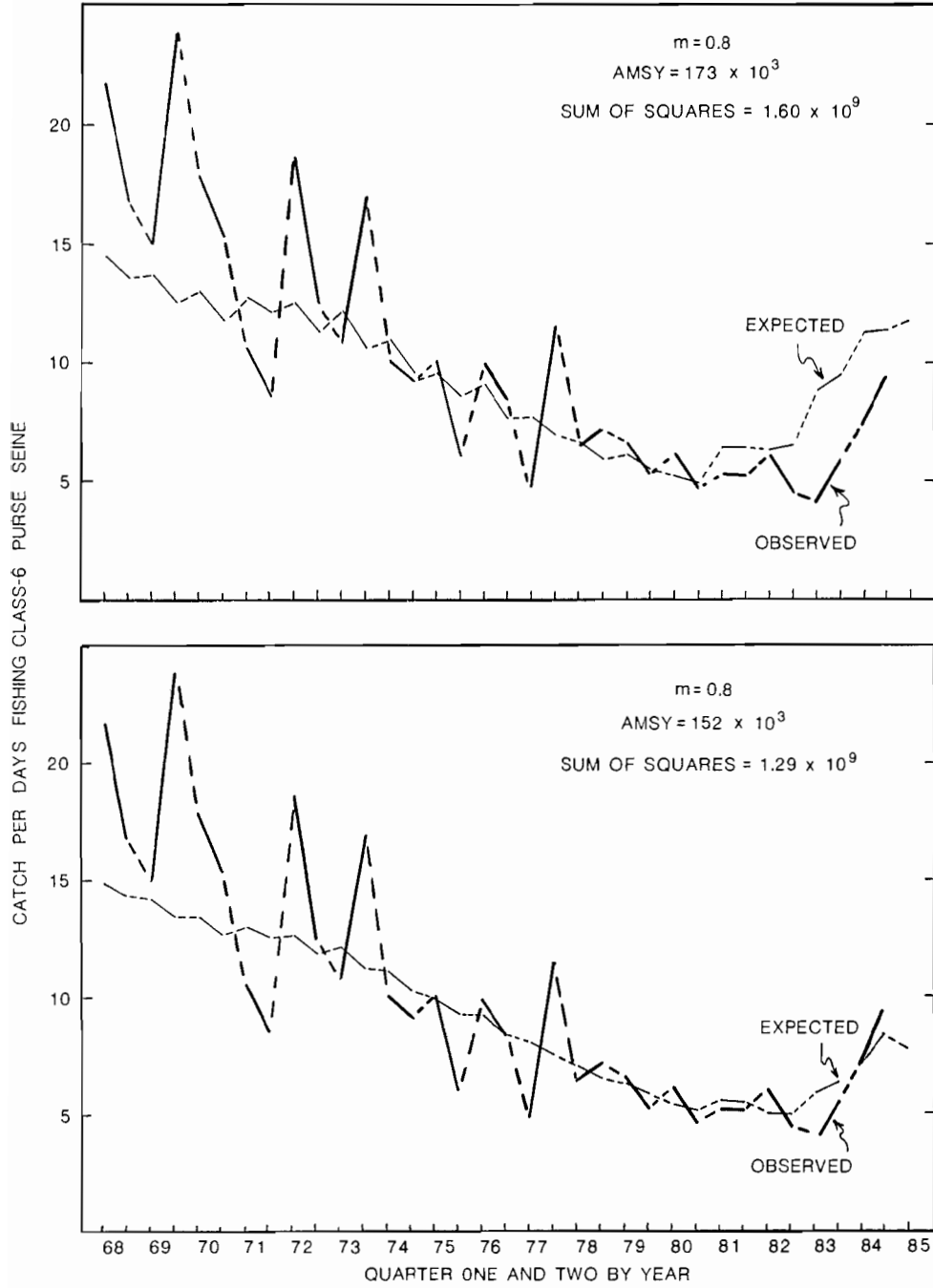


FIGURE 44. Observed and expected CPDFs of yellowfin inside the CYRA during the first and second quarters of 1968 through 1984.

FIGURA 44. CPDP esperada y observada de atún aleta amarilla en el ARCAA durante los dos primeros trimestres, 1968-1984.

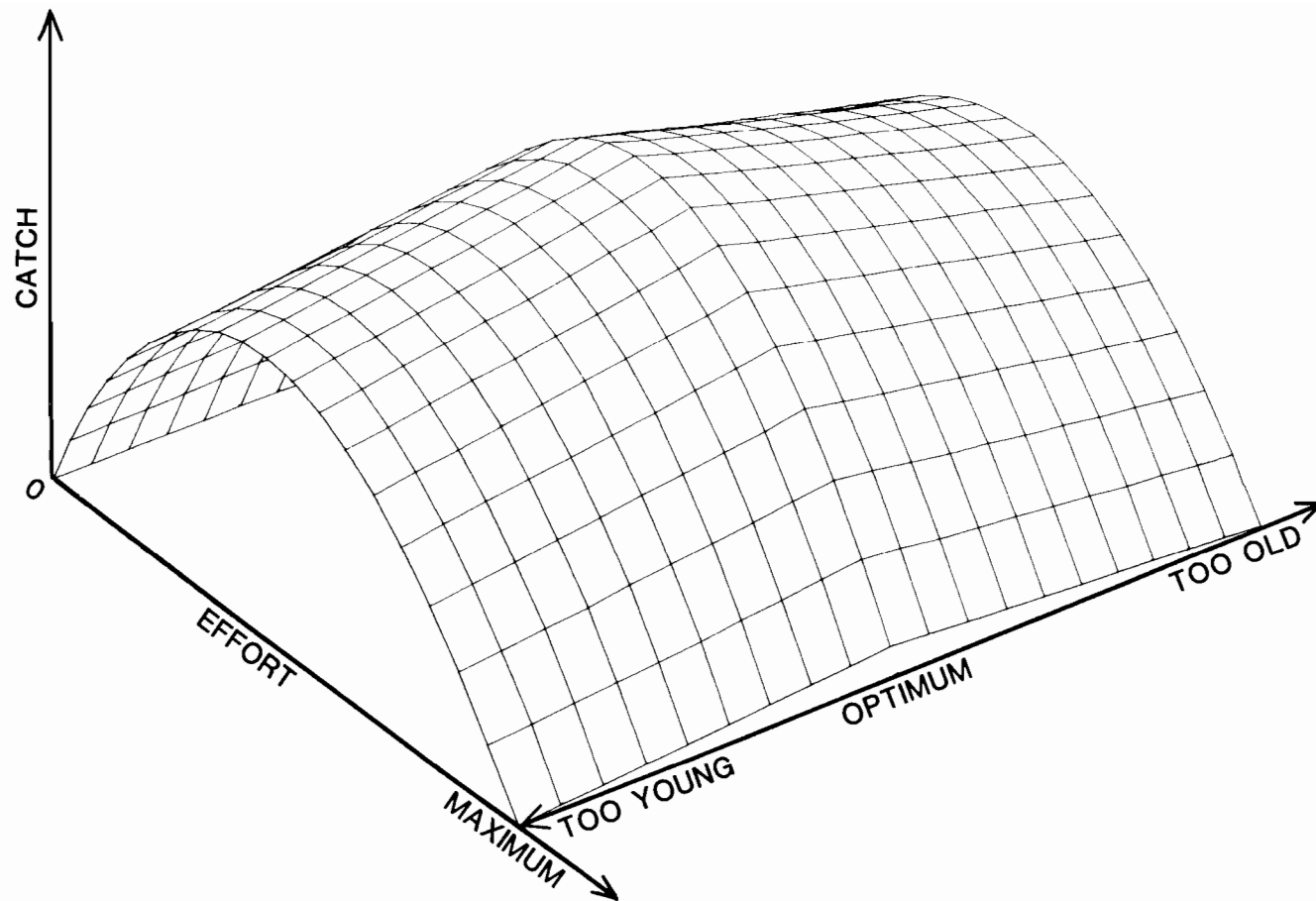


FIGURE 45. Three-dimensional representation of the relationships between productivity and fishing effort.
FIGURA 45. Representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca.

TUNA COMMISSION

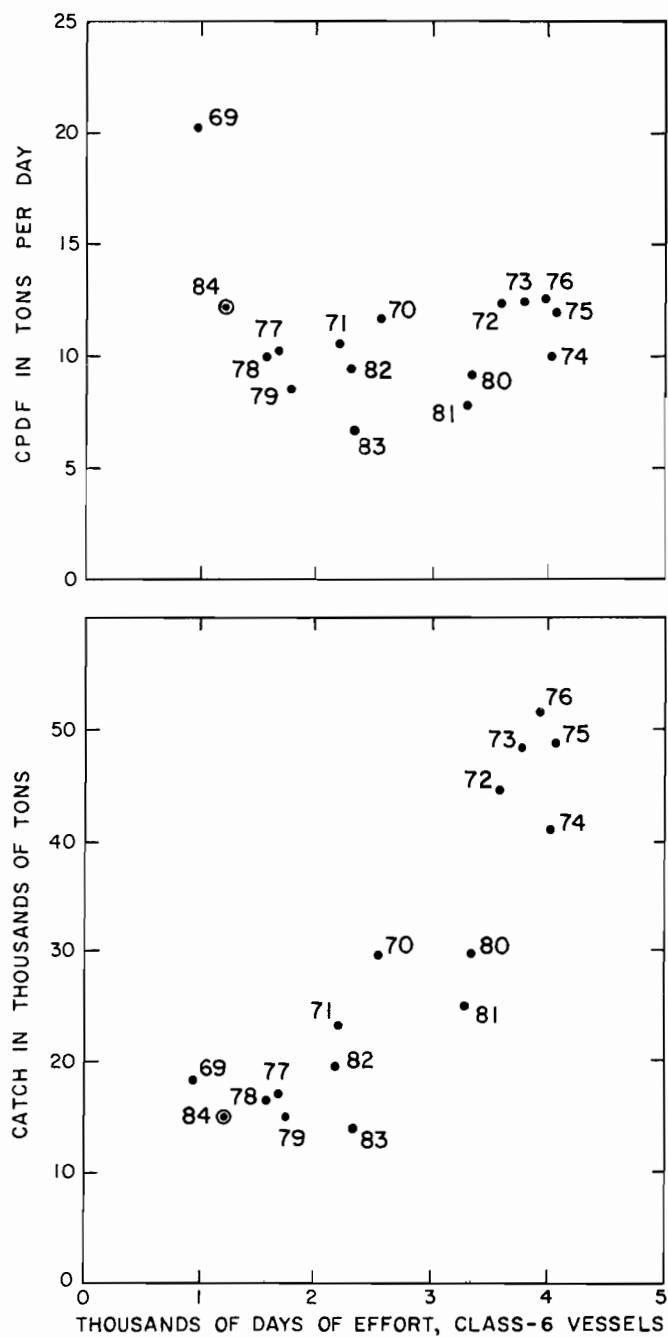


FIGURE 46. Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the areas outside the CYRA, 1969-1984.

FIGURA 46. Relación entre la CPDP y el esfuerzo (recuadro superior) y entre la captura y el esfuerzo (recuadro inferior) del aleta amarilla en las zonas fuera del ARCAA, 1969-1984.

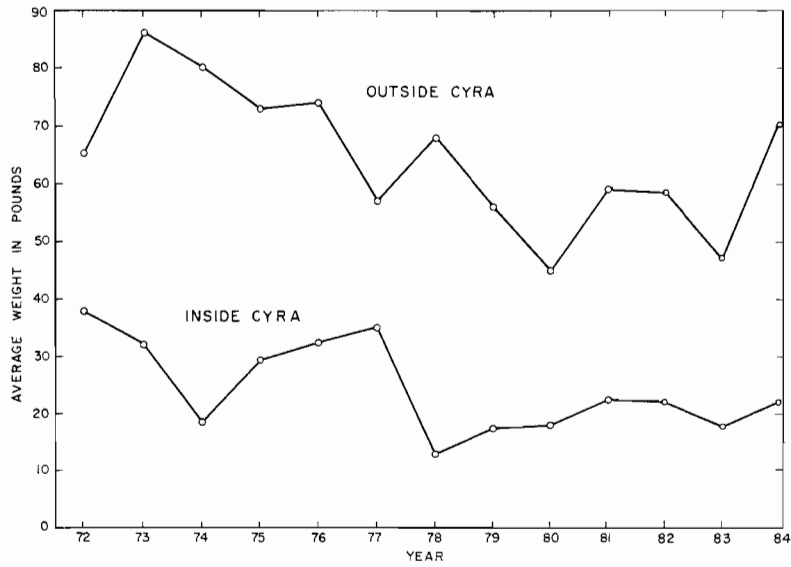


FIGURE 47. Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA, 1972-1984.

FIGURA 47. Promedio del peso del aleta amarilla capturado dentro y fuera del ARCAA, 1972-1984.

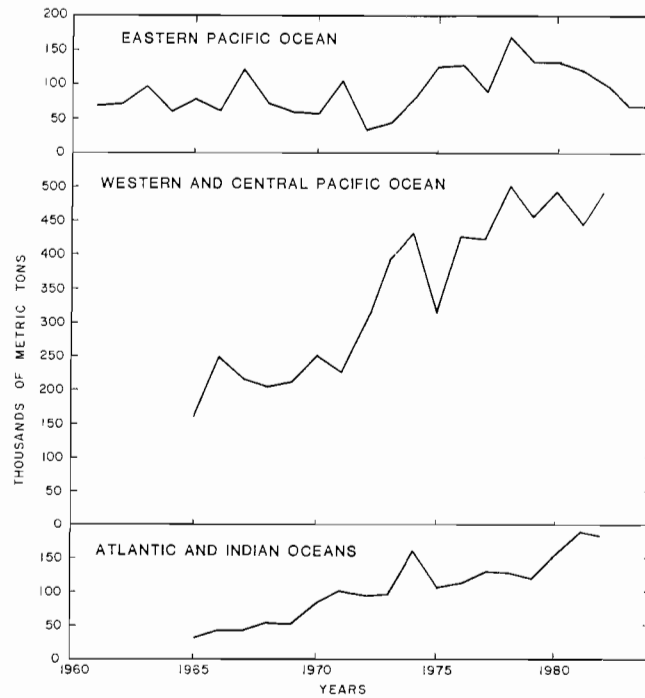


FIGURE 48. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

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

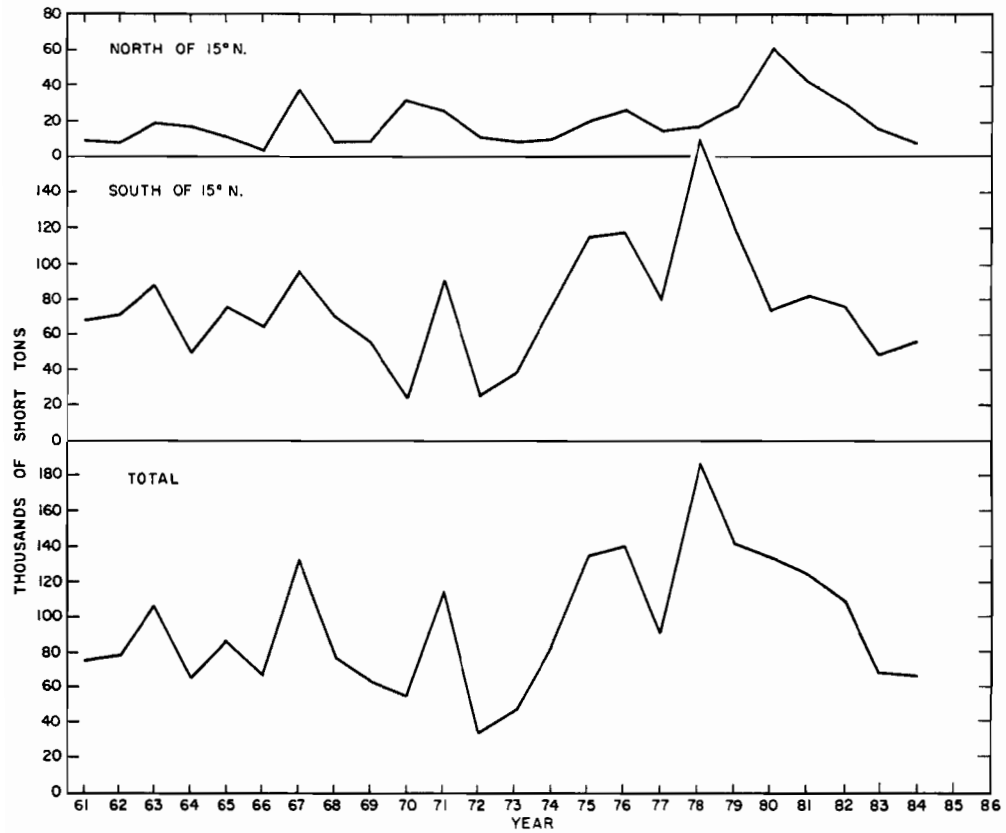


FIGURE 49. Estimated catches of skipjack north and south of 15°N, 1961-1984.

FIGURA 49. Capturas estimadas de barrilete al norte y sur de los 15°N, 1961-1984.

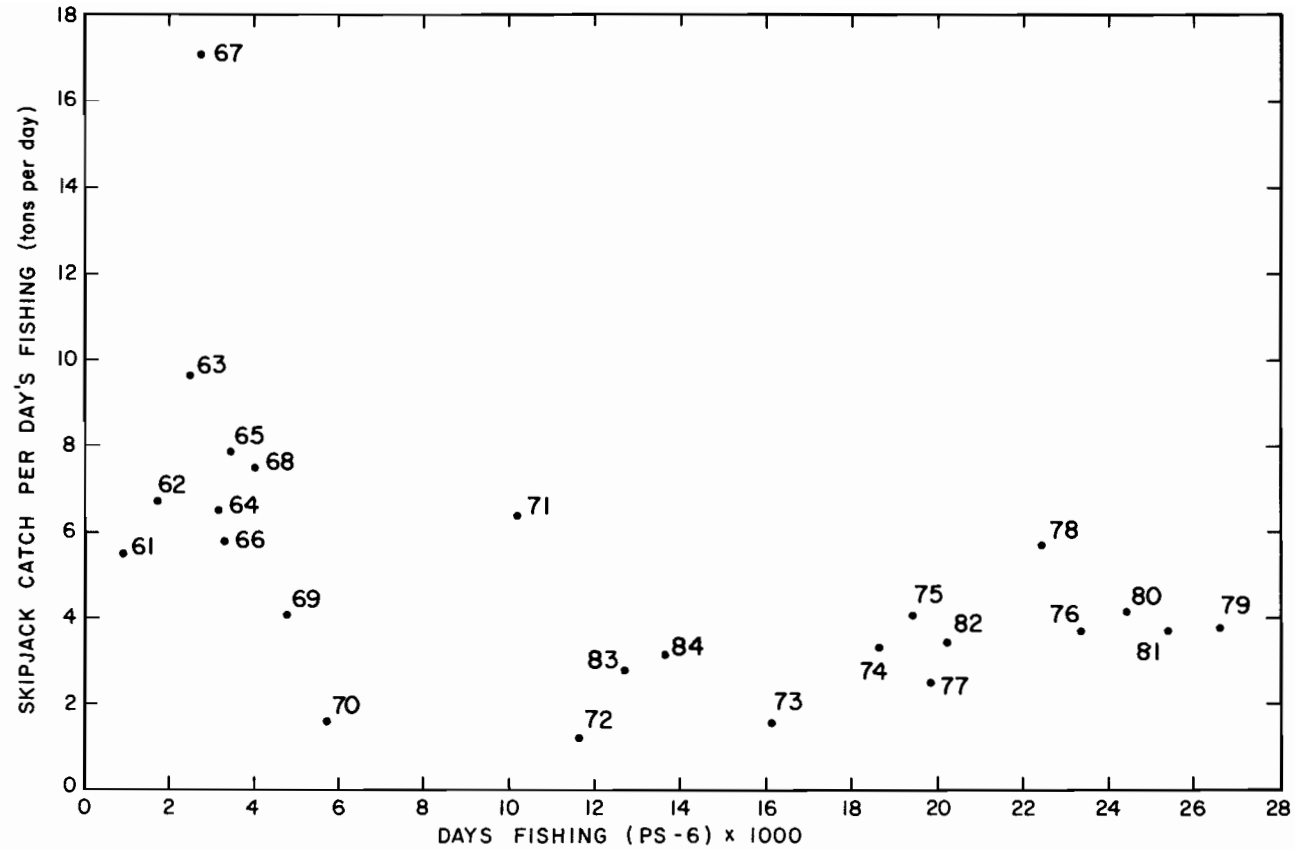


FIGURE 50. Plots of CPDF and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the eastern Pacific Ocean, using data for all 5-degree areas.
FIGURA 50. Gráficos de la CPUE y del esfuerzo (sin reglamentar y reglamentado) aplicado al barrilete en el Océano Pacífico oriental, empleando los datos de todas las zonas de 5 grados.

TUNA COMMISSION

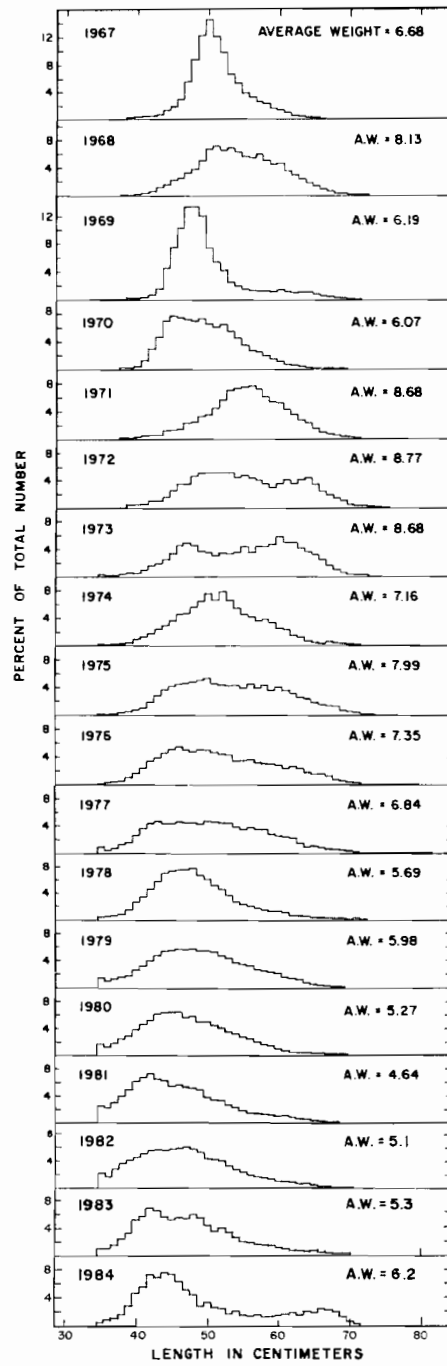


FIGURE 51. Length frequencies of skipjack caught in the eastern Pacific Ocean, 1967-1984.

FIGURA 51. Las frecuencias de talla de barriletes capturados en el Océano Pacífico oriental, 1967-1984.

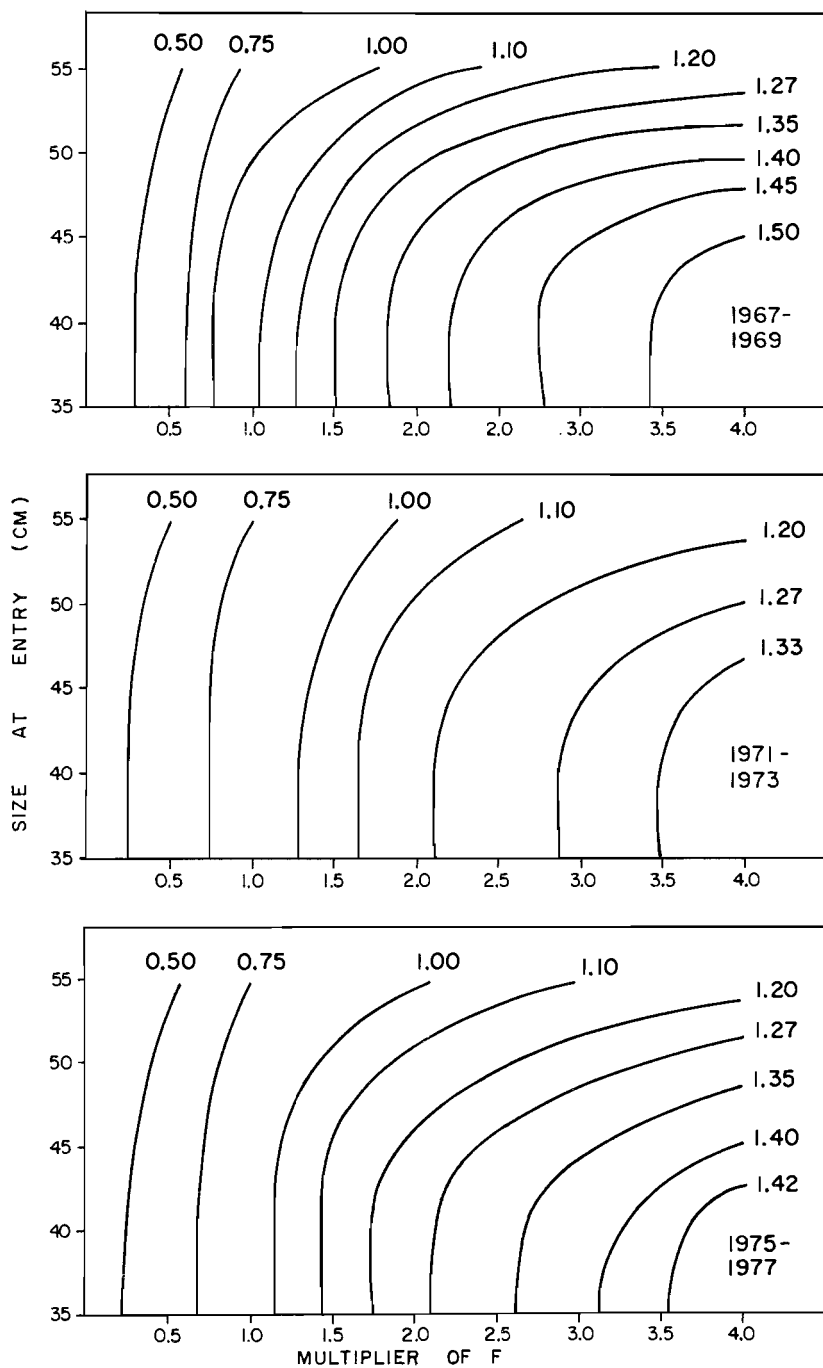


FIGURE 52. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.
FIGURA 52. Relaciones entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del barrilete.

TABLE 1. Catches (in short tons) by the eastern Pacific tuna fleet, 1961-1984 (see text on page 17 for details).

TABLE 1. Capturas (toneladas americanas) por la flota atunera del Pacífico oriental, de 1961-1984 (para detalles ver página 110 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 Año	CYRA			West of CYRA and east of 150°W Al oeste del ARCAA y al este de los 150°W			Entire eastern Pacific Ocean Todo el Océano Pacífico oriental								
	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	91513	66,669	294	0	0	0	91,513	66,669	294	17,523	4,911	2,140	10	465	183,525
1967	90,116	132,999	1,834	0	0	0	90,116	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	246,772
1968	114,500	78,331	2,821	1,207	3	0	115,707	78,334	2,821	6,587	8,772	4,955	0	138	217,314
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	175,778	134,543	3,966	47,729	2,175	108	223,507	136,718	4,104	8,097	18,561	3,642	564	305	395,498
1976	210,697	139,045	11,632	50,743	1,076	0	261,440	140,121	11,632	11,643	4,815	4,071	1,673	1,228	436,623
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	90,751	55,293	3,395	13,479	8,623	181	104,230	63,916	3,576	809	3,821	249	1,364	1,883	179,848
1984*	142,367	64,614	6,379	18,185	2,144	29	160,552	66,758	4,408	887	2,515	5,755	727	1,164	244,766

*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
	YFT	SKJ	OS	YFT	SKJ	BET	OS	Grand total Total global
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	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,915
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	421,038
1976	247	5,455	2	2,509	2,842	43	469	448,190
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	28,158	55,761	390	10,271	7,026	0	271	281,725
1984*	5,877	17,971	537	7,429	5,284	3	193	282,060

*Preliminary

*Preliminar

TABLE 2. 1984 tuna catches in the eastern Pacific Ocean by flag of vessel and country of landing.

TABLA 2. Capturas de atunes en 1984, en el Océano Pacífico oriental por barco y país de descargue.

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										
Canada									*	*
Cayman Islands									*	*
Colombia									*	*
Costa Rica	3,312	335	2	0	0	0	148	2	3,799	1.7
Ecuador	12,216	20,753	989	0	0	0	548	669	35,175	15.7
Japan	519	0	0	0	0	0	0	0	519	0.2
Mexico	56,999	10,250	501	183	727	179	3	167	69,009	30.8
Panama									*	*
Peru	156	0	0	0	0	0	0	0	156	0.1
Spain									*	*
U.S.A.	55,040	23,803	2,826	704	1,788	5,576	18	277	90,032	40.1
U.S.S.R.									*	*
Venezuela	11,315	7,790	1,954	0	0	0	0	40	21,099	9.4
Total of *	2,810	1,683	107	0	0	0	7	9	4,416	2.0
Total of CYRA	142,367	64,614	6,379	887	2,515	5,755	724	1,164	224,405	
West of CYRA, and east of 150°W (outside)										
Ecuador	47	0	0	0	0	0	0	0	47	
Mexico	2,345	536	0	0	0	0	3	0	2,884	
Panama	13	0	0	0	0	0	0	0	13	
U.S.A.	15,570	1,601	29	0	0	0	0	0	17,200	
Venezuela	210	7	0	0	0	0	0	0	217	
Total outside	18,185	2,144	29	0	0	0	3	0	20,361	
Total eastern Pacific	160,552	66,758	6,408	887	2,515	5,755	727	1,164	244,766	

* Asterisks 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.

* Los asteriscos 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-DESCARGAS										
Canada									*	*
Colombia									*	*
Costa Rica	1,051	1,205	49	0	3	0	111	2	2,421	1.1
Cuba									*	*
Ecuador	15,448	24,949	1,221	0	0	0	558	735	42,911	20.3
Italy	12,625	601	601	0	0	0	0	0	13,827	6.5
Japan	1,327	2	107	0	0	0	0	0	1,436	0.7
Mexico	15,819	7,352	281	183	727	178	0	174	64,714	25.9
Panama	1,227	131	764	37	0	79	0	0	2,238	1.1
Peru	156	0	0	0	0	0	0	0	156	0.0
Spain	2,680	3,050	319	0	0	0	0	0	6,049	2.9
U.S.A.	42,138	21,426	1,986	667	1,785	5,495	0	219	73,716	34.9
Venezuela	6,786	5,363	129	0	0	0	4	40	12,322	5.8
Total of *	849	808	0	0	0	0	10	0	1,667	0.8
Total of CYRA	130,106	64,887	5,457	887	2,515	5,752	683	1,170	211,457	
West of CYRA, and east of 150°W (outside)										
Canada	3	0	0	0	0	0	0	0	3	
Costa Rica	670	255	0	0	0	0	3	0	928	
Italy	5,193	0	0	0	0	0	0	0	5,193	
Mexico	625	323	0	0	0	0	0	0	948	
Panama	86	0	0	0	0	0	0	0	86	
Spain	333	28	0	0	0	0	0	0	361	
U.S.A.	11,164	1,579	29	0	0	0	0	0	12,772	
Venezuela	34	0	0	0	0	0	0	0	34	
Total outside	18,108	2,185	29	0	0	3	0	20,325		
Total eastern Pacific	148,214	67,072	5,486	887	2,515	5,752	686	1,170	231,782	

* Asterisks 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.

* Los asteriscos 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. 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 1984 and the change in capacity from the previous year.

TABLA 3. El número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1984 y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior.

Year Año	Number of vessels Número de embarcaciones	Capacity Capacidad	Change in capacity Cambio en la capacidad
1965	279	48,637	
1966	248	46,255	- 2,382
1967	238	46,253	- 2
1968	234	56,480	+ 10,277
1969	264	63,656	+ 7,176
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
1984	214	116,362	- 25,317

TABLE 4. Number and carrying capacity (short tons) of fishing vessels (exclusive of longliners) operating in the eastern Pacific Ocean by flag, gear, and size class in 1984.

TABLA 4. Número y capacidad de acarreo (toneladas americanas) de las embarcaciones pesqueras (excluyendo la pesca palangrera) que maniobraron en 1984, 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		
Canada	Seiner				1			1	*
Cayman Islands	Seiner							2	2,380
Costa Rica	Seiner			1				1	1,315
Ecuador	Seiner		5	10	5	2	4	26	6,155
	Baitboat	8		1				9	347
Mexico	Seiner		1	1	1	2	42	47	41,110
	Baitboat		1	6				7	900
Panama	Seiner						1	1	*
Spain	Seiner						1	1	*
U.S.A.	Seiner	3	21	4	2	1	42	73	46,248
	Baitboat	8	13	2	1			24	1,808
	Jigboat	8	1					9	232
U.S.S.R	Seiner					1		1	*
Venezuela	Seiner						11	11	13,066
Total of *									2,801
All flags	Seiner	3	27	16	9	6	104	165	113,075
	Baitboat	16	14	9	1			40	3,055
	Jigboat	8	1					9	232
Total all gear		27	42	25	10	6	104	214	116,362
Capacity of vessels by size class Capacidad de las embarcaciones por clase de arqueo									
	Gear Arte	1	2	3	4	5	6		Total
	Seiner	113	2,247	2,136	2,113	2,279	104,187		113,075
	Baitboat	500	1,040	1,275	240				3,055
	Jigboat	177	55						232
Total		790	3,342	3,411	2,353	2,279	104,187		116,362

* Asterisks 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.

* Los asteriscos 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 5. Catch per ton of carrying capacity by vessel size class for the international eastern Pacific Ocean purse seine fleet, 1974-1984.**TABLA 5.** Captura por tonelada de capacidad de acarreo por clase de arqueo de las embarcaciones cerqueras que forman la flota internacional del Océano Pacífico oriental, 1974-1984.

Year Año	Species Especies	Size class—Clase de arqueo								All Todas
		3	4	5	6	7	8	9	10	
1974	YFT	2.05	1.96	1.85	1.75	2.10	1.43	1.74	1.14	1.65
	SKF	.58	.78	.63	.72	.55	0.64	.73	.96	.74
	Other	1.53	.51	.39	.14	.90	.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	2.93	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	.57	.55	.24	.11	.10	.10	.07	.16
	All	3.02	3.35	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	.59	.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	1.02	1.08	.84	.98
	SKJ	1.78	2.08	.88	.47	.39	.49	.96	.88	.86
	Other	.57	.38	.13	.05	.02	.03	.04	.03	.05
	All	3.47	4.22	2.04	1.20	1.14	1.54	2.08	1.75	1.89
1984*	YFT	1.77	3.11	1.94	1.18	1.66	1.55	1.66	.95	1.52
	SKJ	2.43	2.51	1.56	.68	.61	.55	.78	.56	.76
	Other	1.09	.34	.44	.17	.08	.08	.08	.06	.11
	All	5.29	5.96	3.94	2.03	2.35	2.18	2.52	1.57	2.39

* Preliminary—Preliminar

TABLE 6. Analysis of variance for the standardization of yellowfin catch rates.**TABLA 6.** 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	14	744.4	53.2	38.2
Fishing mode Moda de pesca	2	212.5	106.3	76.3
Capacity Capacidad	2	10.5	5.3	3.8
Quarter of year Trimestre	3	30.7	10.2	7.4
Aerial assistance on board Ayuda aérea a bordo	1	23.2	23.2	16.7
Latitude Latitud	2	91.7	45.8	32.9
Vessel speed Velocidad del barco	1	87.7	87.7	63.0
Sea-surface temperature north of 20°N Temperatura de la superficie del mar al norte 20°N	1	33.1	33.1	23.8
Sea-surface temperature south of equator Temperatura de la superficie del mar al sur del ecuador	1	34.6	34.6	24.8
Fishing mode and capacity interaction Interacción de la moda de pesca y capacidad	4	98.7	24.7	17.7
Fishing mode and quarter interaction Interacción de la moda de pesca y trimestre	6	26.4	4.4	3.2
Fishing mode and latitude interaction Interacción de la moda de pesca y latitud	4	27.1	6.8	4.9
Residual	15,493	21,571.5	1.4	

TABLE 7. Recaptures of tagged skipjack from Cruise 1082 during the October 7–December 15, 1976, period.**TABLA 7.** Recapturas de barriletes marcados durante el Crucero 1082, realizado durante el período del 7 de octubre al 15 de diciembre de 1976.

Tagged fish - Peces marcados			
Date of recapture Fecha de recaptura	Actual Actual	Adjusted for effort Ajustado por el esfuerzo	Adjusted for catch Ajustado por la captura
Oct. 7-11	857	620	378
12-16	911	623	365
17-21	761	553	608
22-26	614	558	1073
27-31	517	537	724
Nov. 1-5	580	728	596
6-10	347	469	419
11-15	93	177	146
16-20	32	74	97
21-25	25	44	59
26-30	10	19	36
Dec. 1-5	111	355	285
6-10	10	39	34
11-15	23	96	73

TABLE 8. Bluefin mixing (estimates of immigration)***TABLA 8.** Atún aleta azul mezclado (estimaciones de desplazamiento)*

Size Generación	Location of fishery Localidad de pesca	Number in sample Cantidad en la muestra	Area of origin Zona de origen	
			E. Atlantic (Med) % Atlántico E. (Med) %	W. Atlantic (Gulf of Mexico) % Atlántico O. (Golfo de México) %
Juveniles (school fish) Juveniles (cardúmenes)				
	Eastern Atlantic (1980)	88	100	0.0
	Mediterranean (1982)	36	100	0.0
	Western Atlantic (1980)	95	*5.3	94.7
Adults (giants) Adultos (gigantes)				
First comparison 1ra comparación				
	Western Atlantic (1980)	71	*12.7	87.2
	Eastern Atlantic (1982)			
	Gibraltar	53	88.7	*11.3
	Mediterranean	52	86.5	*13.5
	Total	105	87.6	*12.4
Second comparison 2da comparación				
	Western Atlantic (1982)	91	*9.9	90.1
	Eastern Atlantic (1983)			
	Gibraltar	94	96.8	*3.2
	Mediterranean	96	97.9	*2.1
	Total	190	97.4	*2.6

TABLE 9. Lengths used to assign skipjack from the eastern Pacific to age groups (age 0+, <12 months; age 1+, 12-24 months; age 2+, >24 months) by quarters of the year according to three rates of linear growth, and the von Bertalanffy (vB) growth function with $L_{\infty} = 86$ cm and $K = 0.79$ on an annual basis.

TABLA 9. Longitudes de horquilla usadas para asignar a los barriletes del Pacífico oriental los grupos de edad (edad 0+, <12 meses; edad 1+, 12-24 meses; edad 2+, >24 meses) por trimestres del año, de acuerdo a los tres índices de crecimiento lineal y a la función de crecimiento de von Bertalanffy (vB) con $L_{\infty} = 86$ cm y $K = 0.79$, sobre una base anual.

Growth rate	Quarter	0+ (cm)	1+ (cm)	2+ (cm)
Índice de crecimiento	Trimestre	0+ (cm)	1+ (cm)	2+ (cm)
17 cm/yr cm/año	1	<37	37-53	>53
	2	<41	41-57	>57
	3	<46	46-62	>62
	4	<50	50-66	>66
24 cm/yr cm/año	1	<31	31-54	>54
	2	<37	37-60	>60
	3	<43	43-66	>66
	4	<49	49-72	>72
32 cm/yr cm/año	1	<24	24-55	>55
	2	<32	32-63	>63
	3	<40	40-71	>71
	4	<48	48-79	>79
vB	1	<15	15-53	>53
	2	<30	30-60	>60
	3	<41	41-65	>65
	4	<50	50-69	>69

TABLE 10. Estimates of the parameters of the von Bertalanffy growth equation for northern bluefin in the Pacific Ocean, as determined from the tagging data discussed in this report (top panel) and previous studies (bottom panel).

TABLA 10. Estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy del atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico, según fueron determinados por los datos del mercado examinados en este informe (recuadro superior) y por estudios anteriores (recuadro inferior).

Data Datos	Number Cantidad	K K	Var (K) Var (K)	l_{∞} l_{∞}	Var (l_{∞}) Var (l_{∞})
all, ungrouped todos, sin agrupar	384 fish	0.671	0.0017	117	110
all, grouped todos, agrupados	84 groups	0.211	0.0015	219	6.504
all except 19 fish which made transoceanic migrations, grouped todos excepto 19 peces que realizaron migraciones transocéanicas, agrupados	80 groups	0.246	0.0019	201	4.687
length frequencies, western Pacific frecuencias de talla, Pacífico occidental	4,156 fish	0.175		300	
scales, western Pacific escamas, Pacífico occidental	97 fish	0.103		320	
scales, eastern Pacific escamas, Pacífico oriental	2,743 fish	0.120		295	

TABLE 11. Percent maturity of female black skipjack by length class and study areas.

TABLA 11. Porcentaje de madurez de hembras de barrilete negro por clase de longitud y zona de estudio.

Length class (mm) Clase longitud (mm)	Area 1		Area 2		Area 3	
	n	% mature	n	% mature	n	% mature
	C	% madurez	C	% madurez	C	% madurez
360-379			4	0	2	0
380-399	15	0	9	0	5	0
400-419	41	0	13	7.7	15	6.7
420-439	13	7.7	21	20.3	31	25.8
440-459	14	21.4	44	29.0	51	33.3
460-479	19	31.6	29	49.5	32	68.8
480-499	43	46.5	44	69.1	39	84.6
500-519	23	60.9	51	82.5	57	93.0
520-539	29	72.4	73	95.8	65	95.4
540-559	23	95.7	45	100	92	100
560-579	40	100	15	100	89	100
580-599	53	100	7	100	72	100
600-619	29	100	2	100	43	100
620-639	2	100			27	100
640-659					10	100
660-679					4	100
TOTALS	344		357		634	

TABLE 12. Kill per set and number of sets by season and latitude interval (both data bases, 1980-1982).
TABLA 12. Mortalidad por lance y cantidad de lances por temporada e intervalo de latitud (ambas bases de datos, 1980-1982).

Latitudes	Nov.-Jan.	Feb.-Apr.	May-Jul.	Aug.-Oct.
Latitud	Nov.-En.	Feb.-Abr.	Mayo-Jul.	Ag-Oct.
Offshore spotted dolphin—Delfin manchado de altura				
21-24N	0.00/1	-	0.00/2	-
18-21N	0.38/21	0.62/8	0.50/20	0.22/27
15-18N	0.41/27	0.85/105	0.33/54	0.19/54
12-15N	0.35/79	0.52/522	0.68/147	0.44/168
9-12N	0.78/167	0.84/185	0.85/376	0.76/325
6- 9N	0.99/134	1.91/118	1.57/328	0.63/123
3- 6N	1.12/52	3.90/50	0.85/34	1.06/32
0- 3N	4.33/54	4.80/41	3.00/11	0.89/19
0- 3S	3.22/40	9.33/18	1.50/2	-
3- 6S	7.89/57	15.00/10	3.00/1	0.00/1
6- 9S	12.93/28	0.50/2	-	0.00/4
9-12S	8.45/42	0.53/30	-	0.20/5
12-15S	10.00/1	-	-	-
All latitudes	2.71/703	1.35/1089	1.06/975	0.61/758
Eastern spinner dolphin—Delfin tornillo oriental				
24-27N	-	-	0.00/1	-
21-24N	-	-	0.0/1	-
18-21N	1.50/2	0.00/1	-	5.33/3
15-18N	5.00/5	1.40/5	9.50/4	0.76/17
12-15N	1.27/30	2.00/124	0.70/27	1.73/26
9-12N	0.70/54	1.21/62	1.24/49	0.47/58
6- 9N	0.00/4	0.00/6	0.09/11	0.00/4
3- 6N	1.00/5	2.50/6	0.00/2	-
0- 3N	0.00/2	0.00/1	-	0.00/1
All latitudes	1.07/102	1.68/205	1.25/95	0.93/109
Whitebelly spinner dolphin—Delfin tornillo panza blanca				
18-21N	-	-	0.00/1	-
15-18N	0.33/3	0.00/1	0.50/2	0.33/3
12-15N	1.75/4	2.61/28	0.50/10	0.75/8
9-12N	0.57/35	1.14/21	0.40/177	0.75/119
6- 9N	0.18/17	0.50/14	1.07/149	0.19/16
3- 6N	1.23/13	2.37/8	0.95/19	-
0- 3N	1.80/15	0.29/7	1.00/7	-
0- 3S	2.86/22	4.00/8	0.50/2	-
3- 6S	7.77/48	2.87/8	-	-
6- 9S	12.69/13	1.00/1	-	-
9-12S	1.00/14	0.00/3	-	-
12-15S	177.33/3	1.00/1	-	-
All latitudes	6.53/187	1.82/100	0.71/367	0.67/172

TABLE 13. Description of quantitative variables in the IATTC data base for non-U.S. vessels. The latitude and longitude are expressed in degrees, with minutes in a centesimal scale. The time is expressed in hours, with minutes in a centesimal scale. S.E. stands for standard error and S.D. for standard deviation.

TABLA 13. Véase página siguiente.

Variable	Mean	N	S.E.	S.D.	Minimum	Maximum
Vessel capacity	1169	489	8.76	193.8	750	2000
Latitude	2.05	489	41.84	9.25	14.29S	23.50N
Longitude	96.15	489	59.03	13.05	78.16W	145.12W
Distance to shore (miles)	514	481	17.94	393.53	5	1995
Duration of set	2.34	489	0.04	0.86	0.67	10.01
Temperature (F)	79.14	489	0.19	4.27	66.20	86.90
Catches yellowfin/set	14.70	489	0.94	20.84	0	165
Catches skipjack/set	0.03	489	0.01	0.29	0	4
Catches other tunas/set	0.07	489	0.04	0.96	0	18
Total catch	14.80	489	0.94	20.83	0	165
<i>Number of dolphins captured per set</i>						
Offshore spotted	333.7	484	16.65	366.2	0	1900
Eastern spinner	13.3	487	3.16	69.8	0	832
Whitebelly spinner	38.9	487	5.64	124.5	0	1035
Unidentified spinner	3.1	489	1.08	24.0	0	375
Common	12.9	489	12.88	3.5	0	900
Striped	1.8	489	1.25	27.5	0	900
Others	2.4	486	1.40	30.9	0	600
All species	402.4	489	18.66	412.5	0	2300
<i>Number of dolphins killed per set</i>						
Offshore spotted	3.785	489	0.620	13.72	0	195
Eastern spinner	0.260	489	0.077	1.69	0	23
Whitebelly spinner	1.867	489	0.815	18.02	0	298
Unidentified spinner	0.029	489	0.018	0.41	0	8
Common	0.814	489	0.391	8.64	0	182
Striped	0.092	489	0.048	1.07	0	16
Others	0.155	489	0.076	1.67	0	30
All species	7.002	489	1.271	28.10	0	403
<i>Percentage of captured dolphins killed</i>						
Offshore spotted	2.28	388	0.51	10.08	0	100.0
Eastern spinner	5.00	45	2.27	15.23	0	100.0
Whitebelly spinner	3.89	98	0.98	9.70	0	59.6
Unidentified spinner	1.13	14	0.65	2.44	0	8.0
Common	12.09	33	4.14	23.75	0	100.0
Striped	19.68	12	9.30	32.21	0	100.0
Others	1.39	8	1.39	3.93	0	11.1
All species	3.26	431	0.58	12.02	0	100.0

TABLA 13. Una descripción de las variables cuantitativas en la base de datos de la CIAT de barcos que no pertenecen a los EEUU. La latitud y la longitud se indican en grados con los minutos en una escala centesimal. El tiempo se indica en horas, con los minutos en una escala centesimal. E.N. indica el error normal y DN indica la desviación normal.

Variable	Media	N	E.N.	DN	Mínimo	Máximo
Capacidad barco	1169	489	8.76	193.8	750	2000
Latitud	2.05	489	41.84	9.25	14.29S	23.50N
Longitud	96.15	489	59.03	13.05	78.16W	145.12W
Dist a la costa (millas)	514	481	17.94	393.53	5	1995
Duración lance	2.34	489	0.04	0.86	0.67	10.01
Temperatura (F)	79.14	489	0.19	4.27	66.20	86.90
Captura aleta am/ance	14.70	489	0.94	20.84	0	165
Captura barrilete/ance	0.03	489	0.01	0.29	0	4
Captura otros atunes/ance	0.07	489	0.04	0.96	0	18
Captura total	14.80	489	0.94	20.83	0	165
<i>Número de delfines capturados por lance</i>						
Manchados de altura	333.7	484	16.65	366.2	0	1900
Tornillo oriental	13.3	487	3.16	69.8	0	832
Tornillo panza blanca	38.9	487	5.64	124.5	0	1035
Tornillo sin identificar	3.1	489	1.08	24.0	0	375
Común	12.9	489	12.88	3.5	0	900
Listado	1.8	489	1.25	27.5	0	900
Otros	2.4	486	1.40	30.9	0	600
Todas las especies	402.4	489	18.66	412.5	0	2300
<i>Número de delfines muertos por lance</i>						
Manchados de altura	3.785	489	0.620	13.72	0	195
Tornillo oriental	0.260	489	0.077	1.69	0	23
Tornillo panza blanca	1.867	489	0.815	18.02	0	298
Tornillo sin identificar	0.029	489	0.018	0.41	0	8
Común	0.814	489	0.391	8.64	0	182
Listado	0.092	489	0.048	1.07	0	16
Otros	0.155	489	0.076	1.67	0	30
Todas las especies	7.002	489	1.271	28.10	0	403
<i>Porcentaje de mortalidad de los delfines capturados</i>						
Manchado de altura	2.28	388	0.51	10.08	0	100.0
Tornillo oriental	5.00	45	2.27	15.23	0	100.0
Tornillo panza blanca	3.89	98	0.98	9.70	0	59.6
Tornillo sin identificar	1.13	14	0.65	2.44	0	8.0
Común	12.09	33	4.14	23.75	0	100.0
Listado	19.68	12	9.30	32.21	0	100.0
Otros	1.39	8	1.39	3.93	0	11.1
Todas las especies	3.26	431	0.58	12.02	0	100.0

TABLE 14. Description of quantitative variables in the IATTC data base for US vessels. The latitude and longitude are expressed in degrees, with minutes in a centesimal scale. The time is expressed in hours, with minutes in a centesimal scale. S.E. stands for standard error and S.D. stands for standard deviation.

TABLA 14. Véase página siguiente.

Variable	Mean	N	S.E.	S.D.	Minimum	Maximum
Vessel capacity	1043	5412	3.61	265.19	549	1802
Latitude	10.02	5408	7.89	5.80	15.25S	29.33N
Longitude	110.51	5408	18.26	13.42	78.23W	14.22W
Distance to shore (miles)	701	5264	6.52	472.68	10	1930
Duration of set	2.54	5412	0.01	0.77	1	13.99
Temperature (F)	81.45	5412	0.04	3.08	63.50	89.40
Catches yellowfin/set	10.19	5412	0.17	12.41	0	151
Catches skipjack/set	0.30	5412	0.03	2.08	0	92
Catches other tunas/set	0.01	5412	0.01	0.33	0	20
Total catch	10.49	5412	0.17	12.70	0	151
<i>Number of dolphins captured per set</i>						
Offshore spotted	380.7	5353	6.92	506.2	0	9499
Eastern spinner	18.0	5393	1.21	88.8	0	2125
Whitebelly spinner	36.4	5388	1.75	128.2	0	2200
Unidentified spinner	2.7	5408	0.51	37.5	0	1275
Common	12.3	5410	1.60	117.7	0	3000
Striped	0.6	5412	0.35	25.6	0	1800
Others	0.4	5407	0.14	10.5	0	700
All species	446.7	5412	7.71	567.0	0	9998
<i>Number of dolphins killed per set</i>						
Offshore spotted	1.916	5412	0.138	10.14	0	328
Eastern spinner	0.233	5412	0.031	2.29	0	97
Whitebelly spinner	0.737	5412	0.120	8.85	0	398
Unidentified spinner	0.010	5412	0.003	0.21	0	11
Common	0.204	5412	0.038	2.76	0	109
Striped	0.013	5412	0.005	0.36	0	17
Others	0.057	5412	0.012	0.85	0	36
All species	3.169	5412	0.210	15.47	0	447
<i>Percentage of captured dolphins killed</i>						
Offshore spotted	0.68	4896	0.06	4.07	0	100.0
Eastern spinner	2.26	807	0.30	8.60	0	100.0
Whitebelly spinner	2.38	1240	0.22	8.00	0	100.0
Unidentified spinner	1.45	140	0.69	8.21	0	83.3
Common	6.12	142	1.37	16.36	0	100.0
Striped	7.15	14	2.03	7.60	0	25.0
Others	9.71	73	2.56	21.90	0	100.0
All species	1.00	5114	0.08	5.38	0	100.0

TABLA 14. Una descripción de las variables cuantitativas en la base de datos de la CIAT de los barcos de los EEUU. La latitud y la longitud se indican en grados con los minutos en una escala centesimal. El tiempo se indica en horas con los minutos en una escala centesimal. E.N. indica el error normal y DN indica la desviación normal.

Variable	Media	N	E.N.	DN	Mínimo	Máximo
Capacidad del barco	1043	5412	3.61	265.19	549	1802
Latitud	10.02	5408	7.89	5.80	15.25S	29.33N
Longitud	110.51	5408	18.26	13.42	78.23W	14.22W
Dist a la costa (millas)	701	5264	6.52	472.68	10	1930
Duración del lance	2.54	5412	0.01	0.77	1	13.99
Temperatura (F)	81.45	5412	0.04	3.08	63.50	89.40
Captura de aleta am/ance	10.19	5412	0.17	12.41	0	151
Captura de barrilete/ance	0.30	5412	0.03	2.08	0	92
Captura otros atunes/ance	0.01	5412	0.01	0.33	0	20
Captura total	10.49	5412	0.17	12.70	0	151
<i>Número de delfines capturados por lance</i>						
Manchados de altura	380.7	5353	6.92	506.2	0	9499
Tornillo oriental	18.0	5393	1.21	88.8	0	2125
Tornillo panza blanca	36.4	5388	1.75	128.2	0	2200
Tornillo sin identificar	2.7	5408	0.51	37.5	0	1275
Común	12.3	5410	1.60	117.7	0	3000
Listado	0.6	5412	0.35	25.6	0	1800
Otros	0.4	5407	0.14	10.5	0	700
Todas las especies	446.7	5412	7.71	567.0	0	9998
<i>Número de delfines muertos por lance</i>						
Manchado de altura	1.916	5412	0.138	10.14	0	328
Tornillo oriental	0.233	5412	0.03	12.29	0	97
Tornillo panza blanca	0.737	5412	0.120	8.85	0	398
Tornillo sin identificar	0.010	5412	0.003	0.21	0	11
Común	0.204	5412	0.038	2.76	0	109
Listado	0.013	5412	0.005	0.36	0	17
Otros	0.057	5412	0.012	0.85	0	36
Todas las especies	3.169	5412	0.210	15.47	0	447
<i>Porcentaje de mortalidad de los delfines capturados</i>						
Manchado de altura	0.68	4896	0.06	4.07	0	100.0
Tornillo oriental	2.26	807	0.30	8.60	0	100.0
Tornillo panza blanca	2.38	1240	0.22	8.00	0	100.0
Tornillo sin identificar	1.45	140	0.69	8.21	0	83.3
Común	6.12	142	1.37	16.36	0	100.0
Listado	7.15	14	2.03	7.60	0	25.0
Otros	9.71	73	2.56	21.90	0	100.0
Todas las especies	1.00	5114	0.08	5.38	0	100.0

TABLE 15. Description of quantitative variables in the NMFS data base for U.S. vessels. The latitude and longitude are expressed in degrees, with minutes in a centesimal scale. The time is expressed in hours, with minutes in a centesimal scale. S.E. stands for standard error and S.D. stands for standard deviation.

TABLA 15. Véase página siguiente.

Variable	Mean	N	S.E.	S.D.	Minimum	Maximum
Vessel capacity	1085	4852	4.20	292.65	500	1800
Latitude	9.52	4810	10.02	6.95	14.00S	26.33N
Longitude	106.64	4810	19.86	13.77	79.00W	142.87W
Duration of set	2.52	4847	0.01	0.87	0.63	22.8
Temperature (F)	81.39	4434	0.05	3.08	66.50	89
Catches yellowfin/set	10.66	4850	0.20	13.61	0	157
Catches skipjack/set	0.29	4849	0.03	1.75	0	50
Catches other tunas/set	0.01	4849	0.01	0.44	0	26
Total catch	10.96	4849	0.20	13.82	0	157
<i>Number of dolphins captured per set</i>						
Offshore spotted	382.5	4852	7.60	529.4	0	6000
Eastern spinner	11.5	4852	0.87	60.3	0	1275
Whitebelly spinner	28.6	4852	1.93	134.2	0	3200
Unidentified spinner	2.4	4852	0.38	26.6	0	800
Common	14.7	4852	1.60	111.2	0	2500
Striped	0.4	4852	0.22	15.3	0	950
Others	0.7	4852	0.42	29.1	0	2000
All species	440.8	4852	8.302	578.3	0	6000
<i>Number of dolphins killed per set</i>						
Offshore spotted	2.218	4852	0.214	14.93	0	568
Eastern spinner	0.248	4852	0.050	3.52	0	193
Whitebelly spinner	0.538	4852	0.099	6.88	0	286
Unidentified spinner	0.035	4852	0.014	0.98	0	60
Common	0.097	4852	0.017	1.21	0	38
Striped	0.008	4852	0.003	0.21	0	9
Others	0.471	4852	0.111	7.74	0	438
All species	3.615	4852	0.308	21.42	0	854
<i>Percentage of captured dolphins killed</i>						
Offshore spotted	0.68	4139	0.07	4.34	0	100.0
Eastern spinner	3.17	544	0.51	11.85	0	100.0
Whitebelly spinner	1.84	874	0.23	6.87	0	100.0
Unidentified spinner	1.26	140	0.73	8.59	0	94.7
Common	0.72	182	0.15	1.96	0	20.0
Striped	5.85	15	2.08	8.05	0	25.7
Others	5.14	60	2.15	16.63	0	100.0
All species	1.04	4385	0.09	5.65	0	100.0

TABLA 15. Una descripción de las variables cuantitativas de la base de datos del NMFS de los barcos de los EEUU. La latitud y la longitud se indican en grados, con los minutos en una escala centesimal. El tiempo se indica en horas con los minutos en una escala centesimal. E.N. indica el error normal y DN indica la desviación normal.

Variable	Media	N	E.N.	DN	Mínimo	Máximo
Capacidad del barco	1085	4852	4.20	292.65	500	1800
Latitud	9.52	4810	10.02	6.95	14.00S	26.33N
Longitud	106.64	4810	19.86	13.77	79.00W	142.87W
Duración del lance	2.52	4847	0.01	0.87	0.63	22.8
Temperatura (F)	81.39	4434	0.05	3.08	66.50	89
Captura de aleta am/ance	10.66	4850	0.20	13.61	0	157
Captura barrilete/ance	0.29	4849	0.03	1.75	0	50
Captura otros atunes/ance	0.01	4849	0.01	0.44	0	26
Captura total	10.96	4849	0.20	13.82	0	157
<i>Número de delfines capturados por lance</i>						
Manchados de altura	382.5	4852	7.60	529.4	0	6000
Tornillo oriental	11.5	4852	0.87	60.3	0	1275
Tornillo panza blanca	28.6	4852	1.93	134.2	0	3200
Tornillo sin identificar	2.4	4852	0.38	26.6	0800	
Común	14.7	4852	1.60	111.2	0	2500
Listado	0.4	4852	0.22	15.3	0950	
Otros	0.7	4852	0.42	29.1	0	2000
Todas las especies	440.8	4852	8.302	578.3	0	6000
<i>Número de delfines muertos por lance</i>						
Manchados de altura	2.218	4852	0.214	14.93	0	568
Tornillo oriental	0.248	4852	0.050	3.52	0	193
Tornillo panza blanca	0.538	4852	0.099	6.88	0	286
Tornillo sin identificar	0.035	4852	0.014	0.98	0	60
Común	0.097	4852	0.017	1.21	0	38
Listado	0.008	4852	0.003	0.21	0	9
Otros	0.471	4852	0.111	7.74	0	438
Todas las especies	3.615	4852	0.308	21.42	0	854
<i>Porcentaje de mortalidad de los delfines capturados</i>						
Manchados de altura	0.68	4139	0.07	4.34	0	100.0
Tornillo oriental	3.17	544	0.51	11.85	0	100.0
Tornillo panza blanca	1.84	874	0.23	6.87	0	100.0
Tornillo sin identificar	1.26	140	0.73	8.59	0	94.7
Común	0.72	182	0.15	1.96	0	20.0
Listado	5.85	15	2.08	8.05	0	25.7
Otros	5.14	60	2.15	16.63	0	100.0
Todas las especies	1.04	4385	0.09	5.65	0	100.0

TABLE 16. Studies during which aerial photographs were taken.

Study	Aircraft	Cameras	Total no. of observers	Area covered
1979 aerial survey	PBY-5A Catalina	K-17C 229-mm camera; Hasselblad 70-mm camera	6	coast of Mexico, Central America, and South America, to 750 nm offshore
1979 <i>Gina Anne</i> study	Bell-47 helicopter	KA-51A 127-mm camera; Hasselblad 70-mm camera	3	coast of Mexico, to 800 nm offshore
1980 aerial photogrammetric study	Beechcraft AT-11	KC1B 229-mm camera; KA-62A 127-mm camera; KA-45A 127-mm camera; 4 Hasselblad 70-mm cameras	5	coast of Mexico, to 200 nm offshore
1981 aerial survey	Beechcraft AT-11	KA-62A 127-mm camera; 4 Hasselblad 70-mm cameras	6	coast of Costa Rica, to 56 nm offshore

TABLA 16. Estudios durante los cuales se tomaron fotografías aéreas.

Estudio	Avión	Cámara	No. total de observadores	Zona abarcada
Reconocimiento aéreo de 1979	Catalina PBY-5A	cámara K-17C de 229 mm; cámara Hasselblad de 70 mm	6	en la costa de México, América Central y Sudamérica, hasta 750 mn mar afuera
Estudio <i>Gina Anne</i> de 1979	Helicóptero Bell-47	cámara KA-51A de 127 mm; cámara Hasselblad de 70mm	3	en la costa de México, hasta 800 mn mar afuera
Estudio fotogramétrico aéreo de 1980	Beechcraft AT-11	cámara KC1B de 229 mm; cámara KA-62A de 127 mm; cámara KA-45A de 127 mm; 4 cámaras Hasselblad de 70 mm	5	en la costa de México, hasta 200 mn mar afuera
Reconocimiento aéreo de 1981	Beechcraft AT-11	cámara KA-62A de 127 mm; 4 cámaras Hasselblad de 70 mm	6	en la costa de Costa Rica, hasta 56 mn mar afuera

TABLE 17. Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967-1984. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs in short tons.

TABLA 17. Cuotas, capturas, y CPDP (clase 6 de cerqueros) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1967-1984. Las cuotas y las capturas se indican en miles de toneladas americanas, y las CPDP en toneladas americanas.

Year	Quota	Inside CYRA		Outside CYRA		Total
		Catch	CPDF	Catch	CPDF	Catch
Año	Cuota	En el ARCAA		Zona fuera del ARCAA		Captura
		Captura	CPDF	Captura	CPDP	Total
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 + (2×10)*	113.9	9.8	22.8	10.6	136.6
1972	120 + (2×10)	152.5	17.0	44.8	12.5	197.3
1973	130 + (3×10)	177.8	12.6	49.5	13.0	227.3
1974	175 + (2×10)	191.6	9.7	41.0	10.2	232.6
1975	175 + (2×10)	176.4	8.2	47.5	12.2	223.9
1976	175 + (2×10)	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	90.8	5.5	13.5	6.8	104.3
1984**	none	142.4	9.5	18.2	11.5	160.6

* “+(2×10)” 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 18. Estimated recruitment in thousands of fish of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined, for 1967-1984. 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 19.

TABLA 18. Reclutamiento estimado en millares de peces de los grupos X e Y, y de los dos grupos combinados, desde 1967-1984. 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 19.

X + Y	Año	Year	Y	X
A	Average Promedio	28367	24100	52467
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	24995	73657
	1979	28056	30672	58728
	1980	29438	19988	49426
	1981	29337	18918	48255
	1982	20426	25013	45439
	1983	28722	21314	50036
	1984	22123	18438	40561
Average Promedio		25411	21556	46967

TABLE 19. Estimated numbers of fish, in thousands, of X and Y cohorts during the 1967 through 1984 seasons.

TABLA 19. Cantidades estimadas de peces, en millares, de los grupos X e Y durante las temporadas 1967 a 1984.

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	593	99	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 19. Continued.
 TABLA 19. 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	24995	
	2	12	180	1207	12721	0	86	90	689	4444	16849	
	3	8	125	903	6891	28056	86	63	512	3228	10666	
	4	6	75	654	4506	20338	86	41	376	2376	7131	
1979	1	38	430	2818	12160	0	100	244	1545	4671	30672	
	2	21	282	1638	6863	0	100	156	901	3205	22915	
	3	15	198	1068	3873	29438	100	114	592	2329	15621	
	4	12	145	722	2371	20597	100	91	402	1676	10146	
1980	1	96	427	1446	13644	0	80	229	1089	6499	19988	
	2	63	261	924	7932	0	80	140	714	4147	14032	
	3	50	195	634	4704	29337	80	107	524	2871	9386	
	4	40	142	423	3460	22759	80	82	380	2131	6789	
1981	1	73	261	2463	16337	0	80	257	1525	5000	18918	
	2	34	163	1714	10312	0	80	176	1110	3487	13800	
	3	25	92	1214	5718	20426	80	129	818	2415	9770	
	4	20	45	829	3143	15439	80	98	584	1681	6366	
1982	1	18	553	1716	10799	0	80	423	968	4313	25013	
	2	7	391	969	6819	0	80	324	512	3381	18352	
	3	5	291	699	4540	28722	80	257	327	2671	13171	
	4	4	207	522	3551	21074	80	199	212	2109	9839	
1983	1	137	360	2790	14949	0	90	130	1671	7758	21314	
	2	99	257	2153	10404	0	90	88	1336	6157	16040	
	3	81	197	1628	7357	22123	90	67	1049	4912	11503	
	4	66	138	1089	5717	17579	90	50	713	3944	8693	
1984	1	87	723	4296	13568	0	100	465	3130	6824	18438	
	2	55	506	3120	10125	0	100	335	2426	5346	13219	
	3	40	350	2340	7680	22469	100	250	1891	4251	8812	
	4	33	264	1675	5979	17924	100	200	1406	3402	6479	