
ANNUAL REPORT

of the

Inter-American Tropical Tuna Commission

1980

INFORME ANUAL

de la

Comision Interamericana Del Atun Tropical

La Jolla, California

1981

CONTENTS—INDICE

ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION	7
COMMISSION MEETINGS	8
ADMINISTRATION	11
Budget	11
Financial statement	11
Inter-agency cooperation	14
Field offices	15
PUBLICATIONS AND REPORTS	16
THE FISHERY IN 1980	17
Résumé	17
Statistics of catch and landings	18
The tuna fleets of the eastern Pacific Ocean	20
RESEARCH IN 1980	22
Abundance of tunas and success of fishing	22
Population structure and migrations	25
Other aspects of tuna biology	33
Tuna-dolphin investigation	40
Oceanography and tuna ecology	53
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1980 AND OUTLOOK FOR 1981	60
Yellowfin	60
Skipjack	74
Bigeye	81
Northern bluefin	83

VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION	85
REUNIONES DE LA COMISION	86
ADMINISTRACION	90
Presupuesto	90
Declaración financiera	90
Colaboración entre entidades afines	92
Oficinas regionales	93
PUBLICACIONES E INFORMES	94
LA PESCA EN 1980	96
Resumen	96
Estadísticas de captura y desembarque	97
La flota atunera del Océano Pacífico oriental	99
INVESTIGACION EN 1980	101
Abundancia de atunes y resultados de pesca	101
Estructura de la población y migración	105
Otros aspectos de la biología atunera	113
Investigación atún-delfín	121
Oceanografía y ecología del atún	136
CONDICION DE LAS POBLACIONES DE ATUN EN 1980 Y	
PERSPECTIVAS PARA 1981	144
Atún aleta amarilla	144
Barrilete	160
Patudo (<i>Thunnus obesus</i>)	167
Atún aleta azul	169
<hr/>	
APPENDIX I—APENDICE I	
STAFF—PERSONAL	171
APPENDIX II—APENDICE II	
FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS	175

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1980**

**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 1980**

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*
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†
Eugene D. Bennett	1950-1968‡
J.L. McHugh	1960-1970
John G. Driscoll, Jr.	1962-1975**
William H. Holmstrom	1966-1973
Donald P. Loker	1969-1976
William M. Terry	1970-1973§
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
Gerald V. Howard	1977-1980

MEXICO

Rodolfo Ramirez 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.	1968-1970
Amin Zarur M.	1968-1978
Arturo Díaz R.	1970-1978
Joaquín Mercado F.	1970-1977
Pedro Mercado S.	1970-1975
Fernando Castro y Castro	1975-1977

- *Deceased in service April 10, 1961
- *Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961
- †Deceased in service April 26, 1965
- †Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965
- ‡Deceased in service December 18, 1968
- ‡Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968
- §Deceased in service May 5, 1973
- §Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973
- **Deceased in service October 16, 1975
- **Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975

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 Novey	1961-1962
Carlos A. López-Guevara	1962-1974
Dora de Lanzner	1963-1972
Camilo Quintero	1963-1972
Arquimedes Franqueza	1972-1974
Federico Humbert, Jr.	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen	1974-
Jaime Valdéz	1974-
Carlos Arellano L.	1980-
Luis E. Rodriguez	1980-

CANADA

Emerson Gennis	1968-1969
A.W.H. Needler	1968-1972
E.B. Young	1968-
Leo E. Labrosse	1970-1972
Robert L. Payne	1970-1974
G. Ernest Waring	1970-1976
S.N. Tibbo	1940-1977
James S. Beckett	1977-

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-
Toshio Isogai	1980-

FRANCE

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

NICARAGUA

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

ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION 1980

INTRODUCTION

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

The principal duties of the Commission under the convention are (a) to study the biology, ecology, and population dynamics 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-porpoise relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "[1] the Commission should strive to maintain a high level of tuna production and [2] also to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement are (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and porpoise tagging, (3) analyses of indices of abundance of porpoises 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 30th 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 outside scientific journals and trade journals. By the end of 1980 the Commission's staff had published 116 bulletins, 205 articles in outside journals, and 29 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

As reported in its annual report for 1979, the Commission's 37th meeting, held in Panama, Republic of Panama, from October 22 to 23, 1979, was recessed without taking action on setting a quota for yellowfin and implementing a conservation regime for 1980. The participants at that meeting agreed, however, to incorporate a statement in the minutes urging ". . . member governments to undertake necessary review procedures and consultations in order that a conservation regime, based on the report of the Director of Investigations [could] be established by the 15th of February for application in 1980."

On March 12, 1980, the following resolution was circulated to member governments in draft form for their consideration:

"Whereas no 1980 regulatory program for the conservation of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean has yet been implemented, and

Whereas such a yellowfin conservation program has been in effect every year from 1966 through 1979, and

Recognizing that there continues to be a need for a yellowfin conservation program in 1980 in order that the yellowfin resources may be maintained at a level that will insure continued high productivity in the future, and

Considering that a yellowfin conservation program can still be implemented for 1980,

The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the high contracting parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1980, there should be established an annual quota on the total catch of yellowfin tuna for the 1980 calendar year of 165,000 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 three successive increments of 15,000 short tons each, if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, and

Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1980."

By early April all member governments had agreed to adopt this resolution, but the yellowfin quota recommended therein did not take effect because no subsequent agreement was reached on implementation of a conservation regime for 1980.

The Commission's 38th meeting was held in Washington, D.C., U.S.A., on October 28 to 29, 1980. Each member country was represented by one or more of its regular Commissioners. In addition, there were advisors from several of the member countries and observers from Chile, China (Republic of), Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Korea (Republic of), Mexico, the Netherlands, New Zealand, Peru, Spain, Venezuela, the International Whaling Commission, the Organization of American States, and the Comision Permanente del Pacifico Sur.

The following agenda was approved by the Commission at the outset of the meeting and followed closely throughout the session:

1. Opening of the Meeting
2. Consideration and Adoption of the Agenda
3. Review of Current Research
4. Tuna-Porpoise Program
5. The 1980 Fishing Year
6. Condition of the Yellowfin Stock and Recommendation for 1981
7. Recommended Research Program and Budget for FY 1982-1983
8. Review of Negotiations toward a New or Modified Tuna Convention
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's staff recommended a yellowfin catch quota of 160,000 short tons for the 1981 fishing year and the flexibility to adjust this quota upward during 1981 to allow for the possibility that the staff has underestimated the abundance of the stock. The rationale for this recommendation is given in Background Paper No. 2 of the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution with regard to a yellowfin conservation program in 1981:

“Whereas no mechanism for a 1981 regulatory program for the conservation of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean has yet been agreed to, and

Whereas such a yellowfin conservation program has been in effect every year from 1966 through 1979, and

Recognizing that there continues to be a need for a yellowfin conserva-

tion program in 1981 in order that the yellowfin resources may be maintained at a level that will insure continued high productivity in the future,

The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the high contracting parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1981, there should be established an annual quota on the total catch of yellowfin tuna for the 1981 calendar year of 160,000 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 of 20,000 short tons each, if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, and

Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1981."

(2) The Director of Investigations also reviewed the Commission's tunadolphin program. He pointed out that the staff had prepared a list of fishing techniques and gear designs which were known to reduce porpoise mortality significantly, and he recommended that the Commission consider taking some action on them. The Commissioners requested that the Director summarize the recommendations in the minutes. The text of the minutes reads as follows:

"Based on the research of various organizations, the Commission's own research, and the practical experience of the international fleet, dolphin mortality can be significantly reduced by employing the following fishing techniques and gear designs:

1. All purse seiners should execute the backdown procedure when dolphins are captured in the net.
2. All purse seiners that fish for tunas associated with dolphins should have dolphin safety panels of mesh size no larger than 1¼ inch installed in their nets. The panels should be sufficiently long and deep so that the entire periphery of the backdown channel consists of fine mesh. Hand hold openings between the small mesh and the corkline should be laced closed with twine.
3. All purse seiners that fish for tunas associated with dolphins should have at least three operable speedboats equipped with stern towing bridles and towlines to prevent net collapses. When dolphins are within the net, at least one such equipped speedboat should remain in the water, manned, throughout the set until after backdown.
4. All purse seiners should deploy a manned life raft during the backdown procedure for dolphin rescue. The occupant should be equipped

with a face mask. The captain should restrict the use of the raft when conditions endanger the occupant.

5. During backdown at least two crew members should be engaged in hand rescue of dolphins, one of these being the raft occupant and others in speedboats.
6. No sharp or pointed instruments should be used for removing live dolphins from the net or off the deck of a purse seiner.
7. No live dolphins should be sacked up, or brailed aboard a purse seiner unless all other rescue attempts fail.
8. When backdown must be carried out in the dark, a fixed floodlight should be directed into the water next to the vessel and a hand held spotlight should be used intermittently to check on the dolphin release progress in the release area.

The scientific staff recommends that the commissioners advise their governments of these techniques and gear designs for their careful consideration and possible adoption.”

No further action was taken by the Commission on these recommendations. Details concerning them are given in Background Paper No. 6 of the meeting.

(3) The Commission agreed to a proposed budget of \$2,632,860 for fiscal year 1982/1983.

(4) The Commission agreed to hold the next regular meeting of the Commission in France, probably in the last quarter of the year.

(5) The Commission elected Mr. Louis Roudié of France and Mr. Luis Rodriguez of Panama as Chairman and Secretary, respectively, of the Commission for 1980.

ADMINISTRATION

BUDGET

At its 35th meeting, held in Mexico City in October 1977, the Commission unanimously approved the research program for fiscal year 1979-1980 presented by the Director of Investigations, as well as the \$2,126,647 to carry it out.

In November 1979 it was learned that the U.S. contribution to the Commission in fiscal year 1979-1980 would be \$1,882,800, thus fixing the total budget at \$1,995,784.

FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts were audited four times during the year by the Public Accountant firm of John W. Sutliff, San Diego, California. Copies of the accountant's reports were sent to the Chairman and to the Depository Government (U.S.A.). A summary of the year-end account for fiscal year 1979-1980 is shown below:

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

Source and Disposition of Funds
October 1, 1979 to September 30, 1980

U.S. DOLLAR ACCOUNT

Sources of Funds

Unexpended balance (including unliquidated obligations)* October 1, 1979	\$ 934,705.47	
U.S.A.	1,882,600.00	
Mexico	95,628.00	
Canada	85,310.00	
Japan	21,798.00	
Costa Rica		
Panama	2,000.00	
France	4,876.00	
Nicaragua		
Other receipts	166,374.84	
TOTAL	\$ 3,193,292.31	

*The unexpended balance includes \$114,321.48 of unpaid commitments

Disposition of Funds

Advances		56,840.54
Project expenditures		
1) By project		
A. Administrative expenses	\$ 292,556.60	
B. Research on bait species		
C. Collection, compilation, and analysis of catch statistics	246,713.26	
D. Tuna biology	465,322.68	
E. Oceanography	28,581.68	
F. Tuna tagging	272,048.27	
G. Rapid collection of catch statistics for regulation	64,749.56	
H. Tuna-porpoise investigations	913,194.21	
2) By budget object		
01—Salaries	\$ 1,070,754.34	
02—Travel	175,905.75	
03—Transportation of things	5,594.19	
04—Communications	28,150.69	
05—Rents and utilities	5,124.00	
06—Printing and binding	29,813.13	
07—Contractual services	588,196.90	
08—Supplies and materials	66,885.31	
09—Equipment	96,092.33	
13—Rewards for tags	6,823.48	
15—Employer's contribution to U.S. Social Security	57,811.25	
16—Life insurance	3,033.38	
17—Employer's contribution to Pension Plan	102,716.62	
18—Disability insurance	3,949.92	
19—Employer's contribution to group insurance	26,769.97	
20—Accidental death and dismemberment	2,324.00	
21—Workmen's Compensation	13,221.00	\$ 2,283,166.26
Purchase of soles (for operations in Peru)		5,000.00
Purchase of sucres (for operations in Ecuador)		60,000.00
Purchase of colones (for operations in Costa Rica)		
Purchase of francs (for operations in French Polynesia)		
Cash in bank	\$ 792,608.24	
Cash in hand	500.00	
	793,108.24	
Less reserves		
Group insurance	3,777.87	
Pension	1,469.86	787,860.51
Deposits		425.00
TOTAL		\$ 3,193,292.31

COSTA RICAN COLON ACCOUNT

Sources of Funds	
Unexpended balance October 1, 1979	₡ 8,667.21
Purchase of colones with dollars	—
TOTAL	₡ 8,667.21
Disposition of Funds	
Project expenditures	
1) By project	
F. Tuna tagging	—
2) By budget object	
13—Tag rewards	—
Cash in bank	₡ 8,667.21

ECUADORIAN SUCRE ACCOUNT

Sources of Funds	
Unexpended balance October 1, 1979	S/. 492,497.90
Purchase of sucres with dollars	1,605,611.00
Other receipts	191,685.79
TOTAL	S/. 2,289,794.69
Disposition of Funds	
Advances	100,000.00
Project expenditures	
1) By project	
C. Collection, compilation and analysis of catch statistics	S/. 540,370.57
G. Rapid collection of catch statistics for regulation	540,370.60
2) By Budget object	
01—Salaries	141,268.00
02—Travel	101,748.54
03—Transportation of things	683,551.00
04—Communications	53,484.70
05—Rents and utilities	36,656.00
06—Printing	10,943.63
07—Contractual services	28,664.25
08—Supplies and material	14,875.05
09—Equipment	—
13—Tag rewards	9,550.00
Cash in bank	1,080,741.17
TOTAL	1,109,053.52
	S/. 2,289,794.69

POLYNESIAN FRANC ACCOUNT

Sources of Funds	
Unexpended balance October 1, 1979	F. 470,537.00
TOTAL	470,537.00
Disposition of Funds	
Project expenditures	
1) F. Tuna tagging	F. 16,560.00
2) By budget object	
06—Printing	2,160.00
08—Supplies and materials	14,400.00
Cash in bank	16,560.00
TOTAL	453,977.00
	F. 470,537.00

PERUVIAN SOL ACCOUNT

Sources of Funds

Unexpended balance October 1, 1979	S/o. 1,429,606.79
Purchase of soles with dollars	<u>1,420,000.00</u>
TOTAL	S/o. 2,849,606.79

Disposition of Funds

Advances		30,000.00
1) By project		
G. Rapid collection of catch statistics for regulation	S/o. 1,817,265.00	
2) By budget object		
01 - Salaries	1,438,960.00	
02 - Travel	255,000.00	
04 - Communications	28,348.00	
05 - Rents and utilities	78,000.00	
07 - Contractual services	8,893.00	
08 - Supplies and materials	1,730.00	
13 - Tag rewards	1,000.00	
15 - Employer's contribution to Social Security	<u>5,334.00</u>	1,817,265.00
Cash in bank		<u>1,002,341.79</u>
TOTAL		S/o. 2,849,606.79

INTER-AGENCY COOPERATION

During 1980 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 Pacifico Sur, the South Pacific Commission, the Food and Agriculture Organization of the United Nations and other international bodies, continued during the year.

Also in 1980 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 Pacific Islands. Two specific examples are given below.

In 1980 the Commission continued the skipjack tagging experiment initiated in 1977 in cooperation with the Centre National pour L'Exploration des Océans, the Office de la Recherche Scientifique at Technique Outre-Mer, the

Service de la Pêche de la Polynésie Française, and the South Pacific Commission. A tagging cruise, begun in December 1979 in the Marquesas, Tuamotu, Society, Gambier and Pitcairn Islands, was completed in February 1980 after the tagging of about 20,000 tunas, principally skipjack. This cruise is described in more detail under the heading of "Tuna Tagging".

Also in 1980 the Commission tagged 845 bluefin tuna in Japan in cooperation with scientists of the Far Seas Fisheries Research Laboratory in Shimizu.

FIELD OFFICES

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

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

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

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

Two technicians are stationed in Panama, where they collect logbook records of vessels which transfer their catches to freezer vessels in that country and of vessels which pass through the Panama Canal to unload in Atlantic ports or to fish in the Atlantic Ocean after having fished in the eastern Pacific Ocean. They also devote some of their time to the measurement of tunas in Panama, and travel to Puntarenas, Costa Rica, three or four times a year to collect tuna statistics there.

The Commission 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 studies of tuna baitfish. These staff members also collect tuna statistics in Colombia and Venezuela from time to time.

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

PUBLICATIONS AND REPORTS

The prompt and complete publication of research is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community and the public at large are currently informed of the research findings by the Commission's scientific staff. The publication of basic data, methods of analysis, and the conclusions therefrom afford an 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 1980, one additional publication was issued in this series in English and Spanish:

Wild A. and T.J. Foreman. 1980. The relationship between otolith increments and time for yellowfin and skipjack tuna marked with tetracycline (Volume 17, Number 7).

One additional Commission Data Report was completed in 1980:

Allen, R.L., D.A. Bratten, J.L. Laake, J.F. Lambert, W.L. Perryman and M.D. Scott. 1980. Report on estimating the size of dolphin schools, based on data obtained during a charter cruise of the M/V *Gina Anne*, October 11–November 25, 1979 (Number 6).

In addition to the above publications 11 papers by staff members were published elsewhere:

Stevenson, Merritt R., Robert G. Kirkham and Bruce J. Madsen. 1977. Development and testing of a cloud screening technique for use with satellite-borne scanning radiometers. Inter-American Trop. Tuna Comm. Final Report for SPOC (NESS/NOAA) Contract No. N00228-76-C-3163.

Allen R.L. and H.J. Cranfield. 1979. A dredge survey of the oyster population in Foveaux Strait. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 175: 50-62.

Cranfield H.J. and R.L. Allen. 1979. Mark-recapture surveys of the Foveaux Strait dredge oyster (*Ostrea lutaria*) population. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 175: 63-69.

Allen R.L. 1979. A yield model for the Foveaux Strait oyster (*Ostrea lutaria*) fishery. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 175: 70-79.

Burnham, K.P., D.R. Anderson and J.L. Laake. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildl. Monograph No. 72: 202 pp.

Klawe, W.L. 1980. Long-line catches of tunas within the 200-mile economic zones of the Indian and Western Pacific Oceans. Dev. Rep. Indian Ocean Programme/UNDP-FAO, Rome/, (48): 83 pp.

Burnham, K.P., Anderson D.R., and J.L. Laake. 1980. Line transect estimation of bird population density using a Fourier series. *In: Proceedings of Bird Census Symposium, October 26-31. 1980.*

Mead, James G., Daniel K. Odell, Randall S. Wells, and Michael D. Scott. 1980. Observations on a mass stranding of spinner dolphin, *Stenella longirostris*, from the west coast of Florida. *Fish. Bull. 78 (2): 353-360.*

Wells, Randall S., A. Blair Irvine, and Michael D. Scott. 1980. The social ecology of inshore Odontocetes. *In: Herman, L.M. (ed.) Cetacean Behavior: mechanisms and processes, pp. 263-318. John Wiley & Sons, Inc.*

Bayliff, William H. (editor). 1980. Synopses of biological data on eight species of scombrids. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm., Special Report, 2: 530 pp.*

Olson, Robert J. 1980. Feeding habits and energy consumption of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean (In English and Japanese). *Proceedings, 1979 Japan Tuna Res. Conf., Shimizu, Japan, Feb. 6-7, 1980. Fisheries Agency of Japan, Far Seas Fish. Res. Lab., pp. 59-71.*

THE FISHERY IN 1980

RESUME

During 1979 vessels of 17 nations (Bermuda, Canada, Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Japan, Korea, Mexico, Netherlands Antilles, New Zealand, Panama, Peru, Senegal, Spain, U.S.A., and Venezuela) fished for tunas in the eastern Pacific Ocean. These vessels captured primarily yellowfin and skipjack, along with smaller quantities of other tunas. The three primary types of gear used to make the yellowfin and skipjack catches, in order of importance, were purse seine, pole and line, and longline.

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

As its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; however it did subsequently agree to a quota of 165,000 short tons but this was not implemented. At its 38th meeting, held in October 1980, the Commission staff recommended that the quota for 1981 be set at 160,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations. Although the quota was approved (see above resolution) it was not implemented.

During 1965 through 1980 the aggregate capacity of the international

fleet fishing for tunas in the eastern Pacific Ocean increased from 48,712 to 189,371 tons. During 1980 this fleet captured 146,653 tons of yellowfin and 125,051 tons of skipjack in the CYRA. In addition to the catch from the CYRA, purse-seine vessels fishing west of the CYRA and east of 150°W caught 29,340 tons of yellowfin and 19,361 tons of skipjack. Also 14 vessels which had participated in the CYRA fishery on 1980 also fished in the Atlantic Ocean and/or the Caribbean Sea, and caught 7,246 tons of yellowfin and 5,410 tons of skipjack there.

The catch of yellowfin tuna from the CYRA in 1980 was the lowest on record since 1971. This low catch reflects the effect of heavy fishing in 1978, 1979 and 1980 which reduced the yellowfin stock size significantly. If uncontrolled fishing is allowed to continue in 1981, stock size will be further reduced resulting in diminishing catches. This matter is discussed in greater detail under the section of this report entitled "Status of the Tuna Stocks in 1980 and Outlook for 1981."

STATISTICS OF CATCH AND LANDINGS

Catches of yellowfin, skipjack and bigeye from the CYRA, by the eastern Pacific tuna fleet, 1961-1980, are shown in part A of Table 1. The catch figures for yellowfin and skipjack are essentially complete except for insignificant amounts taken by some individual sport and artisanal fisheries. Surface catches of the same three species from the area west of the CYRA and east of 150°W are also shown in this part of Table 1. Longline catches of yellowfin are included with the CYRA but are excluded from those of other species and other areas.

The eastern Pacific tuna fleet is defined here as those vessels which have fished in the CYRA all or part of the year for yellowfin, skipjack or bluefin. Some of these vessels, such as the larger seiners and baitboats, fish almost exclusively for these species whereas others, particularly the smaller vessels, may spend most of the year fishing for other species of tunas. For example, most of the jig (troll) vessels on the U.S. West Coast normally fish for albacore, but may enter the tropical tuna fishery when albacore fishing is poor. Also some vessels which are outfitted primarily for fishing species other than tunas occasionally change their fishing gear temporarily to participate in the fishery for yellowfin, skipjack or bluefin. For example, some small seiners which normally carry nets designed to fish for anchovies, sardines or mackerel sometimes rig their vessels temporarily to fish for tunas. When these smaller vessels are fishing for albacore, mackerel, bonito, black skipjack or species other than tunas, the Commission includes their catches in its statistical system only if some part of their catch for the year consists of yellowfin, skipjack or bluefin from the CYRA.

The catches of other tunas or tuna-like species (bluefin, bonito, albacore and black skipjack) taken by the eastern Pacific tuna fleet in the eastern Pacific are shown in part B of Table 1. The bluefin and albacore totals do not

include catches of these species made by longliners; also it should be kept in mind that substantial amounts of bonito, albacore and black skipjack are taken by sportsmen and/or by vessels which are not considered part of the eastern Pacific tuna fleet. For example, in 1980 the total catch of albacore taken by the U.S. surface fleet in the eastern Pacific was about 6,000 tons, of which the eastern Pacific tuna fleet (defined above) landed only 417 tons.

The catches of yellowfin, skipjack and bigeye taken by the eastern Pacific tuna fleet in the western Pacific and Atlantic Ocean are shown in Table 1, part B. These figures, of course, represent only a small fraction of the total amount of these species taken in these two areas because other fleets fish there also.

The preliminary estimate of the yellowfin catch from the CYRA in 1980 of 146,653 is about 48,332 tons below the 1979 CYRA catch and 46,904 tons below the average annual catch of the previous five years. Included in the CYRA catch are about 11,140 tons of yellowfin that were taken from the experimental fishing areas outlined in Figure 1. The preliminary estimate of the skipjack catch from the CYRA is 125,051 tons. The catch of skipjack from the CYRA is 17,395 tons below the 1979 catch and 13,944 tons below the average catch during the previous five years. The skipjack catch from the CYRA includes 8,156 tons captured in the experimental fishing areas. The preliminary estimate of the combined yellowfin and skipjack catch from the CYRA in 1980 (271,704) is 65,727 tons below the catch in 1979 and 60,848 tons below the average of the previous five years.

The preliminary estimates of the yellowfin and skipjack catches from the area between the CYRA boundary and 150°W in 1980 are 29,340 tons and 19,361 tons, respectively, a combined total of 48,701 tons, which is 30,498 tons above the 1979 catch. The 1980 skipjack catch from this area was the largest since the fishery began in 1968. The catch is about 16,987 tons larger than the average annual catch from 1969 through 1979 and is about 16,307 tons greater than the 1979 catch.

The combined catch of all the species from all ocean fishing areas shown in Table 1 (373,556 tons) during 1980 was 17,866 tons below that of 1979 and 42,821 tons below the average catch for the previous five years.

The annual catches of yellowfin and skipjack from the CYRA in 1980 are listed by flag or vessel in the upper part of Table 2. The percentage of the total CYRA catch taken by each country is also given. 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 that received the transshipped fish. During 1980 the CYRA catch was made by vessels from 17 countries and it was landed in 12 countries.

The geographical distribution of the 1980 yellowfin catch made by purse seiners in the eastern Pacific Ocean is shown in Figure 2. Within the CYRA catches were low throughout most of the central portion of the fishery. About

23 percent of the yellowfin caught by purse seiners in the eastern Pacific in 1980 was taken north of 20°N; this is the second consecutive year in which large amounts of yellowfin were captured in this region. Most of the catch north of 20°N was taken in the Gulf of California south of 26°N and off Baja California south of 24°N. Other major areas of catch were located near the Gulf of Guayaquil, the Galapagos Islands and in the region centered at about 11°S, 84°W. The distribution of the yellowfin catch west of the CYRA (east of 150°W) was about the same as during the past several years. The major catch areas there were located between about 8°N to 11°N, from 125°W to 136°W.

The geographical distribution of the 1980 skipjack catch is shown in Figure 3. The areas of best catches were off Baja California, the area west of Cape Corrientes (Mexico), near the Revillagigedo Islands and from 11°N to 16°N, between about 107°W to 113°W. The fishery was poor, in comparison to previous years, in the Gulf of Guayaquil area. The skipjack catches during 1980 were mainly offshore. For the first time in the history of the fishery, the fleet took a substantial amount (19,361 tons) of skipjack west of the CYRA (east of 150°W).

The logged catches of yellowfin and skipjack taken during unregulated and regulated trips in the CYRA are shown in Table 3 by six latitudinal areas for 1976-1980. Catches made in the experimental fishing areas during these years are excluded from the CYRA catches. The catches shown represent the combined catches of purse seiners and baitboats as tabulated from logbook records. Obviously because there were no 1980 regulations, all of the regulated data for 1980 are from regulated trips which began in 1979 and ended in 1980. Again, the large increase in catches of yellowfin and skipjack north of 20°N in 1979 and 1980 is evident. Also, the yellowfin catch from the central part (5°N-15°N) of the fishery was considerably lower than in the previous four years.

THE TUNA FLEETS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN

The Commission maintains records of gear, flag and tuna carrying capacity for most of the vessels that fish for tunas in the eastern Pacific Ocean. Records are not maintained for individual longline vessels nor for canoes or other small craft.

Vessels are grouped by size class based on their 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 carrying capacities are revised when necessary. Owner's and builders' estimates of capacity are used for new vessels. For small day-trip baitboats and some jigboats, the capacity stated by the owners or captains is used or, if registered net tonnage is known, the carrying capacity is estimated from the relationship of these two values for vessels of the same type. If no information is available a capacity of 25 tons is assigned to the vessel. Vessels which sink or leave the fishery after having fished in the eastern Pacific during the year are included in the fleet for

that year. Vessels which change flag are listed under the new flag if a fishing trip is started under the new flag during the year.

The number of vessels and carrying capacity of the 1980 eastern Pacific tuna fleet are shown in Table 4 by flag, gear and size class. During 1980 vessels of 17 nations or political entities participated in the eastern Pacific fishery (the 15 listed in Table 4 plus Senegal and Colombia.) All three Senegalese vessels changed flag in 1980 and Colombia is omitted from the table because her catch is made by small vessels for which the Commission does not keep records. In terms of capacity the 1980 fleet was composed of 97.7% seiners, 2.1% baitboats, 0.2% bolicheras and less than 0.1% jigboats. In terms of number of vessels, seiners made up 80.6%, baitboats 14.4%, bolicheras 3.8% and jigboats 1.2%.

The fleets of Ecuador, Mexico, Panama, Spain and Venezuela increased in capacity, while those of Bermuda, Costa Rica, the Netherlands Antilles and the U.S.A. decreased in capacity. The fleets of Canada, Korea and Peru remained about the same. Nicaragua and the Congo had vessels in the fleet in 1979 but not in 1980, and the Cayman Islands became a place of registry for eastern Pacific tuna vessels for the first time in 1980. The biggest increase was in the fleet of Mexico which increased by 20,840 tons. Mexico added 20 class-6 seiners, 14 through flag changes and 6 through new construction, as well as a few smaller vessels. Venezuela's fleet increased by 3,400 tons due to the addition of four class-6 seiners (three newly constructed and one flag change). The greatest decrease in tonnage occurred in the U.S. fleet which lost 6,192 tons despite the addition of six new class-6 seiners. This new tonnage was more than offset by the loss of eight class-6 seiners through flag changes and three class-6 seiners which left the eastern Pacific to fish in the western Pacific. The fleet of the Netherlands Antilles lost six class-6 seiners, amounting to 5,627 tons, through flag changes.

The number of vessels and the carrying capacity of the international fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1980 and the change in capacity from the previous year are shown below:

Year	Number of vessels	Capacity	Change in capacity
1965	282	48,712	
1966	250	46,305	- 2,407
1967	244	46,488	+ 183
1968	265	58,756	+12,268
1969	264	63,656	+ 4,900
1970	285	73,822	+10,166
1971	357	95,324	+21,502
1972	378	120,887	+25,563
1973	357	138,287	+17,400
1974	336	152,581	+14,294
1975	335	169,420	+16,839
1976	392	184,872	+15,452
1977	354	183,082	- 1,790
1978	367	186,791	+ 3,709
1979	321	186,329	- 462
1980	320	189,371	+ 3,042

The total capacity of the eastern Pacific tuna fleet has remained fairly stable since 1976 because new construction has been nearly balanced by vessels leaving the fishery and sinkings. New construction is continuing with approximately 20,000 tons expected to enter the fleet by the end of 1981. However, if present trends continue, most of this gain will be offset by losses through sinkings and transfer out of the fishery.

RESEARCH IN 1980

ABUNDANCE OF TUNAS AND SUCCESS OF FISHING

Recent 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 calculated 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 the availability and vulnerability of the fish, as well as variability in the distribution of fishing effort. Some of these changes can be estimated and adjusted for; the 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.

The CPSDF (short tons) for yellowfin and skipjack by month, for 1960-1980, in the CYRA is shown in Figures 4 and 5. Annual estimates of the CPSDF are represented by solid horizontal lines. The data for 1980 are preliminary.

Yellowfin CPSDF

Until 1966 there was no restriction on yellowfin catch in the CYRA and all logbook records which met certain criteria for species composition and accuracy were used to calculate the CPSDF. Starting in 1966, when regulations restricting yellowfin catch were put into effect, only data from unregulated trips were used to calculate the CPSDF. Beginning in 1962, the CPSDF has been adjusted for changes in the portion of sets which are successful to correct for changes in gear efficiency.

The CPSDF was highest in early 1960 at the time when purse seining first became the dominant method of fishing. As fishing effort increased the CPSDF declined sharply in mid-1961 and remained low in 1962 and 1963. In early 1964 the CPSDF increased sharply, but it declined again in the latter half of 1964 and remained only slightly above the levels of 1962-1963 in 1965. In 1966 the CPSDF began to increase and this upward trend continued in 1967 and 1968 as the fishery expanded further offshore. It did not, however, reach the levels attained in 1960 and 1961. In 1971 the CPSDF declined, but it

returned to the level of 1968-1970 in 1972. In 1973 the CPSDF declined and the trend has been downward ever since. In each year, 1978 through 1980, the annual CPSDF has established a new low for the series of years beginning in 1960.

The annual values of the CPSDF are calculated using all of the unregulated catch and effort data for each year. From 1967 through 1976 the amount of unregulated effort was greatly reduced in the last half of the year because the yellowfin closure date occurred fairly early in the year. Before 1966 there was no restriction on yellowfin fishing and beginning in 1977 the amount of unregulated effort in the last half of the year began to increase due to the relatively later closure of unregulated yellowfin fishing. In 1980 the only regulated effort was from trips which started in late 1979 and continued into 1980. As the early part of the year is the season when yellowfin apparent abundance is usually highest, as can be seen from the monthly CPSDF for 1960-1965 in Figure 4, it is possible that the annual yellowfin abundance has been overestimated in the years 1967 through 1977 when most of the annual effort was concentrated in the months when the CPSDF is usually highest. To examine this the CPSDF has been calculated from catch and effort data from the first four months of each year; these values are represented by the horizontal dashed lines in Figure 4. The January-April values of the CPSDF are considerably higher than the annual values in 1960-1965, before yellowfin regulation. In the years when regulations were in full effect the annual values and the January-April values are much closer together. This indicates that the annual values for 1967 through 1977 may be overestimated in comparison to those of the other years. However, the January-April values and the annual values have the same trend of high and low points over the 1960-1980 period.

Skipjack CPSDF

The monthly and annual CPSDF of skipjack for 1960-1980 is shown in Figure 5. In most years between 1960 and 1973 the CPSDF was highest in the middle of the year and lowest at the beginning and end of the year. In recent years, however, the seasonal fluctuation of the CPSDF has varied from year to year. The annual CPSDF has been highest in 1963, 1967, 1971 and 1978. Low points occurred in 1960, 1972 and 1973. There has been no long-term upward or downward trend in the skipjack CPSDF.

Catch per ton of carrying capacity

The catch per ton of carrying capacity (CPTCC) serves as an index to examine trends in relative gross return of different sizes of vessels from year to year. The CPTCC is the quotient of the total catch of all vessels within a size class divided by the tonnage capacity within that size class. This is done for each species caught and for all species combined. The vessels used include all purse seiners of the international CYRA fleet of 101 or more tons of carrying capacity which have fished unregulated in the CYRA each year. 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, 1201 tons and above.

The CPTCC for 1971-1980 is shown in Table 5 by size class and for all size classes combined for yellowfin, skipjack, other species and for all species combined. "Other species" includes bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack and frigate tuna. The 1980 yellowfin CPTCC for all size classes combined is 1.04 (all figures for 1980 are preliminary). This is the lowest value in the series which goes back to 1961; the previous low was 1.14 in 1978. The 1980 CPTCC, all size classes combined, for skipjack is 0.86, which is about average for the last five years. The 1980 CPTCC, all size classes, all species combined, is 2.09. This is about the same as the 1979 value and very close to the low point of the series, 2.03, which occurred in 1977. The 1980 CPTCC, all species combined, was highest for class 7 (2.61) and lowest for class 8 (1.16).

Standardization of catch rates

The purpose of this study is to improve the yellowfin abundance estimates which are based on catch rates. The index that is currently used by the Commission, the catch per standard day's fishing, uses day's fishing as the measure of effort, and standardizes the effort of vessels with different capacities using a ratio procedure. The major differences between this and the current work are that in the current work fishing effort is defined as the elapsed time between successful sets, and the catch rates are standardized for a range of vessel characteristics, environmental conditions, and fishing mode using a general linear model.

The vessel characteristics used are vessel capacity (0-499 tons, 500-999 tons, and 1000 tons and over), vessel speed, vessel age, whether or not aerial assistance was available, and net length and depth, while the environmental variables are sea-surface temperature and wind speed. The fishing mode is a classification of the 5-degree area-month strata as those in which two-thirds or more of the catch of yellowfin or skipjack was taken from porpoise-associated schools, those in which two-thirds or more was from log or schoolfish sets, or those in which neither type predominated. This classification was further divided by area (inside or outside of the CYRA), and quarters of the year. Because some categories in the final classification have few or no observations, only three combinations of area and fishing mode that is, schoolfish and log strata inside the CYRA, porpoise strata inside the CYRA, and porpoise strata outside the CYRA, are used in the linear model.

The effect of these parameters on the logarithm of catch rates of yellowfin were investigated using data from 1970 to 1980. The data for 1980 are not yet complete, and consequently the estimates are provisional. After the variables which did not have important effects were eliminated the analysis of variance shown in Table 6 was obtained.

After correcting for the effect of each of the significant factors the appar-

ent abundance for each of the three principal combinations of area and fishing mode; these are shown in Figure 6.

All three panels in Figure 6 show a decline in catch rate since 1970, the most marked being for schoolfish and log strata inside the CYRA, which in 1979 was only 26 percent of its value in 1970. The pattern of the decline has been different for each stratum type; porpoise strata inside the CYRA have shown a fairly consistent decline since 1970 whereas outside the CYRA the catch rate in porpoise strata did not decline until after 1973. Exploitation of the outside area did not start until the late 1960's and it was not until 1972 that the catch reached 40,000 tons. The large drop in catch rate in school fish and log strata in 1971 and the subsequent recovery in 1972 was too large a fluctuation to be caused only by changes in abundance. It is most likely that this shows a change in vulnerability that was not associated with the standardizing factors used in the model.

POPULATION STRUCTURE AND MIGRATIONS

Tuna tagging

In March, April, and May of 1979 a tagging cruise was conducted off southern Mexico and Central America aboard the chartered baitboat *Mary K.* The principal purpose of this cruise was to learn more about the migrations of the small yellowfin and skipjack in this area and to estimate to what extent they contribute to the catches of fish further offshore. In addition, a portion of the fish were to be marked with tetracycline, providing a replicate of the 1976 tetracycline experiments. Bait was caught in Banderas Bay with the permission of the Mexican government and in the Gulf of Panama with the permission of the Panamanian government. The results to date are as follows:

Area	Date	Species	Treatment	Released	Returned		
					1979	1980	Unknown
Cape Corrientes to Port Angeles	March	yellowfin	—	208	53	3	1
		skipjack	—	3	2	0	0
Central America	April- May	yellowfin	—	4,373	388	26	8
		yellowfin	tetra- cycline	369	26	3	0
		skipjack	—	2,418	567	1	5
		skipjack	tetra- cycline	84	15	0	0
Port Angeles to Cape Corrientes	May	black skipjack	—	170	6	0	0
		yellowfin	—	11	1	0	0
Totals		yellowfin		4,961	468	32	9
		skipjack		2,507	585	1	5
		black skipjack		170	6	0	0
		skipjack					

The areas of release and recapture of these fish are shown in Figures 7 and

8. A tendency for the yellowfin to be recaptured to the northwest of the areas of release during 1980 is apparent. It is of interest to note that six yellowfin and one skipjack were recaptured outside the CYRA. The skipjack had traveled a net distance of 2,796 miles in 113 days at liberty.

Another tagging cruise, similar to the one initiated during March-May 1979, was conducted during March-April 1980 aboard the chartered baitboat *Sarah Ann*. This time, however, baitfish were unavailable in Banderas Bay, so bait was taken only in the Gulf of Panama, and no fishing was conducted off southern Mexico. The results to date are as follows:

Area	Date	Species	Released	Returned
off Guatemala	March	black skipjack	25	0
off Costa Rica-Panama	April	yellowfin	1,235	65
		skipjack	1,798	84
		black skipjack	28	0
off Nicaragua	April	yellowfin	104	13
		skipjack	20	0
		black skipjack	16	0
Totals		yellowfin	1,339	78
		skipjack	1,818	84
		black skipjack	69	0

The return rates for this cruise are considerably less than those for the cruise of 1979. Most of the recaptures of tagged fish from the 1979 cruise had been made off Colombia and Ecuador in the same year; during most of 1980 the fishing was poor in that area, which may account for the difference.

In October and November 1980 the baitboat *Mary K.* was chartered to attempt to catch large yellowfin (greater than about 80 cm) and large skipjack (greater than about 55 cm), inject tetracycline into them, tag them, and release them. The purposes of this experiment are explained in the section of this report entitled "Studies of age of yellowfin and skipjack." It was necessary to devise special techniques for handling the large yellowfin. The entire deck of the vessel and the sides of the bait tanks adjacent to the deck were heavily padded with energy-absorbing (closed-cell) plastic foam covered with Herculite, a smooth plastic material, which made it possible to slide the fish into position with relative ease and without removing excessive amounts of mucus from them. Fishing took place only at the port stern corner of the boat, and fish were tagged at the starboard stern corner and on the port side about 4 meters forward of the stern. The horizontal padding was raised slightly with extra padding at the port stern corner so approximately equal portions of the fish slid toward the two tagging stations. The fish were slid onto flat cradles with noseblocks so that they could be measured accurately. After being tagged, injected, and measured the ones at the starboard stern corner were slid overboard through a small door cut in the starboard side of the boat, and those on the port side were slid up a slight incline over the rail. The fish did not struggle hard, and most of them were tagged, injected, and measured in about 20 to 30 seconds. Nearly all of them appeared to be in excellent condition after

they were released. When the catch consisted mostly of small fish these were tagged in cradles similar to those used on previous cruises, and when it consisted mostly of large ones the small ones were tagged on the deck with the large ones.

The results to date are as follows:

Area	Month	Species	Size	Treatment	Release	Returned
Baja California	Oct.	YF	small	—	1	0
Isla Socorro	Oct.	YF	small	—	22	1
		YF	large	tetracycline	1	0
Hurricane Bank	Oct.	YF	small	—	102	4
		YF	small	tetracycline	146	4
		YF	large	tetracycline	1	0
		SJ	small	—	1	0
		SJ	small	tetracycline	2	0
Isla S. Benedicto	Oct.-Nov.	YF	small	—	187	19
		YF	small	tetracycline	2	0
		YF	large	tetracycline	105	16
Roca Partida	Oct.-Nov.	YF	small	—	93	13
		YF	small	tetracycline	57	11
		YF	large	tetracycline	2	1
		SJ	small	—	68	29
		SJ	small	tetracycline	26	13
		SJ	large	tetracycline	144	70
Isla Clarion	Nov.	YF	small	—	6	0
		YF	small	tetracycline	86	8
		YF	large	tetracycline	429	49
Totals		YF	small	—	411	37
		YF	small	tetracycline	291	23
		YF	large	tetracycline	538	66
		SJ	small	—	69	29
		SJ	small	tetracycline	28	13
		SJ	large	tetracycline	144	70

Northern bluefin spawn in the western Pacific during April through July, and fish of age 0+ about 20 to 60 cm in length are caught in the vicinity of Japan during the same year. Some of these remain in the western Pacific during the winter and others migrate to the eastern Pacific. The fish which migrate from the western to the eastern Pacific form the basis for the surface fishery in the latter area, which takes place principally during May through October. Some of the fish re-enter the eastern Pacific fishery in the following spring, while others return to the western Pacific eventually to spawn. Those which re-enter the eastern Pacific fishery are destined eventually to return to the western Pacific, however. Bluefin tagging experiments were initiated during 1979 to obtain information which will lead to a greater understanding of the relationship of the bluefin of the eastern and western Pacific and of the length of sojourn of these fish in the eastern Pacific.

In August 1979, 300 bluefin were tagged and released off Baja California on an opportunistic basis from the purse seiners *Anthony M.*, *Captain Anton Missetich*, and *Commodore*, and during 1979 and 1980 there were 35 and 3 returns, respectively, all in the eastern Pacific. A greater number of returns

was expected in 1980, but the catches of bluefin in that area were the lowest since 1952. The experiment was repeated in August–September 1980 aboard the purse seiners *Anthony M.*, *Commodore*, and *Elsinore*, but this time yellowfin as well as bluefin were tagged. The numbers of releases and returns were as follows: bluefin, 114 released and 3 returned; yellowfin, 371 released and 3 returned.

During 1980 bluefin tagging was conducted in Japan, one Tuna Commission employee spending most of the year in Japan for this purpose. Considerable help was received from scientists of the Far Seas Fisheries Research Laboratory in Shimizu, Japan, who made most of the arrangements for obtaining the fish, received the returns and forwarded the information to the Tuna Commission, and assisted in many other ways. The results to date from this program are as follows:

Area	Gear	Months	Released	Returned
southern Kyushu	troll	January–April	671	122
southern Kyushu	trap	May	33	13
Sea of Japan	trap	June–July	35	21
southeastern Shikoku	troll	August–September	106	10
Total			845	166

The areas of recapture of the fish tagged in southern Kyushu are shown in Figure 9.

The Tuna Commission's tagging program in the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands is described in its annual report for 1977, and the results of its first three tagging cruises in those areas are described in its annual reports for 1977, 1978, and 1979.

A fourth cruise was made to these islands, and also to the Pitcairn and Gambier Islands, during December 1979–February 1980. The Japanese bait-boat *Hatsutori Maru No. 5*, under long-term charter to the South Pacific Commission (SPC), was used for this purpose. The costs during the sojourn in French Polynesia and the Pitcairn Islands were shared by the IATTC and the SPC. This was, by far, the most successful of the four cruises. Large amounts of milkfish, an excellent baitfish, were obtained at Rangiroa, in the Tuamotu Islands, and these were used to catch a substantial portion of the fish tagged in the Marquesas Islands and nearly all of those tagged in the other areas. *The Hatsutori Maru No. 5's* gear for fishing for baitfishes at night proved to be more effective for Marquesan sardines than did those of the other vessels, so it lost relatively little tuna fishing time due to lack of bait. Finally, this boat was larger and faster than the others, so it was able to fish in rougher weather, overtake more of the schools, and catch larger portions of the fish in the schools.

The results to date from this cruise are listed in Table 7. Three of the skip-jack released in the Marquesas Islands were recaptured elsewhere in the Pacific Ocean. The data for these are as follows:

Release			Recapture		
Area	Date	Length	Area	Date	Length
9°13'S- 140°01'W	Dec. 25, 1979	46 cm	6°40'N- 171°23'W	Sep. 21, 1980	524 cm
8°53'S- 140°21'W	Dec. 28, 1979	46 cm	6°40'N- 171°23'W	Sep. 21, 1980	610 cm
8°53'S- 140°19'W	Jan. 6, 1980	51 cm	5°29'S- 173°34'W	Sep. 16, 1980	600 cm

Subpopulation studies

The object of these studies is to determine the extent to which sets of individuals taken from different geographic areas or taken at different times require separate management considerations. Commission investigations of population structure in the past have included electrophoretic studies of serum proteins, multivariate analysis of morphometric measurements, analysis of variation in growth, analysis of catch statistics, and tagging experiments. In 1979 field studies dealing with serum protein analysis were terminated, and in 1980 an extensive re-analysis of existing electrophoretic data was started. Also, the possibility of conducting subpopulation studies with other than conventional methods was explored. Work carried out in 1980 is an extension of programs discussed in the Commission's annual report for 1979. The analysis of electrophoretic data is still under way in preparation for a thorough statistical treatment of all previous studies of this type conducted by the Commission. Studies carried out in 1979 regarding the use of natural tags for yellowfin tuna were encouraging and, on the basis of results obtained, the program was expanded in 1980 by the design and initiation of a sampling program. The studies carried out in 1980 using both electrophoretic data and "chemical tags" are described below.

Studies of serum protein and morphological variation on yellowfin and skipjack

As noted in previous reports analysis of electrophoretic data has demonstrated the presence of statistical heterogeneity among samples from different geographical areas. It is unlikely that groups of yellowfin tuna are genetically similar throughout their geographic range. These conclusions were based upon both classical statistical analyses and preliminary simulation studies which were conducted with the available data base. The results of these re-analyses confirmed some of the earlier conclusions reached, but not all of them. The need to evaluate all comparable samples and for detailed re-analysis is evident by the fact that the heterogeneity observed both within and among samples of yellowfin taken from different geographic areas is numerically rather small. Attempts to study this variation in detail with additional analyses and modelling have been hampered by the lack of a complete catalog and systematic description of the data and methods used.

Consequently all additional work in the form of re-analyses was set aside, and effort directed toward cataloging the field and laboratory methodology

and results. The short-term objective has been to create data reports containing all of the Commission genetic and morphometric data collected for sub-population studies. The long-term objective is to assemble data files on magnetic tape to facilitate a thorough analysis of the data. This would allow scientists ready access to the information.

To date a total of 160 yellowfin samples, each comprised of about 200 individual fish, are in the final stages of processing. Each fish has been characterized by one or more of three electrophoretic variants (esterase, transferrin, and phosphoglucose isomerase). Individuals within a subset of these samples are characterized by an additional set of eight morphometric characters. All samples contain data on size of fish, date, and location of capture. Relevant data on each individual fish have been assembled from the original laboratory and field records. All data on individual fish and samples from a particular study are being recorded in separate files. Included in this file are codes which allow the analyst to reconstruct readily details of the field and analytical program for each sample. Data reports describing these studies are planned. Both tasks will facilitate the understanding and the use of all data files.

As of December 31, all of the data for the skipjack tuna samples have been placed on magnetic tape and verified. Details of the laboratory methodology, how samples were collected, and information needed to evaluate the results are being assembled for a data report.

Investigations of rates of admixture based on trace element chemistry

In 1978 studies were initiated to determine if variation in the trace element chemistry of the hard parts, *i.e.*, spines and vertebrae, could be used to identify area of origin and rates of intermingling of tuna taken from different geographic areas. The 1979 annual report has a discussion of the sampling program and the analytical methods used for two of these studies. Feasibility studies for yellowfin are essentially complete. The methods and results are summarized in the following paragraphs.

In 1978, 29 samples of yellowfin were collected over a 6-month period from the holds of fishing vessels that had been fishing in the northern, southern, and western portions of the yellowfin range. Samples consisted of one of two different size groups, which probably constitute two different year classes. Fish ranged either between 380 and 460 mm or between 680 and 720 mm. The fish were measured and one opercular plate, the first dorsal fin, the caudal peduncle, and the lower jaw were removed, packaged, labelled, and frozen.

Arrangements were made to utilize analytical equipment at the Pacific Biological Laboratory, Nanaimo, British Columbia. Since the equipment was heavily used, only a subset of the total number of samples collected was analyzed. Ten sets of samples were chosen consisting of one set of five samples from the northern part of the range, west of Baja California, and the second set from the southern part of the range, west of Colombia and Ecuador. Com-

parative analyses were carried out only on the third and fourth spines of the first dorsal fin. A single spine from each of three different fish was selected at random from a freeze-dried sample, combined, pulverized in a ball mill, and pressed into a wafer. These wafers or pellets were then exposed to radiation from an X-ray tube and the resulting X-ray spectra stored on magnetic tape. Thus, the spectra obtained from the "tube-excited X-ray spectroscopy system" contained information on the elemental composition of a set of three fish. A series of statistical routines were developed and the data analyzed in the first quarter of 1980.

The X-ray analysis of each pellet produced a spectrum of 1,024 variables with each variable corresponding to the number of X-rays of a particular energy counted. All spectra were normalized for comparison, and the array of 1,024 words (variables) formed the basic data record used in subsequent analysis. The sets of samples from different regions were compared using discriminant function analysis, cluster analysis, and a form of "Monte Carlo" analysis carried out on randomized data sets. All three analyses demonstrated that spectra of fish from these two geographic regions are different. A generalized "t" test of the groups produced an F ratio of 65.97 (10 degrees of freedom in the numerator and 65 degrees of freedom in the denominator). The probability that the two sets of samples have been drawn from the same statistical population is less than 0.0005. Cluster analysis likewise demonstrated graphically that the spectra of individual members fall into two groups. Randomization tests confirm that observed differences cannot be attributed to chance alone, as the observed F statistic is greater than 26 standard deviations away from the average F computed from the randomized data. Figure 10 illustrates graphically the results of the discriminant function form of analysis. It is evident that there is no overlap among individual samples, *i.e.*, each spectrum from a set of three fish can be assigned to one or another of two groups without error.

The results are encouraging for they demonstrate that for these samples, juvenile fish from at least two important areas in the yellowfin management zone are distinct enough chemically to be readily recognizable. Since these differences are preserved in the spines of tuna, it is reasonable to expect that such differences will be recognizable for several years if not throughout its lifetime. What remains to be determined is how these patterns of chemical differences vary geographically, with season and with year and how patterns compare in older fish which move throughout the area a great deal. The above feasibility study was not designed to provide information on the kind or amount of sub-population variation in the eastern Pacific. Samples were selected over a 6-month period and from different vessels fishing in northern areas and in the southern areas only in order to include both temporal and spatial components of variation.

In the latter part of 1980, a more elaborate program of sampling juvenile yellowfin was designed and implemented. Larger samples of juveniles are

being collected from more vessels fishing over a broader geographic area and a longer time frame. As before, an effort is being made to follow cohorts by varying the size of fish sampled with season. Size ranges are defined from growth curves for juvenile yellowfin. This second phase of the program calls for sampling these cohorts in successive years. Spectra obtained from that part of the spine laid down as juvenile (age 0) yellowfin will be examined in succeeding years. These results should provide data which can be used to determine the rate of intermingling of each age class.

Bluefin study

In the last quarter of 1979, the Inter-American Tropical Tuna Commission and the U.S. National Marine Fisheries Service entered into a joint program to explore the feasibility of utilizing trace element differences to detect the origin of bluefin caught in the North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. The overall program objective is to determine the degree of separation among young bluefin caught in the eastern Atlantic-Mediterranean and the western Atlantic, and the rate of exchange of older fish. The specific purpose of this investigation is to determine if a significant subset of the data required to attain the program objectives can be obtained from micro-chemical analysis of the hard tissues of juvenile and adult bluefin collected from the different spawning areas and fisheries.

Work carried out in 1980 involved 1) additional program planning and sample collection, 2) a significant modification of the methodology, and 3) the establishment of IATTC facilities and equipment where both bluefin samples and additional yellowfin samples can be analyzed.

Obtaining a sufficient set of samples of bluefin continues to present difficulties. As originally agreed, IATTC participation in the bluefin program was to be restricted to planning and to the analytical and statistical analyses of samples. Because of difficulties encountered during the first attempts to sample, IATTC staff became directly involved in the sampling. During the first half of the year, a considerable amount of effort was spent arranging for and collecting samples both in the U.S. and Europe. As of September 24, 1980, the NMFS laboratory in Miami again assumed responsibility for collecting samples, for dealing directly with cooperating scientific colleagues in Europe through the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), and for arranging to have samples shipped to La Jolla. The results of the yellowfin tuna study summarized previously and those of a second study carried out concurrently continue to be used to develop this program. While the first set of experiments demonstrated the presence of characteristic geographic differences in trace element patterns of yellowfin, attempts to study how these patterns vary with season and years were not encouraging. Difficulties were encountered when analyses were carried out sequentially, that is from the center to the edge of single spines that were cross-sectioned. Theoretically, a line transect in this region should reveal the degree of variation that would occur during the lifetime of an individual fish. X-ray analyses

were carried out using a scanning electron microscope equipped to carry out spectroscopy studies. Using these techniques it is possible to both view and analyze small areas, less than 100 angstroms. Unfortunately samples degraded under intense exposure to electrons and repeatability was poor. While some improvements could be made, the equipment would need major modifications.

Since the bluefin study requires that we carry out such analysis, alternative schemes for characterizing the X-ray patterns were investigated and new techniques implemented. A system optimized for subpopulation and aging studies has been designed, constructed, and tested at Princeton University. The technique involves irradiating cross-sections of hard parts with a beam of protons generated by a nuclear accelerator (cyclotron). The Commission is using facilities at the California Institute of Technology (Kellogg Radiation Facility) for assembly of the IATTC system and the final stages of testing. This system provides the capability for examining a number of related stock and aging studies.

OTHER ASPECTS OF TUNA BIOLOGY

Size composition of the 1980 catch

Length-frequency samples of yellowfin and skipjack have been collected by Commission personnel from the catches of baitboats and purse seiners since 1954. Information obtained from these samples has been used to make estimates of growth rate, mortality, yield-per-recruit and year-class abundance. The results of these studies have been reported on in several bulletins and annual reports of the Commission.

Over 600 yellowfin, more than 500 skipjack and 40 to 50 bigeye length-frequency samples from the eastern Pacific catch were measured by Commission personnel at ports of landing in California, Puerto Rico, Mexico, Panama, Ecuador and Peru. The annual length-frequency distributions of yellowfin sampled in the CYRA during 1975-1980 are shown in Figure 11. The preliminary estimate of the average weight of yellowfin taken in the CYRA during 1980 is 17.7 pounds (8.0 kg). This is 0.2 pounds (0.1 kg) heavier than the 1979 value and 4.3 pounds (2.0 kg) heavier than the 1978 weight which was the lowest on record. For the third year in succession yellowfin of less than 45 cm were present in the catch in unusually large numbers.

The annual length-frequency distributions of yellowfin sampled from catches made between the western boundary of the CYRA and 150°W longitude during 1975-1980 are shown in Figure 12. The preliminary estimate of the average weight of yellowfin from this area for 1980 is 44.4 pounds (20.1 kg). This is 12.2 pounds (5.5 kg) less than the average weight for 1979 which was the previous low for this area.

The annual length-frequency distributions of skipjack sampled from the eastern Pacific Ocean during 1975-1980 are shown in Figure 13. The prelimin-

ary estimate of the average weight of skipjack for 1980 is 5.2 pounds (2.4 kg). This is the lowest average weight recorded since the beginning of the sampling program in 1954. The 1980 average weight is 0.5 pounds (0.2 kg) less than the average weight for 1978 which was the previous low.

The length-frequency distribution of bigeye sampled from purse-seine catches made in the eastern Pacific Ocean during 1975-1980 are shown in Figure 14. As in the case of most recent years, most of the bigeye samples came from catches made off the coast of Ecuador in the last quarter of the year.

Size distribution of yellowfin by time and area

Previous studies have shown that yellowfin have a greater tendency to aggregate by size than by species. Also, there are indications that the size of yellowfin found within schools which are a mix of yellowfin and skipjack are, on the average, smaller and more uniform in size than those found within pure yellowfin schools. Using this as a base, it was decided to take a closer look at samples of yellowfin obtained from purse seiners fishing within the CYRA in order to differentiate certain areas which are characterized by certain dominant size groups. Data for 1976, 1977 and 1978 have been processed and seven roughly-defined areas have been established.

It is often found that the length-frequency distributions of yellowfin samples have a multimodal appearance or are a mixture of finite distributions. There are several graphical and iterative computer algorithms to decompose such mixtures and to estimate the mixing proportions of the component distributions. However, some difficulties in their approach have been discussed in recent literature. The multimodal appearance of a length-frequency distribution depends upon a combination of distances between means, the magnitude of variances, the proportion of the group components and the overall sample size. With certain experience in recognizing class groups in length-frequency histograms, it is possible to sketch the component distributions and a theoretical distribution can be fitted by finding parameter values that make the discrepancy between the theoretical distribution and the observed histogram as small as possible. The statistical test to do this minimization depends upon the distance function used. Parameter values obtained by the above procedure can be used as indices of comparison between samples. A cluster analysis technique can be then applied in order to group samples with similar characteristics. Application of the above techniques to define optimum limits for area-stratification of length-frequency data for yellowfin collected in 1976, 1977 and 1978 is in progress.

Trophic relationships between tunas and their prey

It is commonly assumed that organic and inorganic material move upward through marine food webs, becoming more concentrated with each increase in trophic level. A number of investigators, however, have proposed that marine food webs are unstructured and that trace contaminants should not undergo

the degree of biomagnification seen in terrestrial and freshwater food webs. During 1980 an IATTC scientist collaborated with scientists of the Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP), Long Beach, California, in a study co-sponsored by the National Science Foundation to test this hypothesis in the oceanic pelagic food web leading to yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean. SCCWRP scientists have devised a method for measuring the degree of trophic structuring taking place in marine food webs. The alkali element cesium (Cs) is known to biomagnify in terrestrial food chains and in food chains in enclosed aquatic and marine ecosystems. Presently we are testing whether or not cesium also undergoes biomagnification in open pelagic food webs by comparing cesium concentrations (normalized to potassium, *i.e.*, (Cs/K)) of predators with their trophic level assignments that are determined independently via feeding habits analysis.

During tagging cruise 1089, initiated off the coast of Central America during March–May 1980, IATTC personnel collected specimens from a series of 4 silky sharks (*Carcharhinus falciformes*), 36 yellowfin, 44 skipjack, 2 rainbow runners (*Elagatis bipinnulatus*), and their prey. Specimens were collected by bait fishing, trolling, dipnetting, and towing a plankton net, and from the stomachs of predators. Muscle tissue samples of the sharks and tunas and entire specimens of frigate tunas (*Auxis* spp.), flyingfishes, squids, and plankton were returned to SCCWRP for dissection and chemical analysis. The stomachs of the sharks and tunas were returned to the IATTC laboratory for identification and quantification of stomach contents.

Indices of relative importance (IRI) were computed based on measurements of numbers, weight, and frequency of occurrence of food items in the stomachs of 2 silky sharks, 27 yellowfin, and 18 skipjack (Table 8). The remainder of the sharks and tunas had empty stomachs.

The IRI's were calculated as follows:

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

where N = numerical percentage, W = weight percentage, and F = frequency of occurrence percentage. These three measures provide different information about the feeding habits of fishes. The IRI provides a means to combine this information into a single index of prey importance. As shown in Table 8, squids (*Teuthoidea*), argonauts and flyingfishes were the most important items in the diet of the yellowfin, the skipjack stomachs were dominated by frigate tuna (*Auxis* spp.) and various flyingfishes, and the silky shark stomachs contained only frigate tuna and unidentified cephalopods. Tentative trophic level assignments, based on the conventional scale I = autotrophs, II = herbivores, III = primary carnivores, IV = secondary carnivores, and V = tertiary or top carnivores, were allocated to each predator analyzed to date (Table 9).

The Cs/K ratios for all components analyzed to date are shown in Table 9. The Cs/K ratios ranged from a mean of 7.0×10^{-6} in flyingfish (the smallest fish

and lowest trophic level analyzed to date) to 22.9×10^{-6} in silky sharks (the largest fish and highest trophic level represented). The Cs/K increased by more than a factor of 3 over approximately $1\frac{1}{2}$ trophic steps and a 430-fold range in size (weight, 0.05-25.8 kg).

Analysis of additional specimens is in progress in conjunction with a detailed review of the feeding ecology of the organisms in question. The preliminary data suggest that either fish size or trophic structure suitable for food-chain biomagnification of the trace element cesium does indeed exist in this pelagic ecosystem. A similar study in progress in the Southern California Bight likewise indicates that the Cs/K ratio increases about two-fold with each trophic step between trophic levels II-III and V. The potential for biomagnification is apparently weaker in inshore and backbay detritus-based food webs. Shallow-water and backbay ecosystems of the Southern California-northern Baja California coasts show only slight or no increase in Cs/K with increase in assumed trophic level.

Analysis is also under way to measure concentrations of a variety of other trace elements and chlorinated hydrocarbons in the tissues of the predators and prey organisms sampled on cruise 1089. To date, DDT and PBC have been analyzed and found to be very low, less than 10 parts per billion in all cases.

Studies of age of yellowfin and skipjack

The hypothesis that yellowfin and skipjack deposit one increment each day on their sagittal otoliths offers a potential method for determining the age of these fishes. In each case, the method involves counting the total number of increments along the path from the origin of otolith growth (primordium) to the terminal increment along a longitudinal axis. In 1976, the hypothesis was partially tested by injecting tagged fish of 40 to 110 cm fork length with tetracycline and recovering them subsequently from the commercial catch. The results indicated a daily deposition rate for yellowfin of this size range in the Revillagigedo Islands area. However, for tagged and injected skipjack of 42 to 64 cm recovered from the same area the number of increments underestimated time by approximately 24 percent. These differing results pose two problems. It is not known if the observed deposition rate is constant from year to year and if it applies to fish of sizes not yet studied. To answer these questions partially the tetracycline experiment was repeated in October–November, 1980; the procedural details appear in this report under the heading of "Tuna tagging." As of the end of 1980 about 50 injected fish have been recovered, but the otoliths have not yet been examined.

It is equally important to establish the relationship between the total number of increments on the counting path and measurable growth characteristics of the fish and otoliths. For this purpose the morphometrics of approximately 200 yellowfin (30 to 160 cm) have been recorded and replicas prepared of their etched otolith increments. The staff has spent a considerable amount of time obtaining repeatable counts (on the same otolith) and develop-

ing a consistent method of interpretation (between different otoliths). Difficulties that affect interpretation stem from two sources. First, because the amount of etching needed to expose the sub-surface increments along the entire counting path is variable, it is inevitable that different areas will be over- or under-etched. Localized etching techniques can correct under-etched sections, but a degree of subjective interpretation is still required. The second difficulty also arises from replication in that too much visual information may be generated. Criteria for judging which growth structures to include in the increment count and which to exclude have therefore been established, but the method is more readily explained through observation than by a written description. To test the repeatability and consistency of interpretation a randomly selected subsample of previously counted otoliths is currently being evaluated.

Bluefin studies

The 1980 fishery

In 1980 the eastern Pacific purse-seine fishery for northern bluefin started about May 18 and ended about September 25. The first catches were made off Baja California between 25°N and 26°N and, as usual, the fishery moved to the north as the season progressed. In August and September the fishing area was between 30°N and 34°N. The most recent estimate of the 1980 catch is 3,128 tons, which is the smallest catch since 1952.

Length-frequency data

Annual length-frequency distributions of bluefin catches made during 1975 through 1980 are shown in Figure 15. The estimate of the average weight of bluefin in 1980 is 22.0 pounds, nearly the same as in 1979. The 1980 catch was dominated by a single size group with the mode between 70 and 80 cm.

Single set data

Analysis of bluefin single set data was begun in 1980. During the 1965-1979 period the annual ratio of successful sets to total sets (successful set ratio) ranged from 0.36 to 0.56 and the average was 0.49. The catch per set ranged from 5.95 to 11.47 tons and the average was 8.75 tons. Both the successful set ratio and the catch per set were higher for sets made at night than for daytime sets. For night sets the average successful set ratio was 0.69 and the average catch per set was 11.2 tons. For day sets the average successful set ratio was 0.47 and the average catch per set was 8.52 tons.

Age studies

Determination of the age composition of the catch is of prime importance for studies of the life history of any fish stock and assessment of its condition relative to fishing. This may be accomplished by the analysis of frequency distributions of lengths or weights, the analysis of tagging and recapture data, or the interpretation of growth zones of "marks" in hard tissues. Only the last

method allows the determination of ages of individual fish. Prior work by the Commission shows considerable overlap in the lengths of eastern Pacific bluefin of different age groups, making length- and weight-frequency analysis difficult or impossible. The bluefin tagging data presently available are inadequate for determination of the growth rate. Recognizing the need to assess the condition of the bluefin resource in the Pacific Ocean, and to determine the age composition of the bluefin catch for that purpose, the sampling program initiated in 1979 to collect series of hard parts in conjunction with regular length-frequency sampling was intensified in 1980. In the eastern Pacific, port samplers gathered material from 130 fish representing 540 tons, or 16.9 percent of the eastern Pacific surface catch. Sampling of fish at sea subsequent to tagging operations accounted for 90 additional fish. Since past tagging experiments have shown an interchange of bluefin between the eastern and western Pacific, regular port sampling was initiated by a Commission scientist stationed near Kochi, Japan, where 238 samples from small (15 to 30 cm) bluefin were collected.

Material collected in 1980 consisted of scales, dorsal spines, dorsal fin rays, and otoliths. This series of hard parts was collected from each fish in the sample. Scale samples from the eastern and western Pacific have been used by the California Department of Fish and Game and the Japanese Far Seas Fisheries Research Laboratory to estimate the age of bluefin by examination for annual marks. Scales, otoliths, dorsal spines, and vertebrae have also been used in attempts at aging giant bluefin in the Atlantic, but the growth bands have not been validated as annual marks nor have all ages been included in any one study.

Samples collected in 1980 are being analyzed according to established techniques, with appropriate modification as required. Before adoption of a permanent sampling program, an analysis of the results of each method will be made concerning their validity and practicability as an aging tool. In addition, sampling in 1981 will include collection of the 35th vertebra, since results from recent studies have exhibited promise utilizing vertebrae from smaller bluefin. If seasonal marks are present on any hard part, their temporal meaning will be assessed by comparison with length-frequency and tagging data. Establishment of a seasonal record over several years will also be initiated.

Bluefin otoliths have marks similar to those known to be daily growth increments in yellowfin otoliths, but their temporal meaning has not been validated. Validation would require a tetracycline marking experiment similar to those carried out on yellowfin and skipjack in 1976 and 1980. Upon confirmation, counts between any growth bands could then validate annual periodicity, and also determine the absolute age of what is now considered an age-1 fish.

Analysis of bluefin data from Japan

During 1980, data for length-frequency and length-weight analysis of bluefin were gathered in three different areas of Japan. The fish from 15 to 80 cm were measured to the nearest centimeter. The fish from 15 to 30 cm long

were weighed to the nearest 5 g, those from 30 to 80 cm to the nearest 0.1 kg, and those from 80 to 215 cm to the nearest kg. The fish less than 80 cm long were weighed in the round, and those greater than 80 cm long were gilled and gutted before weighing. The results were as follows:

Sample type	Area	Months	Number of samples	Number of fish	Length range (cm)	Length-weight equation*
Length-frequency	Southern Kyushu	Jan.-May	14	487	35-65	
	Sea of Japan < 80 cm	June-July	16	813	43-72	
	Sea of Japan > 80 cm	June-July	15	232	98-215	
	Kochi	July-Aug.	10	616	15-28	
Length-weight	Southern Kyushu	Jan.-May	16	456	35-66	$y=3.40x-20.1$
	Sea of Japan < 80 cm	June-July	13	316	44-59	$y=3.23x-19.1$
	Sea of Japan > 80 cm	June-July	15	232	98-215	$y=2.97x-17.5$
	Kochi	July-Aug.	9	308	15-29	$y=3.33x-19.7$

*x is the natural logarithm of the length in millimeters and y is the natural logarithm of the weight in kilograms.

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. The primary species of tuna are being harvested at ever-increasing rates, and it is likely that there will be greater fishing pressure applied to the secondary market species of tuna in the future.

Black skipjack, *Euthynnus lineatus*, are commonly captured in sizeable quantities (1-100 short tons) by purse-seine vessels fishing on logs throughout the CYRA, and in most instances they are discarded at sea. In the past few years, however, the exploitation of black skipjack has increased considerably (Table 1).

In view of the potential importance of black skipjack, Commission personnel began a life history study of this species in August 1980. A sampling program has been designed to obtain samples (from 100 specimens per area/month stratum) of stomachs and gonads, along with lengths and weights, from fishing areas throughout the eastern Pacific, over a period of one year. The areas being utilized for the purpose of collecting the biological samples and related data are the same ones used by the Commission for selectively

obtaining length-frequency samples of the various other species of tuna.

The major objectives of this study are to examine the feeding and spawning habits of black skipjack. The study of the sexual development and spawning will provide useful information for defining probable spawning periods and locations. Furthermore, the size and age at first spawning, along with the fecundity in the various sampling areas, will be determined. In addition the length-weight relationship for black skipjack from the different sampling areas will be examined, and an attempt is being made to collect as many length-frequency samples as possible for the purpose of estimating age composition, growth, and migrations.

Samples have come from both baitboats and purse seiners. Most of the samples being collected are from the canneries in San Diego and Terminal Island, California, San Juan and Mayaguez, Puerto Rico, Puntarenas, Costa Rica, and Manta, Ecuador. In addition Commission personnel are collecting at sea aboard baitboats and purse seiners. Thus far 15 samples have been collected from the various fishing areas (Figure 16) where black skipjack have been intentionally or incidentally captured and loaded onboard. The specimens samples range in length from 327 mm (0.62 kg) to 629 mm (3.85 kg).

About 150 stomachs have been processed to date. The principal food items identified thus far include fish, cephalopods, and crustaceans. The fish otoliths and cephalopod beaks found in stomachs are being saved and will be identified as precisely as possible.

The Costa Rican Ministerio de Agricultura y Ganadería has kindly offered the services of a staff biologist, Mr. Mario Rojas, to collect black skipjack samples in Puntarenas. Also, the two major canneries there, Enlatadora Nacional and Sardimar, have given full cooperation in this project.

TUNA-DOLPHIN INVESTIGATION

Distribution of dolphins involved in the fishery

The species of dolphin normally involved in the fishery are spotted dolphins (*Stenella attenuata*), spinner dolphins (*Stenella longirostris*), common dolphins (*Delphinus delphis*), and striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*). Distributions of sightings of the species by IATTC and U.S. technicians aboard seiners from 1977 to 1979 are shown in Figures 17-20. In general, the distribution of sightings coincides with the distribution of purse-seine effort and catch, including features such as the apparent low density area between concentrations east of 120°W and west of 125°W. These distributions reflect both the distribution of dolphin populations and the distribution of fishing effort.

Data collection

Training sessions for the scientific technicians were held in New Zealand, Panama and the U.S.A. to instruct them in the identification of the major

species of marine mammals encountered in the eastern Pacific tuna fishery, school-size estimation, dolphin behavior, purse-seine gear and fishing operations, data collection methods and shipboard etiquette.

The method for sampling purse-seine trips in 1980, as in 1979, involved arbitrarily dividing the year into three intervals. The number of trips by the flag vessels of participating countries was allocated to these intervals with a sampling design which minimized the variance of the estimate of the total kill of dolphins by the participating fleets. The countries whose fleets were included in the sample were the member countries Panama and U.S.A. (Canada, France, Nicaragua and Japan were excluded because they currently do not have purse-seine vessels operating in the eastern Pacific fishery), and the non-member countries, Costa Rica and Mexico. Venezuela and New Zealand also agreed to participate, but these countries entered the program subsequent to the designing of the sample; therefore their vessels were not included in the original calculations. The number of trips scheduled for each participating country and the number of trips actually sampled in 1980 were as follows:

Trips scheduled for 1980				
	Interval I	Interval II	Interval III	Total
Costa Rica	2	2	2	6
Mexico	6	7	7	20
New Zealand	1	0	0	1
Panama	2	2	2	6
U.S.A.	24	18	26	68
Venezuela	1	0	1	2
Total	36	29	38	103

Trips sampled in 1980				
	Interval I	Interval II	Interval III	Total
Costa Rica	2	1	0	3
Mexico	0	0	0	0
New Zealand	1	0	0	1
Panama	2	0	0	2
U.S.A.	18	17	20	55
Venezuela	1	0	1	2
Total	24	18	21	63

The preliminary observed mortality for 1980, based on 60 trips completed at the time of writing (including two from 1979 that carried over into 1980), is given below. The sampled vessels made a total of 1,241 sets on tuna associated with dolphins in 1980, catching 11,381 tons of yellowfin.

Offshore spotted	Unident. spotted	Eastern spinner	White-belly spinner	Unident. spinner	Common dolphin
2563	23	240	1069	10	386
Striped dolphin	Bottle-nosed dolphin	Unident. dolphins	Total kill	Kill per set	Kill per ton
38	1	41	4371	3.5	0.38

The different species react differently after being encircled by a purse seine, and this is reflected in the different kill rates shown below:

School composition	Number of sets	Kill per set	Kill per ton
Spotted dolphins	717	1.7	0.20
Spinner dolphins	16	42.2	7.85
Mixed spinner and spotted dolphins	425	4.8	0.44
Common or striped dolphins	59	7.2	1.18

Estimates of mortality

Mortality data are collected by the IATTC from a sample of the entire international fleet and by the U.S. from a sample of its own flag vessels. It is not practical to combine the two sources of data for the U.S. fleet until all data for the year are complete. Thus estimates of kills of dolphins by U.S. seiners are based on weekly at-sea radio reports made by technicians on U.S. seiners rather than on completed data. Estimates of dolphins killed by non-U.S. seiners are based on data collected during seven trips which had been completed by the end of the year. Table 10 shows the provisional estimates of incidental dolphin mortality for 1980, together with estimates for 1979.

These estimates are based on a sample of 7 out of 168 non-U.S. seiner trips and 89 out of 222 U.S. seiner trips which made sets on dolphins, and are consequently subject to sampling errors. The estimated standard errors of the estimates are shown in Table 10. For U.S. seiners the standard errors are relatively small compared to the estimates, a consequence of the large proportion of trips sampled. For the non-U.S. vessels, however, the standard errors are large relative to the estimates because a smaller proportion of trips were sampled.

Because the distribution of dolphin mortality data is skewed, confidence intervals based on normal distributions are unlikely to be accurate. A Monte Carlo simulation was carried out using data from a population of 167 trips observed during 1979 and 1980. Samples of 8 and 55 trips were simulated from the populations for spotted and common dolphins. These samples were replicated 100,000 times to calculate means and standard errors. Table 11 shows the bias and empirical 95% confidence intervals. The common dolphin data are more skewed than the spotted dolphin data. Also the estimated standard error is biased downwards, and for the samples of eight trips the confidence intervals are considerably wider than plus or minus two standard deviations.

Estimates of dolphin mortality have been made for years back as far as 1959. However, complete data giving set types (dolphin or other) are not available for the early years. In addition, the estimates of kill per set are based on a very few trips. In 1973 the U.S. collected data from 23 trips, and since then fairly reliable estimates for the U.S. fleet were available. Estimates for the non-U.S. part of the fleet for 1973-1978 were made by making assumptions relating the kill rate for U.S. boats to those for the entire fleet. Table 12 shows estimates of mortality for 1973-1980. These estimates have fluctuated depending on many factors, but overall there has been a reduction in mortality

related to the introduction of dolphin saving technology, and with a reduction of the catch of yellowfin tuna in association with dolphins (Table 13).

Density estimation of dolphins

In the 1979 Annual Report of the IATTC a preliminary study was described on the use of data collected by technicians aboard purse seiners to make density estimates of dolphin schools. This investigation has been extended and continued through 1980. In particular, more aspects of the problems associated with using line transect theory to estimate density from these data have been examined. Although certain problems with the technician data remain, it is now possible to assess more accurately the possibility of obtaining unbiased estimates of density. This is described below in a discussion of the assumptions made in line transect sampling to produce accurate results. The data used in this study have been collected by U.S. technicians, but the same potential problems apply to the IATTC technician data base.

Of the assumptions which could be violated by censuses of marine mammal populations, the following seem to be the most important for this investigation:

- 1) Either searching is random or the population is distributed randomly.
- 2) The distribution of sampling effort ensures sufficient coverage and sample sizes for the area under investigation.
- 3) Targets are identified without error.
- 4) All targets in the vicinity of the line of search are detected and recorded.
- 5) Angles and distances from the vessel to the target are recorded without error.
- 6) There is no undetected movement of targets in response to the vessel.
- 7) Group size is recorded without error.
- 8) The probability of target detection is independent of group size.

The first three are assumptions which any sampling survey of a population should meet. Assumptions 4, 5, and 6 are necessary for the accurate estimation of density of groups, and numbers 7 and 8 for unbiased conversion to density of individuals. This investigation is concerned with populations of dolphins where groups are defined as schools. Some of the above are clearly more important than others in that they present a greater problem in the assessment of marine mammal populations. Each assumption is briefly discussed with respect to the use of data collected by technicians aboard tuna seiners.

From all indications, populations of dolphins are not distributed randomly throughout the eastern tropical Pacific. Therefore, searching must be at random for density estimates to be valid. Intuition leads us to believe that this is

not so. Individual vessels can be expected to spend more time searching in areas where they expect to catch the most tuna. If vessels are fishing principally for tuna associated with dolphins then they are more likely to be in areas where dolphin schools are most often seen. In practice, the pattern of searching is a highly complicated matter involving several factors such as the fishing captain's historical knowledge, his intuition, weather and code groups, to name a few. But it is probably reasonable to assume that the majority of any non-random element in searching is on a large scale, and once within a relatively small area searching is effectively random. If this is so, it is possible to test for large scale non-randomness in the following manner.

If sighting success and searching effort are related such that

$$n = aF^b \quad (1)$$

where a and b are constants, n is number of sightings and F is search effort, then any non-linearity in the data representing a non-random searching pattern will be evident as a deviation of the quantity b from unity. In logarithmic form equation (1) becomes

$$\ln(n) = \ln(a) + b \ln(F) \quad (2)$$

so that a simple test of non-randomness is to regress $\ln(n)$ on $\ln(F)$ and test if the slope is different from unity. This has been done by stratifying the data into $5^\circ \times 5^\circ$ areas within which searching is assumed to be effectively random, and using two different measures of sighting success. The first is simply the number of sightings and the second is the number of sightings corrected for sighting conditions. This latter quantity is $n\hat{f}(0)$, where $\hat{f}(0)$ is the sighting model function fitted to the set of observed perpendicular distances evaluated at zero, and is proportional to density multiplied by searching effort.

In Table 14 the results are shown for the case where sighting success is measured as number of sightings. Using all available data, there is no evidence that searching has been concentrated in areas where searching success is high. Rather, the only significant results are for 1976 where the opposite was true. Using data only from areas where fishing is primarily for tuna associated with dolphins, the results show a greater tendency towards positive non-random searching, but only the data for spotted dolphins in 1977 show a significant result in this respect. The results using number of sightings adjusted for sighting conditions, shown in Table 15, present no evidence that searching has been concentrated in areas of high density, even when data are taken only from "dolphin" fishing areas. This is the important result for this investigation. Although it is likely that fishermen respond to the number of schools and whether or not they are associated with tuna regardless of sighting conditions, the important factor is whether or not they spend proportionally more time searching in areas of high density.

From these results, it seems that the fleet as a whole, as represented by the sample of vessels with U.S. technicians, searches effectively at random

and that density can be estimated without bias in this respect. Several plausible explanations can be suggested for the results. First, the areas of highest dolphin density may not be the areas of greatest tuna availability. Second, searching may be non-random, but the increased set time in areas of highest dolphin density reduces the time spent searching. Third, searching is potentially non-random, but areas of high density change so fast that the fleet cannot keep up with these changes. Fourth, the assumption that searching is random within a $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ area may not be true. Probably the real explanation is a combination of some or all of the above and other factors, so that it will suffice to say that the highly complex nature of fishing for tuna results in a fleet search pattern that can be considered to be random.

The distribution of searching effort changes considerably over time in the eastern tropical Pacific tuna fishery. This is true not only within years but also between years. It is demonstrated by Figure 21, which shows searching effort for the same quarter of different years. In 1977, approximately 55% of the total yellowfin landed was caught in sets made on dolphin-associated tuna, compared with 35% in 1978. Also 1978 was a year of exceptional abundance of skipjack, whereas 1977 was not. The relative availability of yellowfin associated with dolphins and of skipjack as well as oceanographic features play an important role in the variation of the distribution of fleet searching effort. The problem of yearly effort being directed at different areas of the eastern tropical Pacific affecting density estimates of dolphin populations can be minimized by stratifying data into areas where fishing is primarily for tuna associated with dolphins and into areas where fishing is primarily for tuna not associated with dolphins. This has been done for $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ areas using IATTC data for the proportion of sets made on tuna associated, or unassociated, with dolphins. Figure 22 shows these areas based on data from 1970-79. Unmarked areas within the fishery may support fishing of either mode.

Incorrect identification of species or the inability to identify a species could be a problem in density estimation. Each year a certain proportion of sightings are recorded as unidentified, although the possibility of incorrect identification is small due to editing. For species termed "small whales" there has been a decreasing trend in the proportion of unidentified sightings from 0.67 in 1974 to 0.37 in 1979. For dolphin schools of all species, however, this proportion has fluctuated from 0.24 to 0.38 with no discernable trend during this period. It is likely that schools of spotted and spinner dolphins are positively identified more often than average since fishermen are more interested in these species and will tend to track them down.

Errors in the estimates of sighting angle and distance data, used to calculate the perpendicular distance of a school from the projected line of search of the seiner, are inevitable. These quantities are estimated, not measured, and it is therefore important to minimize error by being as accurate as possible and also to avoid biases if data have to be rounded to a convenient value. It was found, while using data collected by U.S. technicians aboard tuna seiners to make estimates of school density, that it often proved difficult to obtain a

good fit of the sighting model to the observed perpendicular distances. The distribution of these data, especially in the important region close to zero, was frequently too uneven to allow an accurate estimate of the detection function at zero, the quantity used in density estimation. It can be shown, by simulation, that the distributions encountered in this study, and elsewhere, are typical of data which have been rounded to nearest convenient values. Figure 23 shows the results of a simple simulation study based on distributions of sighting angles and distances which correspond to those actually recorded at sea. The figure shows perpendicular distance distributions calculated from sighting angle and distance data typical of areas where fishing is primarily for dolphin-associated tuna. Two factors can make the distributions smoother and therefore more likely to allow a good fit of the sighting model. Angle and distance data can be collected more accurately and perpendicular distance data can be grouped into larger intervals. Ideally the former is the better solution and, although angles have mostly been rounded to the nearest 10° in the past, it should be possible for technicians to make estimates to the nearest 5° and the nearest nautical mile. This would produce distributions more like that shown in Figure 23(b), rather than that shown in Figure 23(a) which is typical of distributions from data collected up until now, and provide a better basis for detection function fitting. Should this prove to be impossible, it may still be possible to group perpendicular distance data into intervals large enough to smooth out distributions but small enough to allow accurate density estimation.

The investigation of the above four potential biasing factors in the estimation of dolphin school density suggests that they are difficulties which can be overcome. Below are discussed four more problems for which there still seems to be no easy solution.

Perhaps the most important assumption which should be met for accurate absolute estimates of density to be made is that all targets in the vicinity of the line of search are detected. This is almost certainly violated for any survey of marine mammals which spend a large proportion of their lives submerged beneath the surface of the ocean, although the problem is clearly less for schools of dolphins than for large whales. The questions then appear to be, can we estimate the proportion of schools which go undetected and, is this proportion a constant? Sighting conditions at sea are very much affected by the weather. It seems likely that the proportion of undetected schools would be a function of sighting conditions, and thus it is necessary to test whether estimates of density are affected by weather as measured by the Beaufort scale. Unfortunately, these data were not collected by U.S. technicians between 1974-1979 but they are collecting these data as of 1981, and IATTC technicians have collected similar data during 1979 and 1980. An analysis is planned to investigate this problem. Hopefully, it will be possible to show that estimates of density are effectively unchanged up to a certain number on the Beaufort scale, so that data collected only under these conditions can be used in density estimation. Other approaches include experiments where the vessel

searches at different speeds under the assumption that extrapolated to zero knots nothing goes undetected, but this does not seem to be practical for this particular problem.

Another important problem which is far from solved is that of undetected movement of targets in response to approaching vessels. It is well known that schools of spotted and spinner dolphins will run from approaching seiners. What is not documented is whether such movement occurs before or after a school has been sighted by vessel personnel. Some recent unpublished analyses by the National Marine Fisheries Service (NMFS) staff suggest that undetected evasive movement can occur, but this is based on little data and needs corroboration. Experiments could be done to determine the magnitude of this problem, such as using helicopters to track schools as a vessel approaches or using two or more vessels on parallel surveys to test whether sighting distributions differ "inside" and "outside" the vessels.

The above discussions have centered on the estimation of school density, but there are also problems in the conversion to animal density. The estimation of school size is extremely difficult and undoubtedly contains a large element of error. Although results from the IATTC chartered vessel M/V GINA ANNE show that school size can be estimated reasonably accurately, it is clear that data collected by technicians aboard tuna seiners contain problems. Firstly, estimates made by technicians differ widely from estimates made by crew members, so that mean school sizes are not comparable. Secondly, trends in mean school size differ. With respect to estimates made by the crew, mean school size has remained relatively constant in most cases between 1974-1979, but for technician estimates there has been a significant decline over the same period. It is not clear which results more accurately reflect the truth, and at present there seems to be no way to ascertain this.

Another problem with the mean school size statistics is that large schools may be overrepresented in the samples since they are presumably easier to detect. This will lead to an overestimate of mean school size. Simple models correlating proportions of schools of various size ranges with perpendicular distances have been used with some effect but care must be taken. Many schools are discovered by sighting flocks of birds, but there may not necessarily be a correlation between size of bird aggregation and size of dolphin school. Also, the detection probability of a group of dolphins of a particular species is not a simple function of school size if that group is part of a mixed species school. NMFS investigators have shown that mean school sizes calculated from technician estimates aboard seiners are decreased to approximately 80% of unadjusted estimates if a correction factor is applied. However, until there is better evidence of the effects of this factor and the model chosen for adjustment, it is best treated with caution.

The last four points, although obviously important with respect to estimating absolute density, are not as vital if estimates are considered on a

year to year basis for given area strata in the fishery. There is no reason to believe that the proportion of schools missed on the line of search, the occurrence or magnitude of any undetected evasive or attractive movement, or the level of overrepresentation of large schools in the sample have changed in given areas over the last few years. School size estimation still presents a problem, but this is being tackled by better training of technicians with films taken on the charter cruise of the M/V GINA ANNE. There are some other data-specific problems which need attention, but overall this data base seems to have the potential to be able to give sufficiently accurate estimates of dolphin density, if not from historical data, at least from data collected in the future.

Radio tracking study

Data on movements and daily activity cycles of dolphins are largely unavailable for dolphin species in the eastern tropical Pacific. In studies of coastal delphinids, radio telemetry has been successfully used to study these aspects of behavior. Pelagic studies, however, are more difficult, and chartering a large research vessel or tuna seiner for a long-term tracking study would be very expensive. An alternative for such a study is to use a sailboat as a research platform. To test the feasibility of using a sailboat for such work, a preliminary study was conducted off the island of Hawaii in cooperation with the NMFS and the University of California at Santa Cruz (UCSC). The objectives were to determine how well a sailboat can keep up with a school of dolphins, and what effect the sailboat has on the behavior of the dolphins. Currently available telemetry equipment was also tested.

A 13-m sailing ketch, the NELLY BLY, was contracted for the study. Small motor boats were used for captures and the dolphins were caught with either a "tail-grabber" or a "head-net" device as they rode the bow of the boat. One Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*, (RT1) and two Hawaiian spotted dolphins, *S. attenuata*, (RT2, RT3) were captured and radio-tagged in this manner. RT1 and RT3 were captured by UCSC and IATTC personnel and outfitted with small radio transmitters, while RT2 was captured for a NMFS study of surfacing behavior and was equipped with a larger transmitter package.

The transmitters on RT1 and RT3 failed shortly after capture (RT1 = 1.5 days, RT3 = 5 h) and little or no tracking data were obtained from the sailboat. RT2, however, was tracked over a period of 5 days before the signal was lost. The sailboat was able to keep up with the school, though the engines were required 19% of the tracking time. Data on movements, behavior, and diving intervals were collected.

Several schools of Hawaiian spinner dolphins were followed without the use of telemetry. Behavior was monitored as the boat made approaches under sail and power. The reactions of the dolphins to the boat, along with data on aerial behaviors, were noted. On several occasions a few dolphins approached the boat and began bow-riding during the late afternoons, but more typically no overt reaction to the boat was seen. There was no apparent difference in

dolphin behavior in response to approaches under sail or power. Whether the dolphin stocks in the eastern tropical Pacific would react similarly remains to be tested.

These preliminary results indicate that a sailboat with long-range capabilities could be successfully used for dolphin tracking and observation studies of up to 2 months duration in the eastern Pacific. The ability to monitor daily movements of dolphins, in conjunction with simultaneous sonic-tracking of tuna, may be an effective method for studying tuna-dolphin relationships.

Aerial photographic study

Uncertainties about present age structure data for dolphin populations in the eastern tropical Pacific make it difficult to draw firm conclusions about reproductive rates of the populations. While the proportion of dolphin calves in a population can be estimated from tuna boat mortality data, there is evidence to indicate that selective mortality may result in the youngest age classes being overrepresented in the sample. Accurate reproductive rates are required to improve estimates of net productivity and population size for dolphin species affected by the tuna fishery.

Recent technological advances in the use of aerial photography in dolphin population censusing have provided an alternative method for estimating reproductive rates. Results from the 1979 IATTC research cruise of the M/V GINA ANNE indicate that dolphin lengths can be measured from aerial photographs. Length-frequency distributions of dolphin species can be created by measuring each individual in photographed schools. The number of calves, juveniles, and adults can thus be determined from this distribution by application of age-length curves, allowing the calculation of reproductive rates. This technique eliminates the age selectivity inherent in data from animals killed in tuna sets.

An aerial photographic survey was conducted to sample length frequencies of dolphin species off the coast of Mexico. The major objectives of the study were:

- 1) to determine the length-frequency distribution for dolphin species encountered, primarily spotted dolphins (*Stenella attenuata*), spinner dolphins (*S. longirostris*), and common dolphins (*Delphinus delphis*);
- 2) to determine the degree of variability in length frequencies between schools of the same stock;
- 3) to increase the understanding of dolphin social structure;
- 4) to compare samples of observer estimates of school size made during the flight with estimates made from photographs;
- 5) to determine whether dolphins have species-specific reflectance characteristics ("spectral signatures") which would allow positive identification of species from aerial photographs;
- 6) to refine aerial photographic techniques.

Twenty-four flights were conducted between November 6 and December 15, 1980, from five Mexican airports: La Paz (3 flights), Puerto Vallarta (1 flight), Acapulco (10 flights), Zihuatenejo (3 flights), and Tapachula (7 flights). The survey plane, a Beech AT-11 aircraft, had a large glass nose bubble with room for two observers and two large rear windows for the two other observers. The scientific party was from the IATTC and NMFS. A biologist from the Instituto Nacional de Pesca of Mexico participated in the flights from Acapulco.

Aerial photographs were taken with KA-45A and KA-62A 5-inch aerial reconnaissance cameras, a T-12 9-inch cartographic camera, and four Hasselblad 70-mm cameras. The 5-inch reconnaissance camera transparencies will be used for dolphin length measurements and school size analyses. The 9-inch transparencies provided a backup to the 5-inch camera systems and will be used for all measurements over large distances. The Hasselblad cameras were mounted together and fired simultaneously, with various filter and film combinations to determine the feasibility of photographically identifying dolphins by their spectral signatures and to select the optimum film/filter combination for photographing dolphins in tropical waters.

A total of 100 cetacean schools were photographed during the study, including 11 schools of spotted dolphins, 27 schools of spinner dolphins, 20 mixed schools of spotted and spinner dolphins, and 15 schools of common dolphins. The photographic results are currently being analyzed.

Technician training films

One of the major goals of the chartered cruise of the M/V GINA ANNE, in October–November 1979, was to develop training films for the tuna vessel technician program. Film (16 mm) was taken of schools of known size during the chase, capture, and backdown operations of a set and of the fishing operation itself.

Two films for training technicians in the estimation of dolphin school sizes were prepared. The first, designated the training film, shows a set of schools of different sizes during chase, followed by another set of schools in the net and finally another set during backdown. The size of the school is given before the sequence is shown, and the schools are arranged in increasing order of size within each phase (chase, capture, or backdown) to illustrate relative differences. The second, designated the test film, shows a sequence of the same school or ones of nearly equal size in each phase of chase, capture, and backdown. This is repeated for three schools of different sizes. The sizes of the schools are not shown until the end of the film to allow the technician to make his own estimates. Although the films show only a few of the types of schools (and variety of conditions) for which technicians will have to make estimates, they do provide a rare opportunity for them to observe schools of known size.

Also, a third film was made which illustrates the use of a purse seine during a set for tuna associated with dolphins. This film helps to elucidate many of the points discussed in the technician training sessions.

Computer programming

Because of the large amount of data involved in the tuna-dolphin investigation a considerable amount of effort is devoted to developing computer programs to manage and analyze data. Much of this work is for the maintenance of existing systems, such as modifying data entry programs to accommodate changes in the data forms. In addition several new tasks were started.

The NMFS, which has a large data base containing information collected by technicians aboard U.S. purse seiners since 1974, has kindly made available to the Commission data on logged sets, the amount of fishing effort on tunas associated with marine mammals, and sightings of marine mammals. Since this information is both copious and comprehensive the staff has developed some general computer programs to simplify the analysis of these data. For the set log data, they allow retrieval of a workable data set by internally handling the possible 382 variables for each set and by overcoming the differences in the data between years. For the marine mammal effort and sighting data, a series of programs allows abundance estimates to be made for given species or combinations of species and for given area stratifications.

Work was started on a method for estimating the total number of sets made on tuna associated with dolphin schools for each year. Set type is usually recorded in the bridge logs which the Commission abstracts after most fishing trips, but this information is sometimes missing, particularly in the earlier years of the fishery. The method will prorate sets of unknown type based on information from sets of known type (sets known to be made on dolphin schools or otherwise).

Gear program

In an experiment to determine if tunas can be attracted to man-made anchored objects in the eastern Pacific, the Commission constructed and deployed five rafts in areas of frequent tuna fishing, but outside any country's 200-mile fishing zone to ensure access to as many seiners as possible. If such devices can aggregate tunas in quantities large enough to support successful commercial purse seining they may provide an alternative to fishing for dolphin-associated tuna, especially if they can attract the larger yellowfin normally found in association with dolphins. Such an alternative could result in reduced dolphin mortality levels. Similar anchored devices have proven successful in attracting tunas in other areas of the Pacific, such as the Philippines and Hawaii.

The rafts were deployed by the Commission-chartered U.S. purse seiner M/V TIFAIMOANA. Their positions, deployment dates, and approximate anchoring depths are as follows:

Raft	Deployment date	Position	Depth (fathoms)
1	8/26/80	14°51'N-114°23'W	2100
2	9/03/80	15°04'N-110°20'W	1800
3	9/22/80	10°15'N-104°01'W	1730
4	11/03/80	9°20'N-101°41'W	2100
5	11/04/80	11°16'N-104°24'W	1800

By the end of the year, reports had been received from several vessels concerning rafts Nos. 1, 2, and 3. The reports indicated that these three rafts were still in position, in good condition, and had accumulated forage fish normally found associated with natural flotsam. One vessel reported catching 5 tons of mixed small yellowfin and skipjack tuna found in association with raft No. 2, 45 days after its deployment. Other vessels have also reported raft No. 2 having small amounts of associated yellowfin, skipjack, and *Auxis*. No reports have yet been received concerning rafts Nos. 4 and 5.

The short amount of time that the rafts have been deployed does not allow proper evaluation of their effectiveness, but it is hoped that any resulting success will generate industry interest in anchored tuna aggregating devices as an alternative fishing method.

Seminars on the reduction of dolphin mortality were conducted by the staff for tuna fishermen in Ensenada (Mexico) and Panama. The seminar for Mexican fisherman was held in early January, and two seminars were held for fishermen in Panama in April. The purpose was to disseminate information concerning fishing gear and procedures proven effective in reducing incidental dolphin mortality in the tuna purse-seine fishery of the eastern Pacific. Topics of discussion during the seminars included 1) operational procedures of a normal set on yellowfin tuna associated with dolphins, 2) the prevention of problems that contribute to dolphin mortality during fishing operations, and 3) a comparison of the two types of small-mesh safety panels most commonly used by the international fleet.

The breakdown of the use of dolphin safety panels, as can best be determined, by the 210 purse seiners of the international fleet that are large enough to be properly outfitted for fishing for tunas associated with dolphins (size classes 4, 5, and 6) and which fished in the eastern Pacific Ocean during the past year is as follows:

Equipped with superapron and fine-mesh safety panel (all 1¼-inch mesh)	100
Equipped with fine-mesh safety panel only (1¼-inch mesh)	65
Equipped with 1½-inch mesh safety panel	2
Equipped with 2-inch mesh safety panel	4
Not equipped with any dolphin safety panel	14
Unknown gear	<u>28</u>
Total	213

Of the 28 vessels with unknown gear, 17 are U.S. purse-seiners that did not have 1980 permits to capture dolphins. They are not required to have a dolphin safety panel, but many of them probably have the 1¼-inch safety panel, and some may have the superapron.

During the year a statistical comparison was made of the relative effectiveness of purse seines with fine mesh and super aprons for releasing dolphins. Data collected by the U.S. National Marine Fisheries Service from 1977 to mid-1979, as well

as Commission data, were used. The study showed large differences in kill rates due to the effects of the amount of tuna captured, numbers of dolphins captured, species of dolphins captured, and whether or not a net collapse or gear malfunction occurred. There were no consistent differences that could be attributed to differences between super apron and fine-mesh nets.

During the year the staff tested a device designed to prevent the collapse of backdown channels. The device, called a "backdown board" is similar in principle to the otter boards used by trawlers to keep their trawl nets open. A miniature model of the board was tested during pool tests by the NMFS using a scale-model purse seine. These tests were encouraging and plans are to construct a full-size model of the board for testing in the coming year.

One of the important functions of the staff is to visit vessels in port to distribute literature on dolphin mortality reduction, and to discuss Commission projects and any specific gear problems relating to dolphin release that a vessel may have, as determined from technician data. Vessels of the international fleet were visited throughout the year in San Diego, and in Panama in April and December.

OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

Skipjack and the wind-mixing index

Dr. Reuben Lasker of the NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla, California, first proposed that survival of larval anchovies in the California Current was dependent on the upper mixed layer being in a stable condition for a sufficient time. Concentrations of food suitable for first-feeding larvae have been found in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the anchovy larvae are unable to obtain sufficient food for survival. The amount of mixing caused by wind is roughly proportional to the cube of the wind speed. From the limited data available, Dr. Lasker has found that weak winds and suitable food during the larval stages resulted in strong year classes, and that strong winds or unsuitable food resulted in weak year classes.

It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. Wind velocities and sea-surface temperatures (SST's) by 5-degree areas between 180° and 135°W from 1961 on were obtained from the NMFS (Southwest Fisheries Center). The area was divided into two sectors (180°-155°W and 155°W-135°W) because warm water suitable for spawning reaches farther north in the western sector than it does in the eastern sector in some months. Preliminary calculations have been made for the area between 15°N and 15°S in the western sector, and between 10°N and 10°S in the eastern sector. Mean values for each 5-degree area were averaged for the entire area in a month and the mean monthly wind velocities were averaged for the 12-month period July-June, to obtain a mean value which was then cubed to obtain the wind mixing index (knot³) for the fixed area

(to be distinguished from the wind-mixing index for the area within the 82°F isotherms described below).

The trend in fishing effort by purse seiners is shown in Figure 24. Effort A is the usable logged effort standardized to Class-3 days in 22 5-degree areas where most of the skipjack has been caught. In an attempt to obtain estimates of skipjack abundance less biased by effort predominantly on yellowfin, only effort and catch data were used in area-quarter strata having a minimum of 100 days fishing standardized to Class-3 days and a minimum of 200 tons of skipjack. For the 1961-1979 period this method eliminates an average of 43 percent of the effort while retaining 89 percent of the skipjack catch in the 22 areas. Effort B is the total logged effort standardized to Class-3 days in the CYRA and Experimental areas (Figure 1). Effort C is the estimated total effort in the CYRA and Experimental areas calculated by dividing the total catch by all gears in these areas by the catch per unit of effort (CPUE) by purse seiners based on effort B. Effort C is biased in that a small proportion of the catch from 1963 to the present has been made by baitboats and other gears, so that the calculated total effort is slightly larger than actual total effort.

The upward trend in the three measures of effort since the early 1970's appears to be linear. Regression analyses for the 1971-1979 period show that the three measures of effort are all significantly correlated with time at the 1-percent level. The linear regression lines are shown in Figure 24.

The projections for effort in 1980 and 1981 based on these regressions are as follows, given in Class-3 days.

	A	B	C
1980	31,400	47,000	63,100
1981	33,800	50,200	66,800

Estimated annual catches of skipjack based on the regression between the logarithm of CPUE in the 22 areas and the wind-mixing index for the fixed area at an earlier time were given in the Annual Report for 1979 in order to test the predictability of the model. (Logarithmic transformations of values of catch and CPUE are used in an attempt to normalize the data.) Using the carrying capacity of the fleet as an index of effort resulted in an estimate of 142,000 tons for 1980. Since carrying capacity is a measure of the size of the fleet but does not measure its activity, estimates for catches in 1980 and 1981 were recalculated using the projected values of fishing effort for these years as estimated above. The wind-mixing index was 2,210 knots³ for the period July 1978-June 1979 which, according to the regression equation, would result in a CPUE of 3.50 tons per day for the 22 areas for 1980; multiplying this by the projected effort (A) of 31,400 Class-3 days in these areas results in an estimated catch of 110,000 tons for 1980. The logarithm of total catch is highly correlated with the logarithm of the catch in the 22 areas, so that the total catch estimated by regression from the estimated catch in the 22 areas is 157,000 tons for 1980. Calculating CPUE by using all logged catch and all logged effort by purse seiners in the CYRA and Experimental areas is simpler

than the method used in the 22 areas but includes much effort predominantly on yellowfin; the correlation with the wind-mixing index is weaker, however, and explains only 29 percent of the variation in the logarithm of CPUE attributable to wind as compared to 41 percent for the other method. The CPUE for 1980 estimated from the wind-mixing index is 2.30 tons per day which, when multiplied by the total projected effort (C) or 63,100 days, yields an estimated catch of 145,000 tons of skipjack in 1980, comparable to the other estimates of 142,000 tons and 157,000 tons. The preliminary value for the actual catch of skipjack in 1980 is 148,584 tons, close to the estimates. In contrast, however, the estimate for 1979 was 48 percent higher than the actual catch (see Annual Report for 1979).

The wind-mixing index for the fixed area during the 1979-1980 period was the lowest since the 1967-1968 period. The value of 1,700 knots³ results in an estimated CPUE of 5.24 tons per day in the 22 areas; multiplying this by the projected effort (A) of 33,800 yields a catch of 177,000 for the 22 areas, from which an estimated total catch of 223,000 tons of skipjack is calculated for 1981. Estimating CPUE for all logged catches and effort in the CYRA and Experimental areas from the wind-mixing index results in a value of 3.32 tons per day; multiplying this by the projected total effort (C) of 66,800 days yields an estimated catch of 222,000 tons for 1981. These estimates of annual catch from wind and effort have been made in order to test the predictability of the model and should not yet be regarded with any degree of confidence. The best that can be said at this time is that the skipjack catch in 1981 is likely to be above average.

The occurrence of skipjack larvae has been found to increase with sea-surface temperature. At SST's of 82°F and higher 50 percent or more of the net tows caught larvae. Waters with SST's exceeding 82°F therefore are considered favorable for spawning, or for the survival of the larvae, or both.

In the central Pacific the latitude of the 82°F isotherm fluctuates with the seasons, generally being farthest from the equator at the end of the summer, and nearest the equator at the end of winter, in each hemisphere. Mean monthly latitudes of the 82°F isotherm were obtained from charts of SST's at the NMFS Southwest Fisheries Center. For the population of skipjack caught in the eastern Pacific, the area where most of the spawning is presumed to occur lies between 180° and 135°W and in waters $\geq 82^\circ\text{F}$, *i.e.*, between the 82°F isotherms in each hemisphere (SST's $< 82^\circ\text{F}$ frequently occur in upwelling areas along the equator, but for simplicity these have been ignored). The area was divided into two sectors (180°-155°W and 155°W-135°W) because from May to December, the 82°F isotherm reaches farther north in the western sector than it does in the eastern sector. Because of the scarcity of observations, mean monthly wind velocities were calculated for 5-degree areas, rather than for 1-degree areas of latitude and longitude. The mean monthly latitudinal limits chosen to include the area $\geq 82^\circ\text{F}$ were the 5-degree increments of latitude closest to the mean monthly latitudes of 82°F isotherm calculated earlier. For example, if the 82°F isotherms were at 12°N and 14°S, the limits

chosen were 10°N and 15°S, including two 5-degree increments of latitude in the north and three in the south, to conform to the 5-degree areas selected for wind velocities. The northern and southern latitudinal limits for each month and sector are given in Table 16. Mean monthly wind velocities for each quadrant (180°–155°W, north of 0°; 180°–155°W, south of 0°; 155°W–135°W, north of 0°; and 155°W–135°W, south of 0°) were calculated from the mean wind velocities in each 5-degree area within the quadrant. A grand mean for the 12-month period from July of one year to June of the following year was then calculated by weighting the monthly means for each quadrant by the number of 5-degree areas within the 82°F limits. The grand mean was then cubed to obtain the annual wind-mixing index (knots³). Both wind and temperature data are scarce south of the equator, particularly during the earlier years. Data for 1961, which had been used earlier in preliminary investigations, have now been judged insufficient to obtain a reliable index, so only data from 1962 to the present have been used.

Plots of the wind-mixing index for the area within the 82°F isotherms and catch rate of age-1 + skipjack (12 to 24 months of age) captured by purse seiners based on effort in 22 selected skipjack fishing areas where some of the effort on yellowfin has been eliminated are shown in Figure 25. Plotting the catch rate on a logarithmic scale is equivalent to plotting the logarithm of the catch rate on an arithmetic scale. The logarithm of the catch rate (number of fish per day standardized to Class-3 purse-seiner days) is significantly correlated with the wind-mixing index at an earlier time. For example, the logarithm of the catch rate for 1964 is paired with the wind-mixing index in the selected portions of the spawning area during the period July 1962–June 1963. The product-moment coefficient of correlation (r) which assumes normality of distribution is -0.70 , significant at the 1-percent level; the rank-difference coefficient of correlation (r_d), which does not assume normality is -0.83 , also significant at the 1-percent level. The annual catch rate for 1980 has not yet been calculated, but annual catch rates and those for the first semester only have been shown to be highly correlated, so that the catch rate of 1,210 fish per day for the first semester of 1980 is likely to be near the annual rate.

The alignment of the points is close with the exception of 1973, which deviates greatly. The solid regression line is for the 1964–79 period, including 1973; the dashed regression line is for the same period, excluding 1973. The dashed line is regarded as better for estimating catch rates for future years. The 1979–1980 mixing index of 1,460 knots³ would indicate a catch rate of 1,410 fish per day for 1981 as a best estimate based on the dashed line, close to the rate of 1,460 fish per day in 1978.

The correlation coefficients for the logarithm of the catch rate and the wind-mixing index for the area within the 82°F isotherms do not differ significantly from those using the wind-mixing index for the fixed area used earlier. In subsequent investigations, however, it is planned to use only the index for the area within the 82°F isotherm (or within the 80°F isotherm, to include more data) because the skipjack larvae are more likely to be found in the

warmer waters, and the fixed area includes colder waters in the winter months.

Earlier investigations showed that logarithms of quarterly (3 months) catch rates of age-1+ skipjack were significantly correlated with the wind-mixing index for the fixed area for the first three quarters (estimated ages: 12 to 21 months) but not for the fourth quarter. Neither were logarithms of catch rates of age-0+ fish in the third or fourth quarters of the preceding year, nor those of age-2+ fish in the first and second quarters of the following year, significantly correlated with the wind-mixing index. This suggests that cohort strength may better be measured by using catch rates of age-1+ fish in the first three quarters only, rather than the annual catch rates of age-1+ fish, or catch rates of fish of all estimated ages including age-0+ and age-1+. Correlation coefficients for the logarithms of the catch rates of age-1+ fish in the first three quarters only and the wind-mixing index for the area within the 82°F isotherm were not significantly different: r was -0.75 for the first three quarters compared to -0.70 for the year; r_d was -0.84 for the first three quarters compared to -0.83 for the year.

Relation between yellowfin catch and vertical sea temperature structure

In 1974 the Commission staff initiated a study to test a hypothesis that yellowfin tuna in schools without porpoise may be more vulnerable to purse-seine fishing when the 23°C (73.4°F) and 15°C (59.0°F) isotherms are near the sea surface off the west coasts of Mexico and Central America. This hypothesis is based on the postulate that when the lead line of a 73 m (240 ft) or smaller purse-seine net is located below the bottom of a sharp thermocline, the fish usually will not attempt to escape from under the net because of cold temperatures and low levels of oxygen. Earlier studies by the Commission staff have indicated that small yellowfin (40-70 cm) have been most abundant in schools in areas of upwelling or at the interfaces of ocean currents where temperatures were 23°C and above. The apparent optimal thermal range for yellowfin is 23°C to 28°C with a lower limit of 15°C, below which they cannot remain for extended periods.

In the eastern tropical Pacific temperatures in the upper part of the mixed layer are nearly always greater than 23°C in areas where yellowfin are captured, and in the easternmost part of the area the 23°C isotherm lies most frequently in the upper third of the thermocline (subsurface zone where temperatures decrease rapidly). The 15°C isotherm is usually near the bottom of the thermocline where temperatures begin to change slowly with depth. Changes in depths of the 23°C and 15°C isotherms reflect both the depth and the strength of the thermocline. The vertical distance between these two temperature surfaces is inversely proportional to the thermocline strength.

The initial study, completed during 1974-75 with two years of data, strongly suggested that in 1973 and 1974, along the west coasts of Mexico and Central America, purse-seine fishing was often more successful when the 23°C (73.4°F) and 15°C (59.0°F) isotherms were relatively close to the surface. The

details of this study, based on catch data and vertical temperature profiles collected with bathythermographs (XBT's) on tuna and research vessels for 1973 and 1974, have been described most recently in the Commission Annual Report for 1978. During 1978 the study was expanded to include yellowfin catch data and temperature profiles for 1971, 1972 and 1975. Statistical analysis using the 1971-1975 data supported the above hypothesis. However, during the 1970's there were several non-environmental factors which frequently influenced fishing effort and made the interpretation of the results inconclusive. Because the Commission has continued to assess catch, effort, and catch per unit of effort data, the results of this study have been pertinent to defining new and useful aids for improving the analysis and evaluation of catch and effort in terms of how they relate to apparent abundance. Therefore during 1979 and 1980 six additional years (1970 and 1976-1980) of thermal XBT profile data were analyzed to form an 11-year data base (1970-1980) which was compared with catch and effort data for corresponding periods. However, during some months there were insufficient numbers of XBT observations and in those cases tested mathematical and empirical models were used to predict temperature stratification. These models related sea-surface observations, including wind-mixing and surface solar heating, to the depths of selected isotherms within the thermocline.

Recently the Commission staff decided to apply statistical methods to this study which would provide more definitive results regarding the relationship between catch rates and distribution of the 23°C and 15°C isotherms within more specific strata of space and time. In this study fishing success was based on yellowfin catch (tons) per hour of search time within the CYRA during the unregulated period from January through June. The catch rates were computed by Commission staff from logbook data which provided search times between more than 20,500 school-fish sets. Nearly all fishing trips which made two or more sets within the same month and 5° geographical area were used. Finally, average catch rates per 5-degree area per month were computed for a statistical analysis with the depths of the 23°C and 15°C isotherms. In order to examine the relation between the yellowfin catch rate and the depth of the 23°C isotherm, a simple three-by-three classification or contingency table was formulated. The results, based on 365, 5-degree/month areas are displayed

in Table 17. Three categories of catch rates were selected to reflect low, medium and high catches of yellowfin per hour of search time. The three categories of 23°C isotherm depths were selected on the basis of earlier studies which related school-fish catches (tons) to depths of the mixed layer and depths of the 23°C isotherm. Simple linear correlations had been used in earlier studies and gave inconclusive results.

The observed frequencies in Table 17 reflect a high degree of association between: 1) high catch rates and shallow 23°C isotherm depth, 2) low catch rates and deep 23°C isotherm, and 3) the opposite classifications to 1) and 2). The observed frequencies in the middle row of the classification (Table 17) con-

tributed least to the chi-square test of association. However, the chi-square value ($\chi^2 = 157$), based on data in Table 17, is highly significant ($P < .001$) and supports a strong association between yellowfin school fish catch rates and depths of the 23°C isotherms. These data were tested more rigorously employing "discriminate analysis," wherein the catch rates were subdivided into three groups of catch per hour (see Table 18), and the depths of the 23°C and 15°C isotherms were the discriminating variables. This analysis was performed to determine if the 23°C isotherm depths, in particular, could be used to distinguish among low, medium and high rates of yellowfin catch. From the three groups of catch rates and associated 23°C and 15°C isotherm depths, a "discriminant function" was found. The chi-square test ($\chi^2 = 124.7$) revealed a high degree of association between catch rates and the 23°C isotherm depth. Also the 23°C isotherm depth was highly significant ($P < 0.001$) as discriminator for the three classes. Finally, to check the adequacy of the derived discriminant function, the original set of cases (365) were classified with the function. The results are shown in Table 18 which reflects an overall correct classification of known groups to be 55.9 percent. The highest classifications were: 75.4 percent based on the 23°C isotherm depths, for group 3—large catch rates—and 62.4 percent for group 1—small catch rates. Almost 45 percent of the group 2—medium catch rates—were predicted (reclassified) to fall into group 1. Thus, the 23°C isotherm was a good discriminator for small and large catches and a poor discriminator for medium-size catch rates.

The statistical analyses of 11 years tended to confirm the hypothesis that non-porpoise associated fish may have been vulnerable to purse seining when the net hangs in or below the thermocline. Although the data strongly suggest an environmental influence on the catchability of yellowfin in terms of the vertical temperature structure there very well may be other extenuating factors which affect the amount of non-porpoise school fish captured in purse seines. For example, fishing strategy may have changed from day-to-day depending on availability of skipjack and porpoise or non-porpoise associated yellowfin to the fishing fleet. Also, fishing effort has shifted periodically from one species to another depending on seasonal yellowfin quota limits, on accidental porpoise kills during purse-seining operations and, in some instances, on market needs. Because these factors tend to mask environmental effects on fishing effort, it has been difficult to assess the real effect of the ocean thermal structure on catch and effort. This is particularly true when one considers that there have been many 5° areas in the CYRA, during each year studied, in which shallow thermoclines and 23°C isotherm depths prevailed, but fish catches and effort were minimal; which suggests that the apparent abundance of school fish is more closely related to other factors such as ocean currents which aggregate or disperse food. The ocean thermal structure is regulated by currents also. However, the relationship between thermal structure and catch-per-hour of search has been statistically significant and consistent and these results have indicated that there is an application of vertical temperature structure in defining those areas within the CYRA where good catches of small

yellowfin school fish could be expected based on the vertical temperature structure. Before attempting to utilize such data to adjust indices of abundance, it will be necessary to carry out additional research of this type relating thermal structure to catch rates of porpoise-associated fish and skipjack. Such work is in progress.

STATUS OF TUNA STOCKS IN 1980 AND OUTLOOK FOR 1981

It is the responsibility of the Commission 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 yellowfin has been evaluated by the application of general production models and age-structured models. Considering first general production models, when a population of fish is not 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. Over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality, and the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than normal and years of especially poor environmental conditions when the population is less than normal, 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 mor-

tality 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 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 Commission'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 the higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium.

The question arises as to whether or not general production models are applicable to the yellowfin tuna fishery in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) (Figure 1). If so, the yellowfin which inhabit the CYRA must be a discrete population, *i.e.*, there must be relatively little interchange between these fish and those of the area outside the CYRA. If such models are applicable that fact can be detected only if (1) 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, and (2) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels greater than optimum.

The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA has been studied, and the results are discussed in previous annual reports of the Commission. In summary, the results indicate that there is some intermixing of the fish inside and outside the CYRA, but that this is

probably not sufficient to invalidate the use of the model. The effects of environmental conditions have also been studied and reviewed in previous annual reports. As far as can be determined, these effects balance out over fairly short periods of time, so they can be largely ignored without invalidating the use of the model.

The model was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934–1955, which furnished a wide range of less than optimum effort. 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.

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 long-line 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 factor. 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 Commission's staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort are measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs are catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF).

Class 3 (vessels with capacities of 101 to 200 short tons) was selected as the standard size for purse seiners during the 1950's because at that time Class-3 purse seiners caught more tunas than did purse seiners of any other size. Since then many larger purse seiners have been built, and many smaller ones have sunk or are no longer active. The larger vessels fish in all areas, while the smaller ones fish almost entirely within a few hundred miles of the coast, and tend to fish more at the northern and southern ends of the range of yellowfin and less in the area between southern Mexico and Colombia. Standardization involves comparison of the fishing success of vessels of different size classes when they are fishing in the same area-time strata. When there are no data for Class-3 purse seiners in an area-time stratum data for Class-6 vessels are used, and the net effect is almost equivalent to standardization to Class-6 vessels.

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 26. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the two areas combined will be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined will 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 are described in more detail in previous annual reports of the Commission.

Data for a large number of years 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 general 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 Commission, 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 two methods which have been given the most emphasis in recent years are discussed in this report. For both methods the logistic model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and effort is linear, was used. In Table 19 are listed the quotas and catch and CPUE data for the CYRA and the area outside the CYRA for 1967 through 1980. The CPSDF and the CPDF for the large vessels are shown in the top two panels of Figure 27.

For the first analysis (Case 1) the effort was standardized to Class-3 purse-seine days (vessels of 101 to 200 tons capacity). Only the data for 1967 through 1980 were used, as prior to 1967 the fishing effort was not as well dispersed over the CYRA as later; also major changes in the efficiency of the purse-seine vessels were apparently taking place in the earlier years. The AMSY is estimated to be 175 thousand tons, and the effort required to catch this amount at equilibrium conditions is about 52 thousand Class-3 days. The equilibrium production curve and the observed points representing non-equilibrium catch and effort are shown in the upper panel of Figure 28. Nearly all of the points occur above the line. This occurrence of most of the points above the line is not unexpected, as the line represents levels of catch which would be taken at equilibrium conditions, and during the period in question the effort was increasing, thereby reducing the accumulated stock by catching amounts of fish in excess of the net gain due to recruitment plus growth minus natural mortality. The catch cannot be expected to remain at its present level indefinitely if the effort continues to increase each year for, unless the trend is reversed, the stock will eventually be reduced to the extent that the catch will decrease no matter how much effort is exerted.

For the second analysis (Case 2) the CPDF for Class-6 purse-seine vessels (greater than 400 tons capacity) was employed as a measure of CPUE. This was first done because it had been observed that the CPDFs for the larger vessels had decreased more in recent years than had those for smaller vessels. Since the larger vessels fish in more areas of the eastern Pacific Ocean and take a larger share of the catch than do the smaller ones, the possibility exists that use of Class-6 data only will produce different estimates of the parameters. Also, CPDF for Class-6 vessels is more meaningful to present-day fishermen and other representatives of the fishing industry. Only the data for 1968 through 1980 were employed. The equilibrium production curve and the observed points representing non-equilibrium catch and effort are shown in the lower panel of Figure 28. In this case the AMSY is again estimated to be 175 thousand tons, and the effort required to catch this amount at equilibrium conditions is about 22 thousand Class-6 days.

For each of the two analyses the AMSY is estimated to be 175 thousand tons, the same as estimated for previous years. In each case the 1976-1980 points fall to the right of the maximum point of the curve, implying for these analyses that the effort has exceeded the amount necessary to achieve the AMSY. In the 1978 annual report it was noted that if the effort is held at the 1976-1978 level for the next several years one of two situations would be likely to occur. First, the catch could decrease, which would indicate that the stock of yellowfin probably changes in response to fishing as predicted by the general production model. Second, the catch could remain approximately constant. If such is the case it could indicate either that the estimates of the parameters of the model are faulty or that the stock of yellowfin does not change in response to fishing in accordance with the general production model on the overfishing side of the curve. Although there are only two additional year's data since the

1978 annual report was prepared, those points provide additional useful information. In 1979 the effort increased, but the catch remained about the same as those of 1974-1978. In 1980 the effort remained about the same as in 1979, but the catch decreased. This suggests that the model is still doing a reasonably good job of describing the dynamics of the stock. If the effort in 1981 is the same as in 1979-1980, or greater than in those years, and the catch is again less than it was during 1974-1979, it will appear that the curve goes downward with effort in excess of about 20 to 25 thousand Class-6 days, as shown by the solid curve in the lower panel of Figure 28, rather than remaining approximately level, as shown by the dashed curve in the same panel of the same figure.

The input to age-structured models consists of estimates of recruitment, growth, and fishing and natural mortality. Estimates of the rates of growth and mortality are obtained from analyses of data on the size composition of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The Commission's 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.

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 would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the fish which had not died previously at the age or size ("critical age" or "critical size") at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth. This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing mortality on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible the harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age corresponding to the minimum size of fish which are caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly less than the critical

age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age, and the yield would be almost as high as it would be under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably less than the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age of 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.

Reliable estimates of growth and natural mortality are required to calculate the critical age and size. The estimates which the Commission's staff has obtained for yellowfin, particularly that for natural mortality, are not as reliable as desirable, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds). 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.

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 will be so reduced that the recruitment in subsequent years is reduced. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners will 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 general 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 or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population densi-

ty 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 general production models.

The object of management carried out according to analysis of the yield-per-recruit model is to obtain the maximum yield per recruit. The estimated relationship among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 29. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during the 1968-1972 period and an instantaneous natural mortality rate of 0.8; the middle panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1973-1978 and the same instantaneous natural mortality rate; the bottom panel is the same as the top panel except that an instantaneous natural mortality rate of 0.6 is substituted. The estimate of 0.8 is believed to be the most likely one, but that of 0.6 is included to determine how much higher the age of entry should be if the natural mortality rate is lower. 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 1968-1972. The approximate weights of the catches of each age group corresponding to a multiplier of 1.0 are shown in the upper left corner of each panel. In all three panels the yield per recruit increases with increasing multipliers of fishing effort up to about 1.0 regardless of the size at entry. With multipliers greater than about 1.0 the yields per recruit remain about the same with lower sizes at entry, but continue to increase with greater sizes at entry. Except at levels of effort less than about half the corresponding current effort, the yield per recruit increases with increases in the size at entry. In the top panel, for example, the optimum size at entry is about 15 pounds with a multiplier of 1.0 and about 30 pounds with a multiplier of 2.0. The corresponding yields per recruit are 5.3 and 6.7 pounds, respectively. In the top panel, with an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds, the critical size, and the yield per recruit would be 7.6 pounds.

Prior to 1973 the fishery operated on the larger average sizes of fish, the majority of the catch being 2-, 3-, and 4-year-olds. Subsequent to that time, however, the fishery shifted to the smaller sizes, most of the catch consisting of 1- and 2-year-old fish. This is shown in the upper and middle panels of Figure 29. Using a fishing mortality multiplier of 1 and a size at entry of 7 pounds the current yield per recruit, as estimated from the middle panel in Figure 29, is about 4.4 pounds. For the same fishing intensity and entering size, but with the size composition of catch shown in the upper panel for years prior to 1973, the corresponding yield per recruit is about 5.2 pounds. This indicates that return to a size composition similar to that in the fishery prior to 1973 would produce a significant increase in the yield.

The above description contains the implicit assumption that alteration of

the age at entry does not change 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 of entry was increased, the vessel 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.

In addition to its studies of the yield-per-recruit model, detailed cohort analyses have been performed by the Commission's staff. 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 X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same size.

Cohort analysis consists of estimation of the numbers and weights of the fish of one or more cohorts at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers and weights which are caught and which die during each interval, and interpretation of the meaning of the results. The information needed for such analyses includes the numbers and 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. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency data which include, as a first step, assignment of the fish in the catch to cohorts. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be readily 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 catch 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 (equivalent to 55 percent) is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also, the vulnerability of the fish to capture varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Cohort analyses have been conducted for the 1965 through 1980 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 20. Using this table, the estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, are apparent. For the X68 cohort, for example, there was an average of 23,519,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 19.3, 15.6, and 12.4 million fish, respectively (1968 row, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 9.9, 7.5, 5.9 and 4.8 million fish, respectively (1969 row, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year-olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 23.5 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968 row). The situation is the same for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 20 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was obtained 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 21. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 25 million for the Y cohort and 23 million for the X cohort. The variability among years is greater for Y cohort (3.6) than for the X cohort (2.2), and that for the combined data (2.5) is intermediate. Although the recruitment is highly 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	Ave. weight	Quarter	Ave. weight	Quarter	Ave. weight
1	4.0	7	27.0	13	98.0
2	5.6	8	36.1	14	111.1
3	8.0	9	45.0	15	122.0
4	10.2	10	55.1	16	130.0
5	13.5	11	67.0	17	134.0
6	18.9	12	83.0	18	136.0
				19+	157.0

These values were multiplied by the corresponding values in Table 20 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over

four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 30. 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 general, the biomass of older fish has been less during the middle and late 1970's than in previous years.

In Figure 31 are shown the average quarterly and average annual biomass estimates for 1968 through 1980 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 are not expected to contribute heavily to the fishery in 1981 and 1982. Preliminary estimates of the 1980 recruitment indicate that it is slightly above average.

The purse-seine catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during the first 6 months of 1968-1979 are shown in Figures 32 and 33. In Figure 32 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 33 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

From comparison of these four figures, annual estimates of the biomass of the X and Y groups (Figure 30), quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish (Figure 31), and purse-seine catches during the first 6 months of each year by age and cohort (Figures 32 and 33), it is clear that the large catches of small fish in recent years have altered the age composition of

the population and the catch. Fewer and fewer individuals have survived to reach the larger sizes, and the yield-per-recruit analysis discussed previously has shown that this probably reduces the total catch. The cohort analysis corroborates this and provides data to quantify the differences. The total contribution each X and Y cohort has made to the fishery throughout its life in the fishery has been estimated. The sums of the estimated catches for the two cohorts entering each year range from a low of 121 thousand tons for the 1972 cohort to a high of 268 thousand tons for the 1974 cohort. If the 1974 cohort had not been fished so heavily during its first year in the fishery it would have contributed even more. Division of these catches by the corresponding annual estimates of recruitment indicates that the yield per recruit prior to 1973 was about 8 pounds, whereas for the period from 1973 on it has been about 7 pounds. (These estimates of the yield per recruit are slightly higher than those given in the discussion of the yield-per-recruit model because of differences in the methods of calculation. In the yield-per-recruit model recruitment was assumed to occur at 40 cm, whereas the average lengths of the first-quarter fish in the cohort analyses are somewhat greater.) With an average recruitment of 45 million fish and a size composition in the catch similar to the 1968-1972 period the total annual yield would be about 175 thousand tons. With the same average recruitment, but a size composition similar to the more recent years in the fishery, the total annual yield would be about 155 thousand tons.

The analyses presented above using general production models have consistently produced estimates of the AMSY of about 175 thousand short tons of yellowfin for the CYRA. The actual catch, which has exceeded this amount during the last five years, has been declining since the peak catch of 210 thousand tons taken during 1976. The 1980 catch of 146,653 tons is the lowest catch taken from the CYRA since 1971.

It does not appear from the analyses just presented that increasing the effort on yellowfin will result in an increased catch, as the recent increase in the effort has not resulted in an increase in the catch. Depending upon the shape of the right limb of the curve, the catch can remain constant as the effort increases or it can decline. Data generated by keeping the effort at approximately current levels can help provide an answer; however, the fact that the catch has been declining since 1976 and the CPSDF, which is used as an index of abundance, is also declining (and quite sharply) lend support to the supposition that the right limb of the curve is not completely flat. In Figure 27 five indices of abundance are shown for 1970-1980. The top panel, with the CPSDF for Class-3 vessels (101-200 tons capacity) shows a decline of about 62%. The next panel, CPDF for the Class-6 vessels (over 400 tons capacity), shows a similar decline of about 69%. The next two panels show indices of abundance based on estimates of searching time. One of these, based on catches and searching time for non-porpoise schools, shows a decline of about 71%; the other, based on the same data for porpoise schools, shows a decline of about 68%. The last panel, biomass indices from cohort analyses, shows a decline of

about 35%. The catch during this 11-year period increased at first, but has been declining since 1976.

If these indices are accurately monitoring the trends in abundance the population of yellowfin is at its lowest known level. It thus appears that caution should be exercised in increasing the catch beyond the current best estimate of the AMSY. If the right limb of the curve is flat the catch should come into equilibrium at about 170 thousand tons whether the effort is kept constant or increased. In this case the best management action might be to continue the experimental program at the level of 175 to 210 thousand tons. If, on the other hand, the curve bends downward the catch should continue to decline. In this case, if the catches are to be maintained at the AMSY, the effort should be reduced by about 10-15 thousand days or the catch should be limited to about 155 thousand tons.

In the 1978 annual report concern was expressed over the changing size composition of the catch. It was noted that the recruitment of yellowfin is variable, but not nearly as variable as those of many longer-lived temperate species of fish. It was suggested that this variability in recruitment, coupled with a shift of fishing mortality to the younger age groups, would most likely result in reduced catches of yellowfin in years of below-average recruitment. These conclusions were based on data from the catch by cohorts during the first 6 months of the year. To examine this situation further and to evaluate the conclusions presented previously a more thorough analysis utilizing all age structure data from 1965 through 1980 (preliminary) has been completed and presented above. The analysis corroborates the variability in recruitment and demonstrates that the fishery is becoming progressively more dependent upon the smaller size groups of fish. As this happens the potential yield from the stock decreases because of a decrease in the yield per recruit. Concurrently this causes a decrease in the biomass of the stock. If these analyses are correct, then even though the 1978 year class was large and the 1979 year class was above average, it should not be expected that the population of large fish would increase very much, if any, in 1981, and therefore the production would be less than would be the case if the average size of the fish were increased. Considering that the 1980 recruitment appears to be a little above average, but the relative fishing mortality on these recruits continues to be high, the catches in 1981 will most likely decline if the effort is held constant.

If the number of larger fish in the population is to be increased the dependence of the fishery upon age-1 fish must be reduced. As pointed out in previous annual reports, the benefits of protecting the young fish would be substantial, but it would be difficult to accomplish this.

There are several approaches to reducing the dependence on small fish. One way would be to set a minimum size limit. Another would be to close certain areas during certain seasons to unrestricted fishing if and when small fish are predominant. Another way would be to shift the opening date of the season so as to restrict fishing during a period when small fish are most abundant in

the catch. Analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. If, on the other hand, the fishermen could avoid the small fish there would be an increase in the yield per recruit.

It does not appear as though shifting the opening date of the season would be as beneficial as thought earlier. When most of the fishing effort was generated during the first half of the year few catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3 to 6 pounds during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of availability of the fish of this group. During the last few years, however, there has been heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish have 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.

An alternate approach to protecting the smaller fish would be to restrict the overall magnitude of the catch of all yellowfin, including the small ones. This could be accomplished by reducing the total fishing effort during 1981. This would result in the survival of more of the age-1 fish so that they would be available at older ages in succeeding years. It would also tend to make the age structure similar to that of the 1960's and early 1970's. Such a reduction in effort and catch would be consistent with the conclusions drawn from the general production model analysis.

If the total fishing effort is to be adjusted to a level that will eventually sustain the AMSY the general production model analysis would suggest reducing the 1981 quota to 155 thousand tons. This is based on the assumption that the relationship is described best by a parabola (*i.e.*, the right limb of the curve descends toward zero). If, on the other hand, the curve is flat on its right side, a catch of about 170 thousand tons would be expected during 1981 if the effort continues at its present level. Since we are uncertain as to the shape of the right limb of the curve, and since we wish to protect small fish and bring the size composition of the stock back to that which existed prior to 1973, the staff's recommendation is that the yellowfin quota during 1981 should be set at 160 thousand tons.

Because there is the possibility that the analyses of the conditions of the stock and the estimates of the AMSY are somewhat in error, flexibility in selecting the quota should be retained. If during the early part of 1981 large fish are relatively abundant in the catch, and the catch and CPDF increase, the quota should be increased.

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 26, Area A3) since 1968 (Table 19). 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 for Class-6 purse seiners was greater than 20 tons, but since then the CPDFs have been remarkably constant, between 9 and 13 tons (Figure 34, upper panel). In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.6 thousand days and the catches less than 30 thousand tons (Figure 34, 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 1977–1980, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs were about the same as those for 1970–1976. In the lower panel of Figure 34 it is clear that the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. If the logistic form of the general production model expresses adequately the relationship between catch and effort for the area outside the CYRA, as discussed earlier for the area inside the CYRA, then the fishery outside the CYRA appears to be operating on the underfishing side of the curve. Accordingly, these data indicate no biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

If the fish outside the CYRA are part of the stock which occurs inside the CYRA a reduction in the biomass and average size of the fish outside the CYRA during the last few years would be expected. No such reduction in biomass outside the CYRA is evident from the CPDF data. On the other hand, the average size of the fish caught outside the CYRA has declined from about 80 pounds in 1972–1975 to a little less than 60 pounds in 1977–1980 (Figure 35). This could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.*, more fishing on schools associated with flot-sam and less on schools associated with porpoises. Since 60 pounds is near the optimum size in terms of the yield-per-recruit model, as discussed in the section on age-structured analysis, there is no need to curtail the catch outside the CYRA unless it can be demonstrated that the catching of fish in the area reduces the recruitment in the CYRA. In any event, the fishery in the area outside CYRA should be closely monitored to evaluate these various possibilities.

SKIPJACK

More skipjack is caught on a world basis than any other species of tuna; likewise more skipjack than any other species of tuna is caught in the Pacific Ocean. The skipjack catch of the western Pacific Ocean exceeds that of the eastern Pacific Ocean. The estimated annual average catch in the western

Pacific Ocean during 1965-1972 was 243 thousand short tons. During 1973-1978, a period in which bait-fishing activities, especially by Japanese vessels, expanded considerably, the estimated annual average catch was 464 thousand tons. The corresponding values for the eastern Pacific Ocean are 89 to 120 thousand tons, respectively. In the western Pacific Ocean skipjack are caught mostly by baitboats, but in the eastern Pacific Ocean about 80 to 95 percent of the catch is taken by purse seiners. Only small amounts of skipjack are caught by longliners.

The population structure of skipjack in the Pacific Ocean is not well understood. Studies of the biochemistry of its blood indicate that there are at least two subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, the western Pacific subpopulation and the central and eastern Pacific subpopulation(s). The western Pacific subpopulation results from spawning in the Philippine Sea and to a lesser extent near the Ryukyu and Bonin Islands. The fish of catchable size occur in the vicinity of Japan, the Ryukyu Islands, Taiwan, the Bonin Islands, the Mariana Islands, the western Caroline Islands, the Philippine Islands, Papua New Guinea, Australia, and New Zealand. The boundary between the range of this subpopulation and that of the central and eastern Pacific subpopulation(s) in the northern hemisphere appears to occur in the area between Japan and the Bonin and Mariana Islands in the west and 165°E in the east. The boundary seems to shift eastward in the spring and westward in the fall. Off northeastern Japan central and eastern Pacific fish have been observed to replace western Pacific fish within a few days in September, and the reverse has been observed east of the Izu Islands in late May and early June. More recent studies, however, indicate the presence of fish of the western Pacific subpopulation near the Hawaiian Islands. In the equatorial region the boundary appears to occur at about 165°E between the eastern Caroline Islands and the Marshall and Gilbert Islands and does not seem to shift very much seasonally. Relatively few data are available for the southern hemisphere, but the boundary between the subpopulations is believed to occur in the Tasman Sea throughout the year. There are no data to indicate the extent, if any, the western Pacific subpopulation penetrates into the Indian Ocean. Recent tagging studies conducted by the South Pacific Commission have shown extensive migrations of skipjack in the south and equatorial Pacific Ocean. When the analyses of these data are complete the population structure of this species will probably be much better understood.

Substantial fisheries for skipjack of the eastern and central subpopulation(s) 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 very little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern

Pacific Ocean tends to take place closer to shore than that for yellowfin. In the central Pacific Ocean there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, in the area of mixing of subpopulations described previously, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catch of skipjack in the eastern Pacific Ocean varies considerably from year to year (Figure 36). 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.

During the late 1950's large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the 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 southern group seems to have shifted to Colombia and Central America.

Studies of the distribution of fish larvae have shown that there is little spawning of skipjack east of 130°W. Also, length-frequency data indicate that most of the skipjack caught in the eastern Pacific are adolescents, which are probably mostly the result of spawning in the central and central-western Pacific. They apparently arrive in the eastern Pacific when they are about 1 to 1½ years old and return to the central or central-western Pacific when they are about 2 to 2½ years old. Evidence for the latter is provided by the fact that 25 skipjack tagged in the eastern Pacific have been recaptured near the Hawaiian and Line Islands and 1 other has been recaptured between the Marshall and Mariana Islands.

Little is known concerning the extent of heterogeneity within the eastern and central Pacific subpopulation(s). All of the 26 fish which migrated from the eastern Pacific to the central and western Pacific were both released and recaptured in the northern hemisphere. There are several possible explanations for this. First, fewer fish have been tagged in the southeastern Pacific than in the northeastern Pacific. Second, the distance between the eastern and central Pacific is less in the northern hemisphere (northern Mexico to Hawaii) than in the southern hemisphere (northern South America to French Polynesia). Third, the fisheries in French Polynesia are lesser than those in Hawaii. It would be highly useful to know more about the extent of heterogeneity. For example, the question arises as to whether the fish of the northeastern Pacific, southeastern Pacific, and other areas come from (1) a single group of spawners or (2) separate groups of spawners. If the former is the case then the portion of the total recruitment which migrates to each area is probably determined by oceanographic conditions, and the subpopulation could be managed only as a single unit. If the latter is the case the subpopulations could be managed separately.

General production models have been described above in the yellowfin section. It was pointed out that the model is not applicable unless the fish in ques-

tion 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 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 26 skipjack tagged in the eastern Pacific Ocean have been recaptured in the central and western Pacific. The skipjack fishery of the eastern Pacific Ocean 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 central-western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific Ocean, the central Pacific Ocean, and parts of the western Pacific Ocean. Thus, unless there are separate spawning groups within the central Pacific, the amounts caught in the eastern Pacific Ocean may be determined more by the portions of the fish hatched in the central and central-western Pacific Ocean which migrate to the eastern Pacific Ocean, particularly relatively near the coast, than by the abundance of fish of the eastern and central Pacific subpopulation(s). This suggests that the best approach might be to study the entire eastern and central Pacific subpopulation(s). As pointed out previously, the eastern and central Pacific subpopulation(s) may extend from the coast of the Americas to the western Pacific Ocean, and in the latter area can be distinguished from the fish of the western Pacific subpopulation only by biochemical studies of the blood. Accordingly, sampling would have to be carried out at all times of the year in the area of mixing to determine the portions of fish of the different subpopulations in that area. Then the catch statistics and other data for the eastern and central Pacific subpopulation(s) would be studied as a unit, or as several units, depending on whether there are one or several subpopulations.

Studies have been under way, 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 Commission's annual reports for 1977, 1978, and 1979, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) area of the Pacific Ocean between 130°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), (2) average sea-surface temperature in this area, (3) the Southern Oscillation (S.O.) index, an index of the pressure difference between the Easter Island high-pressure cell and the Indonesian low-pressure cell, and (4) 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) between 130°W and 180° and between 15°N and 15°S. These oceanographic or meteorological variables all appear to be inter-related. Dur-

ing periods when the S.O. index is high the winds in the central tropical Pacific tend to be stronger, the amount of mixing and equatorial upwelling greater, the sea-surface temperatures lower, and the area exceeding 82°F smaller; during periods when the S.O. index is low the winds tend to be weaker, the amounts of mixing and equatorial upwelling greater, the sea-surface temperatures higher, and the area exceeding 82°F larger.

The first and second analyses were performed because there is a positive correlation between percent occurrence 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 third is related to wind, sea-surface temperature, and currents, and has been regarded as a better index of all three because the pressure data are collected continuously, whereas wind, temperature, and current data are collected only sporadically on an opportunistic basis. The position of the Easter Island high-pressure cell, however, appears to have shifted in recent years, and the S.O. index is now suspected to be a poorer indicator of conditions in the spawning area than in earlier years. The fourth 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 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. Statistically significant relationships were found in most cases, but the best relationship was found between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 47 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life. Some of these analyses are treated in greater detail in an earlier section of this report.

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 and South Equatorial Countercurrents are being conducted because it would be expected that when these currents are stronger than average young fish would be carried to the eastern Pacific in greater numbers, and when they are weaker than average young fish would be carried there in lesser numbers, if they do in fact use these currents in their migration.

On the whole, the results of the Commission's 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 problems might be resolved if the Commission's biological and statistical studies could be made for the entire central and eastern Pacific subpopulation(s) 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 range of the eastern and central Pacific subpopulation(s), but not for others. Also, as pointed out previously, there is the problem of separating the catches of fish of the western Pacific subpopulation from those of the eastern and central Pacific subpopulation(s).

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 relationship between purse-seine CPUE and effort in the CYRA, standardized to Class-3 units (vessels of 101- to 200-tons capacity) is shown in Figures 37 and 38. The former figure includes all 5-degree areas of the CYRA, while the latter includes only selected 5-degree areas where significant amounts of skipjack are caught. In neither case does there appear to be a significant relationship. There is a possibility, 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 Commission's broad studies of fishing effort and CPUE as indices of abundance.

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 composition of skipjack samples taken in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during 1967 through 1980 is shown in Figure 39. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (about 7.8 pounds) was highest in 1971-1973 and lowest in 1978-1980. During 1978 there were frequent comments about the high incidence of small skipjack. It can be seen from the figure, however, that the situation could be better described as a shortage of large fish relative to medium fish, rather than an overabundance of small fish relative to medium fish.

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, for skipjack 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 for only short periods of time, and thus are of limited value. The few long-term returns that have been received have nearly all been from fish recaptured in the central Pacific Ocean, and the reason that there are so few of them is that the fishing intensity is low in that area. Thus the available estimates of growth of skipjack are not as good as those for yellowfin and not as good as desirable.

The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 40. The Commission 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 1967-1969, 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 1.0 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.

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

As pointed out previously, management should be directed toward all parts of a single stock, rather than a part of a stock, a mixture of several

stocks, or a mixture of parts of several stocks. Accordingly, it is of prime importance to define the stocks or subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, which has not yet been satisfactorily done. The Tuna Commission has recently increased its tagging of skipjack in the eastern Pacific Ocean and conducted tagging experiments in French Polynesia. A number of other organizations, especially the South Pacific Commission, have been tagging skipjack in large numbers in the western and central Pacific Ocean in recent years. Also, collection of blood samples for subpopulation identification is being carried out in the western and central Pacific. In addition, various organizations, particularly the Food and Agriculture Organization of the United Nations, are striving to obtain better catch and effort data for skipjack in the western and central Pacific. When these studies are further along it will be possible to ascertain better the status of the Pacific Ocean skipjack subpopulations with regard to fishing.

BIGEYE

Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950's there was little longline fishing in the eastern Pacific Ocean, and hence there was little catch of bigeye in that area. During the mid-1950's, however, Japanese longline vessels began to fish in the eastern Pacific Ocean, and this species became of more concern to the Commission's staff. During the period of 1965-1974 five papers dealing with the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the eastern Pacific Ocean were published in the Tuna Commission's Bulletin series.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean have increased in recent years (Table 1). The increased catches are apparently due to two factors. First, the actual catches have probably increased because there are no regulations for this species, which in some instances has caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin, as the latter have generally been subject to regulations during the latter part of the year. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye has probably increased. Second, the more recent statistics are more accurate. Bigeye and yellowfin bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species are more often reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by Tuna Commission employees, who attempt to estimate the proportions of the two species in mixed landings.

The Commission's studies of surface-caught bigeye have consisted principally of recording and processing catch and effort data from information on weights of fish unloaded and logbook records and of collection of length-frequency data from fish unloaded at canneries. In addition, during the 1959-1978 period a total of 611 surface-caught bigeye have been tagged and 15 of those have been recaptured.

As already pointed out, general production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the

eastern Pacific Ocean only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. Unfortunately, however, few bigeye have been tagged, so it is impossible to estimate the extent, if any, of mixing of bigeye of different areas.

Data on the effort, catch, and catch per unit of effort (catch per 100 hooks) for 1956-1978 for the portion of the eastern Pacific Ocean delineated by heavy lines in Figure 41 are shown in Figure 42. This area was selected because it includes most of the bigeye catches, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1956-1960 the effort and catches were low and the catch per unit of effort (CPUE) was high. During 1961 through 1964 the effort and catches increased. The CPUE was slightly greater than 3 fish per 100 hooks in 1961, but declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1965 through 1978 the effort ranged between about 27 and 76 million hooks and the catch between about 230 and 720 thousand fish, but the CPUE remained nearly constant, at slightly less than 1 fish per 100 hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing. Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the average maximum sustained yield. It may be significant, however, that the catches more than doubled during the 1965-1978 period, while the CPUE remained about the same. This could be due to the fact that the longline fishery is directed toward yellowfin, albacore, and billfishes, as well as bigeye, and changes in the CPUE of bigeye can be caused by changes in fishing areas and changes in fishing methods, such as depths at which the hooks are placed. Also, there is insufficient knowledge available concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort were calculated. The length at age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Volume 11, Number 2. Because it is impossible, with the data presently available, to estimate the coefficient of natural mortality (M) of bigeye with any degree of confidence, trial values of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 on an annual basis were used. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual coefficients of fishing mortality (F) of 0.1 to 1.6, are shown in Figure 43. In every case the yields per recruit were lowest with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm.

Most of the purse seine-caught and longline-caught bigeye are recruited at 60 to 90 cm and 90 to 120 cm, respectively. In 1977, however, substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery (Figure 15). At an M value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at F 's up to 0.4. At F 's of 0.6 and higher the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm and at F 's of 0.8 and higher they are less for a length at entry of 60 cm. At an M value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of F for lengths at entry of 60, 90, and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for F 's up to 0.6, but at higher F 's the yields per recruit are less. At an M value of 0.8 the yields per recruit are approximately the same at all F 's regardless of the length at entry. At an M value of 1.0 the yields per recruit are roughly the same at all F 's for lengths at entry of 40, 60, and 90 cm, but less for a length at entry of 120 cm. In general, at high values of M the highest yields per recruit are realized with low to intermediate lengths at entry (40, 60, and 90 cm) and at low values of M the highest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). If the average length at entry could be reduced to somewhat less than 100 cm the yield per recruit could probably be increased. This does not appear to be possible with the present methods of fishing, however.

NORTHERN BLUEFIN

A preliminary model describing the life history of the northern bluefin tuna appears in the Commission's Annual Report for 1979. It is clear from this account that considerably more information is needed on several phases of the life history of the northern bluefin. It should be determined whether or not there is more than one subpopulation of northern bluefin in the Pacific Ocean. The Commission is currently conducting studies of this nature, on a contractual basis, on northern bluefin in the Atlantic Ocean, and it is hoped that techniques will be developed which can be used for northern bluefin in the Pacific Ocean. A history of each year class should be constructed. Ideally this would include, for each year class, estimates of the numbers of fish recruited into the surface fishery of the western Pacific, the numbers of them caught in each year in the western Pacific, the numbers of them migrating each year to the eastern Pacific, the numbers of them caught each year in the eastern Pacific, the numbers of them migrating each year from the eastern Pacific, and the numbers of them caught each year by the longline fishery. This information could be estimated by analysis of adequate catch statistics data, length- and age-frequency data, and tagging data. Adequate catch statistical data have been collected for many years for the surface fishery of the eastern Pacific Ocean. Those for the western Pacific surface fishery are more difficult to collect and analyze, however, as several species are combined in the catch statistics for that area. The Tuna Commission and the Far Seas Fisheries Research Laboratory of Japan are currently working on a scheme to collect better catch statistics data for the surface fishery of the western Pacific. Length-frequency data have been collected for the eastern Pacific surface

fishery each year since 1952, and there are some length- and weight-frequency data for the surface fishery in the western Pacific and for the longline fishery available. Age-frequency data for the eastern Pacific surface fishery are available for 1963 through 1969, and the Tuna Commission's current sampling program for scales, otoliths, and fin rays and spines, hopefully, will provide such data in the future. The current tagging program should help to provide the necessary information regarding the portions of fish of various ages which emigrate from the western to the eastern Pacific and vice versa.

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

INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL 1980

INTRODUCCION

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

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

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

El programa científico se encuentra en su treintavo año. Los resultados de las investigaciones son publicados por la Comisión en una serie de boletines tanto en inglés como en español, los dos idiomas oficiales. La revisión anual de la administración y de los trabajos se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en revistas científicas exteriores de prensa y en publicaciones comerciales. Al final de 1980, la Comisión ha publicado 116

boletines, 205 artículos en revistas exteriores de prensa y 29 anuarios. Todos estos escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance del examen crítico de la comunidad científica del orbe.

REUNIONES DE LA COMISION

Como se mencionó en el informe anual de 1979, la XXXVII reunión de la Comisión, convocada en Panamá, República de Panamá, del 22 al 23 de octubre de 1979, fue suspendida sin haberse adoptado una acción para establecer una cuota para el atún aleta amarilla y hacer cumplir un régimen de conservación en 1980. Sin embargo, los participantes en la reunión acordaron incluir una declaración en las actas urgiendo “. . . a los gobiernos miembros que emprendan las medidas necesarias de revisión y consulta con el fin de poder establecer un régimen de conservación basado en el informe del Director de Investigaciones antes del 15 de febrero de 1980, para su aplicación”.

El 12 de marzo de 1980, se circuló la siguiente resolución en borrador a los gobiernos miembros para su consideración:

En vista de que no se ha implantado un programa reglamentario de conservación para el atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental en 1980, y

En vista de que este programa de conservación del atún aleta amarilla ha estado vigente cada año, desde 1966 hasta 1979, y

Reconociendo que sigue siendo necesario un programa de conservación para el atún aleta amarilla en 1980, con el fin de que el recurso de esta especie pueda mantenerse a un nivel que garantice una alta productividad continua en el futuro, y

Considerando que aún se puede implantar un programa de conservación para el atún aleta amarilla en 1980,

La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por consiguiente a las altas partes contratantes que cuando se adopte en 1980, el programa de conservación del atún aleta amarilla, debe establecerse en el año civil de 1980, una cuota anual sobre la captura total de atún aleta amarilla de 165,000 toneladas americanas en el ARCAA, como se definió en la resolución adoptada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y

Recomienda además que el Director de Investigaciones queda autorizado para aumentar este límite en no más de tres incrementos consecutivos de 15,000 toneladas americanas cada uno, si al examinar los datos disponibles, llega a la conclusión de que dicho aumento no constituye un peligro apreciable para la población, y

Recomienda finalmente que todos los países miembros y otras naciones interesadas trabajen activamente para que se logre establecer dicho programa de conservación en 1980.

A principios de abril todos los gobiernos miembros acordaron adoptar esta resolución, pero la cuota recomendada para el aleta amarilla nunca tuvo efecto, ya que no se logró después un acuerdo sobre como implantar el régimen de conservación en 1980.

La XXXVIII reunión de la Comisión se convocó en Washington, D.C., EEUU, el 28 y 29 de octubre de 1980. Cada país miembro fue representado por uno o más de sus delegados regulares. Además, había asesores de varios de los países miembros y observadores de la Rep. de China, Chile, Rep. de Corea, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nueva Zelanda, los Países Bajos, Perú y Venezuela, la International Whaling Commission, la Organización de los Estados Americanos y la Comisión Permanente del Pacífico Sur.

La Comisión aprobó la siguiente agenda al principio de la reunión y se ciñó a ella:

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 1980
6. Condición de la población del aleta amarilla y recomendaciones para 1981
7. Programa recomendado de investigación y presupuesto para el AF 1981-1983
8. Revisión de las negociaciones sobre un nuevo convenio o modificación del actual
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 160 mil toneladas americanas en el año pesquero de 1981 y que hubiera flexibilidad para ajustar esta cuota en forma ascendente en 1981, para permitir la posibilidad de que el personal hubiera subestimado la abundancia de la población. La razón de esta recomendación se presenta en el Documento Fundamental No. 2 de la reunión, que se puede obtener al solicitarlo a la Comisión. La Comisión adoptó la siguiente resolución con respecto al programa de conservación del aleta amarilla en 1981:

“*Considerando* que todavía no se ha llegado a un acuerdo sobre un mecanismo por el que se pueda establecer un programa regulatorio para 1981, para la conservación del atún aleta amarilla, en el Pacífico oriental, y

Considerando que dicho programa de conservación del atún aleta amarilla ha estado en vigor cada año desde 1966 a 1979, y

Reconociendo que continua siendo necesario un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1981, a fin de mantener los recursos de dicha especie a un nivel que garantice una continua elevada productividad 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 para 1981, debería establecerse una cuota anual para la captura total del atún aleta amarilla para el año civil de 1981, de 160,000 toneladas americanas del 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 a elevar este límite en no más de dos incrementos sucesivos de 20,000 toneladas americanas cada uno, si del examen de los datos disponibles concluye que dichos incrementos no constituirán un peligro de consideración para la población, y

Recomienda, finalmente, que todos los estados miembros y otros estados interesados se esfuercen diligentemente, por lograr la puesta en práctica de tal programa de conservación del atún aleta amarilla para 1981.

(2) El Director de Investigaciones examinó también el programa atún-delfín de la Comisión. Indicó que el personal había preparado una lista de las técnicas y artes pesqueras que se conocía reducían significativamente la mortalidad de los delfines, y recomendó que la Comisión considerara tomar alguna acción sobre éstas. Los delegados pidieron que el Director resumizara las recomendaciones en las actas. El texto de las actas se lee como sigue:

“Basados en los trabajos de investigación realizados por diversas organizaciones, los que ha emprendido la propia Comisión y la experiencia práctica de la flota internacional, se puede reducir considerablemente la mortalidad de los delfines empleando las siguientes técnicas de pesca y diseños de artes de pesca que facilitarán la liberación de los cardúmenes de delfines sobre los que los barcos calan sus redes de cerco.

Al cumplir con sus responsabilidades el personal recomienda a los delegados que consideren adoptar las siguientes medidas que han sido concebidas para reducir la mortalidad de los delfines:

1. Todos los barcos cerqueros realizarán la maniobra de retroceso cuando hay delfines capturados en la red.
2. Todos los barcos cerqueros que pesquen atunes asociados con delfines

instalarán en sus redes paños de seguridad de una luz de malla no superior a 1¼ pulgadas. Los paños deberán ser de suficiente longitud y profundidad de manera que toda la periferia del conducto de retroceso se componga de malla fina. Las aberturas para el agarre entre la malla menuda y la línea de corchos se entrelazarán firmemente con cabos.

3. Todos los barcos cerqueros que pesquen atunes asociados con delfines dispondrán, por lo menos, de tres lanchas rápidas en buenas condiciones de uso, equipadas con bridas y líneas de arrastre en la popa para evitar el desplome de la red. Cuando hay delfines dentro de la red, al menos una de dichas lanchas provista del equipo mencionado permanecerá en el agua, tripulada, durante toda la maniobra del lance y hasta después de terminado el retroceso.
4. Todos los barcos cerqueros echarán al agua un bote salvavidas tripulado durante el proceso de retroceso para rescatar a los delfines. El ocupante deberá llevar una máscara. El capitán del barco deberá restringir el uso del bote cuando las condiciones reinantes constituyen un peligro para el ocupante.
5. Durante el retroceso, al menos dos miembros de la tripulación, uno de los cuales será el ocupante del bote y el otro estará a bordo de la lancha rápida, deberán dedicarse a rescatar a los delfines a mano.
6. No se utilizarán instrumentos agudos o punzantes para retirar a los delfines vivos de la red o de la cubierta de un cerquero.
7. Ningún delfín se embolsará o enrollará a bordo de un cerquero, a menos que hayan fallado todos los demás medios intentados para su rescate.
8. Cuando la maniobra de retroceso haya de realizarse en la oscuridad, se dirigirá un potente foco fijo al agua, al lado del barco, y se utilizará intermitentemente una linterna de mano para verificar el progreso de la liberación de los delfines en la parte en que dicha operación se esté llevando a cabo.

El personal científico recomendó que los delegados notificaran a sus gobiernos sobre las técnicas y diseños de las artes para su consideración y posiblemente adopción”.

La Comisión no tomó otra acción con referencia a estas recomendaciones. Los detalles correspondientes a éstas se presentan en el Documento Fundamental No. 6 de la reunión.

(3) La Comisión acordó un presupuesto propuesto de \$2,632,860 dólares para el año fiscal de 1982-1983.

(4) La Comisión acordó celebrar la próxima reunión regular en Francia, probablemente en el último trimestre del año.

(5) La Comisión nombró como Presidente de la Comisión en 1980, al Sr. Louis Roudié de Francia y al Sr. Luis Rodríguez de Panamá como Secretario.

ADMINISTRACION

PRESUPUESTO

En la XXXV reunión, celebrada en ciudad de México en octubre de 1977, la Comisión aprobó unánimemente el programa de investigación para el año de 1979-1980, presentado por el Director de Investigaciones, como también \$2,126,647 dólares para llevarlo a cabo.

En noviembre de 1979, la Comisión se enteró de que la contribución de los EEUU en el año fiscal 1979-1980, sería de \$1,882,784, fijándose así un presupuesto total de \$1,995,784.

DECLARACION FINANCIERA

Las cuentas financieras de la Comisión fueron revisadas cuatro veces durante el año por la firma pública de contabilidad de John W. Sutliff, San Diego, (California). Se enviaron copias de los informes de contabilidad al Presidente y al gobierno depositario (E.U.A.). Sigue a continuación un resumen de las cuentas de fin de año correspondientes al año fiscal de 1979-1980.

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Procedencia y Disposición de los Fondos 1 de Octubre 1979 al 30 de Septiembre 1980

CUENTA EN DOLARES (EEUU)

Procedencia de los fondos

Saldo favorable* (incluse obligaciones no liquidadas)* 1 de octubre 1979	\$ 934,705.47
EEUU	1,882,600.00
México	95,628.00
Canadá	85,310.00
Japón	21,798.00
Costa Rica	
Panamá	2,000.00
Francia	4,876.00
Nicaragua	
Entradas varias	166,374.84
TOTAL	\$ 3,193,292.31

*El saldo favorable incluye \$114,321.48 de obligaciones sin pagar

Disposición de los fondos

Adelantos	56,840.54
Gastos por proyectos	
1) Por proyectos	
A. Gastos administrativos	\$ 292,556.60
B. Investigación de los peces de carnada	—
C. Recolección, compilación y análisis de las estadísticas de captura	246,713.26
D. Biología del atún	465,322.68

E. Oceanografía	28,581.68	
F. Mercado de atún	272,048.27	
G. Estadísticas de captura para la reglamentación	64,749.56	
H. Investigación atún-delfín	913,194.21	
2) Por objetivos presupuestales		
01—Sueldos	\$ 1,070,754.34	
02—Viajes	175,905.75	
03—Transporte de equipo	5,594.19	
04—Comunicaciones	28,150.69	
05—Renta y servicios públicos	5,124.00	
06—Imprenta y encuadernación	29,813.13	
07—Servicios por contrato	588,196.90	
08—Provisiones y materiales	66,885.31	
09—Equipo	96,092.33	
13—Premios (recaptura de marcas)	6,823.48	
15—Contribuciones al seguro Social EEUU	57,811.25	
16—Seguro de vida	3,033.38	
17—Contribución al plan de retiro	102,716.62	
18—Seguro por incapacidad de trabajo	3,949.92	
19—Contribución al Seguro Médico	26,769.97	
20—Seguro de muerte accidental o mutilación	2,324.00	
21—Seguro de indemnización	13,221.00	\$ 2,283,166.26
Compra de soles (trabajos en el Perú)		5,000.00
Compra de sucres (trabajos en el Ecuador)		60,000.00
Compra de colones (trabajos en la Costa Rica)		—
Compra de francos (trabajos en la Polinesia Francesa)		—
Efectivo en el banco	\$ 792,608.24	
En efectivo	500.00	
	793,108.24	
Menos reservas		
Combinación de seguros	3,777.87	
Pensión	1,469.86	787,860.51
Depósitos		425.00
TOTAL		\$ 3,193,292.31

CUENTA EN COLONES (COSTA RICA)

Procedencia de los fondos	
Saldo favorable el 1 de octubre 1979	₡ 8,667.21
Compra de colones con dólares	—
TOTAL	₡ 8,667.21
Disposición de los fondos	
Gastos por proyectos	
1) Por proyecto	
F. Mercado de atún	—
2) Por objetivos presupuestales	
13—Premios (recaptura de marcas)	—
Efectivo en el banco	₡ 8,667.21

CUENTA EN SUCRES (ECUADOR)

Procedencia de los fondos	
Saldo favorable el 1 octubre 1979	S/. 492,497.90
Compra de sucres con dólares	1,605,611.00
Entradas varias	191,685.79
TOTAL	S/. 2,289,794.69
Disposición de los fondos	
Adelantos	100,000.00
Gastos por proyectos	
1) Por proyecto	
C. Recolección, compilación y análisis de las estadísticas de captura	S/. 540,370.57

COMISION DEL ATUN

G. Estadísticas de captura para la reglamentación	540.370.60	
2) Por objetivos presupuestales		
01 — Sueldos	141,268.00	
02 — Viajes	101,748.54	
03 — Transporte de equipo	683,551.00	
04 — Comunicaciones	53,484.70	
05 — Renta y servicios públicos	36,656.00	
06 — Imprenta	10,943.63	
07 — Servicios por contrato	28,664.25	
08 — Provisiones y materiales	14,875.05	
09 — Equipo		
13 — Premios (recaptura de marcas)	9,550.00	1,080,741.17
Efectivo en el banco		<u>1,109,053.52</u>
TOTAL		S/. 2,289,794.69

CUENTA EN FRANCO (POLINESIA FRANCESA)

Procedencia de los fondos

Saldo favorable el 1 de octubre de 1979	F. 470,537.00
TOTAL	<u>470,537.00</u>

Disposición de los fondos

Gastos por proyectos		
1) Por proyecto		
F. Mercado de atún	F. 16,560.00	
2) Por objetivos presupuestales		
06 — Imprenta	2,160.00	
08 — Provisiones y materiales	14,400.00	16,560.00
Efectivo en el banco		<u>453,977.00</u>
TOTAL		F. 470,537.00

CUENTA EN SOLES (PERU)

Procedencia de los fondos

Saldo favorable el 1 de octubre de 1979	S/o. 1,429,606.79
Compra de soles con dólares	<u>1,420,000.00</u>
TOTAL	S/o. 2,849,606.79

Disposición de los fondos

Adelantos		30,000.00
1) Por proyecto		
G. Estadísticas de captura para la reglamentación	S/o. 1,817,265.00	
2) Por objetivos presupuestales		
01 — Sueldos	1,438,960.00	
02 — Viajes	255,000.00	
04 — Comunicaciones	28,348.00	
05 — Renta y servicios públicos	78,000.00	
07 — Servicios por contrato	8,893.00	
08 — Provisiones y materiales	1,730.00	
13 — Premios (recaptura de marcas)	1,000.00	
15 — Contribución al Seguro Social	5,334.00	1,817,265.00
Efectivo en el banco		<u>1,002,341.79</u>
TOTAL		S/o. 2,849,606.79

COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Los investigadores continuaron en 1980, teniendo un estrecho vínculo tanto al nivel nacional como internacional con instituciones y organizaciones investigadoras universitarias, gubernamentales y privadas. Esta reciprocidad

hace que los investigadores se mantengan al frente de la evolución y rápido desarrollo que ocurre actualmente en la oceanografía y en la investigación pesquera mundial. Se describen a continuación algunos de los aspectos en este campo.

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

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 Comisión del Pacífico Sur, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y otros organismos internacionales.

Además, en 1980, 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. Presentamos a continuación dos ejemplos concretos.

En 1980, la Comisión continuó el marcado experimental de barrilete iniciado en 1977, en colaboración con el Centre National pour l'Exploration des Océans, l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, el Service de la Pêche de la Polynésie Française y la South Pacific Commission. En 1979, se empezó un crucero de marcado en las islas Marquesas, Tuamotu Sociedad, Gambier y Pitcairn; se terminó en febrero de 1980, después de haber marcado unos 20 mil atunes, principalmente barrilete. Este crucero se describe detalladamente bajo el título de "Marcado de atún".

Además, en 1980, la Comisión marcó en el Japón 845 *Thunnus thynnus* en colaboración con científicos del Far Seas Fisheries Research Laboratory en Shimizu.

OFICINAS REGIONALES

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

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

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

En Ensenada (Baja California, México), el puerto atunero más importante de ese país, se encuentra un técnico permanente. Dedicó la mayor parte de su tiempo en medir atunes y obtiene además otros datos científicos de pesca.

En Panamá se encuentran dos técnicos que trabajan en obtener los registros de bitácora de las embarcaciones que, en ese país, trasbordan su carga a frigoríficos y de embarcaciones que pasan a través del Canal de Panamá para descargar en puertos del Atlántico o pescar en el Océano Atlántico después de haber pescado en el Océano Pacífico oriental. Dedicán también parte de su tiempo en medir atunes en Panamá y en obtener tres o cuatro veces al año estadísticas atuneras en Puntarenas (Costa Rica).

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

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

PUBLICACIONES E INFORMES

La publicación rápida y completa 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 encuentran corrientemente informados 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, atestiguando así la validez de los resultados alcanzados por el personal científico de la Comisión, despertando al mismo tiempo el interés de otros investigadores en dicha investigación.

La Comisión publica la investigación de sus científicos y de los investigadores colaboradores en su serie de boletines. En 1980, se editó en esta serie una publicación en inglés y español:

Boletín, Volumen 17, tomo 6—Relación entre el tiempo y los incrementos de los otolitos del atún aleta amarilla y barrilete marcados con tetraciclina, por A. Wild y T. J. Foreman.

Se terminó en 1980 otro Informe de Datos:

Allen, R. L., D. A. Bratten, J. L. Laake, J. F. Lambert, W. L. Perryman y M. D. Scott. 1980. Report on estimating the size of dolphin schools, based on

data obtained during a charter cruise of the M/V *Gina Anne*, October 11–November 25, 1979 (Number 6).

Además de las publicaciones anteriores, los investigadores publicaron 11 escritos en otras revistas científicas:

Bayliff, William H. (editor). 1980. Synopses of biological data on eight species of scombrids. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Special Report, 2: 530 pp.

Stevenson, Merritt R., Robert G. Kirkham y Bruce J. Madsen. 1977. Development and testing of a cloud screening technique for use with satellite-borne scanning radiometers. Inter-American Trop. Tuna Comm. Final Report for SPOC (NESS/NOAA) Contract No. N00228-76-C-3163.

Allen, R. L. y H. J. Cranfield. 1979. A dredge survey of the oyster population in Foveaux Strait. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 175: 50–62.

Cranfield H. J. y R. L. Allen, 1979. Mark-recapture surveys of the Foveaux Strait dredge oyster (*Ostrea lutaria*) population. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 175: 63–69.

Allen R. L. 1979. A yield model for the Foveaux Strait oyster (*Ostrea lutaria*) fishery. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 175: 70–79.

Burnham, K. P., D. R. Anderson y J. L. Laake. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildl. Monograph. No. 72: 202 pp.

Klawe, W. L. 1980. Long-line catches of tunas within the 200-mile economic zones of the Indian and Western Pacific Oceans. Dev. Rep. Indian Ocean Programme/UNDP-FAO, Rome, (48): 83 pp.

Burnham, K. P., D.R. Anderson, y J. L. Laake. 1980. Line transect estimation of bird population density using a Fourier series. *In* Proceedings of Bird Census Symposium, October 26–31, 1980.

Mead, James G., Daniel K. Odell, Randall S. Wells, y Michael D. Scott. 1980. Observations on a mass stranding of spinner dolphin, *Stenella longirostris*, from the west coast of Florida. Fish. Bull. 78(2): 353–360.

Wells, Randall S., A. Blair Irvine, y Michael D. Scott. 1980. The social ecology of inshore Odontocetes. *In* Herman, L. M. (ed.), Cetacean Behavior: mechanisms and processes, pp. 263–318. John Wiley & Sons, Inc.

Olson, Robert J. 1980. Feeding habits and energy consumption of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean (In English and Japanese). Proceedings, 1980 Japan Tuna Res. Conf., Shimizu, Japan, Feb. 6–7, 1980. Fisheries Agency of Japan, Far Seas Fish. Res. Lab., pp. 59–71.

LA PESCA EN 1980**RESUMEN**

Las embarcaciones de 17 naciones (Antillas holandesas, Bermuda, Canadá, Colombia, Corea, Costa Rica, Ecuador, España, EEUU, Islas Caimán, Japón, México, Nueva Zelanda, Panamá, Perú, Senegal y Venezuela) pescaron atún en el Océano Pacífico oriental en 1980. Estos barcos capturaron principalmente atún aleta amarilla y barrilete, junto con algunas pequeñas cantidades de otros atunes. Los tres tipos principales de arte empleados en las capturas en orden de importancia fueron: redes de cerco, caña y sedal, y palangres.

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

En la XXXVII reunión convocada en octubre de 1979, la Comisión no llegó a un acuerdo referente a un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1980, sin embargo, se acordó luego una cuota de 165,000 toneladas americanas, la cual nunca se puso en práctica. En la XXXVIII reunión celebrada en octubre de 1980, el personal de la Comisión recomendó que se fijara la cuota de 1981, en 160 mil toneladas, con la estipulación de aumentarla, según el criterio del Director de Investigaciones. Aunque se aprobó la cuota (véase la resolución anterior) nunca se hizo vigente.

Desde 1965 hasta 1980, la capacidad total de acarreo de la flota internacional que pesca atún en el Océano Pacífico oriental ha ascendido de 48,712 a 189,371 toneladas. En 1980, esta flota capturó 146,653 toneladas de aleta amarilla y 125,051 toneladas de barrilete en el ARCAA. Además de la captura en esta zona, las embarcaciones con cerco que pescaron al oeste del ARCAA y al este de los 150°W capturaron 29,340 toneladas de aleta amarilla y 19,361 toneladas de barrilete. Además 14 barcos que participaron en la pesca del ARCAA en 1980, pescaron también en el Océano Atlántico o en el Mar Caribe y capturaron allí 7,246 toneladas de aleta amarilla y 5,410 toneladas de barrilete.

La captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1980, fue la captura más baja registrada desde 1971. Esta baja captura refleja el efecto de la fuerte pesca en 1978, 1979 y 1980, que redujo la magnitud de la población del aleta amarilla significativamente. Si se permite que continúe sin control la pesca en 1981, se reducirá aún más la población, lo que dará como resultado menos capturas. Este asunto se examina más detalladamente bajo la sección de este informe titulada "Condición de las poblaciones de atún en 1980 y perspectivas en 1981".

ESTADÍSTICAS DE CAPTURA Y DESEMBARQUE

En la parte A de la Tabla 1 se presentan las capturas de aleta amarilla, barrilete y patudo en el ARCAA, obtenidas por la flota atunera del Océano Pacífico oriental desde 1961 a 1980. Las cifras de captura del aleta amarilla y barrilete se encuentran esencialmente completas con excepción de cantidades insignificantes obtenidas por algunas pescas individuales, deportivas y artesanales. Las capturas epipelágicas de estas tres especies obtenidas en la zona al oeste del ARCAA, pero al este de los 150°W, se presentan también en esta parte de la Tabla 1. Las capturas palangreras de aleta amarilla se incluyen en la captura del ARCAA, pero se excluyen de las de otras especies y otras zonas.

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

Las capturas de otros atunes o especies (aleta azul, bonito, albacora y barrilete negro) obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en esta misma región, se presentan en la parte B de la Tabla 1. La suma total del aleta azul y albacora no incluye las capturas de estas especies obtenidas por embarcaciones palangreras; además, debe tenerse en cuenta que la pesca deportiva obtiene cantidades substanciales de bonito, albacora y barrilete negro, como también otras embarcaciones que no se consideran como parte de la flota atunera del Pacífico oriental. Por ejemplo, en 1980, la captura total de albacora obtenida por la flota epipelágica de los EEUU, en el Pacífico oriental, fue de unas 6,000 toneladas, de las cuales la flota atunera antes mencionada descargó solo 417 toneladas.

En la parte B de la Tabla 1 se presentan las capturas de aleta amarilla, barrilete y patudo, obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en el Pacífico occidental y en el Océano Atlántico. Estas cantidades, naturalmente, representan solo una pequeña fracción de la suma total de estas especies cap-

turadas en estas dos zonas, ya que otras flotas pescan también allí.

La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1980, de 146,653 toneladas, es unas 48,332 toneladas inferior a la captura de 1979 en el ARCAA y 46,904 toneladas inferior al promedio anual de captura de los últimos cinco años. Se incluye en la captura del ARCAA unas 11,140 toneladas de aleta amarilla, obtenidas en las zonas experimentales de pesca descritas en la Figura 1. La estimación preliminar de la captura de barrilete en el ARCAA en 1980, es 125,051 toneladas. La captura de barrilete en el ARCAA es 17,395 toneladas inferior a la captura de 1979 y 13,944 toneladas inferior al promedio de captura de los últimos cinco años. La captura de barrilete en el ARCAA incluye 8,156 toneladas obtenidas en las zonas experimentales de pesca. La estimación preliminar (271,704 toneladas) de la captura combinada de aleta amarilla y barrilete en el ARCAA en 1980, es 65,727 toneladas inferior a la captura en 1979 y 60,848 toneladas inferior al promedio de los últimos cinco años.

La estimación preliminar en 1980, de la captura de aleta amarilla y barrilete en la zona que se encuentra entre el límite del ARCAA y los 150°W es respectivamente 29,340 toneladas y 19,361 toneladas, un total combinado de 48,701 toneladas, que es 30,498 toneladas superior a la captura de 1979. La captura de barrilete en 1980, en esta zona, es la más grande desde que empezó la pesca en 1968. La captura es unas 16,987 toneladas superior al promedio anual de captura de 1969 a 1979 y es unas 16,307 toneladas superior a la captura de 1979.

La captura combinada de todas las especies, en todas las zonas de pesca en 1980, presentada en la Tabla 1 (373,556 toneladas) fue 17,866 toneladas inferior a la de 1979 y 42,821 toneladas inferior al promedio anual de captura de los últimos cinco años.

Las capturas anuales de aleta amarilla y barrilete en el ARCAA en 1980, se enumeran por abanderamiento de barco en la parte superior de la Tabla 2. Se anota también el porcentaje de la captura total en el ARCAA obtenido por cada país. Los descargues por país de desembarque se presentan en la parte inferior de la Tabla 2. Los descargues son las cantidades de peces desembarcados durante el año civil, omitiendo el año de captura. El país de desembarque es aquel en el que se descargaron los peces del barco pesquero o, en el caso de trasbordos, el país que recibió los peces trasbordados. La captura en el ARCAA en 1980, fue obtenida por embarcaciones de 17 países y se descargó en 12 países.

En la Figura 2 se presenta la distribución geográfica de la captura de aleta amarilla obtenida en 1980, por embarcaciones cerqueras en el Océano Pacífico oriental. En el ARCAA hubo poca captura a través de la mayor parte de la zona central de pesca. Cerca del 23 por ciento del aleta amarilla capturado por cerqueros en el Pacífico oriental en 1980, se pescó al norte de los 20°N; este es el segundo año consecutivo en que se han capturado grandes cantidades de aleta amarilla en esa región. La mayoría de la captura al norte de los 20°N fue

obtenida en el Golfo de California al sur de los 26°N y a la altura de Baja California al sur de los 24°N. Otras zonas principales de pesca se localizaron cerca al Golfo de Guayaquil, las Islas Galápagos y en la región centralizada cerca a los 11°S, 84°W. La distribución de captura de aleta amarilla al oeste del ARCAA (este de los 150°W) fue aproximadamente igual a la de los últimos años. Las zonas principales de pesca se localizaron aproximadamente entre los 8°N y 11°N, y de los 125°W a los 136°W.

En la Figura 3 se presenta la distribución geográfica de la captura de barrilete en 1980. Las mejores zonas de captura fueron frente a Baja California, la zona al oeste de Cabo Corrientes (México), cerca a las Islas Revillagigedo y desde los 11°N hasta los 16°N entre los 107°W y 113°W. La pesca fue pobre en la zona del Golfo de Guayaquil, en comparación a los años anteriores. Las capturas de barrilete en 1980, se obtuvieron principalmente en alta mar. Por primera vez en la historia de la pesca, la flota pescó una cantidad substancial de barrilete (19,361 toneladas) al oeste del ARCAA.

Las capturas registradas de aleta amarilla y barrilete obtenidas durante viajes reglamentados y sin reglamentar en el ARCAA se presentan por seis zonas latitudinales desde 1976 a 1980, en la Tabla 3. Las capturas obtenidas en las zonas experimentales de pesca durante estos años se excluyeron de las capturas del ARCAA. Las capturas indicadas representan las capturas combinadas de embarcaciones cerqueras y de carnada según han sido tabuladas en los registros de bitácora. Debido a que no hubo reglamentación en 1980, todos los datos reglamentados de 1980, provienen de viajes reglamentados que empezaron en 1979 y terminaron en 1980. Es evidente de nuevo en 1979 y 1980, el gran aumento en las capturas de aleta amarilla y barrilete al norte de los 20°N. Además, la captura de aleta amarilla de la región central de pesca (5°N-15°N) fue considerablemente inferior a la de los últimos cuatro años.

LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

La Comisión mantiene archivos sobre las artes, banderas y capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. No se tienen registros de barcos individuales palangreros que pescan en el ARCAA, ni de canoas y otras embarcaciones pequeñas que descargan atún en varios puertos de la costa del Pacífico.

Las embarcaciones se clasifican por clase de arqueo, basándose en su capacidad de acarreo, en la forma siguiente: clase 1, 50 toneladas o menos; 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 401 toneladas. Se examinan anualmente los registros de descargue de cada embarcación y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. Para embarcaciones nuevas se emplean los cálculos de la capacidad de acarreo de los propietarios o armadores. Para las pequeñas embarcaciones de carnada que realizan viajes diarios y algunos de los barcos con curricán, se emplea la capacidad declarada de sus dueños o capitanes. Si se conoce el tonelaje neto registrado, se estima la

capacidad de acarreo según la relación que tengan estos dos valores con otros barcos del mismo tipo. Si es imposible obtener esta información se asigna al barco una capacidad de 25 toneladas. Las embarcaciones que se van a pique o abandonan la pesca después de haber pescado durante el año se incluyen en la flota de ese año. Las embarcaciones que cambian de pabellón se enumeran bajo la nueva bandera si iniciaron por lo menos un viaje durante el año bajo esa bandera.

El número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera del Pacífico oriental en 1980, se presenta en la Tabla 4, por bandera, arte y clase de arqueo. En 1980, participaron en la pesca atunera del Pacífico oriental embarcaciones de 17 naciones o entidades políticas (las 15 enumeradas en la Tabla 4 más Senegal y Colombia). Los tres barcos de Senegal cambiaron bandera en 1980 y se omite en la tabla a Colombia debido a que la captura de ese país la obtienen barcos muy pequeños de los que la Comisión no tiene archivos. En términos de capacidad la flota en 1980 estuvo formada el 97.7% por embarcaciones cerqueras, 2.1% por embarcaciones de carnada (clíperes atuneros), 0.2% bolicheros y menos del 0.1% por embarcaciones con curricán o caceros. Con referencia al número de barcos, los cerqueros formaron el 80.6%, los barcos de carnada el 14.4%, los bolicheros el 3.8% y los con curricán el 1.2%.

Las flotas de Ecuador, España, México, Panamá y Venezuela aumentaron en capacidad; las de las Antillas holandesas, Bermuda, Costa Rica y los EEUU, disminuyeron en capacidad y las flotas de Canadá, Corea y Perú permanecieron iguales. El Congo y Nicaragua tuvieron barcos en la flota en 1979, pero no en 1980, y por primera vez en 1980, se registraron barcos del Pacífico oriental en las islas Caimán. El mayor aumento se presentó en la flota de México con 20,840 toneladas. México agregó 20 cerqueros de la clase 6 de arqueo, 14 mediante cambios de bandera y 6 recientemente construídos, como también unas pocas embarcaciones más pequeñas. La flota de Venezuela aumentó en 3,400 toneladas al agregar 4 cerqueros de la clase 6 de arqueo (tres recientemente construídos y uno por cambio de bandera). La pérdida más grande en tonelaje tuvo lugar en la flota de los EEUU, que perdió 6,192 toneladas a pesar de que agregó a su flota 6 cerqueros nuevos de la clase 6 de arqueo. Este nuevo tonelaje más que compensó la pérdida de 8 cerqueros de la clase 6 de arqueo debido a cambios de bandera y los tres cerqueros de la clase 6 que abandonaron el Pacífico oriental para pescar en el Pacífico occidental. La flota de las Antillas holandesas perdió seis cerqueros de la clase 6 de arqueo por transferencia de bandera, lo que asciende a 5,627 toneladas.

Se presenta a continuación el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1980, y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior.

Año	Número de embarcaciones	Capacidad	Cambio en la capacidad
1965	282	48,712	

1966	250	46,305	- 2,407
1967	244	46,488	+ 183
1968	265	58,756	+12,268
1969	264	63,656	+ 4,900
1970	285	73,822	+10,166
1971	357	95,324	+21,502
1972	378	120,887	+25,563
1973	357	138,287	+17,400
1974	336	152,581	+14,294
1975	335	169,420	+16,839
1976	392	184,872	+15,452
1977	354	183,082	- 1,790
1978	367	186,791	+ 3,709
1979	321	186,329	- 462
1980	320	189,371	+ 3,042

La capacidad total de la flota atunera en el Pacífico oriental ha permanecido más bien estable desde 1976, debido a que la nueva construcción se ha visto compensada por los barcos que se retiran de la pesca o por los que se han ido a pique. Continúa la nueva construcción de barcos; se espera que la flota aumente en unas 20 mil toneladas a fines de 1981. Sin embargo si continúa la tendencia actual, la mayor parte de esta ganancia se verá compensada por las pérdidas, debido a hundimientos y transferencias.

INVESTIGACION EN 1980

ABUNDANCIA DE ATUNES Y RESULTADOS DE PESCA

Orientación actual de la captura por día normal de pesca

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

La CPDNP (toneladas americanas) mensual de aleta amarilla y barrilete obtenida en el ARCAA se presenta para 1960-1980 en las Figuras 4 y 5. Las estimaciones anuales de la CPDNP están representadas por líneas sólidas horizontales. Los datos de 1980 son preliminares.

CPDNP de atún aleta amarilla

No hubo restricción de pesca de aleta amarilla hasta 1966, y para calcular la CPDNP se emplearon todos los datos de bitácora de los barcos que llenan ciertos requisitos sobre la precisión de los datos y la composición de especies.

A comienzos de 1966, cuando se establecieron las reglamentaciones, se emplearon solo los datos de viajes sin reglamentar para calcular la CPDNP. Desde 1962, se ha ajustado la CPDNP con relación a los cambios en la porción de los lances positivos para corregir los cambios en la eficacia de las artes.

La CPDNP fue máxima a principios de 1960, en la época en que las artes con cerco llegaron por primera vez a ser el método dominante de pesca. A medida que aumentó el esfuerzo de pesca, la CPDNP se redujo fuertemente a mediados de 1961, y continuó reduciéndose en 1962 y 1963. A principios de 1964, la CPDNP aumentó agudamente pero volvió a reducirse nuevamente en el segundo semestre de 1964, y permaneció solamente un poco superior a los niveles de 1962-1963 y 1965. En 1966, la CPDNP empezó a incrementarse y esta tendencia ascendente continuó en 1967 y 1968, a medida que la pesca se extendía mar afuera. Sin embargo, no alcanzó los niveles obtenidos en los primeros meses de 1960 y 1961. En 1971, la CPDNP declinó, pero volvió a los niveles de 1968-1970 y 1972. En 1973, la CPDNP declinó y la tendencia ha permanecido descendente desde entonces. Cada año desde 1978 a 1980, la CPDNP se ha reducido hasta alcanzar un nuevo punto bajo en la serie de años que se inicia en 1960.

Los valores anuales de la CPDNP se calculan usando todos los datos de la captura y el esfuerzo sin reglamentar de cada año. Desde 1967 hasta 1976, la cantidad de esfuerzo sin reglamentar fue reducido fuertemente en el último semestre del año porque la fecha de clausura del atún aleta amarilla se establecía, por lo general, temprano en el año. Antes de 1966, no existía restricción en la pesca del aleta amarilla y principiando en 1977, la cantidad de esfuerzo sin reglamentar empezó a aumentar en el segundo semestre del año debido a la veda relativamente tarde de la pesca irrestricta de esta especie. En 1980, el único esfuerzo reglamentado fue el de los viajes que empezaron tarde en 1979 y continuaron en 1980. Como la primera parte del año, por lo general, es la temporada de mayor abundancia de atún aleta amarilla, como puede verse en las CPDNP mensuales de 1960-1965, en la Figura 4, es posible que se haya estimado en exceso la abundancia anual del aleta amarilla en los años de 1967 a 1977, en los que la mayor parte del esfuerzo anual se concentraba en los meses en que la CPDNP era comúnmente superior. Con el fin de examinar esto, se ha calculado la CPDNP según los datos y el esfuerzo de los cuatro primeros meses de cada año; estos valores están representados por líneas horizontales a puntos en la Figura 4. Los valores de enero-abril de la CPDNP son considerablemente superiores a los valores anuales en 1960-1965, antes de la reglamentación del aleta amarilla. En los años en que las reglamentaciones estuvieron vigentes, los valores anuales y los valores de enero-abril se encuentran más paralelos. Esto indica que los valores anuales de 1967 a 1977, se han podido estimar en exceso en comparación a los de otros años, sin embargo, los valores de enero-abril y los valores anuales tienen la misma tendencia de puntos altos y bajos durante el período de 1960-1980.

La CPDNP de barrilete

La CPDNP anual y mensual de barrilete desde 1960 a 1980 se presenta en

la Figura 5. En la mayoría de los años entre 1960 y 1973, la CPDNP fue máxima a mediados del año y mínima al principio y fin del año. Sin embargo, en los últimos años, la fluctuación estacional de la CPDNP ha variado de un año a otro. La CPDNP anual ha sido superior en 1963, 1967, 1971 y 1978. Se presentaron puntos bajos en 1960, 1972 y 1973. No ha habido una tendencia a largo plazo ascendente o descendente en la CPDNP del barrilete.

Captura por tonelada de capacidad de acarreo

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) sirve como índice para examinar los cambios relativos en las ganancias brutas de las diferentes capacidades de los barcos de un año a otro. La CPTCA se calcula al dividir la captura total de todos los barcos de una clase de arqueo determinada por el tonelaje total de la capacidad de acarreo de esa clase de arqueo. Esto se hace para cada especie y todas las especies combinadas. Las embarcaciones empleadas incluyen toda la flota cerquera internacional que pesca en el ARCAA, de 101 o más toneladas de capacidad de acarreo, que han realizado cada año en esta zona, por lo menos un viaje sin reglamentar. Las embarcaciones se han clasificado de acuerdo a la clase de arqueo en la forma siguiente: 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 1200 toneladas.

La CPTCA de atún aleta amarilla, barrilete, otras especies y todas las especies combinadas se presenta de 1961 a 1980 en la Tabla 5, por clase de arqueo y por todas las clases de arqueo combinadas. Las "otras especies" incluyen *Thunnus obesus*, *Thunnus thynnus*, *Sarda chiliensis*, *Thunnus alalunga*, *Euthynnus lineatus* y *Auxis thazard*. La CPTCA de 1980, de todas las clases de arqueo combinadas es 1.04 (todas las cifras de 1980 son preliminares). Este es el valor más bajo de la serie que se remonta a 1961; el valor más bajo anterior fue 1.14 en 1978. La CPTCA de 1980, de todas las clases de arqueo combinadas, de barrilete es 0.86, que es aproximadamente el promedio de los últimos cinco años. La CPTCA de 1980, de todas las clases de arqueo, de todas las especies combinadas es 2.09. Este valor es igual al de 1979, y muy próximo al punto más bajo de la serie de 2.03, que se presentó en 1977. La CPTCA de 1980, de todas las especies combinadas, fue máxima para la clase 7 (2.61) y mínima para la clase 8 (1.16).

Normalización de los índices de captura

El objetivo de este estudio es mejorar las estimaciones de la abundancia basadas en los índices de captura del atún aleta amarilla. El índice actualmente usado por la Comisión, la captura por día normal de pesca, emplea los días de pesca como medida del esfuerzo y normaliza el esfuerzo de los barcos de diferentes capacidades usando un método de proporciones. La mayor diferencia entre este trabajo y el actual es que el esfuerzo de pesca se define como el tiempo transcurrido entre los lances positivos, y los índices de captura han sido

normalizados según una serie de características del barco, condiciones ambientales y modas de pesca, empleando un modelo lineal y general.

Las características del barco que se emplean son la capacidad del barco (0-499 toneladas, 500-999 toneladas y 1000 o más toneladas), su velocidad, antigüedad, si recibe o no ayuda aérea, longitud y altura de la red; mientras las variables ambientales son la temperatura de la superficie del mar y la velocidad del viento. La moda de pesca es una clasificación de los estratos por mes y zona cuadrada de 5° en los que se ha pescado dos tercios o más de aleta amarilla o barrilete en cardúmenes asociados con delfines, aquellos en los que dos tercios o más provienen de lances sobre objetos flotantes o cardúmenes de peces no asociados con delfines, o aquellos en los que no predomina ni uno ni otro tipo. Esta clasificación se dividió aún más por zona (en el ARCAA y fuera de ella) y trimestres del año. Como algunas categorías en la clasificación final no tienen observaciones o muy pocas, se emplean solo tres combinaciones de zona y moda de pesca en el modelo lineal que son: los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes en el ARCAA, los estratos de los delfines en el ARCAA y los estratos de los delfines fuera de la misma.

Se investigaron los efectos de estos parámetros en el logaritmo de los índices de captura del aleta amarilla, empleando los datos de 1970 a 1980. Los datos de 1980 no están aún completos, y, por consiguiente, las estimaciones son provisionales. Después de eliminar las variables que no tuvieron efectos importantes, se obtuvo el análisis de la varianza presentado en la Tabla 6.

Después de corregir los datos y al tomar en cuenta el efecto de cada factor significativo, se calculó la abundancia aparente de cada una de las tres combinaciones principales de zona y moda de pesca, las que se presentan en la Figura 6.

Todos los recuadros en la Figura 6 indican una reducción en el índice de captura desde 1970, siendo la más marcada la de los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes en el ARCAA, que en 1980 fue solo el 26% de su valor en 1970. La pauta de reducción ha sido diferente en cada tipo de estrato; los estratos de los delfines en el ARCAA han indicado una reducción moderadamente constante desde 1970, mientras que en la zona fuera del ARCAA, el índice de captura en los estratos de delfines no declinó sino después de 1973. La explotación de la zona exterior no comenzó sino a fines de los años sesenta y no fue sino en 1972, que la captura alcanzó 40 mil toneladas. La gran reducción en 1971, en el índice de captura, en los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes y la subsiguiente recuperación en 1972, fue una fluctuación demasiado grande para haber sido causada solamente por los cambios en la abundancia. Lo más probable es que esto indica un cambio en la vulnerabilidad que no se asoció a los factores de normalización usados en el modelo.

ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y MIGRACION

Mercado de atún

En marzo, abril y mayo de 1979, se llevó a cabo un crucero de marcado frente al sur de México y la América Central a bordo del barco de carnada *Mary K*. El objetivo principal de este crucero fue conocer más acerca de las migraciones de los pequeños atunes aleta amarilla y barriletes en esta zona y estimar hasta que punto contribuyen a las capturas de peces más lejos mar afuera. Además, se iba a marcar una parte de los peces con tetraciclina, haciéndose una réplica de los experimentos de tetraciclina de 1976. Se capturó la carnada en la Bahía Banderas con permiso del gobierno mexicano y en el Golfo de Panamá con permiso del gobierno panameño. Los resultados hasta la fecha han sido los siguientes:

Zona	Fecha	Especie	Tratamiento	Liberados	Recapturados		
					1979	1980	desconocido
Cabo Corrientes a Puerto Angeles	marzo	aleta amarilla	—	208	53	3	1
		barrilete	—	3	2	0	0
América Central	abril-mayo	aleta amarilla	—	4,373	388	26	8
		aleta amarilla	tetraci.	369	26	3	0
		barrilete	—	2,418	567	1	5
		barrilete	tetraci.	84	15	0	0
		barr. negro	—	170	6	0	0
Puerto Angeles a Cabo Corrientes	mayo	aleta amarilla	—	11	1	0	0
		barrilete	—	2	1	0	0
Total		aleta amarilla		4,961	468	32	9
		barrilete		2,507	585	1	5
		barr. negro		170	6	0	0

Las zonas de liberación y recaptura de estos peces se presentan en las Figuras 7 y 8. Es evidente en 1980, que la mayor parte del aleta amarilla se ha recapturado hacia el noroeste de las zonas de liberación. Es interesante indicar que seis aleta amarilla y un barrilete fueron recapturados fuera del ARCAA. El barrilete había atravesado una distancia neta de 2,796 millas y había estado 113 días en libertad.

Disc: 33; File name: tuna s5
 Fonts: Century 502 (1-4) Century (5-8)

Otro crucero de marcado, similar al iniciado en marzo-mayo de 1979, se llevó a cabo en marzo-abril de 1980, a bordo del barco de carnada *Sarah Ann*. Sin embargo, esta vez, no se pudo conseguir carnada en Bahía Banderas, así que solo se capturó carnada en el Golfo de Panamá y no se realizó ninguna pesca a la altura del sur de México. Los resultados hasta la fecha son los siguientes:

Zona	Fecha	Especie	Liberados	Recapturados
Frente a Guatemala	marzo	barrilete negro	25	0
Frente a Costa Rica-Panamá	abril	aleta amarilla	1,235	65
		barrilete	1,798	84

		barrilete negro	28	0
Frente a Nicaragua	abril	aleta amarilla	104	13
		barrilete	20	0
		barrilete negro	16	0
Total		aleta amarilla	1,339	78
		barrilete	1,818	84
		barrilete negro	69	0

Los índices de recaptura en este crucero son considerablemente inferiores a los del crucero de 1979. La mayoría de las recapturas de peces marcados en el crucero de 1979, se obtuvieron durante el mismo año frente a Colombia y el Ecuador; en la mayor parte de 1980, la pesca fue pobre en esa zona y puede que ésto explique la diferencia.

En octubre y noviembre de 1980 el barco de carnada *Mary K.* fue fletado para tratar de capturar grandes atunes aleta amarilla (más de 80 cm) y grandes barriletes (más de 55 cm), inyectarlos con tetraciclina, marcarlos y luego liberarlos. El objetivo de este experimento se explica en la sección de este informe titulada "Estudio de la edad del aleta amarilla y barrilete". Fue necesario idear técnicas especiales para manejar los grandes atunes aleta amarilla. Toda la cubierta del barco y los costados de los tanques de carnada adyacentes a la cubierta fueron acolchonados con un plástico esponjoso absorbente de energía (celdillas cerradas) cubierto con Herculite, un material plástico suave que permitía que el pez se deslizara con relativa facilidad para quedar en posición y sin tener que quitarle cantidades excesivas de mucosidad. La pesca se realizó solo en el extremo de babor de popa y el marcado se llevó a cabo en el extremo de estribor de popa y al lado de babor a unos 4 metros de la popa. El acolchonado horizontal se levantó un poco acolchonando más el extremo de babor y en esta forma se deslizaban cantidades iguales de peces en los dos puestos de marcado. Los peces se deslizaban en cunas planas que tenían en el extremo un bloque donde descansaba el hocico del pez para poderlos medir con precisión. Después de que se marcaban, inyectaban y medían los peces que se encontraban en el extremo de estribor de popa, se deslizaban sobre la borda por una pequeña portilla a estribor, y los que se marcaban al lado de babor se deslizaban sobre una pequeña inclinación de la barandilla. Los peces no forcejearon demasiado y la mayoría se marcó, inyectó y midió en unos 20 o 30 segundos. Casi todos parecían estar en excelentes condiciones después de liberarlos. Cuando la captura consistía en su mayoría de peces pequeños, estos fueron marcados en cunas similares a los de los cruceros anteriores y cuando consistía en su mayor parte de grandes peces se marcaban los pequeños en cubierta con los grandes.

Los resultados hasta la fecha son:

Zona	Mes	Especie	Talla	Tratamiento	Libe- rados	Recap- turados
Baja California	octubre	aleta amarilla	pequeño	—	1	0
Isla Socorro	octubre	aleta amarilla	pequeño	—	22	1
		aleta amarilla	grande	tetraci.	1	0

Banco Huracán	octubre	aleta amarilla	pequeño	—	102	4
		aleta amarilla	pequeño	tetraci.	146	4
		aleta amarilla	grande	tetraci.	1	0
		barrilete	pequeño	—	1	0
		barrilete	pequeño	tetraci.	2	0
Isla San Benedicto	octubre- noviembre	aleta amarilla	pequeño	—	187	19
		aleta amarilla	pequeño	tetraci.	2	0
		aleta amarilla	grande	tetraci.	105	16
Roca Partida	octubre- noviembre	aleta amarilla	pequeño	—	93	13
		aleta amarilla	pequeño	tetraci.	57	11
		aleta amarilla	grande	tetraci.	2	1
		barrilete	pequeño	—	68	29
		barrilete	pequeño	tetraci.	26	13
		barrilete	grande	tetraci.	144	70
Isla Clarion	noviembre	aleta amarilla	pequeño	—	6	0
		aleta amarilla	pequeño	tetraci.	86	8
		aleta amarilla	grande	tetraci.	429	49
Total		aleta amarilla	pequeño	—	411	37
		aleta amarilla	pequeño	tetraci.	291	23
		aleta amarilla	grande	tetraci.	538	66
		barrilete	pequeño	—	69	29
		barrilete	pequeño	tetraci.	28	13
		barrilete	grande	tetraci.	144	70

El *Thunnus thynnus* desova en el Pacífico occidental de abril a julio y en el mismo año se capturan en los alrededores del Japón peces de 0+ edad de unos 20 a 60 cm. Algunos de éstos permanecen en el Pacífico occidental durante el invierno y otros se desplazan al Pacífico oriental. Los peces que se desplazan del Pacífico occidental al oriental forman la base de la pesca epipelágica en esta última zona, la que se realiza principalmente de mayo a octubre. Algunos de los peces regresan de nuevo a la pesca del Pacífico oriental en la primavera siguiente, mientras otros regresan eventualmente al Pacífico occidental para desovar. Los que regresan a la pesca del Pacífico oriental están, sin embargo, eventualmente destinados a regresar al Pacífico occidental. Los experimentos de marcado del *Thunnus thynnus* se iniciaron en 1979, para obtener información que provea más conocimiento sobre la relación que existe entre el *T. thynnus* del Pacífico oriental y el del Pacífico occidental y sobre la duración de la estadía de estos peces en el Pacífico oriental.

En agosto de 1979, se marcaron y liberaron oportunísticamente 300 *T. thynnus* frente a Baja California, desde los cerqueros *Anthony M.*, *Captain Anton Missetich* y *Commodore*, y en 1979 y 1980, se recapturaron respectivamente 35 y 3 peces todos en el Pacífico oriental. Se esperaba un mayor número de recapturas en 1980, pero las capturas de esta especie en esa zona fueron las más bajas obtenidas desde 1952. Este experimento se repitió en agosto-septiembre de 1980 a bordo de los cerqueros *Anthony M.*, *Commodore* y *Elsinore*, pero esta vez se marcó tanto aleta amarilla como *T. thynnus*. Las cantidades liberadas y recapturadas fueron las siguientes: *T. thynnus*, 114 liberados y 3 recapturados; aleta amarilla, 371 liberados y 3 recapturados.

En 1980, se realizó el marcado de *T. thynnus* en el Japón, uno de los empleados de la Comisión del Atún permaneció en el Japón casi todo el año con ese fin. Se recibió considerable ayuda de los científicos del Far Seas Fisheries

Research Laboratory en Shimizu (Japón), quienes hicieron la mayoría de los arreglos para obtener los peces, recibir las recapturas y enviar la información a la Comisión del Atún y prestaron ayuda de varias maneras. Los resultados hasta la fecha, de este programa son:

Zona	Arte	Meses	Liberados	Recapturados
Kiushu meridional	curricán	enero-abril	671	122
Kiushu meridional	trampa	mayo	33	13
Mar del Japón	trampa	junio-julio	35	21
Sudeste de Shikoku	curricán	agosto-septiembre	106	10
Total			845	166

Las zonas de recaptura de los peces marcados en la parte meridional de Kiushu se presentan en la Figura 9.

El programa de marcado de la Comisión del Atún en las Islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad se describe en el informe anual de 1977, y los resultados de los tres primeros cruceros de marcado en esas zonas se describen en los informes anuales de 1977, 1978 y 1979.

Se realizó un cuarto crucero a estas islas y también a las islas Pitcairn y Gambier, desde diciembre 1979 a febrero de 1980. Se usó con este fin el barco de carnada japonés *Hatsutori Maru No. 5*, que fue fletado a largo plazo por la South Pacific Commission (SPC). Los gastos durante su permanencia en la Polinesia francesa y las Islas Pitcairn fueron compartidos por la CIAT y la SPC. Este ha sido decididamente el crucero que ha tenido más éxito de los cuatro. Grandes cantidades de *Chanos chanos* que son excelentes como carnada fueron obtenidas en Rangiroa, en las Islas Tuamotu, y se emplearon para capturar una gran parte de los peces marcados en las Islas Marquesas y casi todos los marcados en las otras zonas. Las artes del *Hatsutori Maru No. 5* para pescar carnada de noche fueron mucho más eficaces en cuanto a las sardinas marquesanas que las de los otros barcos, así que relativamente se perdió muy poco tiempo de pesca debido a la falta de carnada. Por último, este barco era más grande y veloz que los otros, así que pudo pescar con mal tiempo, dar alcance a más cardúmenes y capturar una porción mayor de peces en éstos.

Los resultados, hasta la fecha, de este crucero, se enumeran en la Tabla 7. Tres de los barriletes liberados en las Islas Marquesas fueron recapturados en otros lugares del Océano Pacífico. Los datos de éstos son:

Liberados			Recapturados		
Zona	Fecha	Talla	Zona	Fecha	Talla
9°13'S-140°01'W	dic. 25, 1979	46 cm	6°40'N-171°23'W	sep. 21, 1980	524 mm
8°53'S-140°21'W	dic. 28, 1979	46 cm	6°40'N-171°23'W	sep. 21, 1980	610 mm
8°53'S-140°19'W	en. 6, 1980	51 cm	5°29'S-173°34'W	sep. 16, 1980	600 mm

Estudios de las subpoblaciones

El objetivo de estos estudios es determinar hasta que grado la serie de individuos capturados en diferentes zonas oceanográficas o pescados en diferentes temporadas necesitan ser considerados separadamente con miras administrativas. Las investigaciones de la Comisión sobre la estructura de la población, en el pasado, han incluido estudios electroforéticos de las proteínas del suero, análisis multivariados de las medidas morfométricas, análisis de la variación en el crecimiento, análisis de las estadísticas de captura y experimentos de marcado. En 1979, se terminaron los estudios que trataban de la proteína del suero y en 1980, se inició de nuevo un análisis extensivo de los datos electroforéticos existentes. Además, se exploró la posibilidad de realizar estudios de las subpoblaciones con otros métodos que no fueran los convencionales. El trabajo realizado en 1980, es una extensión de los programas examinados en el informe anual de la Comisión en 1979. El análisis de los datos electroforéticos sigue en progreso para poder realizar un procesamiento estadístico completo de todos los estudios anteriores de esta clase producidos por la Comisión. Los estudios en 1979, referentes al uso de las marcas naturales del aleta amarilla fueron alentadores y, basados en los resultados obtenidos, se amplió el programa en 1980, al concebir e iniciar un programa de muestreo. Se describen en seguida los estudios llevados a cabo en 1980, usando tanto los datos electroforéticos como las marcas "químicas".

Estudios de la proteína del suero y de la variación morfológica en los atunes aleta amarilla y barriletes

Como se observó en informes anteriores, los análisis de los datos electroforéticos han demostrado la existencia de heterogeneidad estadística entre las muestras de diferentes zonas geográficas. No es probable que los grupos de aleta amarilla a través de su alcance geográfico sean genéticamente similares. Estas conclusiones se basan tanto en los análisis clásicos estadísticos como en los estudios preliminares de simulación que se realizaron con la base de datos que se tenía. Los resultados de estos otros análisis confirmaron algunos de los resultados ensayados anteriormente, pero no todos. Evidentemente, es necesario evaluar todas las muestras comparables y obtener otros análisis detallados, debido a que la heterogeneidad observada tanto en las muestras como entre éstas, del aleta amarilla capturado en diferentes zonas geográficas es más bien numéricamente pequeña. Cuando se ha tratado de estudiar detalladamente esta variación mediante otros análisis y el modelado, este estudio se ha visto impedido por la falta de una descripción sistemática y de un catálogo completo de los datos y métodos usados.

Por consiguiente, cualquier trabajo en la forma de otro análisis se puso a un lado y se dirigió el esfuerzo a catalogar los resultados y la metodología experimental y de laboratorio. El objetivo a corto plazo, ha sido producir informes de datos que incluyan todos los datos genéticos y morfométricos recolectados por la Comisión en los estudios de las subpoblaciones. El objetivo a largo plazo, es reunir las fichas de los datos en una cinta magnética para facilitar el

análisis completo de los mismos. Esto permitiría que los científicos pudieran obtener también un fácil acceso a la información.

Hasta ahora se encuentran en las etapas finales de procesamiento un total de 160 muestras de aleta amarilla; cada una incluye unos 200 ejemplares. Cada pez ha sido caracterizado por una o más variantes electroforéticas (esterase, transferina y fosfoglucona isomérica). Los individuos en una subserie de estas muestras, se caracterizan por otra serie de ocho caracteres morfométricos. Todas las muestras incluyen datos sobre la talla de los peces, fecha y localidad de captura. Se han juntado los datos pertinentes a cada pez según los registros originales y experimentales procedentes del laboratorio. Se están archivando separadamente todos los datos de las muestras de un estudio determinado y de los peces individuales. En este archivo se incluyen los códigos que permiten al analista reconstruir fácilmente los detalles del programa experimental y analítico de cada muestra. Se proyecta producir informes de datos describiendo estos estudios. Estos dos trabajos facilitarán el conocimiento y el empleo de todos los archivos de datos.

En la fecha del 31 de diciembre, se colocaron todos los datos de las muestras de barrilete en cinta magnética y fueron verificados. Se están juntando los detalles de los métodos de laboratorio, como se recolectaron las muestras y la información necesaria para evaluar los resultados con el fin de publicarlos en un informe de datos.

Investigación sobre los índices de mezcla basados en elementos residuales químicos

En 1978, se iniciaron los estudios para determinar si la variación en la química de los elementos residuales de las partes duras, es decir, espinas y vértebras, podía usarse para identificar la zona de origen y los índices de entremezcla de los atunes capturados en diferentes zonas geográficas. En el informe anual de 1979, se examinó el programa de muestreo y los métodos analíticos empleados en dos de estos estudios. Los estudios sobre la viabilidad de este análisis con referencia al atún aleta amarilla, están básicamente completos. Los métodos y los resultados se sumarizan en los siguientes párrafos.

En 1978, durante un período de 6 meses se obtuvieron 29 muestras de aleta amarilla de las bodegas de los barcos pesqueros que habían estado pescando en la parte norte, sur y oeste del radio de distribución del aleta amarilla. Las muestras estaban formadas por uno o dos grupos de diferente talla, que pertenecen probablemente a diferentes generaciones. Los peces fluctuaron entre 380 y 460 mm o entre 680 y 720 mm. Los peces fueron medidos y se extrajo una lámina opercular, la primera aleta dorsal, el pedúnculo caudal y la mandíbula inferior. Estas muestras se empacaron, rotularon y congelaron.

Se hicieron los arreglos necesarios para utilizar el equipo analítico del Pacific Biological Laboratory, en Nanaimo (Colombia Británica). Como el equipo se mantenía ocupado, solo se analizó una subserie de la cantidad total de las muestras obtenidas. Se escogieron diez series de las muestras, que

estaban formadas por una serie de 5 muestras de la parte norte de su distribución, justamente al oeste de la parte sur de Baja California y una segunda serie de la parte sur de su distribución justamente al oeste de Colombia y el Ecuador. Se realizaron análisis comparativos solo en la tercera y cuarta espina de la primera aleta dorsal. Se escogió al azar una sola espina de cada uno de tres peces diferentes de una muestra congelada en seco, se combinaron, pulverizaron en una bola de harina y fueron comprimidos en una oblea. Estas obleas o pelotillas fueron irradiadas con un tubo de rayos X y el espectro resultante fue almacenado en una cinta magnética. Así que el espectro obtenido según el "sistema espectroscópico del impulso de un tubo de rayos X" incluía información sobre la composición elemental de una serie de tres peces. Se concibió una serie de rutinas estadísticas y se analizaron los datos en el primer trimestre de 1980.

El análisis de cada pelotilla con los rayos X produjo un espectro de 1,024 variables correspondiendo cada variable al número de rayos X contados por una energía particular. Todos los espectros se normalizaron para compararlos y el arreglo de 1,024 palabras (variables) formaron el registro básico de los datos usado en los siguientes análisis. Se compararon las series de muestras de diferentes regiones usando el análisis de la función discriminante, el análisis por conglomerado y una forma del análisis "Monte Carlo" empleando series de datos aleatorios. Cada uno de los tres análisis demostró que los espectros de los peces de estas dos regiones geográficas eran muy diferentes. Una prueba "t" generalizada de los grupos produjo una razón F de 65.97 (10 grados de libertad en el numerador y 65 grados de libertad en el denominador). La probabilidad de que las dos series de muestras proceden de la misma población estadística es menos de 0.0005. Del mismo modo, los análisis por conglomerado demuestran gráficamente que los espectros de los miembros individuales se ubican en dos grupos. Los pruebas aleatorizadas confirman que las diferencias observadas no pueden atribuirse solo al azar, ya que la estadística F , observada, es superior a 26 desviaciones normales aparte del promedio F calculado según los datos aleatorizados. La Figura 10 ilustra gráficamente los resultados del análisis de la función discriminante. Es evidente que no existe traslapeo entre las muestras individuales, es decir, cada uno y todos los espectros de una serie de tres peces puede asignarse sin error ya sea al uno o al otro de los dos grupos.

Los resultados son alentadores, ya que confirman en estas muestras que los peces juveniles de por lo menos dos zonas importantes en la región administrativa del aleta amarilla son lo suficientemente diferentes químicamente para reconocerlos fácilmente. Como estas diferencias se encuentran en las espinas de los atunes, es razonable esperar que tales diferencias sean reconocibles durante varios años o a través de su ciclo de vida. Lo que se necesita determinar es cómo varían geográficamente estas pautas de las diferencias químicas con la temporada y el año y qué grado de variación existe en las pautas de los peces más viejos que se desplazan incesantemente a través de la zona. La posibilidad del estudio anterior no se concibió para suministrar infor-

mación sobre la clase o cantidad de variación de la subpoblación en el Pacífico oriental tropical. Se escogieron las muestras en un período de 6 meses y en diferentes barcos que estaban pescando en las zonas del norte y del sur, con el único fin de incluir tanto componentes temporales como espaciales de la variación.

En la última parte de 1980, se concibió y se llevó a cabo un programa más elaborado para muestrear atunes juveniles aleta amarilla. Se están recolectando muestras más grandes de juveniles de barcos que están pescando en una zona geográfica más extensa y durante un plazo más largo. Como antes, se está tratando de seguir las generaciones al variar la talla de los peces muestreados según la temporada. La amplitud de las tallas se define según las curvas de crecimiento de juveniles aleta amarilla. Esta segunda fase del programa requiere que se haga el muestreo de estas generaciones en años sucesivos. Se examinarán en años sucesivos los espectros obtenidos de aquella parte de la espina que se desarrolló durante la etapa juvenil (edad 0) en los atunes aleta amarilla. Estos resultados deben suministrar datos que se emplearán para determinar el índice de entremezcla de cada generación.

*Estudio del *Thunnus thynnus**

En el último trimestre de 1979, la Comisión Interamericana del Atún Tropical y el U.S. National Marine Fisheries Service realizaron un programa en conjunto para explorar la posibilidad de utilizar las diferencias de los elementos residuales para descubrir el origen del *Thunnus thynnus* capturado en la parte norte del Océano Atlántico y en el Mediterráneo. El objetivo general del programa es determinar el grado de separación entre el *T. thynnus* joven capturado en el Atlántico oriental-Mediterráneo y el Atlántico occidental, y el índice de intercambio de los peces más viejos. El propósito específico de esta investigación es determinar si puede obtenerse una subserie significativa de los datos necesarios para lograr los objetivos del programa del análisis microquímico del tejido duro de *T. thynnus* juveniles y adultos recolectados en diferentes zonas de pesca y de desove.

El trabajo realizado en 1980 incluyó 1) más planeamiento de programas y recolección de muestras, 2) una modificación significativa de los métodos y 3) el establecimiento de medios y equipo por la CIAT, donde se puedan analizar tanto muestras de *T. thynnus* como otras de aleta amarilla.

Se siguen teniendo problemas al querer obtener una serie suficiente de muestras de *T. thynnus*. Como se acordó originalmente, la participación de la CIAT en el programa de *T. thynnus* iba a limitarse al planeamiento y al análisis estadístico y analítico de las muestras. Debido a los problemas encontrados durante la primera etapa del muestreo, el personal de la CIAT participó directamente en el muestreo. Durante el primer semestre del año, se gastó una cantidad considerable de tiempo en arreglar y en recolectar las muestras tanto en Europa como en los EEUU. El 24 de septiembre de 1980, el laboratorio del NMFS en Miami asumió de nuevo la responsabilidad de obtener las muestras, para negociar directamente con colegas científicos colaboradores en Europa a

través de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA) y para arreglar el envío de las muestras a la Jolla (California). Los resultados del estudio del aleta amarilla resumidos anteriormente y los de otro estudio realizados concurrentemente se siguen usando para desarrollar este programa. Aunque la primera serie de experimentos demostró la presencia de diferencias características geográficas en las pautas de los elementos residuales del aleta amarilla, los ensayos al estudiar cómo varían estas pautas con la temporada y los años no fueron alentadores. Se encontraron problemas cuando se realizaron los análisis secuencialmente, es decir desde el centro al extremo de espinas individuales que se habían cortado a través. Teóricamente, el corte transversal en esta región debe revelar el grado de variación que ocurre durante el ciclo de vida de un pez individual. Los análisis de los rayos X se realizaron usando un microscopio electrónico explorador equipado para realizar estudios espectroscópicos. Empleando estas técnicas se puede ver y analizar superficies muy pequeñas, menos de 100 angstromes. Desafortunadamente, las muestras se descomponen bajo una exposición intensa de los electrones y hubo mucha variación al repetir el análisis de una muestra determinada. Aunque se pueden hacer algunas mejoras, el equipo necesitaría grandes modificaciones.

Como los estudios de *T. thynnus* requieren que se lleven a cabo tales análisis, se investigaron otros proyectos para caracterizar las pautas de los rayos X y se implantaron nuevas técnicas. Se ha concebido un sistema óptimo para los estudios de la subpoblación y de la edad, construido y ensayado en la Universidad de Princeton. La técnica incluye la irradiación de secciones transversales de las partes duras como un rayo de protones producido por un acelerador nuclear (ciclotrón). La Comisión está usando las primicias del California Institute of Technology (Servicio de Radiación Kellogg) para el montaje del sistema de la CIAT y las etapas finales de prueba. Se podrá con este sistema efectuar un número de estudios relacionados de la edad y de las poblaciones.

OTROS ASPECTOS DE LA BIOLOGIA ATUNERA

Composición de talla en la captura de 1980

Los investigadores de la Comisión han obtenido desde 1954 muestras de la frecuencia-talla de los atunes aleta amarilla y barrilete capturados por barcos de carnada y cerqueros. La información obtenida según estas muestras se ha empleado para estimar el índice de crecimiento, mortalidad, rendimiento por recluta y abundancia de una generación. Los resultados de estos estudios han sido publicados en varios boletines e informes anuales de la Comisión.

En 1979, el personal de la Comisión midió en los puertos de descargue de California, Puerto Rico, México, Panamá, Ecuador y Perú, la frecuencia-talla de más de 600 muestras de aleta amarilla, más de 500 de barrilete y de 40 a 50 de patudo, provenientes de capturas en el Pacífico oriental. La distribución anual frecuencia-talla del aleta amarilla muestreado en el ARCAA durante

1975-80, se presenta en la Figura 11. La estimación preliminar del peso promedio de esta especie, obtenida en el ARCAA en 1980, es 17.7 libras (8.0 kg). Este valor es 0.2 libras (0.1 kg) más pesado que el de 1979 y 4.3 libras (2.0 kg) más pesado que el de 1978, que fue el más bajo anotado. Por el tercer año sucesivo se encontró presente en la captura en grandes cantidades inusitadas aleta amarilla inferior a 45 cm.

La distribución anual frecuencia-talla del aleta amarilla muestreado en capturas obtenidas entre el límite occidental del ARCAA y los 150°W de longitud en 1975-1980, se presenta en la Figura 12. El cálculo preliminar en 1980, del peso promedio de esta especie, en esta región, es de 44.4 libras (20.1 kg). Es decir 12.2 libras (5.5 kg) inferior al peso promedio de 1979, que fue el anterior más bajo en esta zona.

La distribución anual frecuencia-talla del barrilete muestreado en capturas obtenidas en el Océano Pacífico oriental en los años de 1975-1980, se presenta en la Figura 13. El cálculo preliminar del peso promedio del barrilete en 1980, es 5.2 libras (2.4 kg). Este es el peso promedio más bajo que se haya jamás anotado desde que principió el programa de muestreo en 1954. El peso promedio en 1980 es de 0.5 libras (0.2 kg) inferior al peso promedio de 1978, que fue el anterior más bajo.

La distribución frecuencia-talla del patudo muestreado según las capturas cerqueras obtenidas en el Océano Pacífico oriental durante 1975-1980, se presentan en la Figura 14. Como en el caso de casi todos los últimos años, la mayoría de las muestras de patudo provienen de capturas obtenidas a la altura de la costa del Ecuador en el último trimestre del año.

Distribución de talla del aleta amarilla por tiempo y zona

Otros estudios realizados anteriormente han indicado que el aleta amarilla tiene más inclinación a congregarse por talla que agruparse por especie. Además, existe alguna evidencia que la talla del aleta amarilla encontrado en cardúmenes mixtos de aleta amarilla y barrilete, es en promedio, más pequeña y más uniforme que la de aquellos que se encuentran en cardúmenes puros de aleta amarilla. Al usar ésto como base, se decidió observar algo más las muestras de esta especie obtenidas por barcos cerqueros que pescan en el ARCAA, para poder diferenciar ciertas zonas que se caracterizan por ciertos grupos dominantes de talla. Los datos de 1976, 1977 y 1978, han sido procesados y se han establecido y definido unas siete zonas preliminares.

Se ha encontrado frecuentemente que la distribución frecuencia-talla de las muestras de aleta amarilla tiene una apariencia multimodal o que es una mezcla de distribuciones finitas. Existen varios algoritmos gráficos e iterativos que se pueden emplear en la computadora para dividir dichas mezclas y para estimar la proporción de mezcla en la distribución de los componentes. Sin embargo, se han examinado algunos problemas en su presentación en publicaciones recientes. La apariencia multimodal de la distribución frecuencia-talla depende de una combinación de distancias entre los medios, la

magnitud de las varianzas, la proporción del grupo de componentes y la magnitud general de la muestra. Si se tiene cierta experiencia en el reconocimiento de los grupos de las generaciones en los histogramas frecuencia-talla, es posible bosquejar la distribución de los componentes, y se puede ajustar una distribución teórica al encontrar los valores de los parámetros que hacen que la discrepancia sea tan pequeña como sea posible entre la distribución teórica y el histograma observado. La prueba estadística para realizar esta minimización depende de la función de la distancia empleada. Los valores de los parámetros obtenidos por el proceso anterior pueden usarse como índices de comparación entre las muestras. Entonces puede aplicarse una técnica del análisis del conglomerado con el fin de agrupar muestras con características similares. Se está avanzando en la aplicación de la técnica anterior para definir los límites óptimos de la estratificación de zona de los datos frecuencia-talla del aleta amarilla obtenido en 1976, 1977 y 1978.

Relación trófica entre los atunes y su presa

Se supone comúnmente que los materiales orgánicos e inorgánicos ascienden a través de la trama alimenticia, llegando a concentrarse más con cada aumento en el nivel trófico. Un número de investigadores, sin embargo, ha propuesto que la trama alimenticia marina no tiene estructura y que los microcontaminantes no deben sufrir el grado de bioamplificación observados en las tramas alimenticias terrestres y de agua dulce. En 1980, un científico de la CIAT ha colaborado con los investigadores del Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP), Long Beach, California, en un estudio copatrocinado por el National Science Foundation para ensayar esta hipótesis en el Océano Pacífico oriental, en la trama alimenticia pelágica del océano, que conduce al aleta amarilla y barrilete. Los investigadores del SCCWRP han concebido un método para medir el grado de la estructura trófica que se está presentando en la trama alimenticia marina. Se conoce que el elemento alcali cesio (Cs) se bioamplifica en tramas alimenticias terrestres y en tramas alimenticias en ecosistemas confinados acuáticos y marinos. Actualmente estamos ensayando si el cesio sufre o no bioamplificación en tramas alimenticias pelágicas libres al comparar concentraciones de cesio (normalizadas a potasio, es decir (Cs/K)) de los depredadores con sus niveles tróficos asignados que se determinan independientemente mediante el análisis de los hábitos alimenticios.

Durante el crucero de marcado 1089, iniciado a la altura de la costa centroamericana en marzo-mayo 1980, el personal de la CIAT recolectó ejemplares de una serie de 4 *Carcharhinus falciformes*, 36 aleta amarilla, 44 barriletes, 2 *Elagatis bipinnulatus* y su presa. Los ejemplares fueron obtenidos por la pesca con carnada, curricán, salabardo y arrastrando una red de plancton y en los estómagos de los depredadores. Se devolvieron al SCCWRP muestras de tejido muscular de los tiburones y atunes, y ejemplares enteros de melvas *Auxis* sp., peces voladores, calamares y plancton para disección y análisis químicos. Los estómagos de los tiburones y atunes fueron devueltos a la CIAT para ser iden-

tificados y cuantificar el contenido estomacal.

Los índices de relativa importancia (IRI) fueron computarizados basándose en las medidas de las cantidades, peso y frecuencia de aparición de los artículos alimenticios en los estómagos de 2 de los tiburones, 27 aleta amarilla y 18 barriletes (Tabla 8). El resto de los tiburones y atunes tenía estómagos vacíos.

Los IRI se calcularon como sigue:

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

donde N = porcentaje numérico, W = porcentaje del peso y F = porcentaje de la frecuencia de aparición, las medidas del porcentaje proveen diferente información sobre los hábitos alimenticios de los peces. Los IRI de las presas suministran un medio para combinar esta información en un solo índice. Como se indica en la Tabla 8, los calamares (Teuthoidea), argonautas y peces voladores fueron los artículos más importantes en la dieta del aleta amarilla, en los estómagos de barrilete predominaban las melvas (*Auxis* sp.) y varios peces voladores, y los estómagos de los tiburones contenían solo melvas y cefalópodos sin identificar. Se asignaron tentativamente los niveles tróficos a cada depredador analizado hasta la fecha (Tabla 9), basados en una escala convencional I = autótrofos, II = herbívoros, III = carnívoros primarios, IV = carnívoros secundarios y V = carnívoros terciarios o máximos.

Las proporciones Cs/K de todos los componentes analizados hasta la fecha se presentan en la Tabla 9. Las proporciones Cs/K variaron de una media de 7.0×10^{-6} en los peces voladores (los peces más pequeños y el nivel trófico más bajo analizado hasta ahora) a 22.9×10^{-6} en los tiburones (los peces más grandes y el nivel trófico más alto representado). El Cs/K aumentó por más de un factor de 3, al pasar aproximadamente por $1\frac{1}{2}$ gradaciones tróficas y una amplitud de 430 veces en talla (peso, 0.05–25.8 kg).

Se está adelantando el análisis de otros ejemplares junto con un examen detallado de la ecología alimenticia de los organismos de que se trata. Los datos preliminares indican ya sea la talla del pez o la estructura trófica apropiada para la bioamplificación de la cadena alimenticia del microelemento cesio si existe en este ecosistema pelágico. Otro estudio similar que se está adelantando en la ensenada de California del sur indica asimismo que la proporción Cs/K aumenta unas dos veces con cada gradación trófica entre los niveles tróficos II–III y V. La bioamplificación potencial es aparentemente más débil en tramas alimenticias basadas en detritus cerca a la orilla y al fondo de las bahías. Las aguas aplaceradas y los ecosistemas al fondo de las bahías de California meridional y en la costa del norte de Baja California, no presentan aumento o solo uno pequeño en Cs/K con el aumento en el supuesto nivel trófico.

Se están también realizando análisis para medir las concentraciones de una variedad de otros microelementos e hidrogenocarbonatos clorinados en los tejidos de los depredadores y organismos de presa muestreados en el crucero 1089.

Hasta la fecha, se ha analizado el DDT y PCB y se han encontrado en muy poca cantidad, menos de 10 partes por billón en todos los casos.

Estudio de la edad del aleta amarilla y barrilete

La hipótesis de que en los otolitos sagitales del aleta amarilla y barrilete se forma un incremento diario ofrece un método potencial para determinar la edad de estos peces. En cada caso, el método incluye contar el número total de los incrementos a lo largo de la superficie desde donde se origina el crecimiento del otolito (primordium) hasta el incremento final a lo largo de un eje longitudinal. En 1976, se ensayó parcialmente la hipótesis, al inyectar con tetraciclina peces marcados de 40 a 110 cm de longitud de horquilla y al recuperarlos luego en la captura comercial. Los resultados indican que se forma un anillo diario en los otolitos del aleta amarilla en este intervalo de talla en la zona de las Islas Revillagigedo. Sin embargo, para el barrilete marcado e inyectado de 42 a 64 cm recuperados en la misma zona, el número de incrementos subestimó el tiempo aproximadamente en un 24 por ciento. Estos diferentes resultados presentan dos problemas. No se conoce si el índice de la formación de los anillos observados es constante de un año a otro y si se aplica a peces de tallas que aún no se han estudiado. Para contestar parcialmente estas preguntas se repitió el experimento de la inyección en octubre-noviembre de 1980; los detalles de éste aparecen en este informe bajo el título "Marcado de atún". A fines de 1980, se habían recuperado unos 50 peces inyectados, pero no se han examinado aún los otolitos.

Es igualmente importante establecer la relación que existe entre el número total de incrementos calculados en la superficie y las características mensurables del crecimiento de los peces y otolitos. Con este fin, se han anotado las morfométricas de aproximadamente 200 aleta amarilla (30 a 160 cm) y se han preparado réplicas del grabado de los incrementos de los otolitos. El personal ha gastado un tiempo considerable obteniendo cálculos repetidos (en el mismo otolito) y en idear un método consistente de interpretación (entre los diferentes otolitos). Los problemas que afectan la interpretación se derivan de dos fuentes. Primero, como la cantidad de grabado necesario para exponer los incrementos subsuperficiales a lo largo de toda la superficie de cálculo es variable, es inevitable que se graban demasiado o poco las diferentes áreas. Las técnicas de grabado aplicadas localmente, pueden aclarar las partes poco grabadas, pero se necesita un grado subjetivo de interpretación. El segundo problema procede también de la réplica ya que puede producirse demasiada información visual. Por consiguiente, se ha establecido un criterio para juzgar cuales estructuras de crecimiento incluir en el cálculo del incremento y cuales excluir, pero el método se explica más fácilmente por medio de la observación que mediante una descripción escrita. Para probar la repetición y consistencia de la interpretación se está examinando ahora una submuestra seleccionada aleatoriamente de otolitos anteriormente contados.

Estudios del atún aleta azul (*Thunnus thynnus*)*La pesca en 1980*

En 1980, la pesca con cerco del Pacífico oriental del aleta azul empezó cerca al 18 de mayo y terminó aproximadamente el 25 de septiembre. Las primeras capturas se realizaron a la altura de Baja California entre los 25°N y 26°N y, como sucede generalmente, la pesca se desplazó al norte a medida que adelantaba la temporada. En agosto y septiembre la zona de pesca se ubicaba entre los 30°N y 34°N. La estimación más reciente de la captura en 1980 es de 3,128 toneladas, que es la captura más baja desde 1952.

Datos frecuencia-talla

La distribución anual frecuencia-talla de las capturas de aleta azul realizadas desde 1975 hasta 1980, se presentan en la Figura 15. La estimación del peso promedio de *T. thynnus* en 1980, es de 22.0 libras, casi igual que en 1979. La captura en 1980, estuvo dominada por un solo grupo de talla con una moda de 70 a 80 cm.

Datos de lances individuales

En 1980, se inició el análisis de los lances individuales de *T. thynnus*. Durante el período de 1965-1979, la razón anual de lances positivos con relación al total de los lances (razón de lances positivos) fluctuó de 0.36 a 0.56 y el promedio fue 0.49. La captura por lance varió de 5.95 a 11.4 toneladas y el promedio fue de 8.75 toneladas. Tanto la razón de los lances positivos como la captura por lance fue superior en los lances nocturnos que en los diurnos. En los lances nocturnos el promedio de la razón de los lances positivos fue 0.68 y el promedio de captura por lance fue 11.2 toneladas. En los lances diurnos el promedio de la razón de los lances positivos fue 0.47 y el promedio de captura por lance fue 8.52 toneladas.

Estudios de la edad

La determinación de la composición de edad en la captura es de primera importancia para los estudios de ciclo evolutivo de cualquier población de peces y para evaluar su condición con relación a la pesca. Esto se puede lograr mediante el análisis de la distribución de las frecuencias de talla o peso, el análisis de los datos de marcado y recaptura o la interpretación de áreas de crecimiento o "marcas" en los tejidos duros. Solo el último método permite la determinación de la edad de los peces individuales. Los trabajos anteriores de la Comisión muestran un considerable traslapo en las longitudes de *T. thynnus* oriental de diferentes grupos de edad, haciendo que el análisis de la frecuencia de longitud y peso sea difícil o imposible. Los datos de marcado de *T. thynnus* que se tienen actualmente son inadecuados para determinar el índice de crecimiento. Reconociendo la necesidad de determinar la condición del recurso de *T. thynnus* en el Océano Pacífico y determinar con ese propósito la composición de edad de esta especie en la captura, el programa de muestreo iniciado en 1979, para obtener series de partes duras junto con el muestreo regular

frecuencia-talla fue intensificado en 1980. En el Pacífico oriental, las personas encargadas del muestreo en el puerto, obtuvieron material de 130 peces representando 540 toneladas, o sea el 16.9% de la captura epipelágica del Pacífico oriental. El muestreo de los peces a bordo, después de la faena del mercado resultó en otros 90 peces. Como en el pasado los experimentos de marcado han indicado un intercambio de esta especie entre el Pacífico oriental y occidental, un investigador de la Comisión estacionado cerca a Kochi, Japón, inició un muestreo regular en el que se obtuvieron 238 muestras de *T. thynnus* pequeños (15 a 30 cm).

El material recolectado en 1980, consiste de escamas, espinas dorsales y radios de las espinas dorsales. Esta serie de partes duras fue obtenida en cada pez de la muestra. Las muestras de las escamas del Pacífico oriental y occidental han sido empleadas por el California Department of Fish and Game y el Far Seas Fisheries Research Laboratory para estimar la edad de *T. thynnus*, mediante el examen de marcas anuales. Las escamas, otolitos, espinas dorsales y las vértebras se han usado también para tratar de determinar la edad del *T. thynnus* gigante del Atlántico, pero las bandas de crecimiento no han sido confirmadas como marcas anuales, ni se han incluido todas las edades en ningún estudio.

Las muestras obtenidas en 1980, se están analizando de acuerdo a las técnicas establecidas, con las modificaciones apropiadas si se necesitan. Antes de adoptar un programa permanente de muestreo, se hará un análisis de los resultados de cada método referente a su validez y practicabilidad como método para calcular la edad. Además, el muestreo en 1981, incluirá la recolección de la vértebra no. 35, ya que los resultados en estudios recientes son promisorios al utilizar vértebras de *T. thynnus* más pequeños. Si se encuentran marcas estacionales en cualquier parte dura, su significado temporal será evaluado mediante la comparación de los datos frecuencia-talla y de marcado. Se iniciará también el establecimiento de un registro estacional de varios años.

Los otolitos de *T. thynnus* tienen marcas similares a las de los otolitos del aleta amarilla, que se conoce tienen incrementos diarios, pero su significado temporal no ha sido confirmado. Su validez requiere un experimento de marcado con tetraciclina, similar a los realizados con el aleta amarilla y barrilete en 1976 y 1980. Cuando se tenga alguna corroboración, se podrá confirmar la periodicidad anual de los cálculos entre cualquier anillo de crecimiento y se podrá determinar también la edad absoluta de lo que se considera actualmente como peces de 1 año.

Análisis de los datos del T. thynnus del Japón

En 1980, se recolectaron los datos de los análisis de la frecuencia de talla y de la longitud de talla de *T. thynnus* en tres diferentes localidades del Japón. Los peces de 15 a 80 cm fueron medidos al centímetro más cercano. Los peces de 15 a 30 cm fueron pesados a los 5 g más cercanos, aquellos de 30 a 80 cm al 0.1 kg más cercano y aquellos de 80 a 215 cm al kg más cercano. Los peces de

menos de 80 cm fueron pesados enteros y aquellos de más de 80 cm se les cor-taron las agallas y fueron eviscerados antes de pesarlos. Los resultados son:

Tipo	Zona	Meses	Número de muestras	Número de peces	Variación longitud (cm)	Ecuación talla-peso*
Frecuencia-longitud	Kiushu del sur	en.-mayo	14	487	35-65	
	Mar del Japón <80 cm	junio-julio	16	813	43-72	
	Mar del Japón >80 cm	junio-julio	15	232	98-215	
	Kochi	julio-ag.	10	616	15-28	
Frecuencia-peso	Kiushu del sur	en.-mayo	16	456	35-66	$y=3.40x-20.1$
	Mar del Japón <80 cm	junio-julio	13	316	44-59	$y=3.23x-19.1$
	Mar del Japón >80 cm	junio-julio	15	232	98-215	$y=2.97x-17.5$
	Kochi	julio-ag.	9	304	15-29	$y=3.33x-19.7$

* x es el logaritmo natural de la talla en milímetros e y es el logaritmo natural del peso en kilogramos.

Estudios de *Euthynnus lineatus*

Las investigaciones biológicas de las especies de atunes que aparecen juntas y se encuentran incluídas en la pesca atunera del Pacífico oriental han sido uno de los objetivos principales de la Comisión. Las especies principales de atún se explotan cada vez más y es probable que en el futuro se aplique más presión de pesca sobre las especies secundarias comerciales.

El *Euthynnus lineatus* es capturado comúnmente en cantidades considerables (1-100 toneladas americanas) por embarcaciones cerqueras que pescan sobre objetos flotantes en toda el ARCAA y en la mayoría de los casos se arrojan al mar. Sin embargo, en los últimos años, la explotación de *Euthynnus lineatus* ha aumentado considerablemente (Tabla 1).

Debido a la importancia potencial de *E. lineatus*, el personal de la Comisión inició en agosto de 1980, una investigación sobre el ciclo evolutivo de esta especie. Se ha planeado un programa en las zonas pesqueras del Pacífico oriental, para obtener durante un año muestras por estrato de mes y zona de los estómagos y de los gónadas de 100 ejemplares, junto con la longitud y el peso. Las zonas que se han de emplear para obtener muestras biológicas y datos relacionados, son las mismas zonas usadas por la Comisión para obtener selectivamente muestras frecuencia-talla de varias especies de atún.

Los objetivos principales de este estudio son examinar los hábitos alimenticios y reproductivos de *E. lineatus*. El estudio del desarrollo sexual y del desove suministrará información útil para definir las localidades y los períodos probables de desove. Además, se determinará en varias de las zonas de muestreo la fecundidad junto con la talla y edad del primer desove. Se examinará también la relación longitud-peso de *E. lineatus* en diferentes zonas de muestreo y se está tratando de obtener tantas muestras como sea posible de la

frecuencia-talla con el fin de estimar la composición de edad, crecimiento y desplazamiento.

Se han recibido muestras tanto de barcos de carnada como de cerqueros. La mayoría de las muestras se han obtenido en las enlatadoras de San Diego y Terminal Island (California), San Juan y Mayaguez (Puerto Rico), Puntarenas (Costa Rica) y Manta (Ecuador). Además, el personal de la Comisión está obteniendo también muestras a bordo de los barcos de carnada y cerqueros. Hasta ahora, se han obtenido 15 muestras de varias zonas de pesca (Figura 16) en las que se ha capturado intencional o accidentalmente *E. lineatus* y cargado a bordo. Los ejemplares muestreados variaron en longitud de 327 mm (0.62 kilos) a 629 mm (3.85 kilos).

Hasta la fecha se han procesado unos 150 estómagos. Los artículos principales alimenticios, identificados hasta ahora, incluyen peces, cefalópodos y crustáceos. Se han guardado los otolitos de los peces y los picos de los cefalópodos encontrados en los estómagos y se identificarán tanto como sea posible en la escala taxonómica.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, ha ofrecido gentilmente la ayuda de uno de sus biólogos, el Sr. Mario Rojas, para obtener muestras de *E. lineatus* en Puntarenas. Además las dos enlatadoras principales, la enlatadora Nacional y Sardimar, han ofrecido su colaboración completa a este proyecto.

INVESTIGACION ATUN-DELFIN

Distribución de los delfines incluidos en la pesca

Las especies de delfines normalmente incluidas en la pesca son el delfín manchado (*Stenella attenuata*), el delfín tornillo (*Stenella longirostris*), el delfín común (*Delphinus delphis*) y el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*). La distribución de las observaciones de las especies, realizadas por técnicos de la CIAT y de los EEUU, a bordo de cerqueros, se presentan en las Figuras 17-20, correspondientes a los años de 1977-1979. En general, la distribución de las observaciones coincide con la distribución del esfuerzo y la captura de los cerqueros, incluyendo características como la zona aparente de baja densidad entre concentraciones al este de los 120°W y al oeste de los 125°W. Estas distribuciones reflejan tanto la distribución de las poblaciones de delfines como la del esfuerzo de pesca.

Recolección de los datos

Se llevaron a cabo sesiones de entrenamiento en Nueva Zelanda, Panamá y los EEUU. Se instruyó a los técnicos sobre la identificación de las especies principales de mamíferos marinos que se encuentran en la pesca atunera del Pacífico oriental, cómo estimar la magnitud de un cardumen, comportamiento de los delfines, artes cerqueras y maniobras de pesca, métodos sobre la recolección de datos y etiqueta a bordo.

El método mediante el cuál se muestrearon los viajes en 1980, lo mismo que en 1979, incluía arbitrariamente dividir el año en tres intervalos. Se asignó a estos intervalos el número de viajes que debían realizar los barcos abanderados de países participantes, con un esquema ideado para minimizar la varianza de la estimación de la mortalidad total de los delfines de las flotas participantes. Los países cuyas flotas fueron incluidas en el muestreo fueron los países miembros de Panamá y los EEUU (Canadá, Francia, Nicaragua y el Japón, fueron excluidos ya que no tienen actualmente barcos cerqueros que maniobren en la pesca del Pacífico oriental) y los países no miembros de Costa Rica y México. Venezuela y Nueva Zelanda acordaron participar, pero estos países entraron en el programa después de haberse planeado el muestreo; por consiguiente, sus barcos no fueron incluidos en los cálculos originales. El número de viajes programado para cada país participante y el número de viajes actualmente muestreado en 1980, es como sigue:

Viajes programados en 1980				
	I Intervalo	II Intervalo	III Intervalo	Total
Costa Rica	2	2	2	6
México	6	7	7	20
Nueva Zelanda	1	0	0	1
Panamá	2	2	2	6
EEUU	24	18	26	68
Venezuela	1	0	1	2
Total	36	29	38	103
Viajes muestreados en 1980				
Costa Rica	2	1	0	3
México	0	0	0	0
Nueva Zelanda	1	0	0	1
Panamá	2	0	0	2
EEUU	18	17	20	55
Venezuela	1	0	1	2
Total	24	18	21	63

La mortalidad preliminar observada en 1980, basada en 60 viajes terminados en la fecha en que se escribe (incluso dos en 1979, que se pasaron a 1980), se presenta más adelante. Los barcos muestreados realizaron en total en 1980, 1,241 lances sobre atunes asociados con delfines, capturando 11,381 toneladas de aleta amarilla.

Manchado alta mar	Manchado sin identificar	Tornillo oriental	Tornillo panza blanca	Tornillo sin identificar	Delfin común
2,563	23	240	1,069	10	386
Delfín listado	Delfín negro	Delfines sin identificar	Mortalidad total	Mortalidad por lance	Mortalidad por tonelada
38	1	41	4,371	3.5	0.38

Las diferentes especies reaccionan diferentemente después de que han sido rodeadas por la red de cerco y esto se refleja en los diferentes índices de mortalidad que se presentan a continuación.

Composición del cardumen	Número de lances	Mortalidad por lance	Mortalidad por tonelada
manchados (<i>S. attenuata</i>)	717	1.7	0.20
Tornillo (<i>S. longirostris</i>)	16	42.2	7.85
Delfines manchados y tornillo, combinados	425	4.8	0.44
Delfín común (<i>D. delphis</i>) o listado (<i>S. coerulealba</i>)	59	7.2	1.18

Estimación de la mortalidad

La CIAT obtiene los datos de mortalidad de una muestra de la flota internacional y los EEUU los obtiene de las embarcaciones que llevan su pabellón. No es práctico para la flota de los EEUU combinar las dos fuentes de datos, hasta que todos los datos del año estén completos. Así que las estimaciones de la mortalidad de los delfines, causada por los cerqueros estadounidenses, se basan en informes semanales, recibidos por radio, de los técnicos que se encuentran a bordo de cerqueros estadounidenses y no en datos completos. La mortalidad estimada de delfines ocasionada por barcos de otros países, se basa en los datos obtenidos durante siete viajes y terminados al fin del año. La Tabla 10 presenta las estimaciones provisionales de la mortalidad incidental de los delfines en 1980, junto con estimaciones de 1979.

Estas estimaciones se basan en una muestra de 7 viajes de 168 realizados por embarcaciones de otros países que efectuaron lances sobre delfines y, en 89 viajes de 222 hechos por embarcaciones de los EEUU, así que están sujetos a errores de muestreo. Los errores normales estimados de los cálculos, se presentan en la Tabla 10. Los errores normales para los cerqueros de los EEUU, son relativamente pequeños al compararlos con las estimaciones, una consecuencia de la gran proporción de viajes muestreados. Sin embargo, para los barcos de otros países, los errores normales son grandes con relación a las estimaciones, ya que se ha muestreado una proporción menor de viajes.

Como la distribución de los datos de la mortalidad de los delfines es asimétrica, no es probable que los intervalos de confianza basados en las distribuciones normales sean correctos. Se realizó una simulación Monte Carlo empleando datos de una población de 167 viajes observados en 1979 y 1980. Se simularon muestras de 8 y 55 viajes, de las poblaciones de *S. attenuata* y *D. delphis*. Se hicieron 100,000 réplicas de estas muestras para calcular las medias y los errores normales. En la Tabla 11 se indica el sesgo y los intervalos empíricos de confianza del 95%. Los datos de *D. delphis* son aún más asimétricos que los datos de *S. attenuata*. El error normal estimado tiene también un sesgo descendente y los intervalos de confianza de las muestras de 8 viajes son considerablemente más amplios que más o menos dos desviaciones normales.

Desde el año de 1959, se han hecho estimaciones de la mortalidad de los delfines. Sin embargo, no se pueden obtener en los primeros años datos com-

pletos en los que se indica el tipo de lance (delfines u otros). Además las estimaciones de la mortalidad por lance se basan en muy pocos viajes. En 1973, los EEUU obtuvieron datos de 23 viajes y desde ese entonces, se han tenido estimaciones bastante confiables de la flota de los EEUU. Las estimaciones de los barcos de otros países, que formaron parte de la flota en 1973-1978, se realizaron al hacer suposiciones relacionando el índice de mortalidad de las embarcaciones estadounidenses al de toda la flota. La Tabla 12 presenta las estimaciones de la mortalidad de 1973 a 1980. Estas estimaciones fluctuaron, dependiendo de muchos factores, pero en general, ha habido una reducción en la mortalidad relacionada a las nuevas técnicas para salvar delfines y con la reducción en la captura del aleta amarilla asociado con delfines (Tabla 13).

Estimación referente a la densidad de los delfines

En el Informe Anual de 1979, de la CIAT, se describió un estudio preliminar sobre el empleo de los datos obtenidos por técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras, para hacer las estimaciones de la densidad de los cardúmenes de delfines. Esta investigación se ha continuado y ampliado durante 1980. Se han examinado especialmente más aspectos de los problemas asociados con el empleo de la teoría del enfilamiento, para estimar la densidad según estos datos. Aunque se siguen teniendo algunos problemas con los datos de los técnicos, es posible actualmente determinar con más exactitud la posibilidad de obtener estimaciones sin sesgo de la densidad. Esto se describe más adelante en un análisis de las suposiciones realizadas en el muestreo de enfilación para producir resultados correctos. Los datos usados en este estudio han sido obtenidos por técnicos de los EEUU, pero los mismos problemas potenciales se aplican a los datos de los técnicos de la CIAT.

De las suposiciones que pueden ser violadas por censos, de las poblaciones de mamíferos marinos, lo siguiente parece ser lo más importante en esta investigación.

- 1) La población o la búsqueda están distribuidas aleatoriamente.
- 2) La distribución del esfuerzo de muestreo, en la zona bajo administración, asegura (1) un abarcamiento suficiente y (2) una cantidad suficiente de animales en cada muestra.
- 3) Los animales se han identificado sin error.
- 4) Se han visto y anotado todos los animales que se encuentran en la vecindad de la línea de búsqueda.
- 5) Se anotan sin error los ángulos y las distancias del barco a los animales.
- 6) No existe ningún movimiento de los animales con relación al barco que no sea observado.
- 7) Se anota sin error la magnitud del agrupamiento.
- 8) La probabilidad de la visualización de los animales es independiente de la magnitud del grupo.

Las tres primeras son suposiciones que se deben considerar en cualquier

reconocimiento de muestreo de la población. Las suposiciones 4, 5 y 6 se necesitan para poder estimar correctamente la densidad de los grupos y la 7 y 8 para transformar (sin sesgo) los datos del censo a densidad de los individuos. Esta investigación está interesada en las poblaciones de delfines en las que los grupos se definen como cardúmenes. Algunas suposiciones, son evidentemente más importantes que otras en que presentan un mayor problema en la evaluación de las poblaciones de los mamíferos marinos. Cada suposición se examina brevemente con respecto al uso de los datos obtenidos por los técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras.

Según todas las indicaciones, las poblaciones de delfines no se encuentran distribuidas aleatoriamente a través del Pacífico oriental tropical. Por consiguiente, la búsqueda tiene que ser aleatoria para que las estimaciones de la densidad sean válidas. La intuición nos conduce a creer que esto no es así. Es de esperarse que las embarcaciones individuales gasten más tiempo buscando en zonas en las que esperan capturar más atún. Si los barcos están pescando principalmente atún asociado con delfines, entonces es más probable que estén en zonas en las que se ven con más frecuencia cardúmenes de delfines. En la práctica, la pauta de búsqueda es un asunto bastante complicado, incluyendo varios factores como es el conocimiento histórico de pesca del capitán, su intuición, tiempo y los códigos de pesca, para nombrar unos pocos. Pero es probablemente razonable suponer que la mayor parte de cualquier elemento no aleatorio, en la búsqueda, es en gran escala y una vez que se esté en una zona relativamente pequeña la búsqueda es efectivamente aleatoria. Si esto es así, es posible probar la no aleatoriedad en gran escala de la siguiente manera.

Si el éxito de la observación y del esfuerzo de búsqueda están relacionados como

$$n = aF^b \quad (1)$$

donde a y b son constantes, n es el número de observaciones y F es el esfuerzo de búsqueda, entonces cualquier no linealidad en los datos que representan una pauta de búsqueda no aleatoria, será evidente como una desviación de la cantidad b de la unidad. En la forma logarítmica la ecuación (1) viene a ser

$$\ln(n) = \ln(a) + b \ln(F) \quad (2)$$

así que una simple prueba de no aleatoriedad es regresar $\ln(n)$ sobre $\ln(F)$ y probar si la pendiente es diferente a la unidad. Esto se ha hecho al estratificar los datos en "cuadros" de $5^\circ \times 5^\circ$ en los que se supone que la búsqueda es efectivamente aleatoria y usando dos diferentes cálculos del éxito en las observaciones. El primero es sencillamente el número de observaciones y el segundo es el número de las observaciones corregidas por las condiciones de visualización. Esta última cantidad es $n\hat{f}(0)$, en donde $\hat{f}(0)$ es la función del modelo de visualización ajustada a la serie de distancias perpendiculares observadas, evaluadas a cero y es proporcional a la densidad, multiplicada por el esfuerzo de búsqueda.

En la Tabla 14, se presentan los resultados para el caso en que el éxito de la

observación sea calculado como el número de observaciones. Usando todos los datos que se tienen, no es evidente de que esa búsqueda se ha concentrado en zonas en las que hay gran éxito de búsqueda. Más bien, los únicos resultados significativos se obtuvieron en 1976, en donde lo opuesto fue la verdad. Usando los datos solo de las zonas en que la pesca es principalmente de atunes asociados con delfines, los resultados indican una mayor tendencia hacia la búsqueda positiva no aleatoria, pero solo los datos de *S. attenuata* en 1977, muestran un resultado significativo a este respecto. Los resultados al usar el número de observaciones ajustadas por las condiciones de visualización, presentados en la Tabla 15, no indican de ninguna manera que la búsqueda se ha concentrado en zonas de alta densidad, aun cuando los datos se obtuvieron solamente en zonas de pesca de "delfines". Este es el resultado importante de esta investigación. Aunque es probable que los pescadores respondan al número de cardúmenes y si están o no asociados con atunes, omitiendo las condiciones de visualización, el factor importante es si gastan o no proporcionalmente más tiempo buscando en zonas de alta densidad.

Según estos resultados, parece que la flota, en conjunto, conforme está representada por la muestra de barcos con técnicos estadounidenses, busca en realidad aleatoriamente y que se puede estimar la densidad sin sesgo a este respecto. Se pueden sugerir varias explicaciones verosímiles de los resultados. Primero, las zonas donde la densidad de los delfines es más concentrada, puede que no sean las zonas de mayor disponibilidad de atunes. Segundo, puede que la búsqueda no sea aleatoria, pero el aumento del tiempo en los lances, en zonas donde la densidad de los delfines es más concentrada, reduce el tiempo gastado en la búsqueda. Tercero, la búsqueda es potencialmente no aleatoria, pero las zonas de gran densidad cambian con más rapidez de lo que la flota puede cambiar su estrategia de pesca. Cuarto, la suposición de que la búsqueda es aleatoria en el "cuadrado" de $5^\circ \times 5^\circ$, puede que no sea real. Probablemente, la verdadera explicación es una combinación de parte o todo lo anterior y otros factores, así que es suficiente decir que la naturaleza altamente compleja de la pesca atunera resulta en una pauta de búsqueda de la flota que puede considerarse aleatoria.

La distribución del esfuerzo de búsqueda cambia considerablemente con el tiempo en la pesca atunera del Pacífico oriental tropical. Esto es verdad no solamente en los años pero también entre los años. Se ha demostrado mediante la Figura 21 que presenta el esfuerzo de búsqueda en el mismo trimestre en diferentes años. En 1977, aproximadamente el 55% de todo el aleta amarilla descargado fue capturado en lances realizados en delfines asociados con atunes, en comparación con el 35% en 1978. Además 1978, fue un año de excepcional abundancia de barrilete, mientras que 1977 no lo fue. La disponibilidad relativa del aleta amarilla asociado con delfines y del barrilete, como también las características oceanográficas, representan un papel importante en la variación de la distribución del esfuerzo de búsqueda de la flota. El problema causado por el hecho de que el esfuerzo anual de búsqueda orientado a diferentes zonas del Pacífico oriental tropical, afecta las estimaciones de la

densidad de las poblaciones de delfines, puede minimizarse al estratificar los datos en zonas donde la pesca es principalmente de atunes asociados con delfines y en zonas en las que la pesca es principalmente de atunes no asociados con delfines. Esto se ha realizado por "cuadrados" de $5^\circ \times 5^\circ$, usando los datos de la CIAT correspondientes a la proporción de lances realizados en atunes asociados o no asociados con delfines. La Figura 22 presenta estas zonas basándose en los datos de 1970-79. Las zonas sin marcar dentro de la pesca pueden sostener la pesca de una manera o de otra.

La identificación incorrecta de las especies o la incapacidad de identificar una especie puede ser un problema al estimar la densidad. Cada año, se anota como sin identificar cierta proporción de observaciones, aunque la posibilidad de una identificación incorrecta es pequeña debido a la preparación. En las especies consideradas como ballenas pequeñas, ha habido una tendencia descendente en la proporción de observaciones sin identificar de 0.67 en 1974 a 0.37 en 1979. Sin embargo, en los cardúmenes de delfines de todas las especies, esta proporción ha fluctuado de 0.24 a 0.38, sin ninguna tendencia apreciable durante este período. Es probable que los cardúmenes de *Stenella attenuata* y *Stenella longirostris* se hayan identificado positivamente con más frecuencia que lo usual, ya que los pescadores están más interesados en estas especies y tratan de seguirlas.

Son inevitables los errores en la obtención de los datos del ángulo de visualización y distancia, usados para calcular la distancia perpendicular de un cardumen desde la línea proyectada de búsqueda del cerquero. Estas cantidades son estimadas, no medidas y por consiguiente es importante minimizar el error, siendo tan precisos como sea posible y evitando además sesgos si los datos se han de redondear a un valor conveniente. Mientras se estaban usando los datos obtenidos por los técnicos de los EEUU a bordo de embarcaciones cerqueras, para realizar estimaciones de la densidad de los cardúmenes, se encontró que muchas veces era difícil obtener un buen ajuste del modelo observado con relación a la distancia perpendicular observada. La distribución de estos datos, especialmente en el punto importante cerca a cero, fue por lo general demasiado desigual para permitir una estimación acertada de la función de detección a cero, la cantidad usada en la estimación de la densidad. Puede mostrarse, mediante la simulación, que las distribuciones encontradas en este estudio y en otros lugares, son típicas de los datos que han sido redondeados a los valores convenientes más cercanos. La Figura 23 presenta los resultados de un estudio sencillo de simulación, basado en las distribuciones de los ángulos de visualización y las distancias correspondientes a las que actualmente se han anotado a bordo. La figura presenta la distribución perpendicular de la distancia calculada de los datos de los ángulos de visualización y los datos de la distancia típicos de las zonas en que la pesca es principalmente de atunes asociados con delfines. Dos factores pueden hacer que las distribuciones sean más suaves y permitir, por consiguiente, un buen ajuste del modelo de visualización. Se pueden obtener los datos del ángulo y la distancia con más precisión y se pueden agrupar los datos perpendiculares de

la distancia a mayores intervalos. Lo anterior, idealmente, es la mejor solución y aunque los ángulos se han en el pasado, redondeado en su mayoría a los 10° más cercanos, debe existir la posibilidad de que los técnicos puedan obtener los datos con precisión a los 5° más cercanos y a la milla náutica más cercana. Esto produciría distribuciones más semejantes a las indicadas en la Figura 23(b) en vez de la Figura 23(a) que es típica de las distribuciones de los datos obtenidos hasta ahora y suministraría una base mejor para el ajuste de la función de descubrimiento. Si esto prueba ser imposible, puede que haya la posibilidad de agrupar los datos de la distancia perpendicular a intervalos lo suficientemente grandes para suavizar las distribuciones, pero lo suficientemente pequeños para permitir la estimación precisa de la densidad.

La investigación anterior de los cuatro factores potenciales de sesgo en la estimación de la densidad de los cardúmenes de delfines, indica que existen problemas que pueden ser superados. Se examinan más adelante otros cuatro problemas para los que no parece existir una solución fácil.

La suposición tal vez más importante que debe enfrentarse para poder realizar estimaciones absolutas y exactas de la densidad, es que se descubren todos los animales en la vecindad de la línea de búsqueda. Esto casi con seguridad es violado por cualquier reconocimiento de mamíferos marinos, ya que gastan una gran parte de su vida sumergidos bajo la superficie del océano, aunque el problema es evidentemente menor para los cardúmenes de delfines que para las grandes ballenas. Las preguntas parecen ser ¿podemos estimar la proporción de cardúmenes que pasan desapercibidos y es constante esta proporción? Las condiciones de visualización en el mar se ven afectadas de gran manera por el tiempo, según se mide por la escala de Beaufort. Es probable que la proporción de cardúmenes desapercibidos sea una función de las condiciones de visualización, así que es necesario examinar si las estimaciones de la densidad se ven afectadas por el tiempo, medido por la escala de Beaufort. Desafortunadamente, estos datos no fueron obtenidos por los técnicos estadounidenses entre 1974-79. Sin embargo, los técnicos de los EEUU, obtendrán estos datos en 1981, y los técnicos de la CIAT han obtenido datos similares en 1979 y 1980. Se está planeando un análisis para investigar este problema. Se espera poder mostrar que las estimaciones de la densidad, hasta cierto grado de la escala de Beaufort, no han cambiado efectivamente, así que los datos obtenidos bajo estas condiciones pueden usarse en la estimación de la densidad. Otros métodos incluyen experimentos de la búsqueda de barcos a diferentes velocidades, bajo la suposición de que nada pasa desapercibido a la velocidad de cero nudos, pero no parece que esto sea práctico con respecto a este problema particular.

Otro problema importante que está muy lejos de solucionarse es el del movimiento desapercibido de los delfines en reacción al acercamiento de los barcos. Se conoce que los cardúmenes de *S. attenuata* y *S. longirostris* se alejan al acercarse los cerqueros. Lo que no se ha documentado es si tal movimiento sucede antes o después de que el personal de barco ha visto el cardumen.

Algunos análisis recientes, inéditos del personal del National Marine Fisheries Service (NMFS), indican que el movimiento evasivo y desapercibido puede ocurrir, pero ésto se basa en muy pocos datos y necesita corroboración. Se pueden realizar experimentos para determinar la magnitud de este problema, como es emplear helicópteros para seguir los cardúmenes a medida que el barco se acerca o al usar dos o más barcos en un reconocimiento paralelo para probar si la distribución de visualización es diferente "dentro" y "fuera" de los barcos.

Los análisis anteriores se han centralizado en la estimación de la densidad de los cardúmenes, pero existen también problemas al estimar la densidad de los delfines en un cardúmen determinado. La estimación de la magnitud del cardumen es extremadamente difícil e indudablemente incluye un gran elemento de error. Aunque los resultados del barco GINA ANNE, fletado por la CIAT, indican que la magnitud del cardumen puede estimarse con razonable exactitud, es evidente que los datos obtenidos por los técnicos a bordo de las embarcaciones cerqueras incluyen problemas. Primero, las estimaciones realizadas por los técnicos son bien diferentes de las estimaciones hechas por los tripulantes, así que esto significa que no se puede comparar la magnitud del cardumen. Segundo, las tendencias en la magnitud promedio del cardumen son diferentes. En las estimaciones de los tripulantes la magnitud promedio del cardumen ha permanecido relativamente constante en la mayoría de los casos entre 1974-1979, pero en las estimaciones de los técnicos ha habido una reducción significativa durante el mismo período. No es evidente cuáles resultados reflejan con más exactitud la verdad y actualmente no hay manera de averiguar ésto.

Otro problema con la estadística de la magnitud promedio del cardumen es que se pueden representar en exceso los grandes cardúmenes en la muestra, ya que presumiblemente son más fáciles de percibir. Esto conduciría a una estimación excesiva de la magnitud promedio del cardumen. Se han empleado, hasta cierto punto, algunos modelos sencillos que correlacionan las proporciones de cardúmenes de distintas magnitudes con las distancias perpendiculares, pero hay que tener cuidado con ellos. Muchos cardúmenes son señalados por manadas de pájaros pero puede que no exista necesariamente una correlación entre la magnitud del grupo de pájaros y la del cardumen de delfines. Además, la probabilidad de observar un grupo de delfines de una especie particular, no es una simple función de la magnitud del cardumen, si ese grupo es parte de un cardumen de especies mixtas. El personal del NMFS ha indicado que los datos de la magnitud promedio del cardumen, obtenidos según las estimaciones de los técnicos a bordo de cerqueros, se reducen aproximadamente en un 80%, según las estimaciones no ajustadas, si se aplica un factor de corrección. Sin embargo, hasta que no exista una evidencia mejor de los efectos de este factor y del modelo escogido para el ajuste, es mejor tratarlo con cautela.

Los últimos cuatro puntos, aunque obviamente importantes en cuanto a la

estimación de la densidad absoluta, no son tan vitales si se consideran las estimaciones sobre una base anual en estratos determinados de zonas pesqueras. No hay ninguna razón para no creer que la proporción de los cardúmenes inadvertidos en la línea de búsqueda, la aparición o magnitud de cualquier movimiento desapercibido evasivo o atractivo, o el nivel de la representación excesiva de grandes cardúmenes en la muestra ha cambiado en zonas determinadas durante los últimos años. La estimación de la magnitud del cardumen sigue presentando un problema, pero este ha sido abordado al entrenar mejor a los técnicos por medio de películas tomadas en el crucero fletado GINA ANNE. Existen otros problemas específicos de los datos que necesitan atención, pero en general, esta base de datos parece tener el potencial de poder suministrar estimaciones lo suficientemente exactas de la densidad de los delfines, si no de los datos históricos, por lo menos de los datos que se han de obtener en el futuro.

Estudio del rastreo mediante radio

En su mayor parte no se dispone de datos sobre el movimiento y los ciclos diarios de actividad de las especies de delfines en el Pacífico oriental tropical. En estudios de delfínidos costeros, se ha usado con éxito la radiotelemetría para estudiar estos aspectos de su comportamiento. Sin embargo, los estudios pelágicos son más difíciles y el flete de un barco grande de investigación o un cerquero atunero para un estudio de rastreo a largo plazo, sería demasiado costoso. Otra opción para dicho estudio sería usar un barco de vela que sirviera como plataforma de investigación. Para ensayar la posibilidad de usar un velero en dicho trabajo, se realizó un estudio preliminar frente a la isla del Hawai, en colaboración con el NMFS y la Universidad de California en Santa Cruz (UCSC). Los objetivos fueron determinar qué tan bien puede un velero seguir un cardumen de delfines y qué efecto tiene el velero en el comportamiento de los delfines. Se ensayó también un equipo de telemetría que se tenía.

Se contrató para el estudio un velero de 13 m, el NELLY BLY. Se usaron pequeñas lanchas de motor para las capturas y los delfines fueron capturados ya sea con un dispositivo "agarra-cola" o "red de cabeza" a medida que nadaban frente a la proa del barco. Un delfín hawaiano, *Stenella longirostris*, (RT1) y dos delfines *S. attenuata* (RT2, RT3) fueron capturados y se marcaron con un pequeño transmisor en la forma siguiente. RT1 y RT3 fueron apresados por el personal de la UCSC y la CIAT y se les colgó un pequeño radio transmisor, mientras RT2 fue capturado para un estudio (del NMFS) sobre el comportamiento cuando salen a la superficie y se equipó con un transmisor más grande.

Los transmisores de RT1 y RT3 fallaron poco después de la captura (RT1 = 1.5 días, RT3 = 5 h) y se obtuvieron muy pocos datos de rastreo o ninguno desde el barco de vela. Sin embargo, RT2 fue rastreado por un período de 5 días antes de perder la señal. El velero pudo seguir al cardumen, aunque se necesitaron los motores el 19% del tiempo de rastreo. Se obtuvieron datos del movimiento, comportamiento y de los intervalos al zambullirse.

Se siguieron varios cardúmenes de *S. longirostris* sin el uso de telemetría. Se vigiló el comportamiento a medida que el barco se acercaba ya sea con vela o motor. Se anotaron las reacciones de los delfines con respecto al barco, junto con el comportamiento cuando salían del agua. En varias ocasiones, unos pocos delfines se acercaron al barco y empezaron a nadar frente a la proa durante el anochecer, pero típicamente no se vió ninguna reacción excesiva con relación al barco. No hubo una diferencia evidente en el comportamiento de los delfines al acercarse el barco ya fuera con velas o motor. Hay que experimentar si las poblaciones de delfines en el Pacífico oriental reaccionarán de la misma manera.

Estos resultados preliminares indican que se podría tener éxito en los estudios si se consiguiera un velero que pudiera cubrir un gran radio de distancia para observar y rastrear los delfines en el Pacífico oriental tropical, permaneciendo hasta dos meses en este estudio. La pericia en vigilar los movimientos diarios de los delfines, junto con el rastreo sónico simultáneo de los atunes, puede ser un método eficaz para estudiar la relación atún-delfín.

Estudio fotográfico aéreo

La indecisión sobre los datos actuales de la estructura de la edad de las poblaciones de delfines en el Pacífico oriental tropical, hace que sea difícil definir las conclusiones acerca de los índices de reproducción de las poblaciones. Aunque la proporción de delfines recién nacidos en una población puede estimarse según los datos de mortalidad de los barcos atuneros, se ha demostrado que la mortalidad selectiva puede resultar en que las generaciones más jóvenes de edad sean excesivamente representadas en la muestra. Se necesitan índices precisos de reproducción con el fin de mejorar las estimaciones de la productividad neta y de la magnitud de la población de las especies de delfines afectadas por la pesca atunera.

Los adelantos técnicos recientes en el uso de la fotografía aérea en el censo de la población de los delfines ha suministrado otro método para estimar los índices de reproducción. Los resultados del crucero de investigación de la CIAT de 1979, en el GINA ANNE, indican que la talla de los delfines puede medirse mediante fotografías aéreas. La distribución de la frecuencia de talla de las especies de delfines puede originarse al medir cada individuo en cardúmenes fotografiados. El número de recién nacidos, juveniles y adultos puede así determinarse según esta distribución, mediante la aplicación de curvas edad/talla, permitiendo el cálculo de los índices de reproducción. Esta técnica elimina el sesgo de la selectividad según la edad, inherente en los datos de animales muertos en los lances de atún.

Un reconocimiento fotográfico aéreo fue realizado para muestrear las frecuencias de talla de las especies de delfines frente a la costa de México. Los objetivos principales del estudio fueron:

- 1) determinar la distribución frecuencia-talla de las especies de delfines

- encontradas, especialmente delfines manchados (*Stenella attenuata*), delfines tornillo (*S. longirostris*) y delfín común (*Delphinus delphis*);
- 2) determinar el grado de variabilidad en la frecuencia de tallas entre los cardúmenes de la misma población;
 - 3) mejorar el conocimiento de la estructura social de los delfines;
 - 4) obtener una muestra de las estimaciones de la magnitud del cardumen realizadas por los observadores y basadas en fotografías, para compararlas;
 - 5) determinar si cada especie de delfines tiene características específicas que se reflejan en las fotografías aéreas ("rasgos espectrales") que permitan una identificación positiva de las especies;
 - 6) refinar las técnicas de la fotografía aérea.

Se realizaron veinticuatro vuelos entre el 6 de noviembre y el 15 de diciembre de 1980, desde cinco aeropuertos mexicanos: La Paz (3 vuelos), Puerto Vallarta (1 vuelo), Acapulco (10 vuelos), Zihuatanejo (3 vuelos) y Tapachula (7 vuelos). El avión de reconocimiento fue un Beech AT-11 con una gran cúpula de cristal en el frente del avión y suficiente sitio para dos observadores, además de dos ventanas grandes en la parte posterior para otros dos observadores. El grupo científico estaba formado por personal de la CIAT y del National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos. Un biólogo del Instituto Nacional de Pesca de México participó en los vuelos desde Acapulco.

Se tomaron las fotografías aéreas con cámaras de reconocimiento KA-45A y KA-62A de 5 pulgadas, una cámara cartográfica T-12 de 9 pulgadas y cuatro cámaras Hasselblad de 70 mm. Las diapositivas de 5 pulgadas de las cámaras de reconocimiento se usarán para medir la talla de los delfines y analizar la magnitud del cardumen. Las diapositivas de 9 pulgadas suministraron un sistema secundario al sistema de las cámaras de 5 pulgadas y se emplearán para todos los cálculos de grandes distancias. Las cámaras Hasselblad se montaron juntas y se dispararon simultáneamente, con varias combinaciones de filtros y películas para determinar la posibilidad de identificar fotográficamente los delfines por su rasgo espectral y seleccionar la combinación óptima película/filtro para fotografiar delfines en aguas tropicales.

Durante el estudio se fotografió un total de 100 cardúmenes de cetáceos, incluyendo 11 cardúmenes de *S. attenuata*, 27 cardúmenes de *S. longirostris*, 20 cardúmenes mixtos de *S. attenuata* y *S. longirostris* y 15 cardúmenes de *Delphinus delphis*. Se están analizando actualmente los resultados fotográficos.

Películas de entrenamiento para los técnicos

Uno de los objetivos principales del crucero fletado del GINA ANNE, en octubre-noviembre de 1979, fue tomar películas de entrenamiento en los barcos atuneros para el programa de los técnicos. Se filmaron películas (16 mm) de cardúmenes de magnitud conocida durante la caza, captura y maniobras de

retroceso de un lance y de la labor de pesca en sí misma.

Se filmaron dos películas para entrenar a los técnicos sobre la estimación de la magnitud de los cardúmenes. La primera, designada película de entrenamiento, presenta una serie de cardúmenes de diferente magnitud durante la caza, seguida por otra serie de cardúmenes en la red y finalmente otra serie durante el retroceso. La magnitud del cardumen se da antes de mostrar la secuencia, y los cardúmenes se arreglan en orden ascendente de magnitud en cada fase (caza, captura o retroceso) para ilustrar las relativas diferencias. La segunda, que se designa como película de prueba, presenta una secuencia del mismo cardumen o algunos similares en magnitud en cada fase de la caza, captura y retroceso. Esto se repite para tres cardúmenes de diferente magnitud. No se presenta la magnitud del cardumen sino al final de la película para permitir que el técnico haga sus propias estimaciones. Aunque las películas muestran solamente unos pocos tipos de cardúmenes (y variedad de condiciones) para los cuales el técnico tendrá que hacer estimaciones, suministran una rara oportunidad de observar cardúmenes de magnitud conocida.

Se filmó una tercera película que ilustra la maniobra de cerco durante un lance de atunes asociados con delfines. Esta película ayuda a explicar muchos de los puntos discutidos en las sesiones de entrenamiento de los técnicos.

Programas computarizados

Debido a la gran cantidad de datos incluidos en la investigación atún-delfín, se ha dedicado una parte considerable de tiempo en desarrollar programas de cómputo para elaborar y analizar los datos. La mayoría de este trabajo es para el mantenimiento de sistemas existentes, como es la modificación de programas de los datos de entrada para acomodar cambios en los formatos de datos. Además, se empezaron otros nuevos trabajos.

El NMFS que posee una gran base de datos que incluye información obtenida desde 1974, por técnicos a bordo de embarcaciones con cerco, estadounidenses, ha suministrado gentilmente a la Comisión los datos de los lances registrados, de la cantidad de esfuerzo de pesca aplicada sobre los atunes asociados con mamíferos marinos y observaciones sobre estos últimos. Como esta información es tanto copiosa como completa, los investigadores han concebido algunos programas de cómputo para simplificar el análisis de estos datos. En los datos de bitácora de los lances, se permite el recobro de una serie de datos laborables al manejar internamente las 382 variables y posibles en cada lance y al separar las diferencias de los datos entre los años. En los datos del esfuerzo y de las observaciones sobre los mamíferos marinos, una serie de programas permite que se hagan abundantes estimaciones de una especie determinada o combinación de especies y de las estratificaciones de una zona determinada.

Se empezó a trabajar en la elaboración de un método para estimar el número total de lances realizados en cada año en atunes asociados con

cardúmenes de delfines. El tipo de lance se anota comúnmente en los cuadernos de bitácora de cubierta que la Comisión compendia después de la mayoría de los viajes pesqueros; pero a veces no se tiene esta información, especialmente en los primeros años de la pesca. El método ha de prorratear los lances de tipo desconocido, basado en la información de los lances de tipo conocido (lances que se conoce fueron realizados en cardúmenes de delfines o lo contrario).

Programa de las artes

En un experimento para determinar si los atunes pueden ser atraídos por objetos anclados, ideados por el hombre en el Pacífico oriental tropical, la Comisión construyó y desplegó cinco balsas en zonas comunes de pesca atunera, pero fuera de las 200 millas de cualquier país para asegurar el acceso de tantos cerqueros como fuera posible. Si tales dispositivos pueden congrega atunes en cantidades lo suficientemente grandes para sostener con éxito las pescas comerciales cerqueras, pueden proveer otra opción a la pesca de atunes asociados con delfines, especialmente si pueden atraer los grandes atunes aleta amarilla encontrados normalmente en asociación con los delfines. Si esto fuera posible, se podrían reducir los niveles de mortalidad de los delfines. Otros dispositivos similares, anclados, han tenido éxito en atraer atunes en otras zonas del Pacífico como en las Filipinas y Hawai.

Las balsas fueron desplegadas por el cerquero fletado por la Comisión TIFAIMOANA de los EEUU. Su posición, fecha en que se colocaron y la profundidad aproximada en que se anclaron son las siguientes:

Balsa	Fecha anclada	Posición	Profundidad (brazas)
1	8/26/80	14°51'N 114°23'W	2100
2	9/03/80	15°04'N 110°20'W	1800
3	9/22/80	10°15'N 104°01'W	1730
4	11/03/80	9°20'N 101°41'W	2100
5	11/04/80	11°16'N 104°24'W	1800

Se recibieron a fines del año informes de varias embarcaciones, referentes a las balsas 1, 2 y 3. Los informes indican que estas tres balsas seguían en posición, en buenas condiciones y que se habían agrupado allí peces cebo que normalmente se encuentran asociados con objetos flotantes. Un barco informó que había capturado cinco toneladas mixtas de aleta amarilla pequeño y barrilete cerca a la balsa 2, 45 días después de haberse colocado ésta. Otros barcos han informado también que la balsa 2, tenía cantidades pequeñas de aleta amarilla asociado con barrilete y la especie *Auxis*. No se han recibido aún informes sobre las balsas 4 y 5.

Como estas balsas han estado colocadas tan poco tiempo no se puede calcular adecuadamente su eficacia, pero se espera que cualquier éxito resultante, producirá interés en la industria en anclar dispositivos para congregar los peces como otra opción de pesca.

El personal congregó seminarios para hablar sobre la reducción de la mor-

talidad de los delfines a los pescadores atuneros en Ensenada (México) y Panamá. El seminario de los pescadores mexicanos se convocó a principios de enero y en abril se convocaron dos seminarios más para los pescadores en Panamá. El objetivo de estos seminarios fue distribuir información referente a las artes de pesca y de los procedimientos que se ha probado son eficaces en reducir la mortalidad accidental de los delfines en la pesca con cerco del Pacífico oriental. Los puntos examinados durante los seminarios incluyeron 1) las faenas de un lance normal sobre atunes aleta amarilla asociados con delfines, 2) la forma de evitar problemas que contribuyen a la mortalidad de los delfines durante las maniobras de pesca y 3) la comparación de los dos tipos de paños de seguridad de malla pequeña para los delfines, que son empleados comúnmente por la flota internacional.

A continuación se indica la clasificación de 213 barcos cerqueros (según tengan o no paños de seguridad para los delfines) de la flota internacional, que son lo suficientemente grandes para estar equipados apropiadamente para la pesca de atunes asociados con delfines (clase 4, 5 y 6 de arqueo) y que han pescado en el Océano Pacífico oriental el año pasado:

Equipados con paño superprotector y paño de seguridad de malla fina (todo malla de 1¼ de pulgada)	100
Equipados solamente con un paño de seguridad de malla fina (malla de 1¼ de pulgada)	65
Equipados con un paño de seguridad de malla de 1½ pulgada	2
Equipados con un paño de seguridad de malla de 2 pulgadas	4
No equipados con ningún paño de seguridad	14
Artes desconocidas	28
Total	213

De los 28 barcos con artes desconocidas, 17 pertenecen a los EEUU; estos cerqueros no tenían permiso para capturar delfines en 1980. No se les obliga a que tengan el paño de seguridad, pero varios de ellos probablemente lo tienen y puede que algunos tengan también el paño superprotector.

Se realizó durante el año una comparación estadística de la eficacia relativa de las redes de malla fina y paño superprotector para librar delfines. En el estudio se emplearon los datos obtenidos por el National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos, desde 1977 hasta mediados de 1979, como también datos de la Comisión. El estudio indicó grandes diferencias en los índices de mortalidad debido a la cantidad capturada de atunes, número de delfines capturados, especies capturadas de delfines y si la red se desplomó o no, o hubo una avería en las artes. No hubo diferencias consistentes que pudieran atribuirse a las diferencias entre las redes de malla fina y la del paño superprotector. Este trabajo se está escribiendo actualmente como un Informe Interno de la Comisión.

El personal examinó durante el año un dispositivo diseñado para evitar el

desplome del canal formado por la maniobra de retroceso. Este dispositivo, denominado "puerta", empleado en el retroceso, es básicamente similar a las puertas o tablas usadas por los barcos arrastreros para mantener las redes de arrastre abiertas. Un modelo en miniatura de la puerta fue probado por el National Marine Fisheries Service de los EEUU, en los experimentos en una piscina, usando un modelo a escala cerquero. Estas pruebas fueron alentadoras y se proyecta construir un modelo de tamaño normal de la puerta para ensayarlo el próximo año.

Una de las labores más importantes del personal es visitar barcos cuando están en puerto para distribuir literatura referente a la reducción de la mortalidad de los delfines y hablar sobre los proyectos de la Comisión y sobre cualquier problema específico de las artes relacionadas a la liberación de los delfines que pueda tener un barco según se ha determinado por los datos de los técnicos. Durante todo el año se visitaron barcos de la flota internacional en San Diego, y en abril y diciembre en Panamá.

OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DEL ATUN

El barrilete y el índice de mezcla del viento

Dr. Reuben Lasker del NMFS Southwest Fisheries Center en La Jolla, California, fue quien sugirió primero que la sobrevivencia de las larvas de anchovetas en la Corriente de California dependía en que la capa mixta superior estuviera en condición equilibrada durante un lapso suficiente de tiempo. Se han encontrado concentraciones de alimento apropiado en estratos bien definidos para la primera alimentación de las larvas. El afloramiento y la mezcla interrumpen la estratificación y dispersan los organismos alimenticios, así que muchas de las larvas de anchoveta no pueden obtener suficiente alimento para sobrevivir. La cantidad de mezcla causada por el viento es aproximadamente proporcional a la velocidad cúbica del viento. Dr. Lasker ha encontrado, según los pocos datos que se tienen, que los vientos débiles y la alimentación apropiada durante las etapas larvales dan como resultado generaciones fuertes y que los vientos fuertes o la alimentación inapropiada producen generaciones débiles.

Se supuso que esto mismo ocurre en las zonas de desove del barrilete en la región central del Pacífico. Se obtuvieron desde 1961, los datos de la velocidad del viento y de las temperaturas de la superficie del mar (TSM) por zonas de cinco grados entre los 180° y 135°W, del NMFS (Southwest Fisheries Center). La región se dividió en dos sectores (180°-155°W y 155°W-135°W) ya que las aguas cálidas que son convenientes para el desove llegan más lejos al norte en el sector occidental que en el sector oriental. Se han realizado los cálculos preliminares de la zona entre los 15°N y 15°S en el sector occidental y entre los 10°N y 10°S en el sector oriental. Los valores medios de cada zona de cinco grados se promediaron por mes para toda la región y la velocidad media mensual del viento fue promediada durante el período de 12 meses julio-junio, para obtener un valor medio el cuál se elevó al cubo con el fin de establecer el índice

de mezcla del viento (nudos³) en la zona determinada (que debe distinguirse del índice de mezcla del viento de la zona entre las isoterma de 82 °F descritas más adelante).

La tendencia en el esfuerzo de pesca de los cerqueros se indica en la Figura 24. El esfuerzo A es el esfuerzo registrado que se puede utilizar, normalizado a días de la clase 3 de arqueo en 22 zonas de 5 grados en donde se ha capturado la mayoría de barrilete. Para tratar de obtener las estimaciones de la abundancia del barrilete menos sesgadas por el esfuerzo dirigido predominantemente sobre el aleta amarilla, se emplearon solo los datos del esfuerzo y la captura en los estratos zona-trimestre con un mínimo de 100 días de pesca normalizados a días de la clase 3 de arqueo y un mínimo de 200 toneladas de barrilete. En el período de 1961-1979, este método eliminó un promedio del 43% del esfuerzo aunque reteniendo 89% de la captura de barrilete en las 22 zonas. El esfuerzo B es el esfuerzo total registrado, normalizado a días de la clase 3 de arqueo en el ARCAA y en las zonas experimentales. El esfuerzo C es el esfuerzo total estimado en el ARCAA y en las zonas experimentales, calculado al dividir la captura total de todas las artes en esas zonas por la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las embarcaciones cerqueras, basada en el esfuerzo B. El esfuerzo C está sesgado en que una pequeña proporción de la captura desde 1963, hasta hoy día ha sido obtenida por embarcaciones de carnada y otras artes, así que el esfuerzo total calculado es algo superior al esfuerzo total actual.

La tendencia ascendente en las tres medidas del esfuerzo desde el comienzo de los años setenta, parece ser lineal. Los análisis de regresión del período de 1971-1979, indican que las tres medidas del esfuerzo se correlacionan todas significativamente con el tiempo al nivel del 1%. La regresión lineal se presenta en la Figura 24.

Las proyecciones del esfuerzo en 1980 y 1981, basadas en estas regresiones y presentadas en días de la clase 3 de arqueo, son las siguientes:

	A	B	C
1980	31,400	47,000	63,100
1981	33,800	50,200	66,800

Las capturas anuales estimadas de barrilete, basadas en la regresión entre el logaritmo de la CPUE en las 22 zonas y el índice de la mezcla del viento de la zona determinada en una época anterior, se presentaron en el Informe Anual de 1979, con el fin de probar el pronóstico del modelo. (Las transformaciones logarítmicas de los valores de captura y de la CPUE se emplean para tratar de normalizar los datos). Al usar la capacidad de acarreo de la flota como un índice del esfuerzo, resultó una estimación de 142,000 toneladas en 1980. Como la capacidad de acarreo es una medida de la magnitud de la flota, pero no calcula su actividad, las estimaciones de las capturas de 1980 y 1981, se volvieron a calcular usando los valores proyectados del esfuerzo de pesca de estos años como se estimó anteriormente. El índice de la mezcla de viento fue

de 2,210 nudos³ en el período de julio 1978-junio 1979 que, de acuerdo a la ecuación de regresión, resultaría en 1980 en una CPUE de 3.50 toneladas por días en las 22 zonas; al multiplicar ésto por el esfuerzo proyectado (A) de 31,400 días de la clase 3 de arqueo, en estas zonas, resulta en 1980 una captura estimada de 110,000 toneladas. El logaritmo de la captura total se correlaciona altamente con el logaritmo de captura en las 22 zonas, así que la captura total estimada por la regresión según la captura estimada en las 22 zonas es de 157,000 toneladas en 1980. Es más sencillo calcular la CPUE usando toda la captura registrada y todo el esfuerzo registrado de los barcos cerqueros en el ARCAA y en las zonas experimentales, que el método usado en las 22 zonas, pero incluye demasiado esfuerzo predominantemente sobre el aleta amarilla; la correlación con el índice de la mezcla del viento es, sin embargo, más débil y solo explica el 29% de la variación en el logaritmo de la CPUE atribuible al viento, comparado con el 41% del otro método. La CPUE de 1980, estimada según el índice de la mezcla del viento es 2.30 toneladas por día que, cuando se multiplica por el esfuerzo total proyectado (C) de 63,100 días, produce en 1980, una captura estimada de 145,000 toneladas de barrilete, comparada con las otras estimaciones de 142,000 y 157,000 toneladas. El valor preliminar de la captura actual de barrilete en 1980, es 148,584 toneladas, próxima a las estimaciones. Sin embargo, en contraste, la estimación de 1979 fue 48% superior a la captura actual (véase Informe Anual de 1979).

El índice de la mezcla del viento en la zona determinada, en el período de 1979-1980, fue el más bajo desde el período de 1967-1968. El valor de 1,700 nudos³ resultó en una CPUE estimada de 5.24 toneladas por día en las 22 zonas; al multiplicar ésto por el esfuerzo proyectado (A) de 33,800 días, produce una captura de 177,000 en las 22 zonas, según lo cual se calcula una captura total de 223,000 toneladas de barrilete en 1981. Al estimar la CPUE de todas las capturas y el esfuerzo registrado en el ARCAA y en las zonas experimentales según el índice de la mezcla del viento, resulta un valor de 3.32 toneladas por día; al multiplicar ésto por el esfuerzo total proyectado (C) de 66,800 días, produce una estimación de captura de 222,000 toneladas en 1981. Estas estimaciones de las capturas anuales según el viento y el esfuerzo se han realizado para ensayar el pronóstico del modelo y no deben considerarse con ningún grado de confianza. Lo mejor que puede decirse actualmente es que la captura de barrilete en 1981, será probablemente superior al promedio.

Se ha encontrado que la aparición de las larvas de barrilete aumenta con la temperatura del mar. A temperaturas superficiales del mar de 82°F y más altas, el 50 por ciento o más de los arrastres de las redes capturaron larvas. Las aguas con TSM superiores a 82°F se consideran, por consiguiente, favorables para el desove o la sobrevivencia de las larvas, o ambas.

En el Pacífico central la latitud de la isoterma de 82°F fluctúa con las estaciones. Se localiza generalmente en cada hemisferio más lejos de la línea ecuatorial a fines del verano y más cerca de la misma a fines del invierno. Las latitudes medias mensuales de la isoterma de 82°F fueron obtenidas según los

diagramas de la TSM del NMFS Southwest Fisheries Center. Con respecto a la población capturada de barrilete en el Pacífico oriental, la zona donde se supone que ocurre más desove se localiza entre los 180° y 135° W y en aguas de $\geq 82^{\circ}$ F, es decir, entre las isotermas de los 82° F en cada hemisferio (las TSM de $< 82^{\circ}$ F aparecen frecuentemente en las zonas de afloramiento a lo largo del ecuador, pero para simplificarlas se han ignorado). La zona se dividió en dos sectores (180° - 155° W y 155° W- 135° W) debido a que de mayo a diciembre, la isoterma de 82° F se extiende en el sector occidental más lejos al norte que en el sector oriental. A causa de la escasez de observaciones, se calculó la velocidad media mensual del viento por zonas de 5 grados, en lugar de zonas de 1 grado de latitud y longitud. Los límites latitudinales mensuales escogidos para incluir la zona de $\geq 82^{\circ}$ F fueron los incrementos de 5 grados más cercanos a las latitudes medias mensuales de la isoterma de 82° F, calculadas anteriormente. Por ejemplo, si se encontraban las isoterma, de 82° F a los 12° y 14° S, los límites escogidos eran 10° N y 15° S, incluyendo dos incrementos de latitud de 5 grados en el norte y 3 en el sur, para estar de acuerdo con las zonas de 5 grados seleccionadas para el estudio de la velocidad del viento. Los límites latitudinales norte y sur de cada mes y sector se presentan en la Tabla 16. La media mensual de las velocidades del viento de cada cuadrante (180° - 155° W al norte de 0° ; 180° - 155° W, al sur de 0° ; 155° W- 135° W, al norte de 0° y 155° W- 135° W, al sur de 0°) fue calculada en el cuadrante según la velocidad media del viento en cada zona de 5 grados. Se calculó luego una media general para el período de 12 meses desde julio de un año a junio del año siguiente, al ponderar las medias mensuales de cada cuadrante por el número de zonas de 5 grados dentro de los límites de 82° F. Luego se cubió la media general para obtener el índice anual de la mezcla del viento (nudos³). Tanto los datos del viento como de la temperatura son escasos al sur del ecuador, especialmente durante los primeros años. Los datos de 1961, que se han empleado antes en investigaciones preliminares, se han juzgado ahora inadecuados para obtener un índice confiable, así que solo se han usado los datos desde 1962 en adelante.

Los diagramas del índice de mezcla del viento de la zona que se ubica entre las isotermas de 82° F y el índice de captura del barrilete de 1+ años (12 a 24 meses de edad) obtenido por barcos cerqueros, basado en el esfuerzo de 22 zonas seleccionadas de pesca de barrilete, en las que se ha eliminado algún esfuerzo sobre el aleta amarilla, se presentan en la Figura 25. Al delinear el índice de captura en una escala logarítmica equivale a delinear el logaritmo del índice de captura en una escala aritmética. El logaritmo del índice de captura (número de peces por día normalizado a días de la clase 3 de arqueo de las embarcaciones cerqueras) se correlaciona significativamente con el índice de mezcla del viento de épocas anteriores. Por ejemplo, el logaritmo del índice de captura de 1964, se empareja con el índice de mezcla del viento (velocidad media del viento al cubo) en partes seleccionadas de la zona de desove durante el período de julio 1962-junio 1963. El coeficiente de correlación producto-momento (r) donde se supone la normalidad de distribución es -0.70 , significativo al nivel del 1%; el coeficiente de correlación (r_d) orden-diferencia (que no supone normalidad) es -0.83 , también significativo al nivel del 1%.

Los números en la figura se refieren al año de las capturas. No se ha calculado aún el índice anual de captura de 1980, pero se indica que el índice anual de captura y solos los del primer semestre se encuentran bien correlacionados, así que el índice de captura de 1,210 peces por día en el primer semestre de 1980, es probable que se encuentre próximo al índice anual.

Los puntos se encuentran bien alineados con excepción de 1973, que se desvía grandemente. La línea sólida de regresión es para el período de 1964-79, incluyendo 1973; la línea de regresión a puntos es para el mismo período, excluyendo 1973. Se considera que la línea a puntos es mejor para estimar los índices de captura de los próximos años. El índice de mezcla del viento de 1979-1980, de 1,460 nudos³ indicaría como la mejor estimación una captura de 1,410 peces por día en 1981, basada en la línea a puntos, próxima al índice de 1,460 peces por día de 1978.

Los coeficientes de correlación del logaritmo del índice de captura y del índice de mezcla del viento para la zona ubicada entre las isothermas de 82 °F no se diferencian significativamente de aquellos que emplean el índice de la mezcla del viento de la zona determinada usada previamente. Sin embargo, en investigaciones futuras, se proyecta usar solamente el índice de la zona ubicada entre las isothermas de 82 °F (o entre las isothermas de 80 °F, para incluir más datos) porque hay más probabilidad de encontrar larvas de barrilete en aguas cálidas ya que la zona determinada incluye aguas más frías en los meses de invierno.

Las investigaciones anteriores indicaron que los logaritmos de los índices de captura trimestrales de barriletes de 1+ años se correlacionaban significativamente con el índice de la mezcla del viento en la zona determinada en los tres primeros trimestres (edad estimada: 12 a 21 meses), pero no en el cuarto trimestre. Tampoco se correlacionaron significativamente con el índice de la mezcla del viento los logaritmos de los índices de captura de peces de 0+ años en los dos últimos trimestres del año anterior, ni los peces de 2+ años en los dos primeros trimestres del año siguiente. Esto indica que la fuerza de una generación puede calcularse mejor al usar solo los índices de captura de peces de 1+ años en los tres primeros trimestres, en lugar de los índices anuales de captura de peces de 1+ años, o los índices de captura de generaciones enteras compuestas por todas las edades estimadas incluso peces de edad 0+ o 1+. Los coeficientes de correlación de los logaritmos de los índices de captura de peces de 1+ años solo de los tres primeros trimestres y el índice de la mezcla del viento de la zona ubicada entre las isothermas de 82 °F, no fueron significativamente diferentes: r fue -0.75 en los tres primeros trimestres, comparado con -0.70 para el año; r_d fue -0.84 en los tres primeros trimestres comparado con -0.83 para el año.

Relación entre la captura del aleta amarilla y la estructura vertical de la temperatura del mar

El personal de la Comisión inició en 1974 un estudio para probar la hipótesis de que los cardúmenes de atún aleta amarilla sin delfines pueden ser

más vulnerables a la pesca con cerco cuando las isoterma de 23 °C (73.4 °F) y 15 °C (59.0 °F) se encuentran cerca a la superficie frente a las costas occidentales de México y la América Central. Esta hipótesis se basa en el razonamiento que cuando la línea de plomo de una red de cerco de unos 73 m o menos se localiza debajo del fondo de una termoclina aguda, los peces comúnmente no tratan de escaparse bajo la red debido a las temperaturas frías y a los niveles bajos de oxígeno. Los estudios anteriores realizados por los investigadores de la Comisión, han indicado que el aleta amarilla pequeño (40-70 cm) ha sido más abundante en las zonas de afloramiento o en la confluencia de corrientes oceánicas en donde las temperaturas fueron de 23 °C y superiores. La amplitud óptima termal del aleta amarilla es aparentemente de 23 °C a 28 °C con un límite inferior de 15 °C, bajo el cual no pueden permanecer durante períodos prolongados.

En el Pacífico oriental tropical las temperaturas en la parte superior de la capa mixta son casi siempre superiores a los 23 °C en zonas en las que se captura aleta amarilla, y en la parte más al este del Pacífico oriental tropical la isoterma de 23 °C se ubica más frecuentemente en el tercio superior de la termoclina (zona subsuperficial en donde las temperaturas se reducen rápidamente). La isoterma de 15 °C se encuentra generalmente cerca al fondo de la termoclina en donde las temperaturas empiezan a cambiar lentamente con la profundidad. Los cambios en la profundidad de las isoterma de 23 °C y 15 °C, reflejan tanto la profundidad como la fuerza de la termoclina. Las distancias verticales entre estas dos superficies de temperatura son inversamente proporcionales a la fuerza de la termoclina.

El estudio inicial, terminado durante 1974-75, con dos años de datos, indica firmemente que en 1973 y 1974, a lo largo de la costa occidental de México y la América Central, la pesca con cerco tuvo frecuentemente más éxito cuando las isoterma de 23 °C (73.4 °F) y 15 °C (59.0 °F) se encontraban relativamente cerca a la superficie. Los detalles de este estudio, basados en los datos de captura y los perfiles verticales de temperatura obtenidos con batitermógrafos (XBT) en barcos atuneros y de investigación en 1973 y 1974, fueron descritos no hace mucho en el Informe Anual de la Comisión de 1978. En ese año, se incrementó el estudio para incluir los datos de captura del aleta amarilla y los perfiles de temperatura de 1971, 1972 y 1975. Al usar los datos de 1971-1975, en el análisis estadístico se apoyó la hipótesis anterior. Sin embargo, en los años setenta, hubo varios factores no ambientales que influyeron frecuentemente en el esfuerzo de pesca e hicieron que la interpretación de los resultados fuera inconclusiva. Como la Comisión ha continuado evaluando la captura, esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo, los resultados de este estudio han conducido a otros nuevos medios útiles para perfeccionar los análisis y la evaluación de la captura y el esfuerzo desde el punto de vista de su relación con la abundancia aparente. Por consiguiente, en 1979 y 1980, se analizaron los datos de los perfiles batitermográficos termales de otros seis años (1970 y 1976-1980) para formar una base de datos de 11 años (1970-1980) que se comparó con los datos de la captura y el esfuerzo de períodos correspon-

dientes. Sin embargo, durante algunos meses no se tuvo un número suficiente de observaciones batitermográficas y en esos casos se emplearon modelos matemáticos y empíricos ya probados para pronosticar la estratificación termal. Estos modelos relacionan las observaciones de la superficie del mar, incluso la mezcla del viento y el calentamiento de la superficie, con las profundidades de las isoterms seleccionadas dentro de la termoclina.

Recientemente, el personal de la Comisión decidió aplicar métodos estadísticos a este estudio, lo que suministrará resultados más definitivos con respecto a la relación entre los índices de captura y la distribución de las isoterms de 23 °C y 15 °C en estratos más específicos de espacio y tiempo. En este estudio se ha basado la pesca positiva en la captura (toneladas) de aleta amarilla por hora de búsqueda en el ARCAA, durante el período no reglamentado de enero a junio. Los índices de captura fueron computarizados por el personal de la Comisión según los datos de bitácora que suministran tiempo de búsqueda entre más de 20,500 lances sobre cardúmenes de peces no asociados con delfines. Se emplearon casi todos los viajes de pesca en los que se realizaron dos o más lances en un mismo mes y en zonas geográficas de 5°. Se computarizó finalmente, el promedio de los índices de captura por zona de 5° y por mes para realizar un análisis estadístico basado en las profundidades de las isoterms de 23 °C y 15 °C. Con el fin de examinar la relación entre el índice de captura del aleta amarilla y la profundidad de la isoterma de 23 °C, se formuló una clasificación sencilla de tres por tres o tabla de contingencia. Los resultados, basados en 365 zonas de cinco grados-mes se presentan en la Tabla 17. Se seleccionaron tres categorías de los índices de captura que reflejan por hora de búsqueda capturas de aleta amarilla bajas, medianas y altas. Las tres categorías de la profundidad de la isoterma de 23 °C se seleccionaron basados en estudios previos que relacionaban las capturas (toneladas) de cardúmenes de peces con la profundidad de la capa mixta y de la isoterma de 23 °C. En estudios previos se han empleado correlaciones lineales sencillas y los resultados fueron inconclusivos.

La frecuencia observada en la Tabla 17 refleja un alto grado de asociación entre: 1) los índices de alta captura y la poca profundidad de la isoterma de 23 °C; 2) los índices bajos de captura y la isoterma profunda de 23 °C y 3) las clasificaciones opuestas a 1) y 2). Las frecuencias observadas en la columna del medio de la clasificación (Tabla 17) contribuyen menos a la prueba del ji cuadrado de la asociación. Sin embargo, el valor del ji cuadrado ($\chi^2 = 157$), basado en los datos de la Tabla 17, es bastante significativo ($P < 0.001$) y apoya una fuerte asociación entre los índices de captura de cardúmenes de peces aleta amarilla no asociados con delfines y la profundidad de las isoterms de 23 °C. (1) Se probaron aún más estos datos en una rutina estadística llamada "análisis discriminador" en donde los índices de captura fueron subdivididos en tres grupos de captura por hora (véase Tabla 18) y las profundidades de las isoterms de 23 °C y 15 °C eran las variables discriminatorias. Este análisis se realizó para determinar si las profundidades de la isoterma de 23 °C, en particular, podía usarse para distinguir entre los índices de captura bajos, medianos y altos del aleta amarilla. Según estos tres grupos de los índices de captura

y las profundidades relacionadas de las isotermas de 23 °C y 15 °C, se encontró una "función discriminante". La prueba del ji cuadrado ($\chi^2 = 124.7$) reveló un alto grado de asociación entre los índices de captura y la profundidad de la isoterma de 23 °C. Además, la profundidad de la isoterma de 23 °C fue altamente significativa ($P < 0.001$) como un discriminador de las tres clases. Finalmente, para examinar si la función discriminante derivada es adecuada, se clasificó la serie original de casos (365) con la función. Los resultados se presentan en la Tabla 18 que refleja una clasificación general correcta de grupos conocidos del 55.9%. Las clasificaciones más altas, basadas en las profundidades de la isoterma de 23 °C fueron: para el 3 grupo (grandes índices de captura) 75.4% y para el 1 grupo (índices pequeños de captura) 64.4%. Se pronosticó (reclasificó) que casi el 45% del 2 grupo (índices medianos de captura) se ubica en el 1 grupo. Así que la isoterma de 23 °C fue buena discriminadora de las pequeñas y grandes capturas y una pobre discriminadora para los índices medianos de captura.

Los análisis estadísticos de 11 años tienden a confirmar la hipótesis de que los peces no asociados con delfines puede que sean vulnerables a la pesca con cerco cuando la red cuelga en la termoclina o debajo de ésta. Aunque los datos indican fuertemente una influencia ambiental en la capturabilidad del aleta amarilla en términos de la estructura vertical de temperatura, puede que existan otros factores mitigantes que afectan la cantidad de cardúmenes de peces no asociados con delfines capturados en las redes de cerco. Por ejemplo, la estrategia de pesca puede haber cambiado de un día a otro, dependiendo del grado de disponibilidad del barrilete o del aleta amarilla asociado o no con delfines. Además, el esfuerzo de pesca ha cambiado periódicamente de una especie a otra dependiendo de los límites estacionales de la cuota del aleta amarilla, en la mortalidad accidental de los delfines durante las maniobras de cerco y, en algunos casos, en la necesidad del mercado. Como estos factores tienden a cubrir los efectos ambientales sobre el esfuerzo de pesca, ha sido difícil determinar el efecto real de la estructura termal oceánica sobre la captura y el esfuerzo. Esto es particularmente evidente al considerar que en cada año estudiado han habido muchas zonas de 5° en el ARCAA, en las que prevalecieron las termoclinas y las isotermas de 23 °C a poca profundidad, pero donde las capturas y el esfuerzo fueron mínimos; lo que indica que la abundancia aparente de los cardúmenes de peces se encuentran más vinculados a otros factores como son las corrientes oceánicas que conglomeran o dispersan el alimento. La estructura termal oceánica se encuentra también reglamentada por las corrientes. Sin embargo, la relación entre la estructura termal y la captura por hora de búsqueda ha sido estadísticamente significativa y consistente, y estos resultados han indicado que existe una aplicación de la estructura vertical de temperatura para definir aquellas zonas en el ARCAA en las que, basados en la estructura vertical de temperatura, se pueden esperar buenas capturas de cardúmenes de atunes aleta amarilla pequeños. Antes de tratar de utilizar dichos datos para ajustar los índices de la abundancia, será necesario realizar otras investigaciones de esta clase, en las que se relacione la estructura

termal a los índices de captura de delfines asociados con peces y del barrilete. Se está adelantando en este trabajo.

CONDICION DE LAS POBLACIONES DE ATUN EN 1980 Y PERSPECTIVAS EN 1981

Los investigadores de la Comisión del Atún tienen la responsabilidad de vigilar las fluctuaciones en la abundancia de los atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental y determinar las consecuencias que tiene la intervención del hombre sobre su abundancia. La información científica obtenida cada año por los investigadores se utiliza para recomendar la conservación de estas especies y se presenta oralmente y mediante documentos básicos en las reuniones de la Comisión. Con el fin de divulgar esta información se compendia en este informe anual.

ATUN ALETA AMARILLA

La condición del atún aleta amarilla se calcula mediante la aplicación de modelos generales de producción y de la estructura de la edad. Si se consideran primero los modelos generales 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. A la larga, el aumento de la población mediante el reclutamiento y crecimiento se compensa por la pérdida debida a la mortalidad natural y, se dice, que la población se encuentra equilibrada. Puede que haya años en las que las condiciones ambientales sean especialmente favorables y la población sea superior a lo normal y años con condiciones ambientales especialmente pobres, en los que la población sea inferior a lo normal, 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 alta, ya que la población estaría a su máximo. El aumento de la población seguiría incluyendo el reclutamiento y crecimiento, pero las pérdidas de la población incluirían no solo la mortalidad natural, sino también la mortalidad por pesca. Así que la población se reduciría. Debido a la reducción de la población, los índices de reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural cambiarían, la ganancia de los dos primeros excediendo la pérdida del último. Si las embarcaciones cesaran de pescar, esta ganancia neta sería la causa de que la población aumentara paulatinamente a su magnitud original. A medida que la población se aproxima a esa magnitud, los índices de reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural se aproximarían gradualmente a los niveles anteriores, hasta llegar a ser iguales a antes del comienzo de la pesca. En esta forma se recuperaría el equilibrio de la población a su máxima magnitud. 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 y una magnitud de población 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 solo se reduciría algo y la CPUE sería relativamente alta, pero si hubiera varios 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 pocos aumentos en el esfuerzo compensarían aún más las reducciones correspondientes de la CPUE, lo que daría como resultado capturas más grandes, pero este no sería el caso a niveles más altos 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 Comisión) el esfuerzo de pesca debe mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es una ganancia máxima, el esfuerzo debe 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 alto. 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 excesivamente.

Es más fácil considerar las interrelaciones del esfuerzo, la captura y 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 muy baja. Las capturas serían superiores durante el período de transición que en el nuevo punto de equilibrio. De la misma manera, si la población se encuentra en equilibrio a un bajo nivel 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.

Se pregunta si los modelos generales de producción son o no aplicables a la pesca del aleta amarilla en el Área Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA) Figura 1. Si lo son, el aleta amarilla que habita el ARCAA debe ser una población separada, es decir, debe existir relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de la zona fuera del ARCAA. Si estos modelos son aplicables, este hecho puede solo descubrirse (1) 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 del esfuerzo de pesca y (2) si se tienen datos de la captura, esfuerzo y de la CPUE en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca, que incluyan preferiblemente niveles superiores al esfuerzo óptimo.

Se ha estudiado el grado de intercambio que existe entre el aleta amarilla

que habita el ARCAA y el que vive en la zona exterior, y los resultados han sido discutidos en informes anuales anteriores de la Comisión. En resumen, los resultados indican que existe alguna entremezcla de los peces en el ARCAA y fuera de la misma, pero esto probablemente no es suficiente para anular el uso del modelo. Los efectos de las condiciones ambientales han sido también estudiados y examinados anteriormente en informes anuales. Hasta donde se pueda determinar, estos efectos se compensan los unos a los otros durante cortos períodos de tiempo, así que pueden ignorarse en su mayoría sin invalidar el uso del modelo.

El modelo se empleó primero en los datos de captura, esfuerzo y CPUE de las embarcaciones de carnada durante el período de 1934-1955, lo que suministró un amplio margen de esfuerzo óptimo. Estos datos indicaron que, en los límites del esfuerzo pesquero del que se tenía 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.

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 realizado 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. 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 todas las clases de arte, dividida por la CPUE de la clase normal, suministrará 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 brutos del esfuerzo por el factor apropiado. Luego pueden sumarse los datos brutos del esfuerzo de la clase normal de arte y los datos del esfuerzo normalizado de las otras clases para obtener el esfuerzo total normalizado. El personal de la Comisión ha empleado la primera opción y varias combinaciones de las otras dos opciones. Se calcula respectivamente el esfuerzo normal y no normal en días de pesca y en días normalizados de pesca, y la correspondiente CPUE es la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día normal de pesca (CPDNP).

En la década de los cincuenta se seleccionó la clase 3 de arqueo (barcos con capacidades de 101 a 200 toneladas) como la clase normal de embarcaciones cerqueras porque en esa época los cerqueros de la clase 3 de arqueo capturaban más atunes que los cerqueros de cualquier otra capacidad. Desde ese tiempo se han construido muchos cerqueros de gran porte y varios de los pequeños han zozobrado o se encuentran inactivos. Los barcos de gran porte pescan en todas las zonas, mientras los pequeños pescan en su mayoría a unos pocos cientos de millas de la costa y tienen la costumbre de pescar más en los extremos norte y sur del radio de distribución del aleta amarilla y menos en la zona entre la parte

meridional de México y Colombia. La normalización implica la comparación de la CPDP de las embarcaciones de diferentes clases de arqueo cuando están pescando en el mismo estrato de zona y tiempo. cuando no se encuentran datos de la clase 3 de arqueo en un estrato zona-tiempo, se emplean los datos de la clase 6 de arqueo y el resultado neto es casi igual a la normalización de las embarcaciones a la clase 6 de arqueo.

La pesca antes de mediados de los años sesenta se realizaba solamente en la región del ARCAA cercana a la costa y en la vecindad de unas pocas islas y bancos. Sin embargo, a mediados y fines de los sesenta, la flota pesquera empezó a aumentar en magnitud pescando más lejos fuera de la costa. Las zonas de bajura y de altura, denominadas respectivamente zonas A1 y A2, se presentan en la Figura 26. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el PMCP de las dos zonas combinadas será 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 demostrado que existe relativamente un lento intercambio de peces 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 se describen más detalladamente en informes anuales anteriores de la Comisión.

Se necesitan datos de varios años que abarquen una amplia distribución del esfuerzo con el fin de establecer los valores del PMCP y del 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 al personal para que emprendiera un programa experimental de pesca excesiva con el fin 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 desde que se había extendido la pesca mar afuera. Cuando se excedan los niveles óptimos del esfuerzo se reducirá la captura o al menos no aumentará. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que 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 pesca excesiva 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 generales 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 de la Comisión, 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 selec-

ción y preparación de los datos y procedimientos matemáticos que se han de emplear en el análisis de los datos de captura, esfuerzo y CPUE. Solo se discuten los dos métodos a los que se les ha dado más importancia. Se empleó para ambos métodos el modelo logístico, mediante el cual se supone que la relación del equilibrio entre la captura y el esfuerzo es lineal. En la Tabla 19, se enumeran las cuotas y la captura además de los datos de la CPUE del ARCAA y de la zona exterior de la misma desde 1967 a 1980. La CPDNP y la CPDP de los barcos de gran porte se presentan en los dos recuadros de la Figura 27.

En el primer análisis (1 caso) se normalizó el esfuerzo a días de la clase 3 de arqueo de los cerqueros (barcos de 101 a 200 toneladas de capacidad). Se emplearon solo los datos de 1967 a 1980, ya que antes de 1967, el esfuerzo de pesca no se encontraba tan esparcido sobre el ARCAA como más tarde; además, en los primeros años estaban ocurriendo cambios importantes en la eficacia de las embarcaciones cerqueras. Se estima que el PMCP sea 175 mil toneladas y el esfuerzo necesario para capturar esta cantidad en condiciones de equilibrio es de unos 52 mil días de la clase 3 de arqueo. La curva de la producción equilibrada y los puntos observados que representan la captura y el esfuerzo no equilibrados se presentan en el recuadro superior de la Figura 28. Casi todos los puntos aparecen sobre la línea. No es inesperada la aparición de la mayoría de los puntos sobre la línea, ya que ésta representa los niveles de captura que se obtendrían en condiciones equilibradas y durante el período mencionado se estaba aumentando el esfuerzo anual reduciendo, por consiguiente, la población acumulada, al capturar cantidades de peces en exceso a la producción neta, producida por el reclutamiento, más crecimiento, menos mortalidad natural. No se puede esperar que la captura permanezca indefinidamente al nivel actual, si el esfuerzo continúa aumentando cada año, ya que si no se invierte esta tendencia, eventualmente se reducirá la población, hasta el punto en que la captura disminuirá sin importar que tanto esfuerzo se aplique.

En el segundo análisis (2 caso) se empleó la CPDP de la clase 6 de arqueo de los cerqueros (más de 400 toneladas de capacidad) como medida de la CPUE. Esto se hizo primero porque se ha observado que la CPDP de los barcos de gran porte se ha reducido más en los últimos años que la de los cerqueros de pequeño porte. Como los grandes barcos pescan en más zonas del Océano Pacífico oriental y obtienen una porción mayor de la captura que los barcos pequeños, existe la posibilidad que al usar solo los datos de la clase 6 de arqueo se produzcan diferentes estimaciones de los parámetros. Además, la CPDP de la clase 6 es más significativa para los representantes de la industria pesquera y los pescadores de hoy día. Se emplearon solo los datos de 1968 a 1980. La curva de la producción equilibrada y los puntos observados que representan la captura y el esfuerzo no equilibrados se presentan en el recuadro inferior de la Figura 28. En este caso se estima de nuevo el PMCP en 175 mil toneladas y el esfuerzo necesario para capturar esta cantidad en condiciones equilibradas es de unos 22 mil días de la clase 6 de arqueo.

En cada uno de estos dos análisis se estima que el PMCP es de unas 175

mil toneladas, lo mismo que se estimó en los años anteriores. En cada caso los puntos de 1976-1980 se sitúan hacia la derecha del punto máximo de la curva, lo que indica con relación a estos análisis que el esfuerzo ha excedido la cantidad necesaria para alcanzar el PMCP. En el Informe Anual de 1978, se indicó que si el esfuerzo se mantiene en los próximos años al nivel de 1976-1978, podría presentarse uno de los dos casos. Primero, podría reducirse la captura, lo que indicaría que la población del aleta amarilla cambiaría probablemente a consecuencias de la pesca como se pronosticó en el modelo general de producción. Segundo, la captura puede permanecer aproximadamente constante. Si este es el caso, puede indicar ya sea que las estimaciones de los parámetros del modelo son defectuosos o que la población del aleta amarilla no cambia al lado de la curva de la pesca excesiva a consecuencia de la pesca de acuerdo al modelo general de producción. Aunque solo se tienen datos de otros dos años desde que se preparó el Informe Anual de 1978, éstos suministran información útil. En 1979, aumentó el esfuerzo, pero la captura permaneció casi igual a las de 1974-1978. En 1980, el esfuerzo permaneció aproximadamente igual al de 1979, pero se redujo la captura. Esto indica que el modelo sigue sirviendo razonablemente bien al describir la dinámica de la población. Si el esfuerzo en 1981 es igual al de 1979-1980, o superior al de esos años, y la captura de nuevo es inferior a lo que fue en 1974-1979, esto indicaría que la curva descende con un esfuerzo de más de 20 a 25 mil días de la clase 6 de arqueo, como lo indica la curva sólida en el recuadro inferior de la Figura 28, en lugar de permanecer aproximadamente nivelada, como se presenta mediante la curva a puntos en el mismo recuadro de la misma figura.

La entrada de los datos en los modelos de la estructura de la edad está formada por las estimaciones del reclutamiento, crecimiento y de la mortalidad natural y por pesca. Los estimativos de los índices de crecimiento y la mortalidad se obtienen mediante el análisis de los datos sobre la composición de 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 Comisión 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.

El análisis de la estructura de la edad que se emplea más comúnmente es el modelo del rendimiento por recluta. Si una generación 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 generación desaparece. La manera ideal de obtener el rendimiento máximo en peso de una generación de peces sería la de pescar cada pez

justamente antes de que muriera debido a causas naturales. Claro está que esto es imposible. La mejor opción, después de esto, sería capturar todos los peces que no han muerto antes de que alcancen la edad o talla ("edad crítica" o "talla crítica") en la que la pérdida con relación al peso total debido a la mortalidad natural, compense exactamente la ganancia proveniente del crecimiento. Esto es posible en algunos animales, como son las ostras o almejas que están expuestas a la marea baja y por lo tanto pueden capturarse fácilmente allí. Cuando el administrador de un banco de ostras o almejas lo vigila a intervalos frecuentes y saca los ejemplares que han alcanzado la talla crítica, esta labor causa 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 debe realizar la pesca al principio sobre 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 alto se seleccionaría una edad de entrada solo un poco inferior a la edad crítica, la mayoría de los peces capturados se aproximarían a la edad crítica y el rendimiento sería casi tan alto 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 amplia fluctuación de 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.

Se necesitan las estimaciones confiables del crecimiento y la mortalidad natural para calcular la talla y la edad crítica. Las estimaciones que ha obtenido el personal de la Comisión para el aleta amarilla, especialmente la de la mortalidad natural, no son tan confiables como se desearía, pero se estima que la talla crítica es aproximadamente de 111 cm (62 libras). 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 principio 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 durante el período después 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.

No se ha mencionado, hasta ahora, que se debe permitir la reproducción por lo menos una vez de algunos de los ejemplares de una generación de peces antes de ser capturados. 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 sucede sino después de que el pez ha alcanzado la talla crítica y el esfuerzo de pesca es alto, existe la posibilidad de que el número de reproductores se reduzca tanto que el reclutamiento en los años siguientes se vería también reducido. (Sin embargo, no se debe suponer que una modesta reducción de reproductores disminuiría el reclutamiento en los próximos años ya que este no es el caso de 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 generales 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, la pérdida debida a la captura de algunos peces de una talla inferior a la talla crítica puede al menos compensar parcialmente el rápido crecimiento o la poca mortalidad natural del resto de los peces. Además, si los índices de crecimiento o mortalidad natural se encuentran afectados por la densidad de la población, la talla y la edad crítica variará de acuerdo a la densidad de la población. Tampoco se considera este problema en el modelo del rendimiento por recluta, conforme se describe aquí, pero forma parte integral de los modelos generales de producción.

El objetivo administrativo que se ha de alcanzar de acuerdo al análisis del modelo del rendimiento por recluta es obtener el rendimiento máximo por recluta. En la Figura 29 se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen varios rendimientos por recluta, los que se indican mediante líneas curvas. El recuadro superior se basa en los índices de la mortalidad por pesca a edad específica, estimados según los datos frecuencia-talla, obtenidos durante el período de 1968-1972, y un índice de mortalidad natural instantánea de 0.8; el recuadro del medio está basado en los índices de la mortalidad por pesca a edad específica, estimados según los datos frecuencia-talla de 1973-1978, y el mismo índice instantáneo de mortalidad natural; el recuadro inferior es igual al superior, excepto que se substituye el índice instantáneo de mortalidad natural por 0.6. Se cree que la estimación más probable sea de 0.8, pero se incluye la de 0.6 para determinar qué tanto más alta debe ser la edad de entrada si el índice de mortalidad natural es más bajo. Los valores en la escala horizontal son multiplicadores del esfuerzo de pesca durante los años de que se trata, es decir, 0.5, 1.0 y 2.0 en el

recuadro superior representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y el doble de los valores actuales del esfuerzo de 1968 a 1972. El peso aproximado de las capturas de cada grupo de edad correspondiente a un multiplicador de 1.0 se presenta en la esquina superior izquierda de cada recuadro. En todos los tres recuadros, el rendimiento por recluta aumenta hasta 1.0 con el incremento de los multiplicadores del esfuerzo, sin miras a la talla de entrada. Con multiplicadores de más de 1.0 el rendimiento por recluta permanece casi igual con tallas menores de entrada, pero continúa aumentando con tallas mayores de entrada. Con excepción de los niveles del esfuerzo que son aproximadamente inferiores a la mitad del esfuerzo actual correspondiente, el rendimiento por recluta aumenta con el incremento de la talla de entrada. En el recuadro superior, por ejemplo, la talla óptima de entrada es de unas 15 libras con un multiplicador de 1.0 y de unas 30 libras con un multiplicador de 2.0. Los rendimientos por recluta, correspondientes son respectivamente 5.3 y 6.7 libras. En el recuadro superior, con una cantidad infinita de aumento en el esfuerzo, la talla óptima de entrada sería de 62 libras, la talla crítica y el rendimiento por recluta sería 7.6 libras.

Antes de 1973, la pesca había maniobrado sobre los peces de talla promedio más grande, siendo la mayoría de la captura de peces de 2, 3 y 4 años. Sin embargo, después de esa época, la pesca cambió a tallas más pequeñas, consistiendo la mayoría de la captura de peces de 1 y 2 años de edad. Esto se presenta en el recuadro superior y del medio de la Figura 29. Usando un multiplicador de 1 de la mortalidad por pesca y una talla de entrada de 7 libras, el rendimiento actual por recluta, según se estima en el recuadro del medio de la Figura 29, es de unas 4.4 libras. Para la misma intensidad de pesca y talle de entrada, pero con la composición de talla indicada en el recuadro superior de los años antes de 1973, el rendimiento por recluta correspondiente es de unas 5.2 libras. Esto indica que si se regresa a una composición de talla similar a la de la pesca antes de 1973, se produciría un aumento significativo en el rendimiento.

La descripción anterior incluye la suposición implícita de que la alteración de la edad de entrada no cambia el esfuerzo de pesca. Este sería el caso si la pesca 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 harían 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 el estrato de zona y tiempo que tuviera preponderancia de peces pequeños y más en aquellos que tuvieran preponderancia de grandes peces, así que el esfuerzo de pesca aumentaría sobre los grandes peces. En general, esto aumentaría probablemente el rendimiento por recluta.

Además de los estudios del modelo del rendimiento por recluta, el personal de la Comisión ha realizado un análisis detallado de las generaciones. Una generación está formada por todos los peces reclutados en la pesca al mismo tiempo, como la generación (grupo) X70 que entró primero a la pesca en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1970 y contribuyó significativamente a ella por primera vez durante el segundo semestre de ese año y la generación Y70 que entró por primera vez en la pesca en pequeñas cantidades en el segundo semestre de 1969, y contribuyó por primera vez significativamente a ella en el primer semestre de 1970.

Se ha estimado que las generaciones X e Y tienen en promedio la misma magnitud. El análisis de las generaciones consiste en el cálculo de las cantidades y peso de los peces de uno o más grupos en el momento del reclutamiento y luego a varios intervalos, y en las cantidades y peso de los peces que son capturados y que mueren durante cada intervalo, más la interpretación del significado de los resultados. La información necesaria de tales análisis incluye la cantidad y peso de los peces de cada generación en la captura, 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 de un intervalo de captura. Todos estos cálculos se obtienen de los análisis de los datos de las estadísticas de captura y de la frecuencia-talla que incluyen, como primera etapa, la asignación a grupos o generaciones de los peces en la captura. Los resultados de estos análisis no son tan exactos como se desearía porque aunque los peces de los diferentes grupos pueden distinguirse fácilmente uno de otro cuando son jóvenes, es cada vez más difícil a medida que crecen, así que los peces más viejos se asignan probablemente a generaciones erradas. Por lo tanto, no solo las estimaciones de las capturas de los peces de cada generación son menos exactas 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 (equivalente al 55 por ciento), 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 vulnerabilidad de los peces a la captura varía de acuerdo a la edad, zona, temporada, tiempo y otras circunstancias y esto presenta "variación" y posiblemente también error (sesgo), en los cálculos.

Se han analizado las generaciones (grupos X e Y) de las temporadas de 1965 a 1980. Se estimaron diferentes índices "iniciales" de la mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez diferentes grupos, basados en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además con fines de comparación se hicieron los cálculos de todos los grupos con índices iniciales más altos 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 de la población.

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 20. Cuando se emplea esta tabla es evidente el promedio estimado, en cantidades de peces, de cualquier grupo o generación de la población. Por ejemplo, en el grupo X68, el promedio fue de 23,519,000 peces de 1 año en el primer trimestre de ese año y la población de ese grupo 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, I columna). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de ese grupo 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 los cuatro grupos 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 los grupos Y que para los grupos 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 20 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de más edad que no pueden asignarse a ninguno de los grupos y se obtuvo indirectamente la magnitud de la población de los datos de captura y las estimaciones de mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a los grupos X y la mitad a los grupos Y.

El número de reclutas de cada grupo (es decir, la cantidad promedio de los trimestres iniciales) se enumera en la Table 21. Los promedios anuales de los grupos X e Y con casi iguales, 25 millones para el grupo Y y 23 millones para el grupo X. La variabilidad entre los años es superior en el grupo Y (3.6) que en el grupo X (2.2) y la de los datos combinados (2.5) es intermedia. Aunque el reclutamiento es muy variable no existe una tendencia evidente del reclutamiento sobre el tiempo.

Se estimó que el peso promedio de los peces en cada trimestre era:

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

Los valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 20 para calcular el promedio estimado anual de la biomasa (peso total promediado durante cuatro trimestres) de cada grupo. Estos datos se presentan en la Figura 30. Es fácil ver la fuerza relativa de los varios grupos según esta figura. Por ejemplo, los grupos X74 e Y74 (líneas diagonales) fueron ambos relativamente potentes, porque aunque hubo una gran captura de peces pequeños en 1974, su biomasa permaneció alta en los años siguientes. El grupo Y73, por otra parte, fue solamente promedio, ya que después de haberse

pescado fuertemente en 1973, su biomasa fue baja. El grupo X66 fue consistente, pero los peces no fueron fuertemente explotados cuando eran jóvenes, así que la biomasa de ese grupo fue alta durante varios años después de 1966. En general, la biomasa de los peces más viejos ha sido inferior a mediados y fines de los años setenta que en los años anteriores.

En la Figura 31 se presenta el promedio trimestral y el promedio anual de las estimaciones de la biomasa de 1968 a 1980, de todos los peces, omitiendo su edad y de todos los peces del grupo Y que han estado en la pesca más de seis trimestres desde el reclutamiento, más todos los peces del grupo X que han estado en la pesca más de ocho trimestres desde el reclutamiento. Los datos de 1965-1967 no se presentan ya que durante este período la pesca en el ARCAA seguía desarrollándose y las estimaciones de la biomasa de los grupos 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 del reclutamiento de peces de 1966 y 1967 (que fue superior al promedio), 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, mientras 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 más bajo que el promedio durante 1976 y 1977, 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 contribuyan grandemente a la pesca en 1981 y 1982. Las estimaciones preliminares del reclutamiento de 1980 indican que es algo superior al promedio.

Las capturas cerqueras de peces de los grupos X e Y, y de ambos grupos combinados, durante los 6 primeros meses de 1968-1980, se presentan en las Figuras 32 y 33. En la Figura 32 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes grupos en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 33 se incluyen las capturas de peces del mismo grupo en diferentes años.

Al comparar estas cuatro figuras, las estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y (Figura 30), las estimaciones trimestrales de la biomasa total y la biomasa de los grandes peces (Figura 31), y las capturas cerqueras obtenidas durante los 6 primeros meses de cada año por edad y grupo (Figuras 32 y 33) es evidente que las grandes capturas de peces pequeños en los últimos años han alterado la composición de edad de la población y la captura. Cada

vez sobreviven menos individuos hasta alcanzar grandes tallas y el análisis del rendimiento por recluta examinado anteriormente ha indicado que ésto reduce probablemente la captura total. El análisis de los grupos corrobora ésto y provee datos para cuantificar las diferencias. Se ha estimado la contribución total aportada a la pesca por cada grupo X e Y durante su ciclo de vida en la misma. Las sumas de las capturas estimadas de los dos grupos que entran cada año han fluctuado de 121 mil toneladas en 1972 a un máximo de 268 mil toneladas correspondiente al grupo de 1974. Si no se hubiera explotado tanto la generación de 1974, durante su primer año en la pesca, hubiera contribuido aún más. La división de estas capturas por las estimaciones anuales correspondientes al reclutamiento, indica que el rendimiento por recluta antes de 1973, era de unas 8 libras, mientras que en el período de 1973 en adelante, ha sido de unas 7 libras. (Estas estimaciones del rendimiento por recluta son algo más altas que las indicadas en el examen del modelo del rendimiento por recluta, debido a diferencias en los métodos de cálculo. En el modelo del rendimiento por recluta, se supuso que el reclutamiento ocurría a los 90 cm, mientras que la talla promedio de los peces es algo superior en el primer trimestre en el análisis de los grupos). Con un reclutamiento promedio de 45 millones de peces y una composición de talla en la captura similar a la del período de 1968-1972, el rendimiento total anual sería de unas 175 mil toneladas. Con el mismo promedio de reclutamiento, pero con una composición de talla similar a la de los años más recientes de pesca, el rendimiento total anual sería de unas 155 mil toneladas.

Los análisis presentados anteriormente usando los modelos generales de producción, han dado como resultado estimaciones constantes del PMCP de unas 175 mil toneladas americanas de atún aleta amarilla en el ARCAA. La captura actual, que ha excedido esa cantidad en los últimos cinco años, ha venido reduciéndose desde la captura más alta de 210 mil toneladas obtenida en 1976. La captura de 1980, de 152,021 toneladas es la más baja obtenida en el ARCAA desde 1972.

No parece según los análisis que se acaban de presentar que el aumento en el esfuerzo sobre el aleta amarilla resultará en un aumento de la captura, ya que el incremento reciente del esfuerzo no ha resultado en un aumento en la captura. Esta puede permanecer constante a medida que se incrementa el esfuerzo o puede reducirse, depende de la configuración del lado derecho de la curva. Los datos resultantes al mantener el esfuerzo aproximadamente a los niveles actuales pueden ayudar y proveer una respuesta; sin embargo, el hecho de que la captura se ha reducido desde 1976, y que la CPDNP que se emplea como un índice de la abundancia se está también reduciendo (y bastante fuertemente) apoya la suposición de que el lado derecho de la curva no está completamente nivelado. En la Figura 27 se presentan cinco índices de la abundancia de 1970 a 1980. El recuadro superior, con la CPDNP de barcos de la clase 3 de arqueo (101-200 toneladas de capacidad), indica aproximadamente una reducción del 62%. El recuadro siguiente, la CPDP de barcos de la clase 6 de arqueo (más de 400 toneladas de capacidad), indica una reducción similar de

un 69%. Los dos cuadros siguientes presentan los índices de abundancia basados en los estimativos del tiempo de búsqueda. Uno de éstos, basado en las capturas y en el tiempo de búsqueda de los cardúmenes no asociados con delfines, muestra una reducción de cerca del 71%; el otro basado en los mismos datos de los cardúmenes con delfines, indica una declinación aproximadamente del 68%. El último cuadro, los índices de la biomasa de los análisis de los grupos, indica una declinación de un 35%. La captura durante este período de 11 años aumentó primero, pero ha ido declinando desde 1976.

Si estos índices indican verdaderamente con exactitud las tendencias de la abundancia, la población del aleta amarilla está al nivel más bajo que se conoce. Por consiguiente, parece que se debe tener cuidado en aumentar la captura más allá del mejor estimativo actual del PMCP. Si el lado derecho de la curva está nivelado, la captura debe equilibrarse a unas 170 mil toneladas, ya sea que se mantenga el esfuerzo constante o se aumente. En este caso, puede que la mejor acción administrativa sea la de continuar el programa experimental a los niveles de 175 mil a 210 mil toneladas. Si por otra parte, el lado derecho de la curva desciende, entonces la captura continuará reduciéndose. En este caso, si se han de mantener las capturas al PMCP, el esfuerzo debe limitarse a unos 10-15 mil días o se debe mantener la captura a unas 155 mil toneladas.

En el Informe Anual de 1978, se expresó preocupación sobre el cambio en la composición de talla en la captura. Se indicó que el reclutamiento del aleta amarilla era bastante variable, pero no tanto como en muchas de las especies de peces de aguas templadas que viven más tiempo. Se indicó que esta variabilidad en el reclutamiento, junto con un cambio en la mortalidad por pesca aplicada a los grupos de edad más jóvenes, resultaría probablemente en menos capturas de aleta amarilla en los años de un reclutamiento inferior al promedio. Estas conclusiones se basaron en los datos de captura de los grupos de los seis primeros meses del año. Para examinar aún más esta situación y analizar las conclusiones presentadas el año pasado, se ha terminado y explicado anteriormente un estudio más completo en el que se utilizaron todos los datos de la estructura de la edad desde 1965 hasta 1980 (preliminares). Este estudio corroboró la variabilidad en el reclutamiento y demostró que la pesca depende cada vez más en los grupos de peces de pequeña talla. A medida que esto sucede, se reduce el rendimiento potencial de la población debido a la merma en el rendimiento por recluta. Junto con esto se presenta una reducción en la biomasa de la población. Si estos análisis son correctos, aunque la generación de 1978 fue grande y la de 1979 fue superior al promedio, no debe esperarse que la población de los grandes peces en 1981 aumente demasiado si es que tiene algún incremento, por consiguiente, la producción será inferior a lo que sería si la talla promedio de los peces aumentara. Al considerar que el reclutamiento de 1980, parece ser un poco superior al promedio, pero que la mortalidad por pesca referente a estos reclutas continúa siendo alta, las capturas se reducirán probablemente en 1981, si el esfuerzo se mantiene constante.

Si se ha de aumentar el número de los grandes peces en la población, la pesca debe reducir su dependencia en peces de 1 año de edad. Como se indicó en

los informes anuales anteriores, los beneficios al proteger los peces jóvenes serían substanciales, pero es difícil lograr esto.

Existen varios métodos para reducir la dependencia sobre los peces pequeños. Uno sería fijar un límite mínimo de talla. Otro sería vedar la pesca irrestricta en algunas zonas durante ciertas temporadas, si predominan los peces pequeños. Se podría también cambiar la fecha de apertura de la temporada para limitar la pesca durante un período en el que los peces pequeños son más abundantes en la captura. El análisis de los datos de la composición de talla, indica que en general, hay una mayor incidencia de peces pequeños mezclados con los grandes y de barrilete mezclado con aleta amarilla pequeño. Esto haría muy difícil tratar de proteger al aleta amarilla pequeño ya que los barcos, al tratar de capturar grandes atunes aleta amarilla o barrilete, podrían capturar grandes cantidades de peces pequeños. Si estos peces pequeños no pueden descargarse, se arrojarían de nuevo al mar ya muertos y se reduciría el rendimiento por recluta en lugar de aumentarlo. Si, por otra parte, los pescadores pudieran evitar los peces pequeños, habría un aumento en el rendimiento por recluta.

Como se pensó anteriormente, no parece que el cambio en la fecha de la apertura de la temporada sería beneficioso. Cuando se aplicó la mayor parte del esfuerzo durante el primer semestre del año, se obtuvieron pocas capturas del grupo Y de peces que entraron por primera vez en la pesca durante el segundo semestre del año, cuando pesaban aproximadamente de 3 a 6 libras. Se creyó que esto se debía en su mayoría a la falta de disponibilidad de los peces de ese grupo. Sin embargo, durante los últimos años, ha habido una fuerte pesca en el segundo semestre del año y han aumentado substancialmente las capturas del grupo Y entrante de peces. Por consiguiente, el beneficio que se podría obtener al cambiar la temporada para proteger a los peces más jóvenes puede que no sea tan grande como se pensó originalmente. Los investigadores no pueden recomendar actualmente ninguna de las medidas anteriores, ya que no se puede pronosticar el efecto que pueda tener tal reglamentación en la captura actual (ni en los descargues) de peces pequeños.

Otro método para proteger los peces pequeños sería limitar la magnitud total de captura de todo el aleta amarilla incluso el pequeño. Esto podría realizarse al reducir el esfuerzo total de pesca en 1981. Esto resultaría en que sobrevivirían más peces de 1 año; en esta forma serían disponibles a más edad en los años siguientes. Esto haría también que la estructura de la edad fuera similar a la de los años sesenta y comienzos de los setenta. Dicha reducción en el esfuerzo y la captura estaría de acuerdo con las conclusiones descritas por el análisis del modelo general de producción.

Si el esfuerzo total de pesca ha de ajustarse a un nivel que eventualmente sostenga el PMCP, el análisis del modelo general de producción indica que se debe reducir probablemente la cuota de 1981 a 155 mil toneladas. Esto se basa en la suposición de que la relación se describe mejor mediante una parábola (es decir, el lado derecho de la curva desciende a cero). Si por otra parte, la curva

está nivelada al lado derecho, se esperaría una captura de unas 170 mil toneladas en 1981, si el esfuerzo continúa al nivel actual. Como no tenemos seguridad sobre qué forma ha de tener el lado derecho de la curva y como deseamos proteger a los peces pequeños y restaurar la composición de talla de la población a como estaba antes de 1973, el personal recomienda que se fije la cuota de aleta amarilla en 1981 en 160 mil toneladas americanas.

Como existe la posibilidad de que los análisis de la condición de la población y las estimaciones del PMCP estén algo errados, se debe mantener flexibilidad al seleccionar la cuota. Si durante la primera parte de 1981, los grandes peces son relativamente abundantes en la captura y tanto ésta como la CPDP aumentan, debe incrementarse la cuota.

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 26, zona A3) desde 1968 (Tabla 19). 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 ha estado en la mayoría de los años cerrada 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 vive en la zona fuera del ARCAA del que habita en el ARCAA.

En 1969, la CPDP de los cerqueros de la clase 6 de arqueo, fue superior a 20 toneladas, pero desde ese entonces, la CPDP ha sido notablemente constante entre 9 y 13 toneladas (Figura 34, recuadro superior). En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.6 mil días y las capturas menos de 30 mil toneladas (Figura 34, recuadro inferior). En el período de 1971-1976, 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 1980, debido aparentemente a la reducción del esfuerzo, el promedio de captura fue solamente de unas 16 mil toneladas, pero la CPDP fue casi igual a la de 1970-1976. En el recuadro inferior de la Figura 34 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, parece entonces, que la pesca esté maniobrando fuera de esta zona al lado de la subpesca de la curva. Así que actualmente no parece que exista una razón biológica para establecer límites en la captura o en la intensidad de pesca fuera del ARCAA.

Si los peces que habitan fuera del ARCAA forman parte de la población que aparece en el ARCAA, se esperaría en los últimos años una reducción en la biomasa y en el promedio de talla de los peces fuera del ARCAA. Según los datos de la CPDP no es evidente que exista tal reducción en la biomasa fuera del ARCAA. Por otra parte, el promedio de talla de los peces capturados fuera del ARCAA se ha reducido de unas 80 libras en 1972-1975 a algo menos de 60 libras en 1977-1980 (Figura 35). Puede que esto se deba al aumento en la mor-

talidad por pesca, pero puede que sea también debido a los cambios en los métodos de pesca, es decir, más pesca de cardúmenes asociados con objetos flotantes y menos de cardúmenes asociados con delfines. Como 60 libras es casi la talla óptima en términos del modelo del rendimiento por recluta, como se examinó en la sección sobre el análisis de la estructura de la edad, no hay necesidad de limitar la captura fuera del ARCAA a no ser que se pueda demostrar que la captura de peces en esa zona reduce el reclutamiento en el ARCAA. En todo caso, la pesca en la zona fuera del ARCAA debe supervisarse muy de cerca para analizar estas varias posibilidades.

BARRILETE

Si nos basamos en las capturas mundiales, se ha capturado más barrilete que cualquiera otra especie de atún; asimismo se captura más barrilete en el Océano Pacífico que cualquiera otra especie de atún. La captura de barrilete (listado) en el Océano Pacífico occidental excede la del Océano Pacífico oriental. El promedio anual de captura estimado en el Océano Pacífico occidental durante 1965-1972, fue de 243 mil toneladas americanas. En 1973-1978, un período en el que las maniobras de la pesca con carnada, especialmente de las embarcaciones japonesas, se expandió considerablemente, el promedio anual de captura estimado fue de 464 mil toneladas. Los valores correspondientes del Océano Pacífico fueron respectivamente 89 y 120 mil toneladas. En el Océano Pacífico occidental la mayoría del barrilete es capturado por embarcaciones de carnada, pero en el Océano Pacífico oriental, cerca del 80 al 95 por ciento de la captura es obtenida por embarcaciones con cerco. Las embarcaciones palangreras solo capturan pequeñas cantidades de barrilete.

No se conoce muy bien la estructura de la población de barrilete en el Océano Pacífico. Los estudios bioquímicos de su sangre indican que existen por lo menos dos subpoblaciones de barrilete en el Océano Pacífico, la subpoblación del Pacífico occidental y la subpoblación de la región central y oriental del Pacífico. La subpoblación del Pacífico occidental proviene del desove en el mar de las Filipinas y en menor grado del desove cerca a las islas Riukiu y Bonin. Aparecen peces de talla capturable en los alrededores del Japón, las Islas Riukiu, Taiwan, las Islas Bonin, las Islas Marianas, las Islas Carolinas occidentales, las Islas Filipinas, Papua Nueva Guinea, Australia y Nueva Zelanda. Los límites entre la distribución de esta subpoblación y la de la región central y oriental del Pacífico en el hemisferio boreal, parece localizarse entre los 165°E y la región desde el Japón hasta las Islas Bonin y Marianas. El límite parece cambiar hacia el este en la primavera y hacia el occidente en el otoño. Se ha observado a la altura de la parte nordeste del Japón, que los peces de la región central y oriental del Pacífico, reemplazan en septiembre, en unos pocos días, a los peces del Pacífico occidental y lo contrario se ha observado a fines de mayo y principios de junio al este de las Islas Izu. Sin embargo, estudios más recientes indican la presencia de peces de la subpoblación del Pacífico occidental cerca a las Islas Hawaianas. En la región ecuatorial, parece que el límite aparece cerca a los 165°E entre la parte oriental de las Islas

Carolinas y las Islas Marshall y Gilbert y no parece cambiar demasiado estacionalmente. Se tienen relativamente muy pocos datos del hemisferio meridional pero se cree que el límite entre las subpoblaciones se encuentra en el Mar de Tasmania durante todo el año. No existen datos para determinar hasta qué punto penetra la subpoblación del Pacífico occidental en el Océano Indico, si es que esto sucede. Los estudios de marcado realizados recientemente por la South Pacific Commission han indicado grandes desplazamientos de barrilete en la parte sur y ecuatorial del Océano Pacífico. Cuando se termine el análisis de estos datos, se obtendrá, probablemente, un mayor conocimiento sobre la estructura de esta especie.

Se obtienen grandes capturas de barrilete de la subpoblación de la región central y oriental en la parte nordeste del Océano Pacífico cerca a Baja California, las Islas Revillagigedo y la Isla Clipperton, y en la parte sudeste del Océano Pacífico cerca a la América Central, al norte de Sudamérica, la Isla Cocos, el Banco de Brito y las Islas Galápagos. La zona de agua más cálida a la altura del sur de México que separa las dos regiones, se encuentra comúnmente desprovista de barrilete, pero en algunos años, como en 1965, la distribución de barrilete sigue siendo continua de norte a sur. En años normales, el marcado ha indicado que existe muy poca mezcla entre los peces de las dos zonas. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se realiza más cerca al litoral que la del aleta amarilla. En el Océano Pacífico central se encuentran pescas de barrilete de menor importancia cerca a las Islas Hawaianas y la Polinesia francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad). Más lejos hacia el oeste, en la región de mezcla descrita anteriormente, de las subpoblaciones, existen pescas más grandes de barrilete.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 36). Las capturas de las zonas nordestes y sudestes se encuentran moderadamente bien correlacionadas las unas con las otras, pero en algunos años, por ejemplo en 1970, la captura fue superior al promedio en una zona e inferior en la otra.

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 al norte del Perú. Sin embargo, durante los últimos años, el centro de abundancia del grupo meridional parece que haya cambiado a Colombia y la América Central.

Los estudios de la distribución de las larvas de peces han indicado que existe poco desove de barrilete al este de los 130°W. Además, los datos frecuencia-talla indican que la mayoría del barrilete capturado en el Pacífico oriental es juvenil, proveniente probablemente del desove en el Pacífico central o central-occidental. Estos peces llegan tal vez al Pacífico oriental cuando tienen de un año a año y medio de edad y regresan al Pacífico central o central-occidental cuando tienen de dos a dos años y medio de edad. La evidencia de esto último se debe al hecho de que 25 barriletes marcados en el Pacífico orien-

tal fueron recuperados cerca a las Islas Hawaianas y las Line, y otro fue recapturado entre las Islas Marshall y las Marianas.

Se conoce poco acerca del grado de heterogeneidad de las subpoblaciones en el Pacífico central y oriental. Todos los 26 peces que se desplazaron del Pacífico oriental al Pacífico central y occidental, fueron liberados y recapturados en el hemisferio septentrional. Existen varias explicaciones posibles sobre esto. Primero, se han marcado menos peces en el Pacífico sudeste que en el Pacífico nordeste. Segundo, hay menos distancia entre el Pacífico central y oriental en el hemisferio norte (desde el norte de México a Hawai) que en el hemisferio sur (desde el norte de la América del Sur hasta la Polinesia francesa). Tercero, la pesca en la Polinesia francesa es inferior a la del Hawai. Sería muy conveniente obtener más conocimiento sobre el grado de heterogeneidad. Por ejemplo, surge la pregunta de si los peces del Pacífico nordeste, del Pacífico sudeste y otras zonas provienen (1) de un grupo individual de reproductores o (2) de diferentes grupos de desovadores. Si es el primer caso, entonces la porción que se desplaza a cada zona del reclutamiento total se determina probablemente por las condiciones oceanográficas y podría administrarse la subpoblación solo como unidad individual. Si el caso es el segundo, la subpoblación podría administrarse separadamente.

Los modelos generales de producción han sido descritos 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 diferente, 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 captura, esfuerzo y de la CPUE en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca, incluyendo preferiblemente niveles que correspondan en la curva al lado de la pesca excesiva.

No se satisface la primera condición, ya que 26 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 realiza relativamente cerca a la costa y la mayoría del barrilete capturado en esta zona proviene aparentemente de los desoves ocurridos en la región central y central-occidental del Pacífico, y estos desoves pueden tal vez surtir también las regiones de alta mar del Océano Pacífico oriental, central y partes del Océano Pacífico occidental. Así que al menos que haya grupos aislados de desove en el Pacífico central, las cantidades capturadas en el Océano Pacífico oriental se podrían determinar mejor por las proporciones de peces nacidos en el Océano Pacífico central y en el Pacífico central-occidental que se desplazan al Pacífico oriental (especialmente cerca a la costa), que por la abundancia de los peces de las sub-

poblaciones del Pacífico oriental y central. Esto indica que el mejor método sería estudiar todas las subpoblaciones del Pacífico oriental y central. Como se indicó anteriormente, las subpoblaciones del Pacífico oriental y central pueden que se extiendan desde la costa de las Américas hasta el Océano Pacífico occidental y, en esta última región, se pueden distinguir de los peces de la subpoblación del Pacífico occidental solo mediante los estudios bioquímicos de la sangre. Por consiguiente, habría que realizar muestreos en la zona de mezcla durante todas las épocas del año para determinar las porciones de peces de las diferentes subpoblaciones de esa región. Luego se estudiarían las estadísticas de captura y otros datos referentes a las subpoblaciones del Pacífico oriental y central como una unidad o como varias unidades, depende de si hay una o varias subpoblaciones.

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 Comisión de 1977, 1978 y 1979, 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) la zona del Océano Pacífico entre los 130°W y 180° con temperaturas superficiales del mar superiores a los 82°F (27.8°C), (2) el promedio de la temperatura de la superficie del mar en esta zona, (3) el índice de la Oscilación Austral (O.A.), que es un índice de la diferencia de presión entre el centro de alta presión de la Isla de Pascua y el centro de baja presión de Indonesia y (4) 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) entre los 130°W y los 180° , y entre los 15°N y 15°S . Parece que todas estas variables oceanográficas o meteorológicas se encuentran relacionadas entre sí. Durante los períodos en los que el índice de la O.A. es alto, los vientos en el Pacífico central tropical tienden a ser más fuertes, el afloramiento ecuatorial y la cantidad de mezcla son superiores, las temperaturas de la superficie del mar son inferiores y la zona de más de 82°F es más pequeña; durante los períodos en los que el índice de la O.A. es bajo, los vientos son más débiles, superior el afloramiento ecuatorial y la cantidad de mezcla, las temperaturas de la superficie del mar son más altas y es más extensa la zona que sobrepasa los 82°F .

Se realizaron los dos primeros análisis porque existe una correlación positiva entre la temperatura y el porcentaje de aparición de las larvas de barrilete en arrastres de redes de zooplancton, y se pensó que puede ocurrir más desove o más sobrevivencia de larvas en los años cálidos. El tercer análisis se relaciona al viento, la temperatura de la superficie del mar y las corrientes, y se ha considerado como el mejor índice de los tres porque se obtienen continuamente datos de la presión, mientras que los datos del viento, la temperatura y las corrientes se obtienen solo esporádicamente con base oportunística. Sin embargo, parece que la posición del centro de alta presión de la Isla de Pascua ha cambiado en los últimos años y se cree que el índice de la

O.A. no es actualmente un índice tan confiable como lo era antes de las condiciones en la zona de desove. El cuarto análisis se realizó, ya 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 tienden a aparecer concentraciones apropiadas de alimento en grupos y estratos bien definidos que sirvan como primer alimento de las larvas de anchoveta. 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 de anchoveta en su etapa larval se asocian a los vientos débiles y viceversa. Se pensó que esto ocurriría también en las zonas de desove del barrilete del Pacífico central. Se encontró en la mayoría de los casos una relación estadísticamente significativa, pero la mejor relación se encontró entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable por el 47 por ciento de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental. Algunos de estos análisis se presentan detalladamente en una sección anterior de este informe.

Adeñas, se están realizando 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 y la Ecuatorial del Sur que fluyen hacia el este, porque se podría esperar que cuando estas corrientes son más fuertes que lo común, los peces jóvenes serían transportados al Pacífico oriental en mayores cantidades y cuando son más débiles que lo normal, los peces jóvenes serían transportados allí en menores cantidades, si es que realmente usan estas corrientes en sus migraciones.

En general, los resultados del personal de la Comisión no son tan satisfactorios como se desearía al intentar relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, pero tal vez podrían resolverse algunos de los problemas si pueden realizarse los estudios biológicos y estadísticos de la Comisión en toda la subpoblación o subpoblaciones del Pacífico central y oriental en lugar de solo una porción de ésta (o éstas) que habita(n) el Océano Pacífico oriental durante parte de su ciclo vital.

Se tienen datos útiles de captura, esfuerzo y de la CPUE de algunas partes de la región de distribución de las subpoblaciones del Pacífico oriental y central, pero no de otras. Además, como se dijo anteriormente, existe el problema de separar las capturas de los peces de la subpoblación del Pacífico occidental de aquellas de la subpoblación del Pacífico oriental y central.

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 aparentemente no ha agotado el recurso, ya que se han obtenido algunas de las capturas totales más grandes durante los últimos años. La relación entre la CPUE de los cerqueros y el esfuerzo en el

ARCAA, normalizado a unidades de la clase 3 de arqueo (embarcaciones de 101 a 200 toneladas de capacidad), se presenta en las Figuras 37 y 38. La primera figura incluye todas las zonas de 5 grados del ARCAA, mientras que la última incluye solamente las zonas seleccionadas de 5 grados en donde se han capturado cantidades importantes de barrilete. En ninguno de estos casos parece existir una relación significativa. Sin embargo, existe la posibilidad de que tal relación se encuentre cubierta por la naturaleza de la pesca. Por ejemplo, en diferentes años la disponibilidad del barrilete puede diferir, pero la cantidad de esfuerzo encauzado hacia esa especie puede ser proporcional a su disponibilidad, lo que da como resultado CPUE aproximadamente iguales en cada año. Puede que este sea el caso, si en los años de alta disponibilidad se encontrara el barrilete en más zonas que en los años de poca disponibilidad, pero la densidad de los peces en las zonas fue casi igual durante todos los años. Actualmente, los datos ofrecen poca o ninguna evidencia de que este fenómeno pueda cubrir 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 Comisión sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE como índice de la abundancia.

La clase de datos que se utilizan en los modelos de la estructura de la edad y la teoría sobre la que se basan estos modelos se discuten anteriormente en la sección del aleta amarilla.

La composición de talla de las muestras de barrilete obtenidas en el Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA) desde 1967 hasta 1980, se presenta en la Figura 39. Las diferencias entre los años son aparentes. La incidencia de peces de más de 55 cm (unas 7.8 libras) fue superior en 1971-1973 e inferior en 1978-1980. En 1978 hubo frecuentes comentarios sobre la alta incidencia de barriletes pequeños. Sin embargo, puede verse según la figura que la situación podría describirse mejor como escasez de grandes peces con relación a peces medianos y no una superabundancia de peces pequeños con relación a peces medianos.

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 pérdida 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 el desplazamiento del barrilete según los datos frecuencia-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 frecuencia-talla y por las devoluciones de marcas. Con relación al aleta amarilla es mucho más difícil seguir la progresión modal de los grupos de barrilete, ya que la longitud modal varía erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento del Pacífico central 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 mercado son también útiles a este respecto, pero la mayoría de las recapturas son de peces que han estado en libertad solo durante un corto tiempo y por lo tanto, son de valor limitado. Las pocas recapturas de largo plazo que se han recibido, han sido casi todas de peces recapturados en el Océano Pacífico central, y la razón por la cual hay tan pocas es que la intensidad de pesca es baja en esa zona. Así que las estimaciones que se tienen sobre el crecimiento del barrilete no son tan buenas como las del aleta amarilla ni como se desearían.

En la Figura 40, se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Se han integrado los cálculos del personal de la Comisión 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 según los datos frecuencia-talla obtenidos desde 1967 a 1969, el recuadro del medio en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1971 a 1973 y el recuadro inferior en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1975 a 1977. Los valores en la escala horizontal son los multiplicadores del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.5, 1.0 y 2.0 en el recuadro superior representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y dos veces los valores actuales del esfuerzo de 1967-1969. Varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen varios rendimientos por recluta que se indican mediante líneas 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 altos con una talla de entrada de 35 cm (cerca de 1.7 libras) y un esfuerzo de pesca considerablemente más alto 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 desplazamiento, exceden las ganancias resultantes del crecimiento, aún cuando los peces tengan solo 35 cm de longitud y suponiendo que crezcan rápidamente.

Ni los modelos generales de producción, ni los de la estructura de 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 juveniles en el Océano Pacífico oriental, puede obtenerse al pescar tanto como sea posible ejemplares de más de 35 cm. Esto concebiblemente puede reducir el reclutamiento en los próximos años, pero según los datos del esfuerzo y de la CPUE, no se ha demostrado que ésto sea así.

Como se indicó anteriormente, la administración debe dirigirse hacia todos los segmentos de una población individual, en lugar de una parte de la población, una mezcla de varias poblaciones o una mezcla de segmentos de varias poblaciones. Por consiguiente, es muy importante definir las pobla-

ciones o subpoblaciones de barrilete en el Océano Pacífico, lo cual no se ha hecho todavía satisfactoriamente. La Comisión del Atún ha incrementado recientemente el mercado de barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha realizado experimentos de marcado en la Polinesia francesa. Varias otras organizaciones, especialmente la South Pacific Commission, han marcado barrilete en grandes cantidades en el Océano Pacífico occidental y central en los últimos años. Además, se está realizando en el Pacífico occidental y central la recolección de muestras sanguíneas para identificar las subpoblaciones. Asimismo, varias organizaciones, especialmente la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas, están esforzándose en obtener mejores datos de captura y esfuerzo del barrilete en el Pacífico occidental y central. Cuando se encuentren más adelantados estos estudios, será posible determinar mejor la condición de las subpoblaciones de barrilete en el Océano Pacífico con respecto a la pesca.

PATUDO (*Thunnus obesus*)

El *T. obesus* se captura en su mayoría con palangre. En la primera parte de los años cincuenta había poca pesca palangrera en el Océano Pacífico oriental y por consiguiente, poca captura de patudo en esta zona. Sin embargo, a mediados de los cincuenta los barcos japoneses palangreros empezaron a pescar en el Océano Pacífico oriental y el personal de la Comisión empezó a interesarse más en ella. Durante el período de 1965-1974, se publicaron en la serie de boletines de la Comisión del Atún cinco estudios referentes a la pesca palangrera japonesa de patudo y especies afines en el Océano Pacífico oriental.

Las capturas estimadas de patudo de las artes epipelágicas en el Océano Pacífico oriental han aumentado en los últimos años (Tabla 1). El aumento en las capturas se debe aparentemente a dos factores. Primero, la captura actual ha aumentado probablemente debido a que no existen reglamentaciones para esta especie, lo que en algunos casos, ha hecho que los pescadores busquen con preferencia al patudo y no al aleta amarilla, ya que este último ha estado generalmente bajo reglamentación durante la última parte del año. Además de esto, la pericia de los pescadores en capturar *T. obesus* ha probablemente aumentado. Segundo, las estadísticas más recientes son mucho más exactas. Los pescadores obtienen el mismo precio por el patudo que el aleta amarilla, así que frecuentemente se han informado las capturas de patudo como si fueran de aleta amarilla. Sin embargo, desde que se promulgaron las reglamentaciones, se informan con más frecuencia las dos especies separadas, y en las localidades en que no lo hacen los empleados de la Comisión del Atún obtienen una información más completa, ya que tratan de estimar las proporciones de las dos especies en descargues mixtos.

Los estudios de la Comisión sobre el *T. obesus* capturado por las artes epipelágicas, han consistido principalmente en anotar y procesar los datos de captura y esfuerzo de la información obtenida sobre el peso de los peces descargados y según los registros de bitácora como también al recolectar los datos de la frecuencia de talla de los peces descargados en las enlatadoras. Se han mar-

cado además durante el período de 1959-1978, un total de 611 patudos capturados por artes epipelágicas y se han recapturado 15 de éstos.

Como se ha indicado anteriormente, los modelos generales de producción se aplican solo a los peces de poblaciones aisladas, así que solo se pueden aplicar estos modelos al *T. obesus* del Océano Pacífico oriental si hay relativamente poco intercambio de estos peces con aquellos de las zonas que se encuentran más hacia el oeste. Desafortunadamente, sin embargo, se han marcado pocos ejemplares de esta especie, así que es imposible estimar el grado, si es que existe alguno, de la mezcla de *T. obesus* de diferentes zonas.

Los datos del esfuerzo, captura y captura por unidad de esfuerzo (captura por 100 anzuelos) de 1956-1978, de la parte del Océano Pacífico oriental proyectados con líneas gruesas en la Figura 41, se presentan en la Figura 42. Esta zona fue elegida ya que incluye la mayoría de las capturas de *T. obesus*, y se cree que al incluir los datos de zonas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo, ocultarían cualquier relación que pueda existir entre el esfuerzo y la captura de patudo. En 1956-1960, el esfuerzo y la captura fueron bajos, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue alta. De 1961 a 1964, aumentó el esfuerzo y la captura. La CPUE en 1961, fue algo superior a 3 peces por 100 anzuelos, pero en 1964, mermó a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos. Desde 1965 a 1978, el esfuerzo fluctuó entre 27 y 76 millones de anzuelos y la captura entre 230 y 720 mil peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, siendo algo inferior a 1 pez por 100 anzuelos. Es normal que la CPUE se reduzca al aumentar el esfuerzo, y una poca reducción no indica necesariamente que haya exceso de explotación. Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad de lo que era cuando el esfuerzo era bajo, podría indicar reducción de la población a un nivel inferior al que se necesita para producir un rendimiento máximo constante. Sin embargo, es importante observar que las capturas se duplicaron durante el período de 1965-1978, mientras que la CPUE permaneció casi igual. Puede que esto se deba a que la pesca con palangre se orienta hacia el aleta amarilla, albacora y peces espada, como también al patudo y a los cambios en las zonas de pesca y métodos de pesca, como es la profundidad a la que se colocan los anzuelos. No se tiene además, suficiente conocimiento sobre la cantidad de intercambio que pueda existir entre la zona susodicha y las contiguas.

El modelo del rendimiento por recluta (un tipo de modelo de la estructura de la edad), suministra información sobre el rendimiento por recluta que puede esperarse al combinar las diferentes tallas de entrada y el esfuerzo de pesca. Los datos de entrada son los de la longitud a la edad o del peso a la edad y los datos sobre la mortalidad natural. Ambos, especialmente los de la mortalidad natural, son difíciles de estimar. No obstante, se calculó el rendimiento por recluta del *T. obesus* mediante varias combinaciones de la talla de entrada y del esfuerzo de pesca. Los datos de la longitud a la edad se obtuvieron según una ecuación del crecimiento de *T. obesus* que aparece en el boletín de la CIAT, Volumen 11, No. 2. Como es imposible estimar el coeficiente con cualquier

grado de confianza, con los datos que se tienen ahora de la mortalidad natural (M) de *T. obesus*, se emplearon los valores de prueba con base anual de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0. En la Figura 43 se presentan los resultados, con longitudes de entrada de 40 cm (4 libras o 2 kg), 60 cm (12 libras o 5 kg), 90 cm (38 libras o 17 kg), 120 cm (87 libras o 40 kg) y 150 cm (167 libras o 76 kg), y los coeficientes anuales de la mortalidad por pesca (F) de 0.1 a 1.6. En cada caso, el rendimiento por recluta fue inferior con una talla de entrada de 150 cm, así que el estudio se limitará a los otros cuatro valores, 40, 60, 90 y 120 cm. La mayoría del *T. obesus* que fue capturado por cerqueros y palangreros se recluta respectivamente de los 60 a 90 cm y de los 90 a 120 cm. Sin embargo, en 1977, se capturaron grandes cantidades de *T. obesus* entre los 40 y 60 cm en la pesca con cerco (Figura 15). El rendimiento por recluta con un valor de M de 0.4, es aproximadamente igual para todas las tallas de entrada con relación a los valores de F hasta de 0.4. El rendimiento por recluta con un valor de F de 0.6 o superior, es inferior para la talla de entrada de 40 cm e inferior al valor de F de 0.8 o más a una talla de entrada de 60 cm. El rendimiento por recluta a un valor de M de 0.6 es aproximadamente el mismo con referencia a todos los valores de F para tallas de entrada de 60, 90 y 120 cm. Con relación a los valores de F hasta de 0.6, son también aproximadamente iguales a una talla de entrada de 40 cm, pero para valores mayores, el rendimiento por recluta es inferior. A un valor de M de 0.8, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos los de F , sin miras a la talla de entrada. A un valor de M de 1.0, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos los de F para tallas de entrada de 40, 60 y 90 cm, pero inferior para una talla de entrada de 120 cm. En general, con relación a valores altos de M , el rendimiento más alto por recluta se obtiene con tallas pequeñas o intermedias de entrada (40, 60 y 90 cm), y con relación a valores bajos de M , el rendimiento más alto se obtiene con tallas intermedias de entrada (90 y 120 cm). Si puede reducirse el promedio de talla de entrada a menos de 100 cm, el rendimiento por recluta podría tal vez aumentar. No parece, sin embargo, que esto sea posible con los métodos actuales de pesca.

ATUN ALETA AZUL (*Thunnus thynnus*)

En el Informe Anual de la Comisión de 1979, aparece un modelo preliminar en el que se describe el ciclo vital de *T. thynnus*. Es evidente según este informe, que se necesitan muchos más datos sobre varias fases del ciclo vital de esta especie. Se debe determinar si existe o no más de una subpoblación de *T. thynnus* en el Océano Pacífico. La Comisión está actualmente realizando estudios de esta naturaleza (en forma de contrato) sobre esta especie en el Océano Atlántico y se espera concebir técnicas que puedan emplearse en el *T. thynnus* del Océano Pacífico. Se debe elaborar una historia de cada generación. Esta debe incluir idealmente, para cada generación, estimaciones de la cantidad de peces reclutados en la pesca epipelágica del Pacífico occidental, la cantidad capturada cada año en esta región, la cantidad que se desplaza cada año al Pacífico oriental, la cantidad capturada cada año en esta región, la cantidad que emigra cada año del Pacífico oriental y la cantidad capturada cada año por la pesca palangrera. Se pueden estimar estos datos al analizar las estadísticas

adecuadas de captura, los datos de talla y frecuencia-edad y los datos de marcado. Hace ya varios años que se han venido obteniendo datos adecuados de las estadísticas de captura en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental. Sin embargo, son más difíciles de obtener y analizar los datos de la pesca epipelágica del Pacífico occidental, ya que se combinan varias especies en las estadísticas de captura de esa zona. El Far Seas Fisheries Research Laboratory del Japón y la Comisión del Atún, están trabajando actualmente en un esquema para obtener mejores datos de las estadísticas de captura de la pesca epipelágica del Pacífico occidental. Se han obtenido cada año, desde 1952, los datos de la frecuencia de talla de la pesca epipelágica del Pacífico oriental y se tienen algunos datos de la frecuencia de talla y del peso de la pesca epipelágica del Pacífico occidental y de la pesca con palangre. Se tienen datos de 1963 a 1969, de la frecuencia de la edad de la pesca epipelágica del Pacífico oriental y se espera que el programa actual de muestreo de la Comisión del Atún de escamas, otolitos, radios de las aletas y espinas, suministre dichos datos en el futuro. El programa actual de marcado debe proveer la información necesaria referente a las proporciones de peces de varias edades que se desplazan de la región occidental del Pacífico a la oriental y viceversa.

Debido a la falta de información sobre esta especie, no se anticipa que en un futuro cercano se hagan recomendaciones sobre la administración de pesca del *T. thynnus* en el Pacífico oriental.

APPENDIX I—APENDICE I

STAFF*—PERSONAL*

James Joseph, Ph.D. (Washington) <i>Director of Investigations</i>	— <i>Director de Investigaciones</i>
Clifford L. Peterson, B.S. (Washington) <i>Assistant Director</i>	— <i>Subdirector</i>

SCIENTIFIC—CIENTIFICO

Senior Scientists—Científicos Principales

Robin L. Allen, Ph.D. (British Columbia) <i>Population dynamics</i>	— <i>Dinámica de poblaciones</i>
William H. Bayliff, Ph.D. (Washington) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
John R. Calaprice, Ph.D. (California) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Joseph W. Greenough, M.S. (Washington) <i>Fisheries management</i>	— <i>Administración pesquera</i>
Witold L. Klawe, M.A. (Toronto) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Forrest R. Miller, M.A. (California) <i>Meteorology</i>	— <i>Meteorología</i>
Craig J. Orange, B.S. (Oregon State) <i>Biology: statistics</i>	— <i>Biología: estadísticas</i>
Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt) <i>Biology: population dynamics</i>	— <i>Biología: dinámica de poblaciones</i>
Alexander Wild, M.S. (British Columbia) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>

Associate Scientists—Científicos asociados

David A. Bratten, B.S. (San Diego State) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Thomas P. Calkins, B.S. (Washington) <i>Biology: statistics</i>	— <i>Biología: estadísticas</i>
Jon S. Cole, B.S. (Washington) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching) <i>Biology: statistics</i>	— <i>Biología: estadísticas</i>

Mark D. Goldsmith, M.A. (California)		
<i>Mathematics</i>		— <i>Matemáticas</i>
Philip S. Hammond, B.A. D. Phil. (York, England)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Jeffrey L. Laake, M.S. (Utah State)		
<i>Population dynamics</i>		— <i>Dinámica de poblaciones</i>
Robert J. Olson, B.S. (Calif. Polytechnic State Univ.)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Richard G. Punsley, M.S. (Washington)		
<i>Population dynamics</i>		— <i>Dinámica de poblaciones</i>
Michael D. Scott, M.A. (California)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Peter C. Wussow, B.S. (Humboldt State)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Assistant Scientists—Científicos auxiliares		
Edward H. Everett, B.S. (San Jose State)		
<i>Biology: statistics</i>		— <i>Biología: estadísticas</i>
Terry J. Foreman, B.S. (San Diego State)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Richard E. Irvin, B.S. (San Diego State)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
(From 17 November		Desde el 17 de noviembre)
Milton F. Lopez, B.S. (Rhode Island)		
<i>Computer science</i>		— <i>Ciencia de computadoras</i>
(From 16 July		Desde el 16 de julio)
Arturo F. Muhlia J., B.S. (Univ. Autónoma, Mexico)		
<i>Biology: computer programmer</i>		— <i>Biología: programador computadora</i>
Andris Purmalis, B.S. (Michigan)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
(From 2 June		Desde el 2 de junio)
Lesly J. Rodriguez, B.S. (Univ. Autónoma, Nicaragua)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Kurt M. Schaefer, B.S. (Humboldt)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
(From 1 August		Desde el 1 de agosto)
Vernon P. Scholey, B.S. (Washington)		
<i>Biology</i>		— <i>Biología</i>
Oliver Seth, B.S. (Lewis and Clark)		
<i>Biology: statistics</i>		— <i>Biología: estadísticas</i>
(To 17 October		Hasta el 17 de octubre)

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
- Nannette Y. Clark
Statistical technician —Técnica en estadísticas
- Jere W. Earlston
Statistical technician —Técnico en estadísticas
- Rafael A. Gaudier, B.B.A. (Univ. Puerto Rico)
Waterfront contact: laboratory technician
—Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(Puerto Rico)
- Juan A. Garcia, M.A. (Inter-Amer. Univ.)
Waterfront contact; laboratory technician
—Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(Puerto Rico)
- Rafael Guillen
Fishing gear technologist —Técnico en artes pesqueras
- William W. Hatton, B.A. (Miami Univ.)
Waterfront contact: laboratory technician
—Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(Ensenada, Mexico)
- 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
- Rayleen D. Sandquist
Computer technician —Técnica de computadoras
- Vaughn M. Silva
Waterfront contact: laboratory technician
—Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Robert W. Wagner
Laboratory technician —*Tecnico de laboratorio*

ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO

Magdalena Barandiarán
Bilingual secretary —*Secretaria bilingüe*

Georgia K. Cason
Switchboard operator —*Telefonista*

Lucy Dupart
Bilingual secretary —*Secretaria bilingüe*

Regina A. Newman
Bilingual secretary to the Director —*Secretaria bilingüe del Director*

Angel L. Sion
Bookkeeper and administrative assistant
—*Contador y asistente administrativo*

APPENDIX II—APENDICE II

FIGURES AND TABLES

FIGURAS Y TABLAS

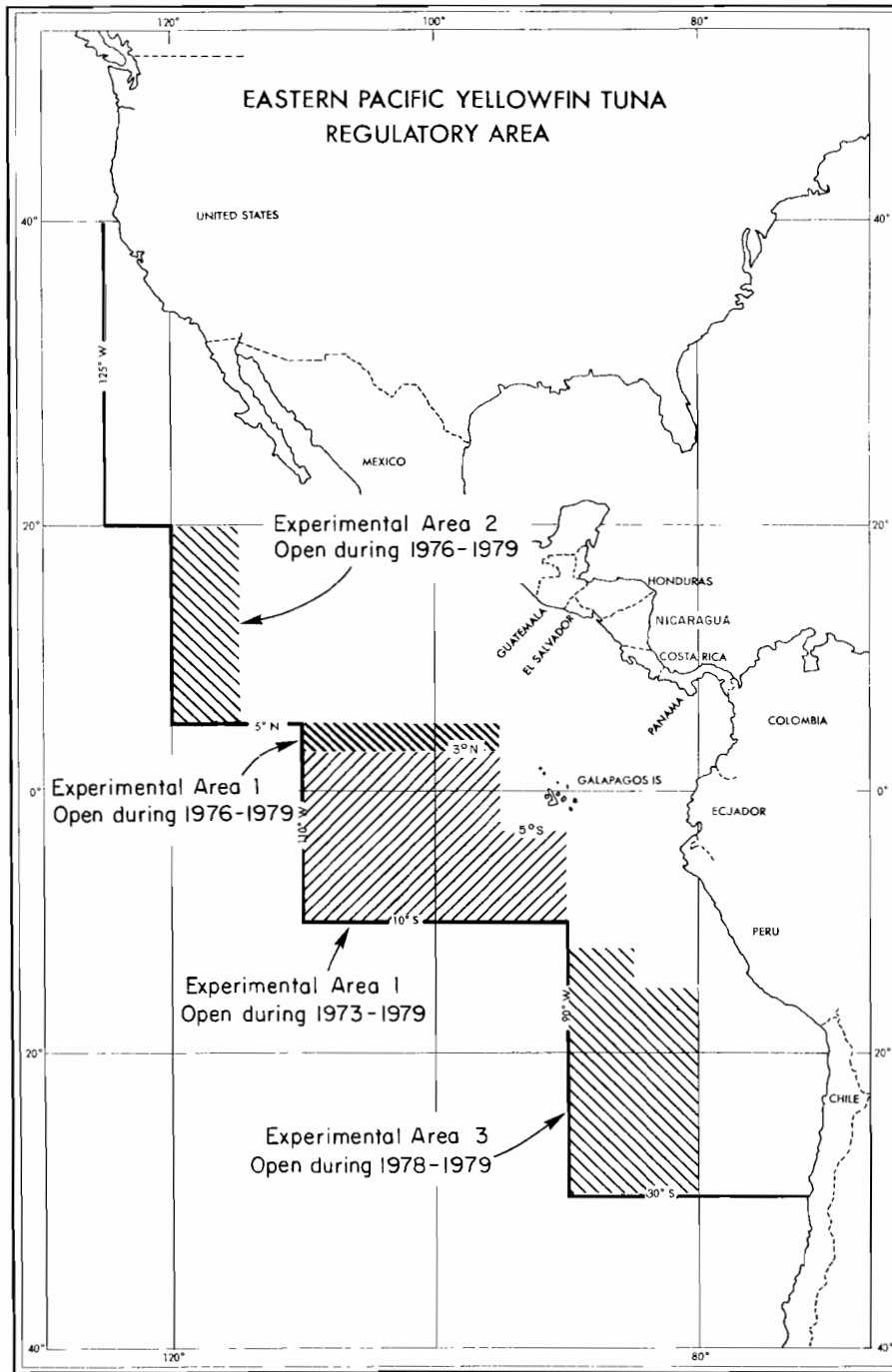


FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

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

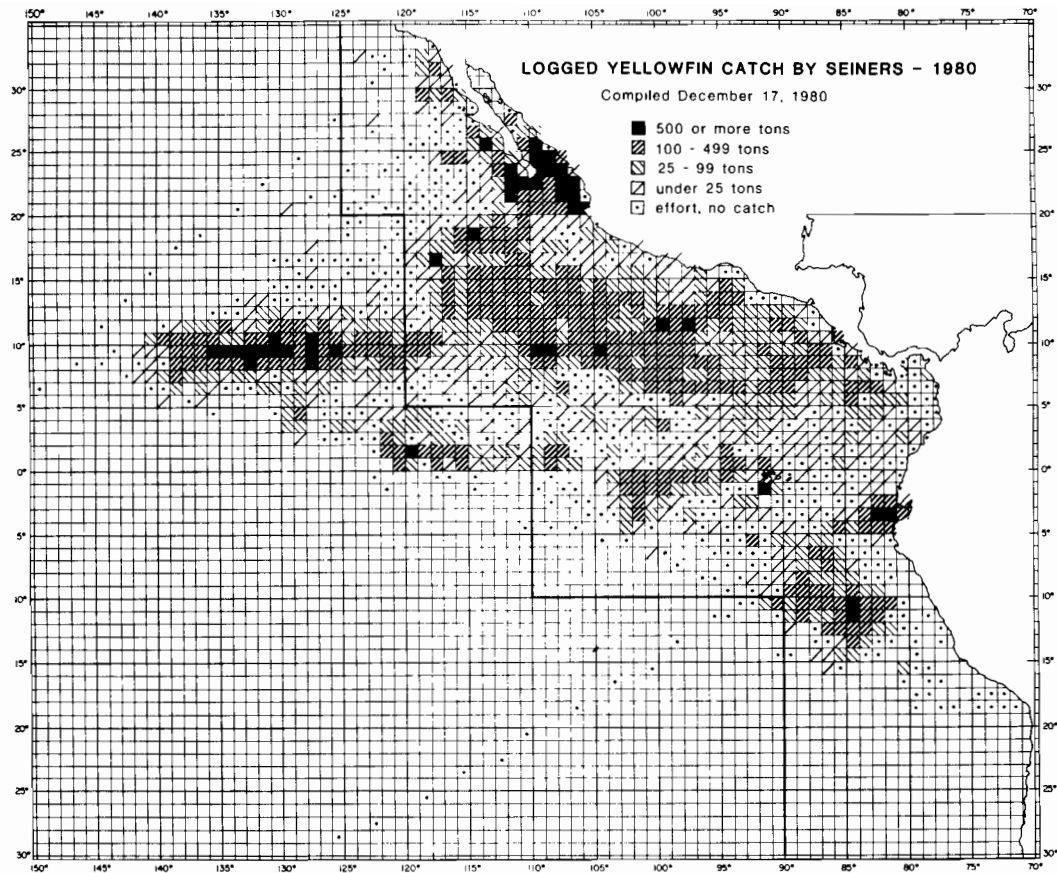


FIGURE 2. Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1980 by 1-degree areas for all trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 2. Capturas de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental en 1980, por zonas de 1 grado, correspondientes a todos los viajes de los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.

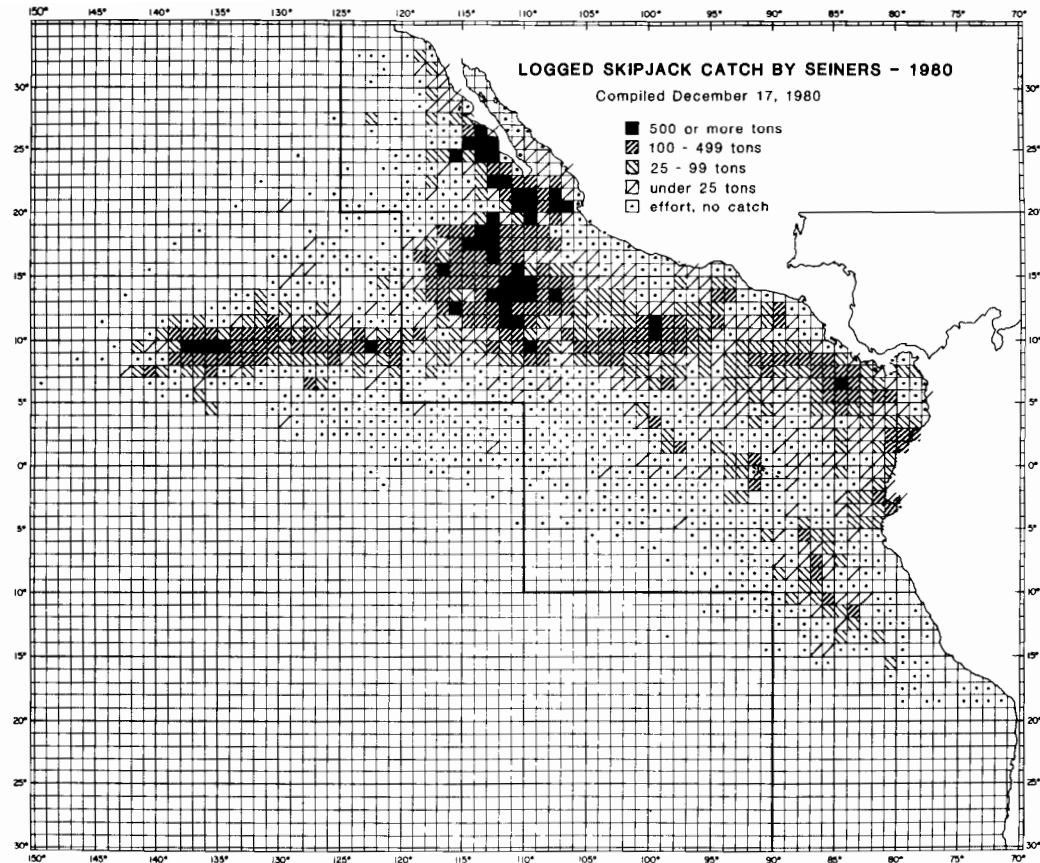


FIGURE 3. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1980 by 1-degree areas for all trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 3. Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental en 1980, por zonas de 1 grado, correspondientes a todos los viajes de los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.

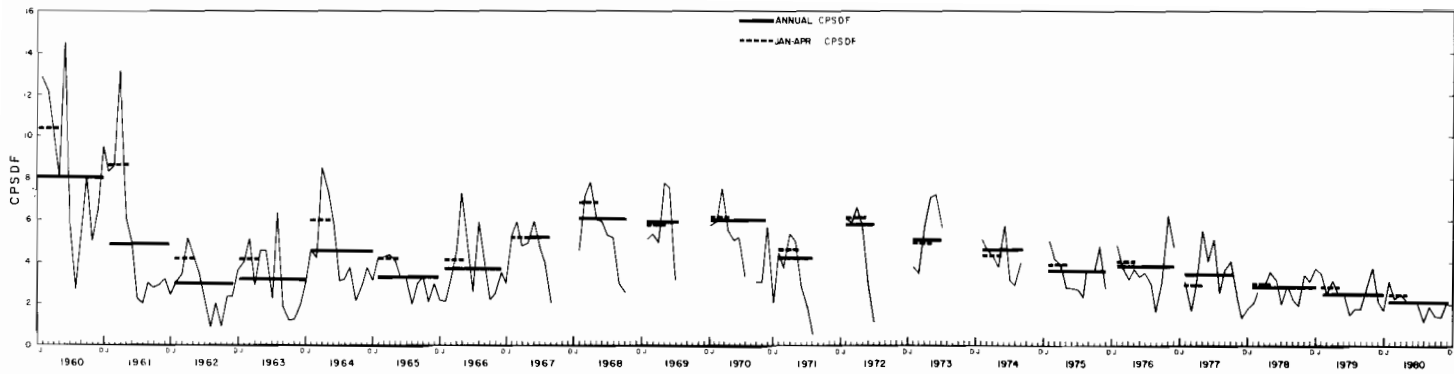


FIGURE 4. Catch per standard day's fishing for yellowfin in Class-3 purse-seine units in the CYRA during 1960-1980. Only the data from unregulated trips are used. The values for 1980 are preliminary.

FIGURA 4. Captura por día normal de pesca de aleta amarilla en el ARCAA durante 1960-1980, por unidades de la clase 3 de arqueo de barcos cerqueros. Solo se usaron los datos de viajes sin reglamentar. Los valores de 1980 son preliminares.

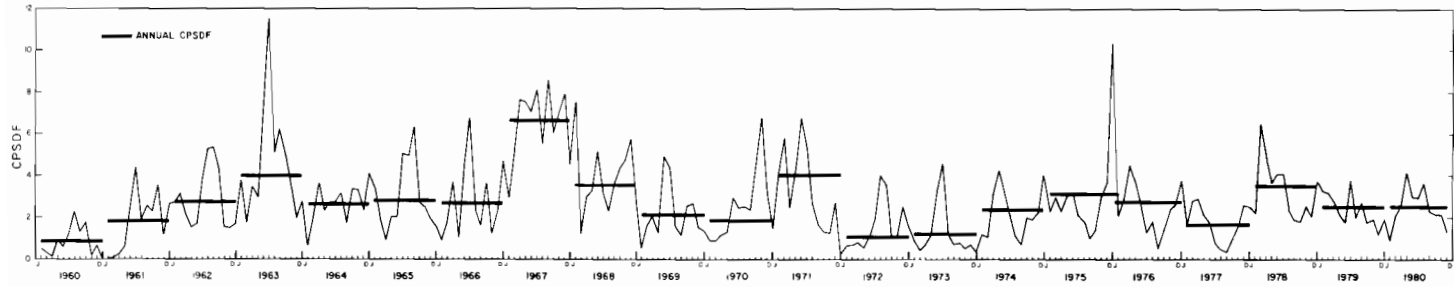


FIGURE 5. Catch per standard day's fishing for skipjack, in Class-3 purse-seine units, in the CYRA during 1960-1980. The values for 1980 are preliminary.

FIGURA 5. Captura por día normal de pesca de barrilete en el ARCAA durante 1960-1980, por unidades de la clase 3 de arqueo de barcos cerqueros. Los valores de 1980 son preliminares.

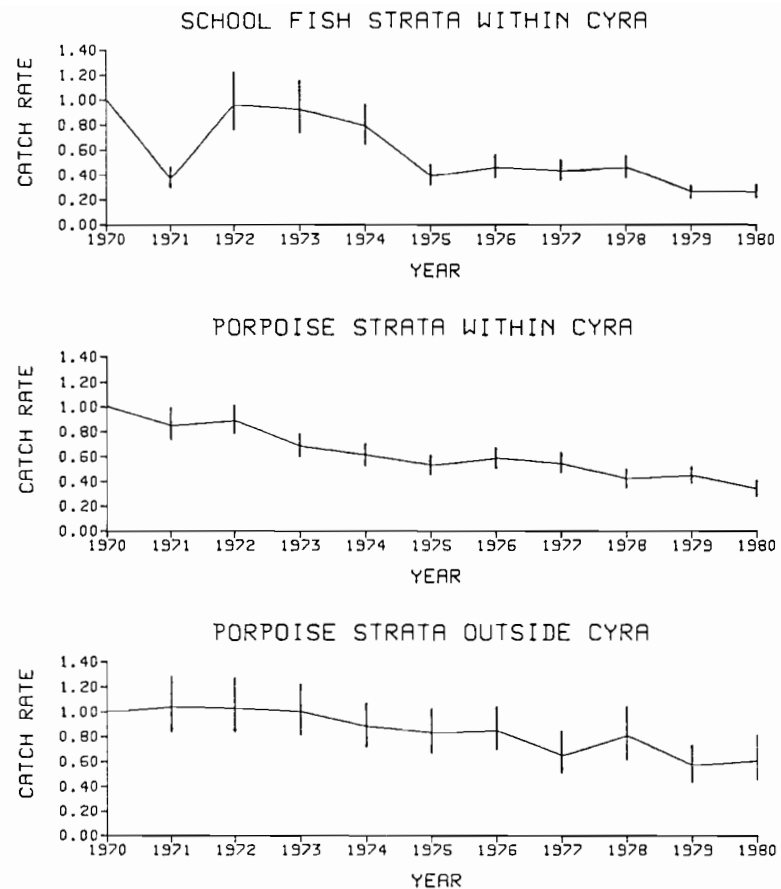


FIGURE 6. Standardized catch rates from the linear model relative to 1970. The vertical bars are the approximate 95% confidence intervals.

FIGURA 6. Indices normalizados de captura según el modelo lineal referente a 1970. Las líneas verticales son aproximadamente los intervalos de confianza del 95%.

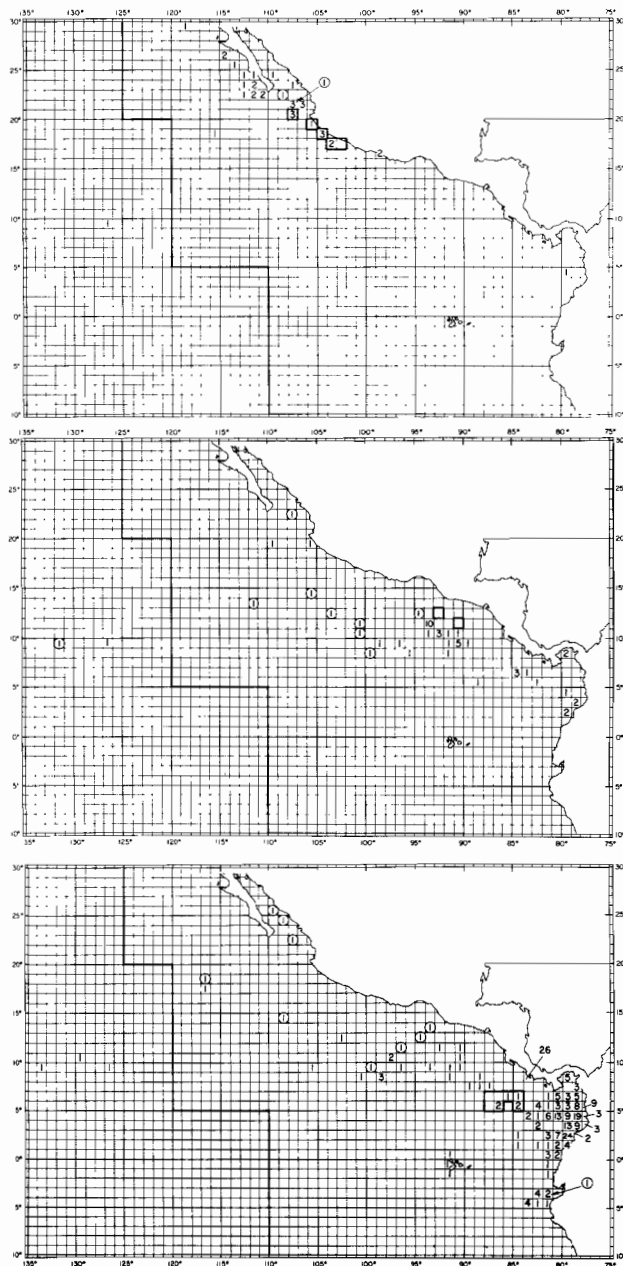


FIGURE 7. Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged yellowfin released during March-May 1979. The numerals with circles around them indicate recaptures during 1980.

FIGURA 7. Zonas de liberación (áreas delineadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) del aleta amarilla marcado y liberado durante marzo-mayo de 1979. Las cifras rodeadas con un círculo indican recapturas obtenidas en 1980.

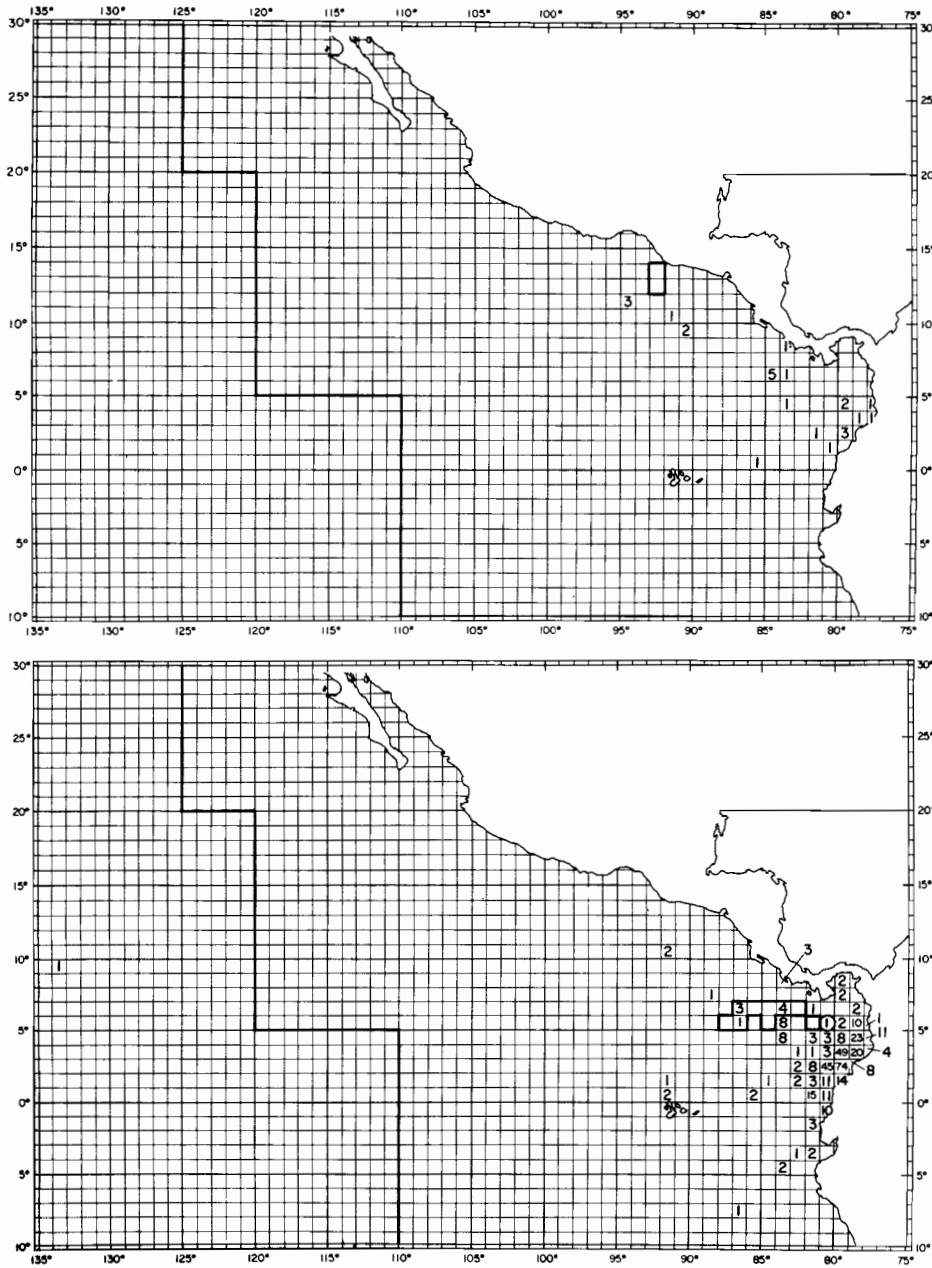


FIGURE 8. Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged skipjack released during April-May 1979. The numeral with a circle around it indicates a recapture during 1980.

FIGURA 8. Zonas de liberación (áreas delineadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) del barrilete marcado y liberado durante abril-mayo de 1979. Las cifras rodeadas por un círculo indican recapturas obtenidas en 1980.

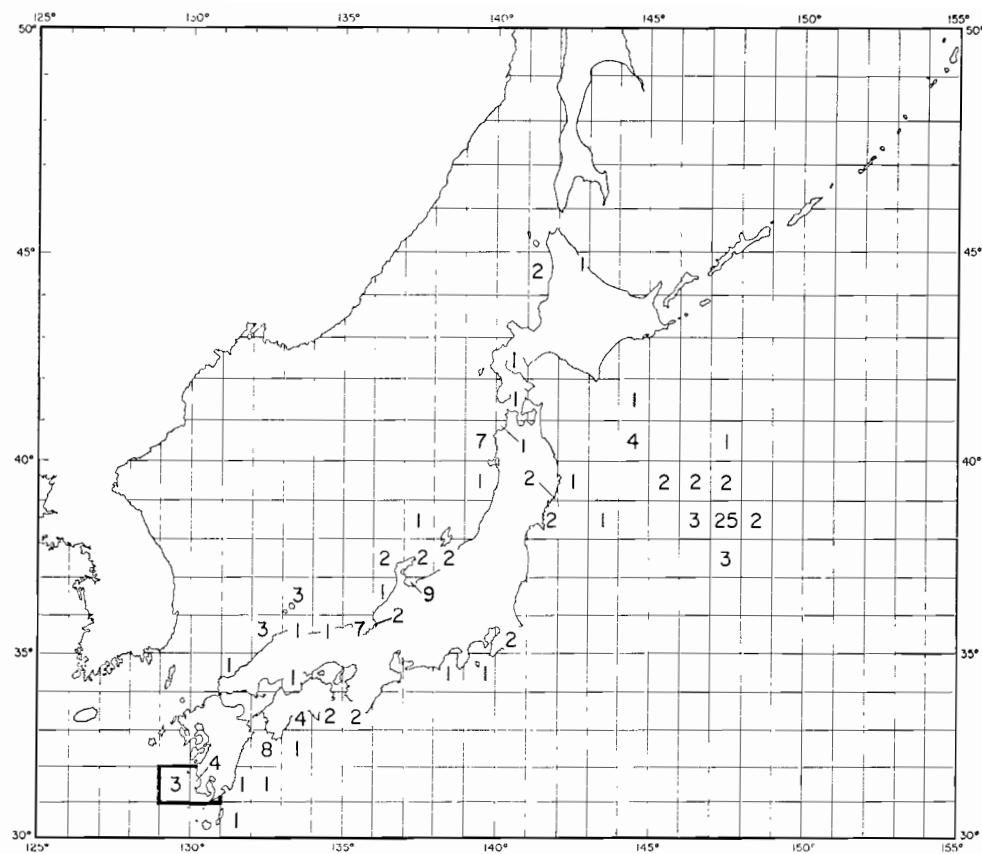


FIGURE 9. Area of release (area delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged bluefin released during January-May 1980.

FIGURA 9. Zona de liberación (áreas delineadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) del *Thunnus thynnus* marcado y liberado durante enero-mayo de 1980.

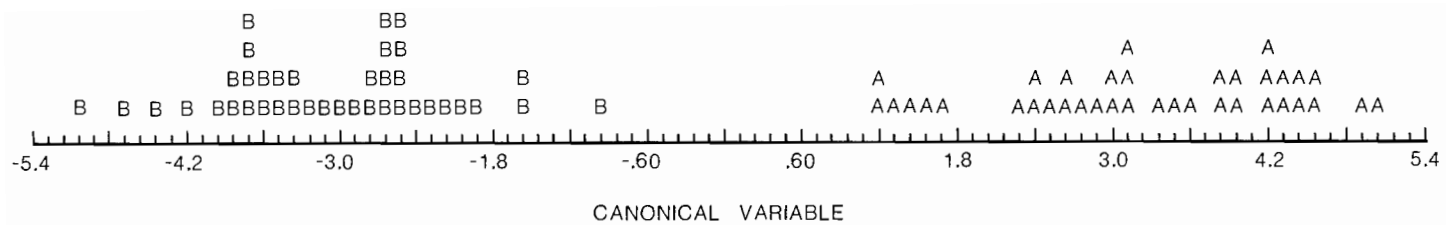


FIGURE 10. Histogram of replicates in canonical space. Data points represent individual scores computed by discriminant analysis of x-ray spectra. Samples are from the northern area of the fishery (A) and from the south (B).

FIGURA 10. Un histograma de duplicados en el espacio canónico. Los puntos de los datos representan resultados individuales computarizados mediante el análisis discriminante del espectro de los rayos X. Las muestras provienen de la zona norte (A) y sur (B) de pesca.

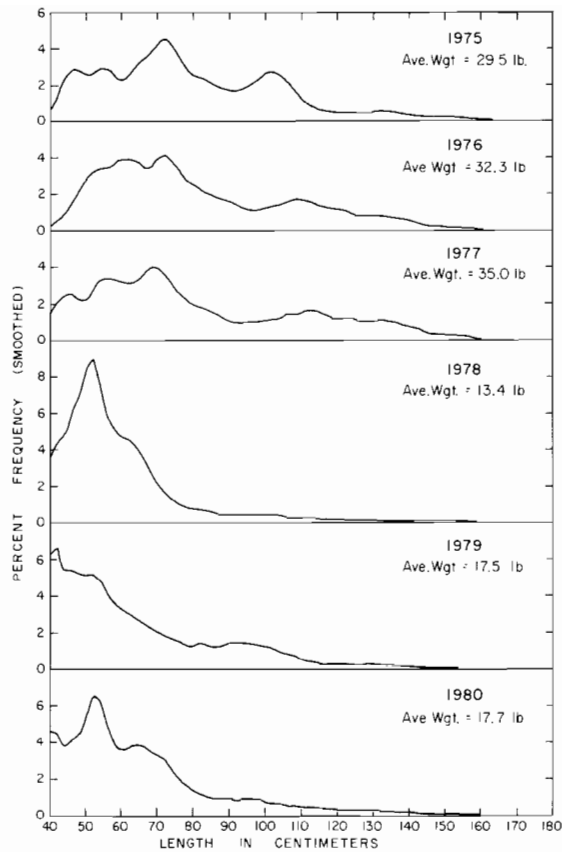


FIGURE 11. Length-frequency distributions of yellowfin samples in the CYRA, 1975-1980.

FIGURA 11. Distribución frecuencia-talla del atún aleta amarilla muestreado en el ARCAA, 1975-1980.

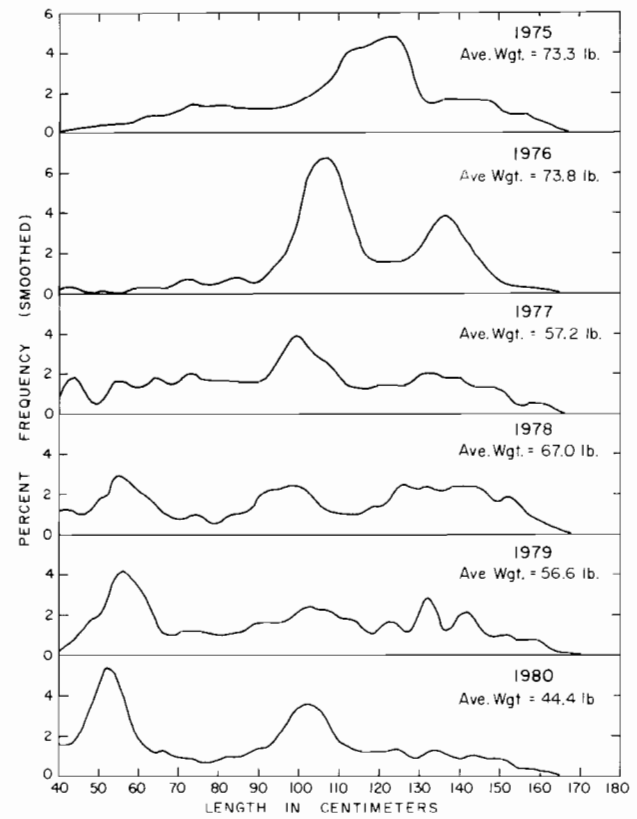


FIGURE 12. Length-frequency distributions of yellowfin samples between the CYRA boundary and 150°W, 1975-1980.

FIGURA 12. Distribución frecuencia-talla del atún aleta amarilla muestreado entre el límite del ARCAA y los 150°W, 1975-1980.

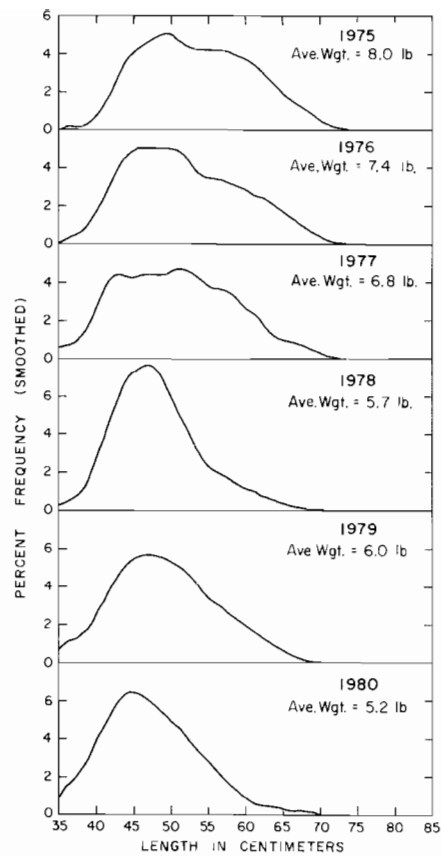


FIGURE 13. Length-frequency distributions of skipjack samples from the eastern Pacific Ocean, 1975-1980.

FIGURA 13. Distribución frecuencia-talla del barrilete muestreado en el Océano Pacífico oriental, 1975-1980.

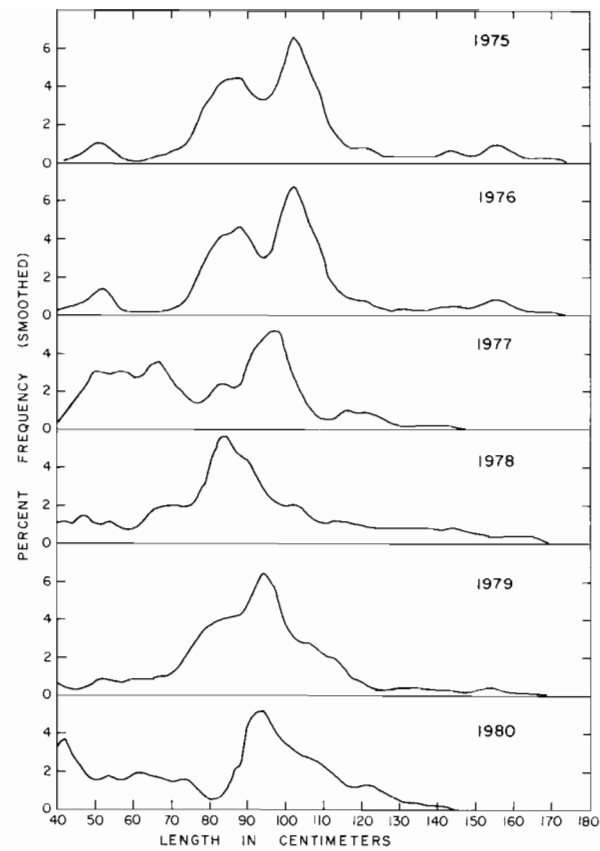


FIGURE 14. Length-frequency distributions of bigeye samples in the CYRA, 1975-1980.

FIGURA 14. Distribución frecuencia-talla del *Thunnus obesus* muestreado en el ARCAA, 1975-1980.

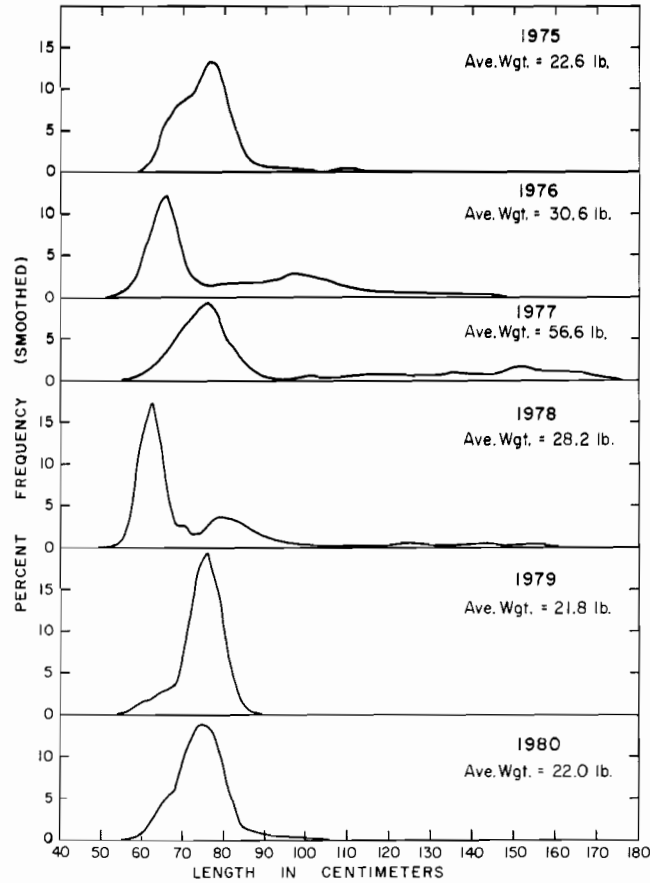


FIGURE 15. Length-frequency distributions of bluefin samples in the CYRA, 1975-1980.

FIGURA 15. Distribución frecuencia-talla del *Thunnus thynnus* muestreado en el ARCAA, 1975-1980.

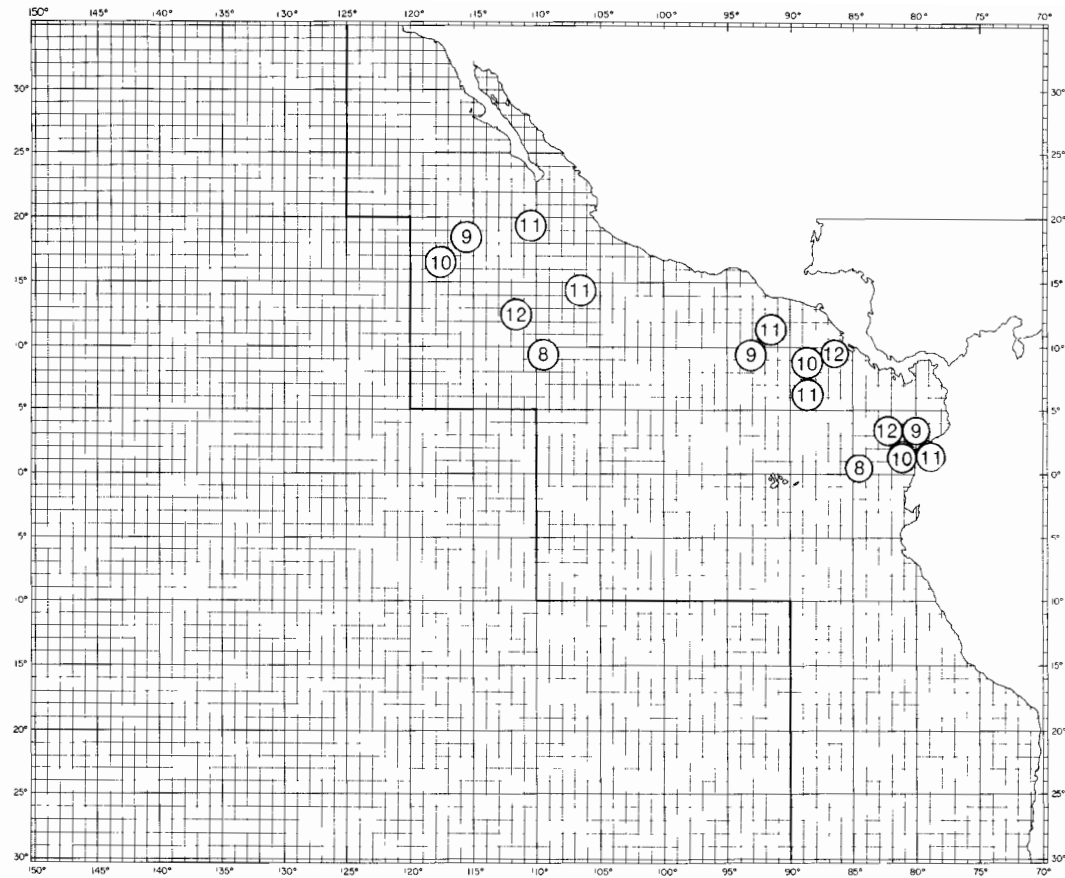


FIGURE 16. Locations where black skipjack specimens were captured in 1980. Numerals indicate the month of capture.

FIGURA 16. Localidades en las que se capturaron ejemplares de *Euthynnus lineatus* en 1980. Las cifras indican el mes de captura.

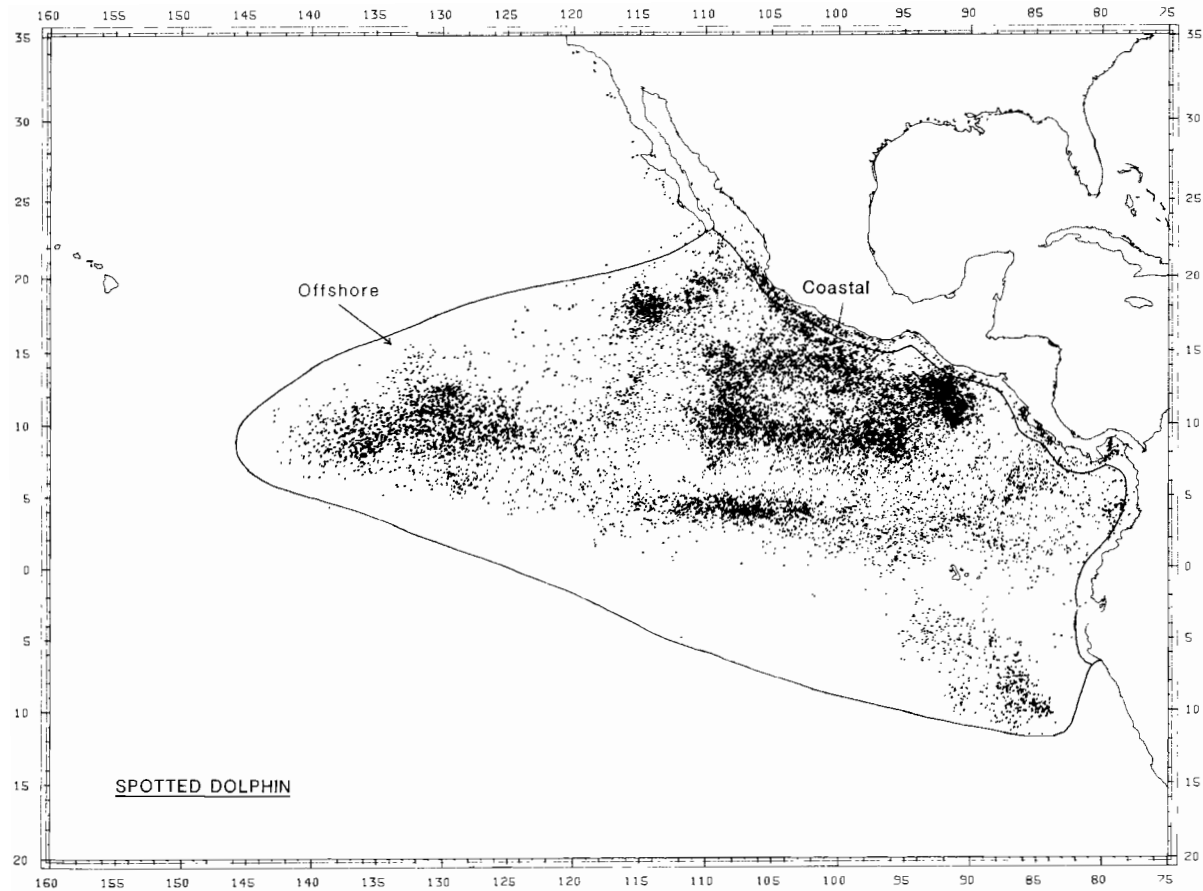


FIGURE 17. Distribution of spotted dolphin sightings by technicians on tuna seiners from 1977-1979.

FIGURA 17. Distribución de *Stenella attenuata* observada por técnicos en barcos cerqueros, 1977-1979.

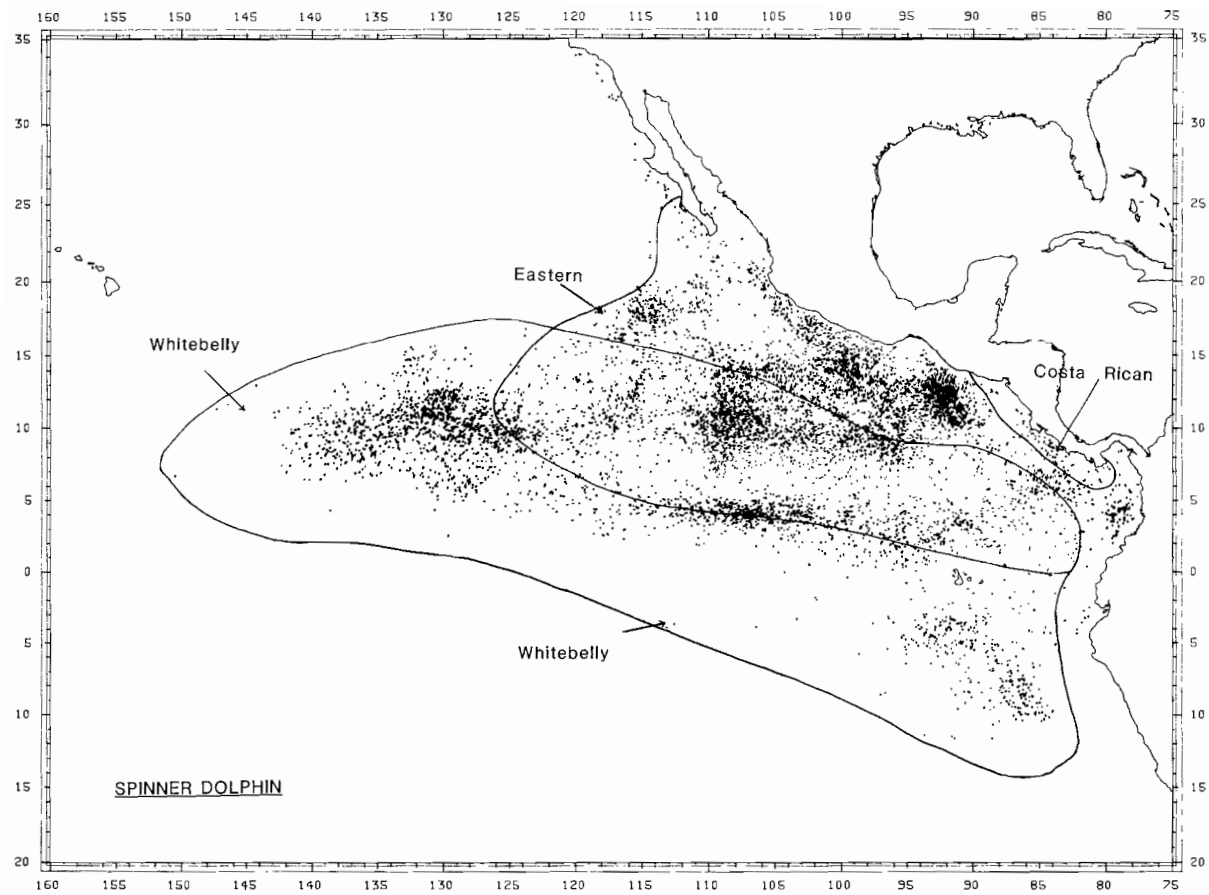


FIGURE 18. Distribution of spinner dolphin sightings by technicians on tuna seiners from 1977-1979.

FIGURA 18. Distribución de *Stenella longirostris* observada por técnicos en barcos cerqueros, 1977-1979.

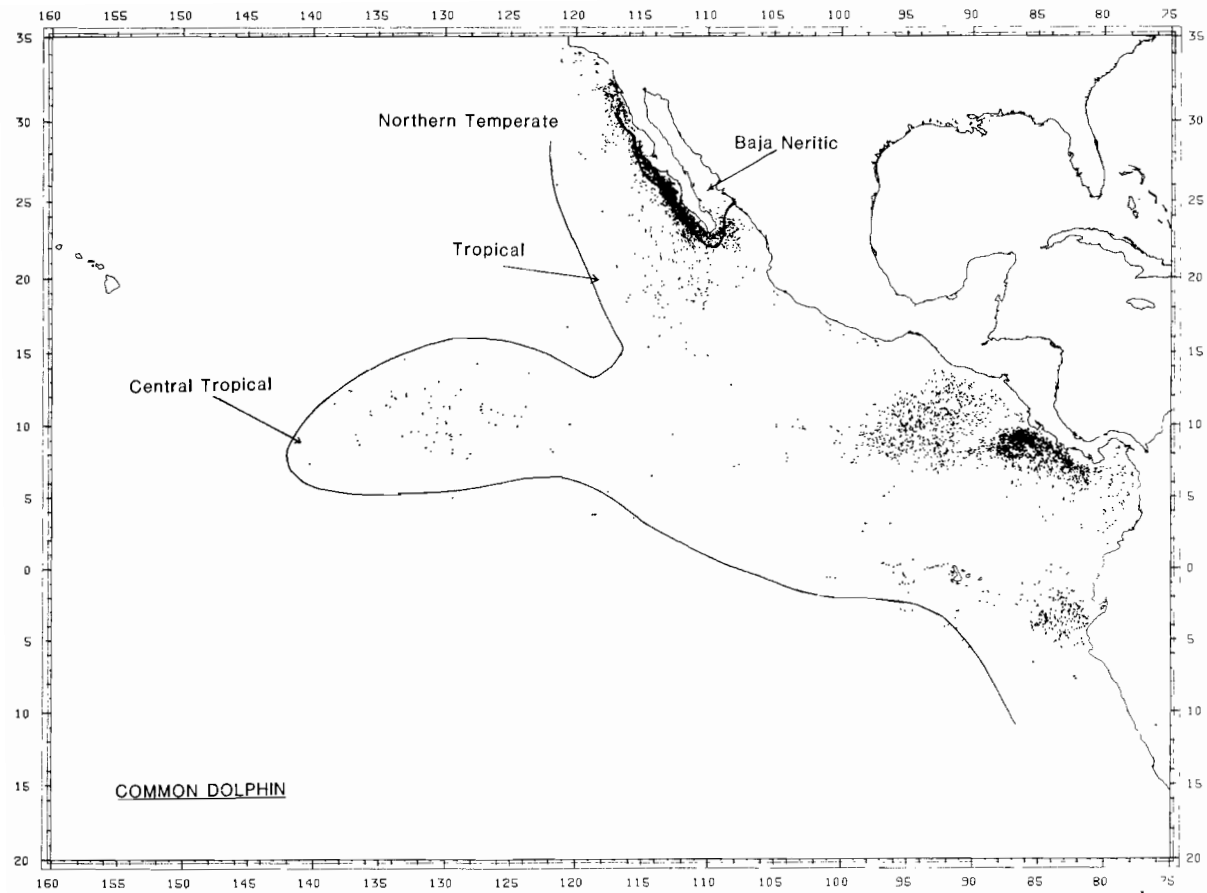


FIGURE 19. Distribution of common dolphin sightings by technicians on tuna seiners from 1977-1979.

FIGURA 19. Distribución de *Delphinus delphis* observada por técnicos en barcos cerqueros, 1977-1979.

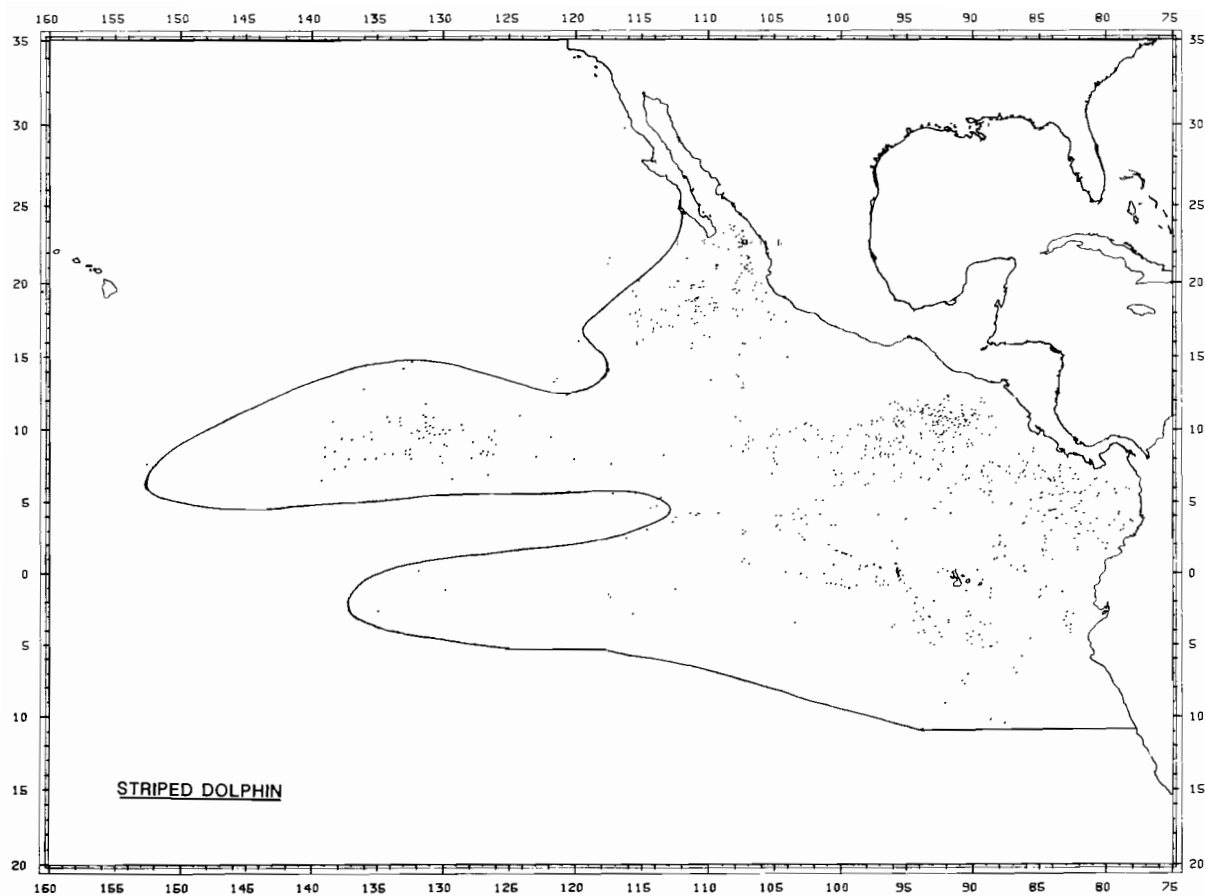


FIGURE 20. Distribution of striped dolphin sightings by technicians on tuna seiners from 1977-1979.

FIGURA 20. Distribución de *Stenella coeruleoalba* observada por técnicos en barcos cerqueros, 1977-1979.

TUNA COMMISSION

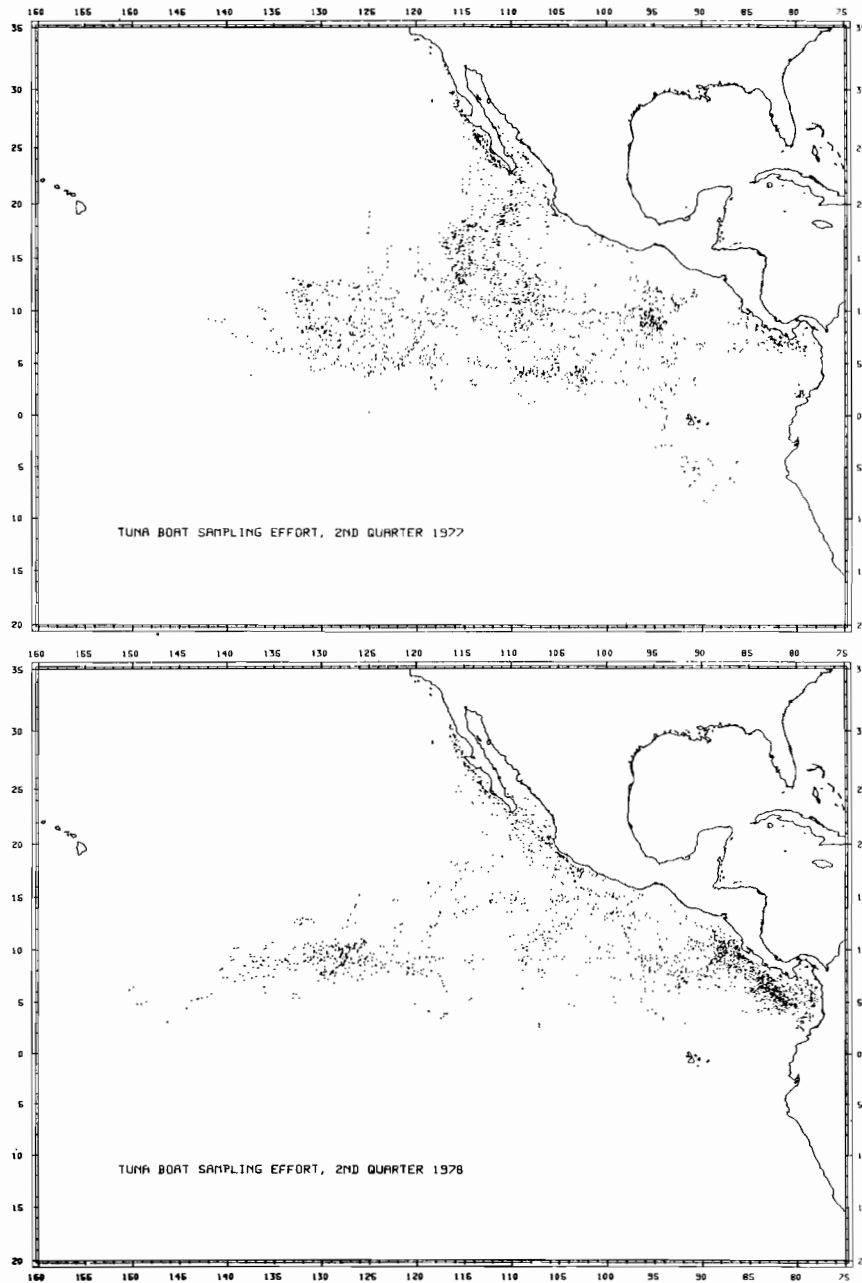


FIGURE 21. Sampling effort of seiners with U.S. technicians in (a) the second quarter of 1977 and (b) the second quarter of 1978.

FIGURA 21. Esfuerzo del muestreo de los cerqueros que llevaban a bordo técnicos de los EEUU en (a) segundo trimestre de 1977 y (b) segundo trimestre de 1978.

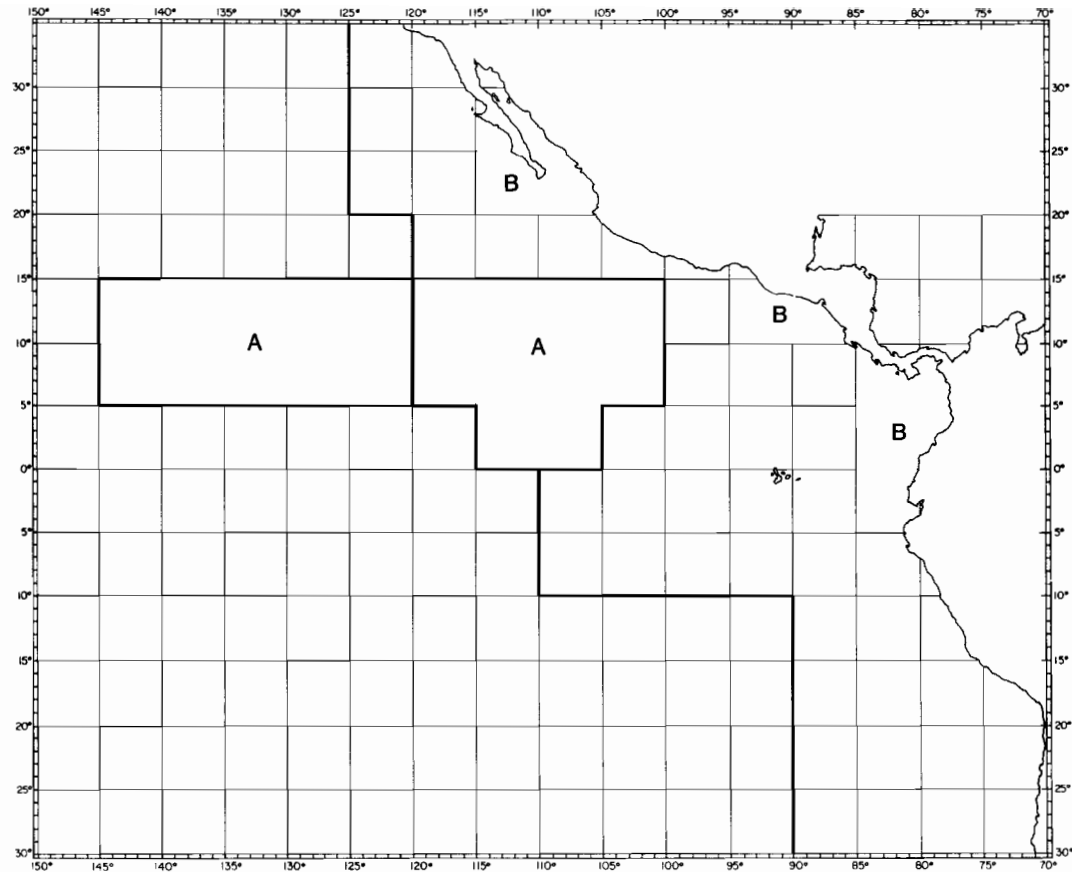


FIGURE 22. Areas ($5^{\circ} \times 5^{\circ}$ "squares") of the eastern tropical Pacific tuna fishery where fishing is primarily for tuna associated with dolphins (a), and for tuna unassociated with dolphins (b), based on data from 1970-1979.

FIGURA 22. Zonas ("cuadrados" $5^{\circ} \times 5^{\circ}$) de la pesca atunera del Pacífico oriental tropical, en las que la captura es principalmente (a) de atunes asociados con delfines y (b) de atunes no asociados con delfines, según los datos de 1970-1979.

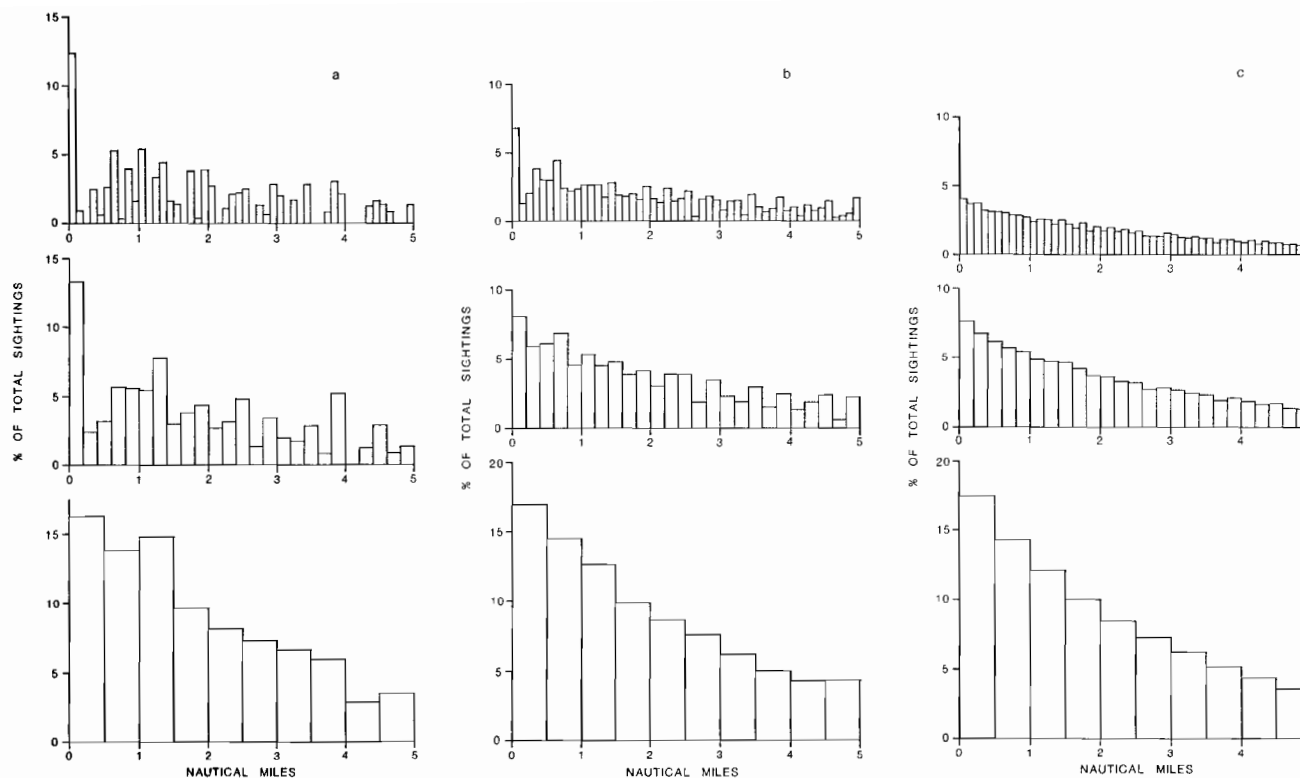


FIGURE 23. Histograms of perpendicular distance (x) in nautical miles calculated from simulated sighting angle (θ) and sighting distance (r) distributions, where $x = r \sin(\theta)$. (a) θ rounded to the nearest 10° , r rounded to the nearest 1.0 nm for three interval groupings; (b) θ to nearest 5° , r to nearest 0.5 nm for three interval groupings; (c) θ to nearest 2° , r to nearest 0.2 nm for three interval groupings.

FIGURA 23. Histogramas de la distancia perpendicular (x) en millas náuticas, calculadas según la distribución del ángulo simulado de observación (θ) y aquella de la distancia vista (r), donde $x = r \text{ seno } (\theta)$. (a) se redondea θ a los 10° más próximos, r se redondea a la 1.0 mn más cercana correspondiente a tres intervalos de agrupamientos; (b) θ a los 5° más próximos, r a la 0.5 mn más cercana de los tres intervalos de agrupamientos; (c) θ a los 2° más próximos, r a la 0.2 mn más cercana de los tres intervalos de agrupamientos.

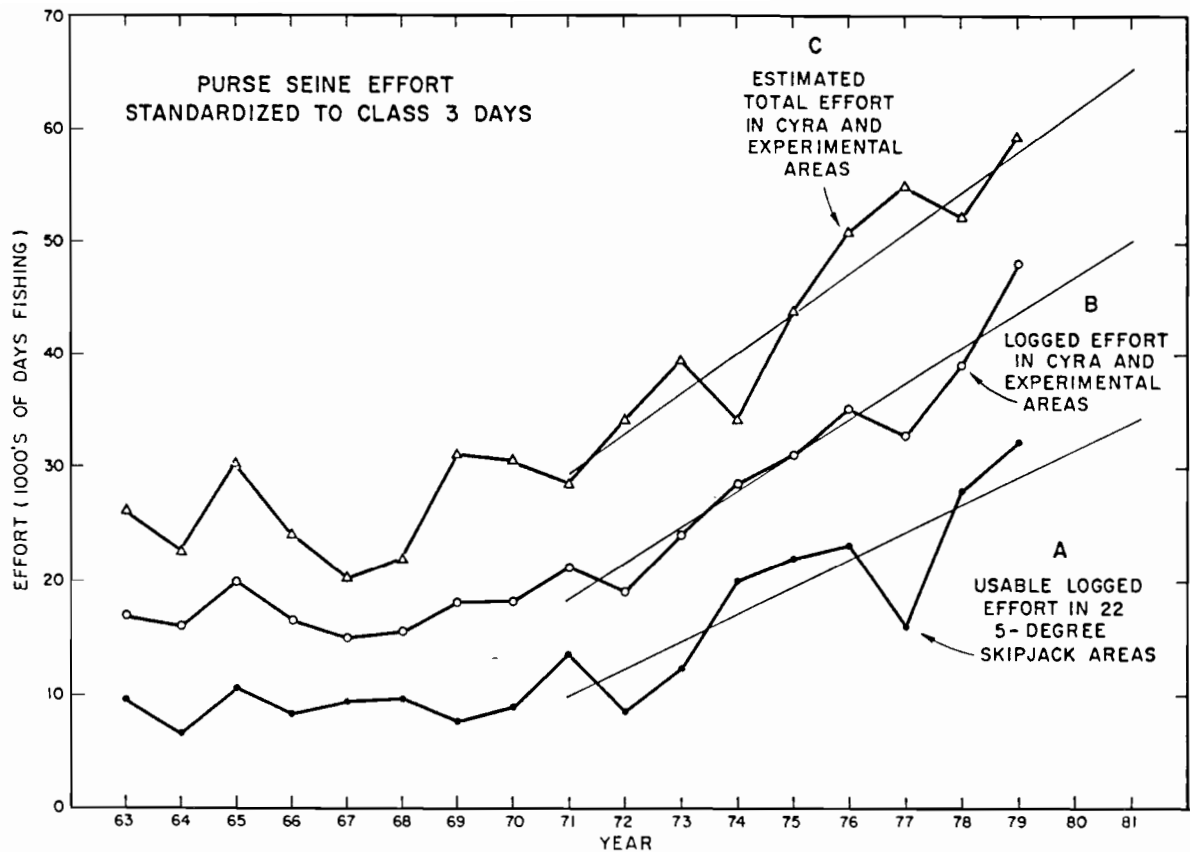


FIGURE 24. Annual purse-seine effort in the eastern Pacific standardized to class-3 days estimated by three methods for the 1963-1979 period. The linear regression lines are based on the data from 1971 to 1979.

FIGURA 24. Esfuerzo anual cerquero en el Pacífico oriental normalizado a días de la clase 3 de arqueo, estimado mediante tres métodos durante el período de 1963-1979. Las líneas de la regresión lineal se basan en los datos de 1971-1979.

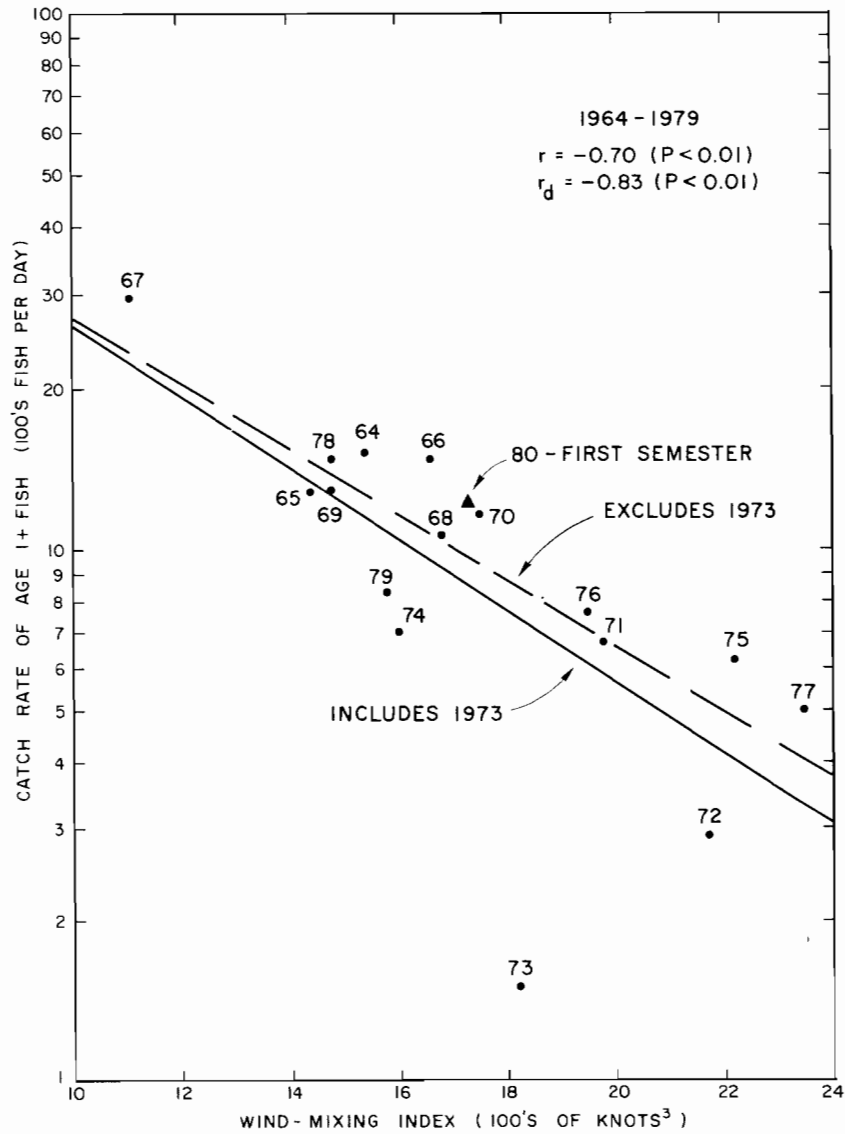


FIGURE 25. Plots of the annual catch rate of age-1+ skipjack captured by purse seiners east of 150°W based on logged effort in 22 selected 5-degree areas standardized to class-3 vessels versus the wind-mixing index for the area within the mean monthly latitudes of the 82°F isotherm between 180° and 135°W, at an earlier time. Numbers indicate fishing years. The catch rate for 1980 is for the first semester only.

FIGURA 25. Diagrama del índice de captura anual del barrilete de 1+ años, capturado por embarcaciones cerqueras al este de los 150°W, basado en el esfuerzo registrado de una época anterior en 22 zonas seleccionadas de 5 grados, normalizado a días de la clase 3 de arqueo, versus el índice de mezcla del viento en la zona ubicada en las latitudes medias mensuales de la isoterma de 82°F entre los 180° y 135°W. Las cifras indican los años de pesca. El índice de captura de 1980, corresponde solamente al primer trimestre.

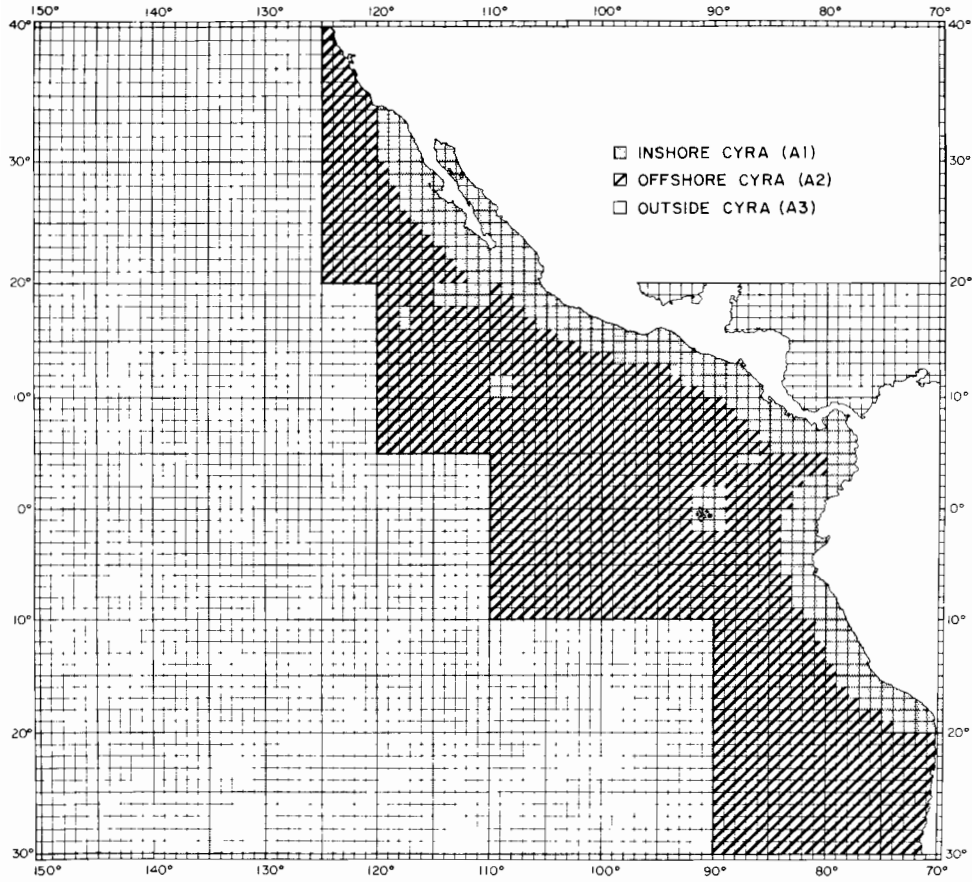


FIGURE 26. The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

FIGURA 26. El Océano Pacífico oriental, en el que se indica la zona histórica de pesca A1 de atún aleta amarilla, la zona más reciente de pesca en el Área Reglamentaria de la Comisión de aleta Amarilla (ARCAA) denominada A2 y la zona fuera del ARCAA A3.

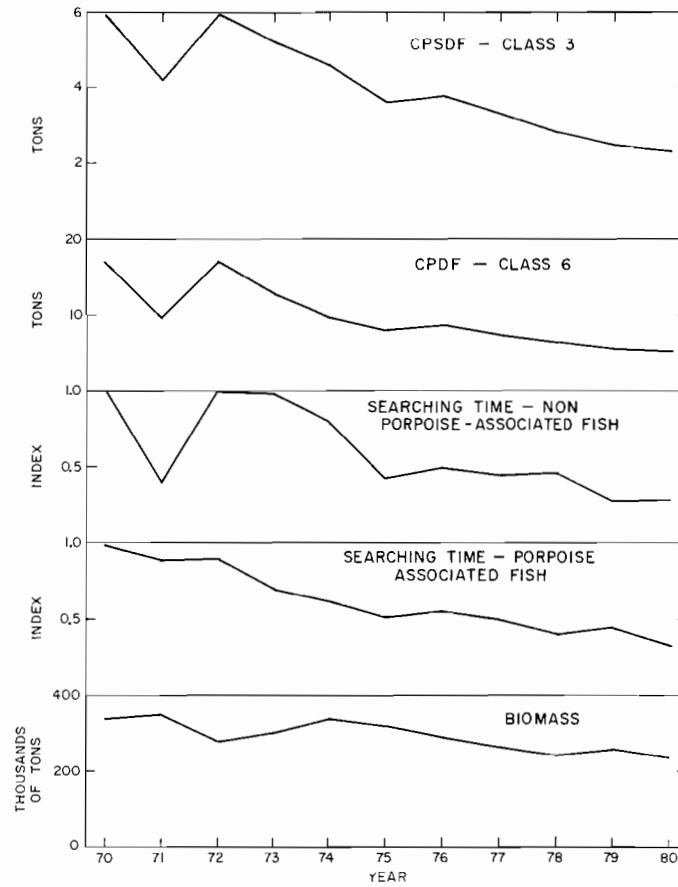


FIGURE 27. Five indices of abundance of yellowfin in the CYRA, 1970-1980.

FIGURA 27. Cinco índices de la abundancia del aleta amarilla en el ARCAA, 1970-1980.

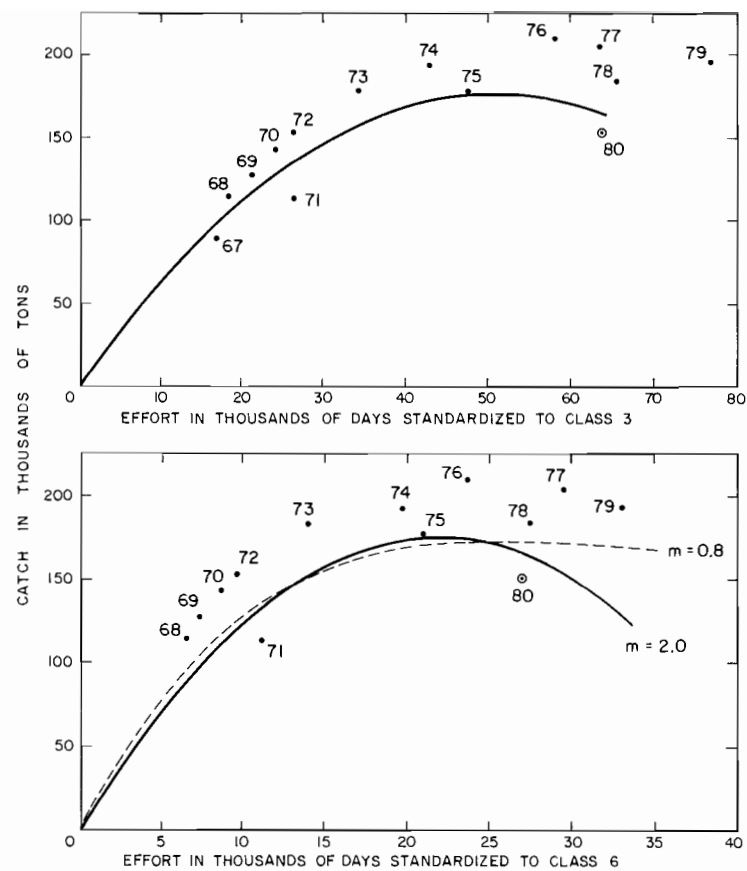


FIGURE 28. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1967-1980 (upper panel) and 1968-1980 (lower panel).

FIGURA 28. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca del aleta amarilla en el ARCAA, 1967-1980 (recuadro superior) y 1968-1980 (recuadro inferior).

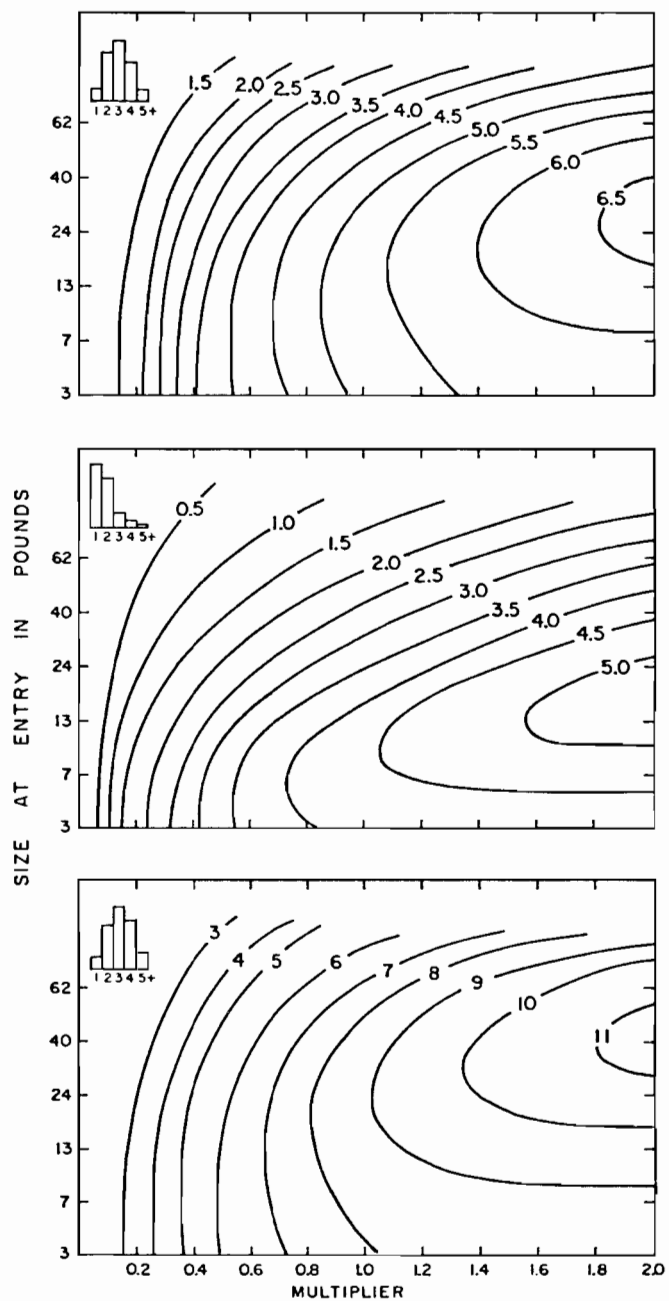


FIGURE 29. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin.

FIGURA 29. Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla.

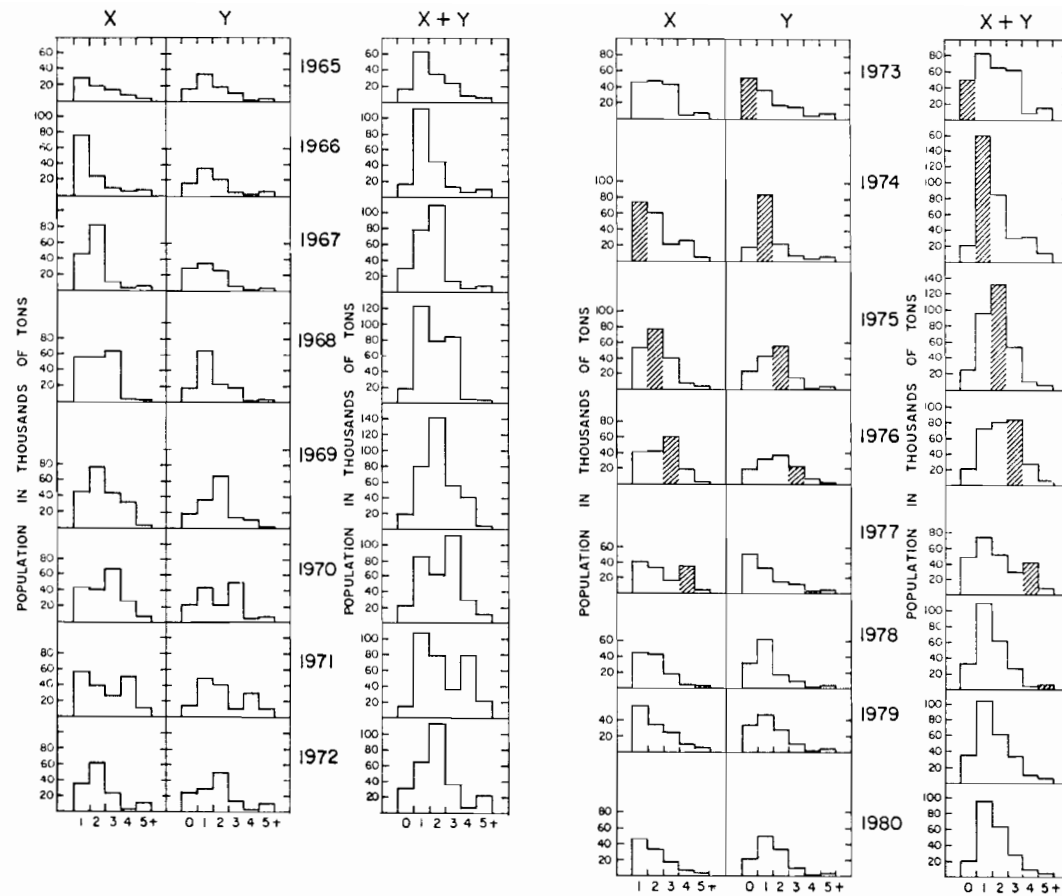


FIGURE 30. Annual biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1965-1980, by age groups.

FIGURA 30. Estimación anual de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad, 1965-1980

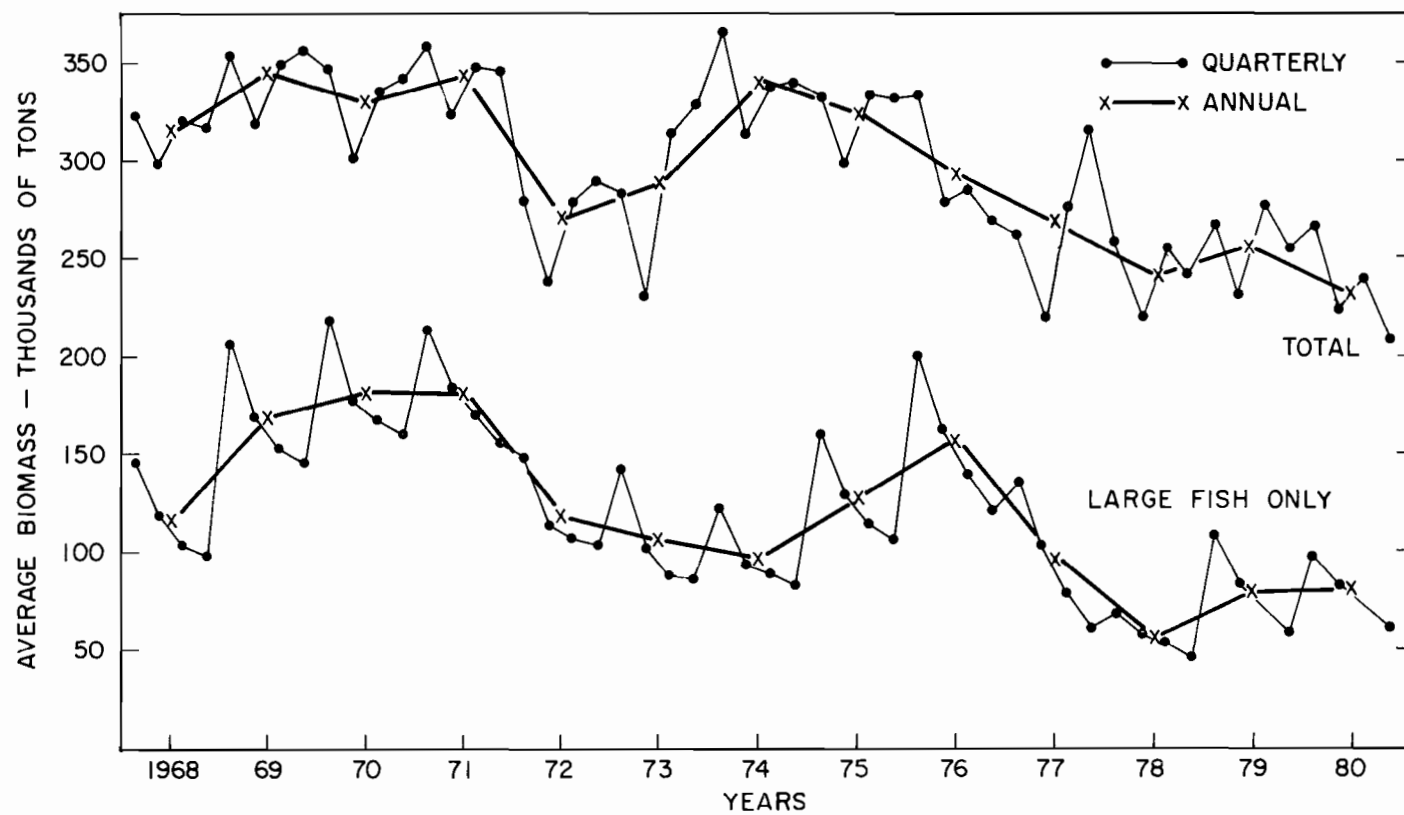


FIGURE 31. Annual and quarterly biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1968-1980, for all fish and for larger fish only.

FIGURA 31. Estimación anual y trimestral de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, de todos los peces y solo de los peces grandes, 1968-1980.

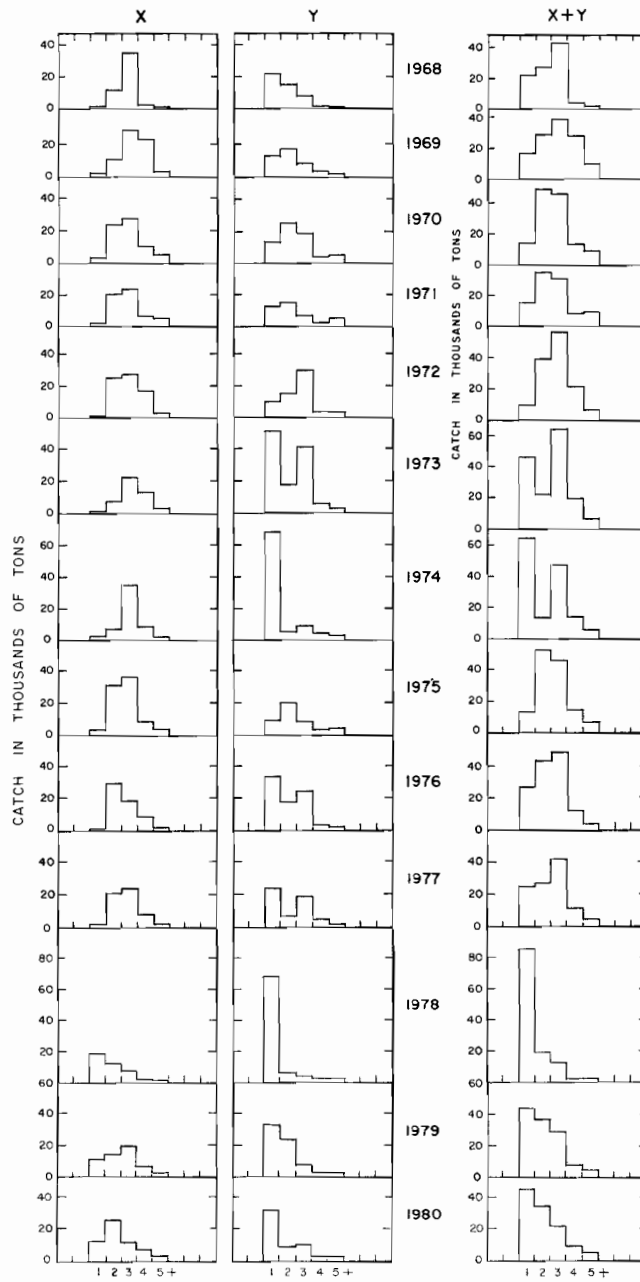


FIGURE 32. Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1980, by X and Y groups.

FIGURA 32. Estimación de captura del aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad, por grupos X e Y, obtenida por barcos cerqueros en los dos primeros trimestres del año, 1968-1980.

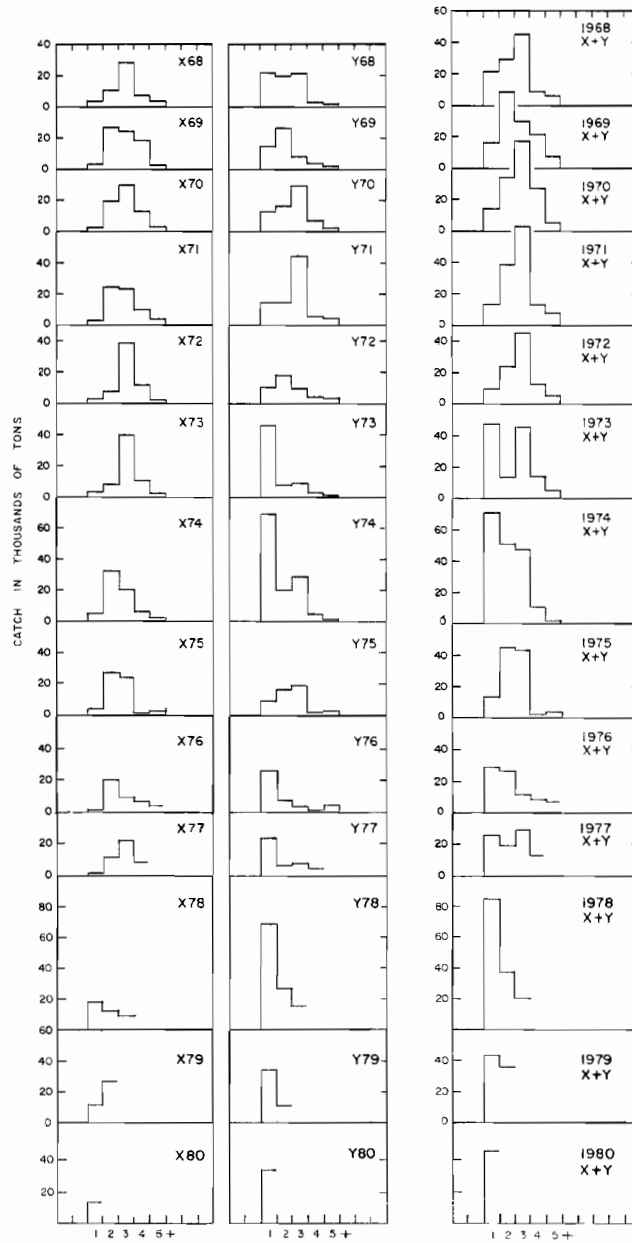


FIGURE 33. Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1980 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1980, by X and Y groups.

FIGURA 33. Estimación de captura del aleta amarilla de las generaciones del 1968 a 1980, de 1 a 5+ años de edad, por grupos X e Y, obtenida por barcos cerqueros en los dos primeros trimestres del año de 1968 a 1980.

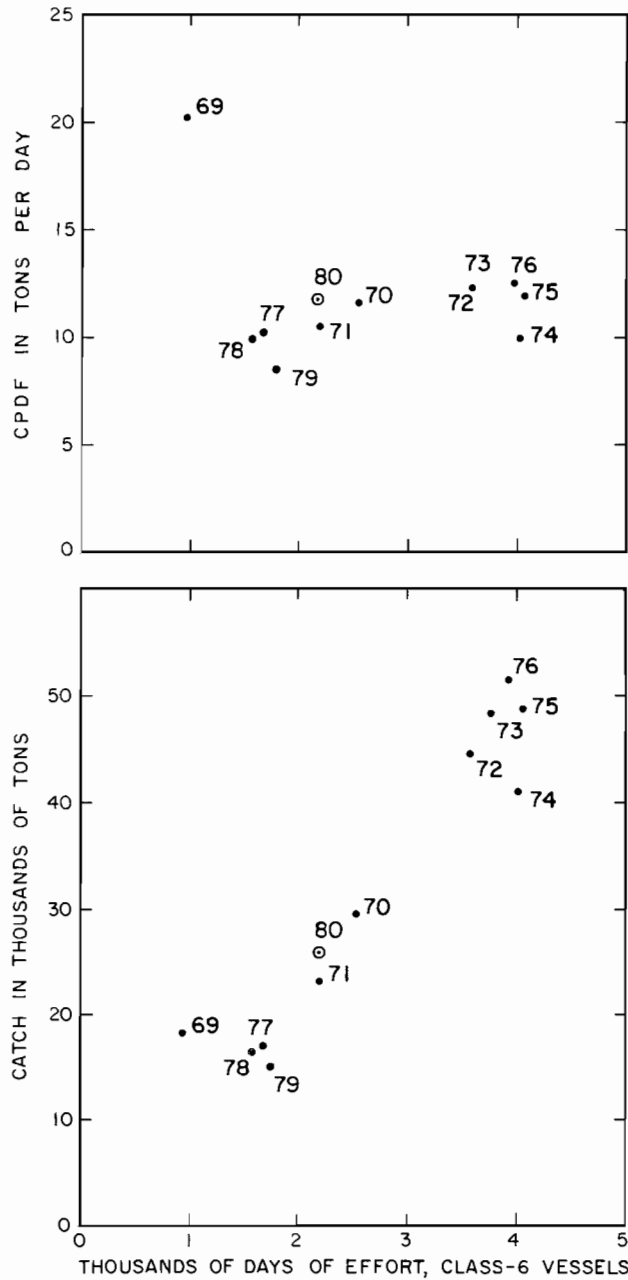


FIGURE 34. Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the areas outside the CYRA, 1969-1980.

FIGURA 34. Relación entre la CPDF y el esfuerzo (recuadro superior) y entre la captura y el esfuerzo (recuadro inferior) para el aleta amarilla en las zonas fuera del ARCAA, 1969-1980.

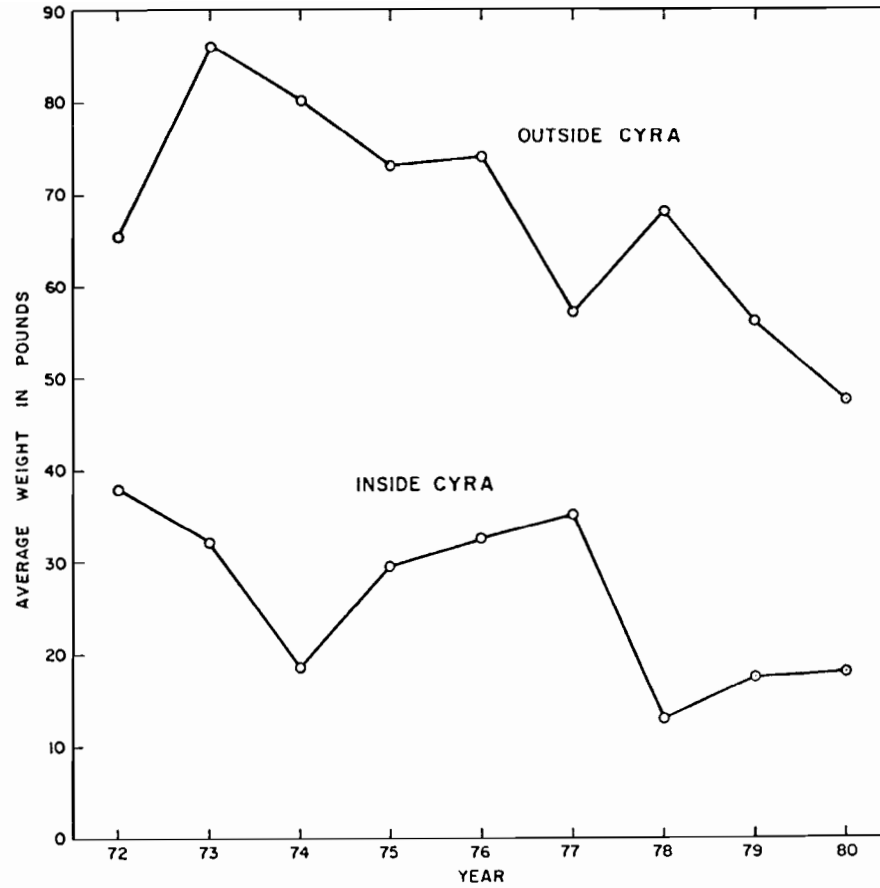


FIGURE 35. Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA, 1972-1980.

FIGURA 35. Peso promedio del aleta amarilla capturado en el ARCAA y fuera de esta zona, 1972-1980.

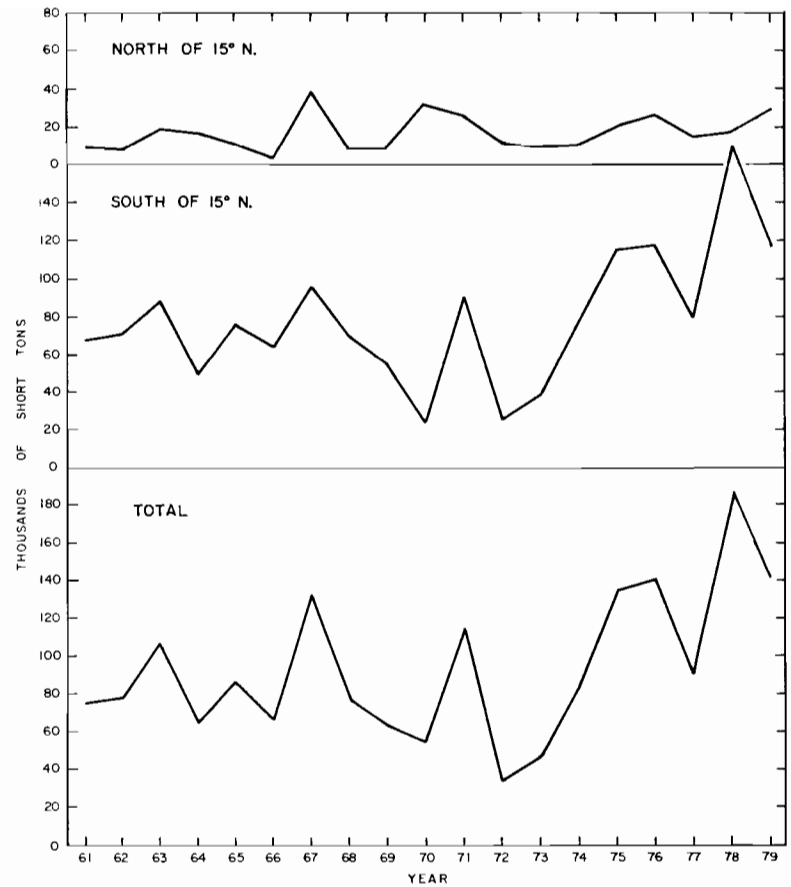


FIGURE 36. Estimated catches of skipjack in the CYRA north and south of 15°N, 1961–1980.

FIGURA 36. Estimación de la captura de barrilete en el ARCAA, al norte y sur de los 15°N, 1961–1980.

TUNA COMMISSION

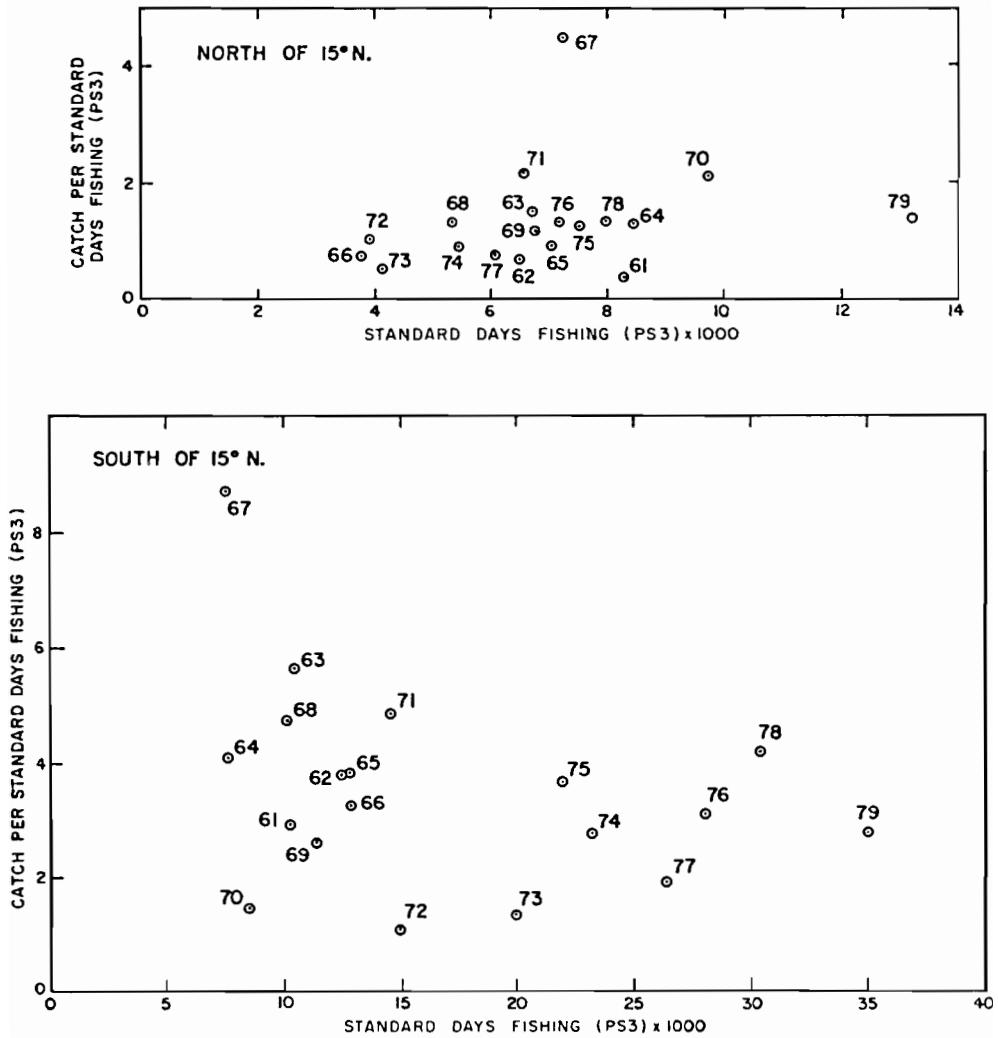


FIGURE 37. Relationships between CPUE and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the CYRA north and south of 15°N, using data for all 5-degree areas, 1961-1979.

FIGURA 37. Relación entre la CPUE y el esfuerzo (reglamentado y sin reglamentar) dirigido hacia el barrilete en el ARCAA al norte y sur de los 15°N, empleando los datos de todas las zonas de 5 grados, 1961-1979.

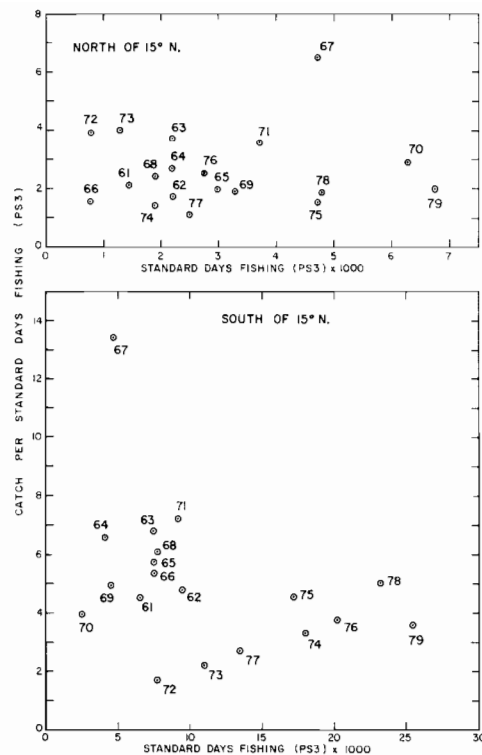


FIGURE 38. Relationships between CPUE and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the CYRA north and south of 15°N, using only data for selected 5-degree areas, 1961-1979.

FIGURA 38. Relación entre la CPUE y el esfuerzo (reglamentado y sin reglamentar) dirigido hacia el barrilete en el ARCAA al norte y sur de los 15°N, empleando solamente los datos de zonas seleccionadas de 5 grados, 1961-1979.

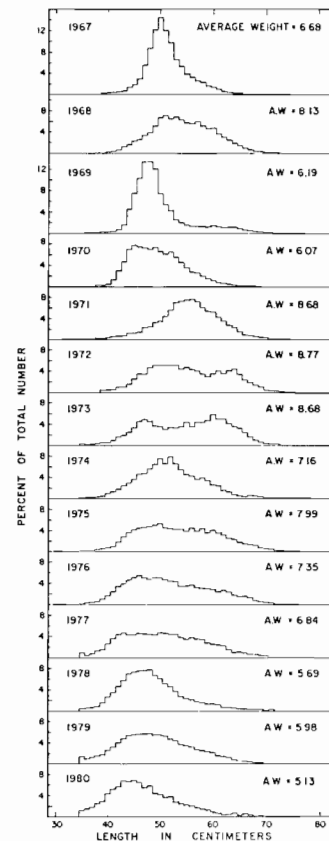


FIGURE 39. Length frequencies of skipjack caught in the CYRA, 1967-1980.

FIGURA 39. Las frecuencias de talla de barriletes capturados en el ARCAA, 1967-1980.

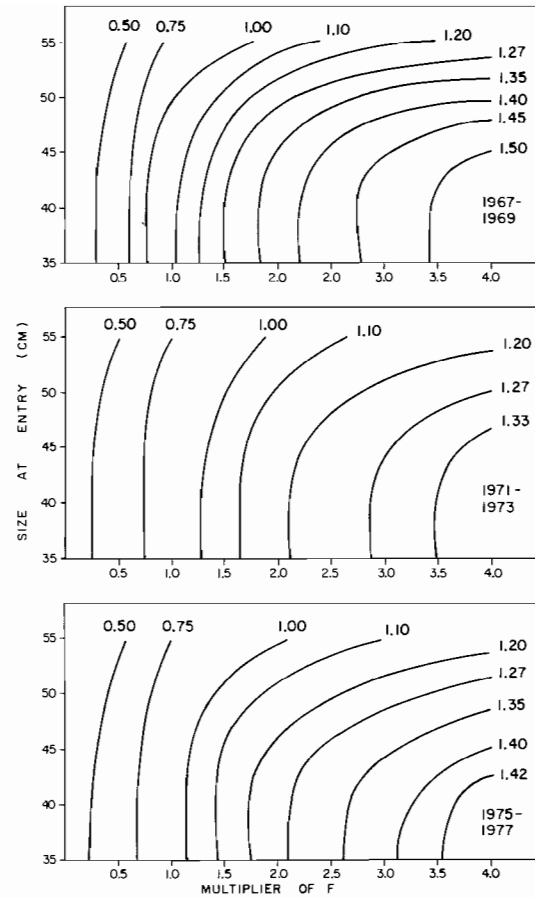


FIGURE 40. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.

FIGURA 40. Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del barrilete.

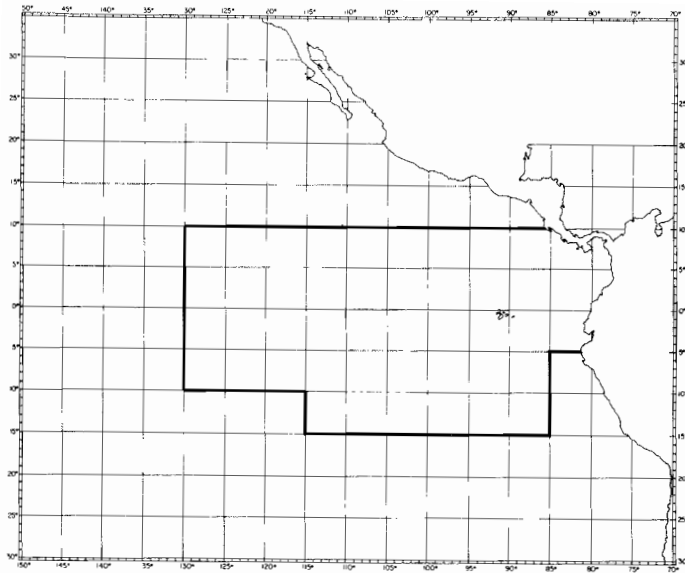


FIGURE 41. Portion of the eastern Pacific Ocean which contains most of the bigeye catches made by longlines and which was used for analysis of the catch and effort data for the 1956-1978 period.

FIGURA 41. Zona del Océano Pacífico oriental que contiene la mayoría de las capturas de *Thunnus obesus*, obtenidas por barcos palangreros y que se emplearon para analizar los datos de captura y esfuerzo correspondientes al período de 1956-1978.

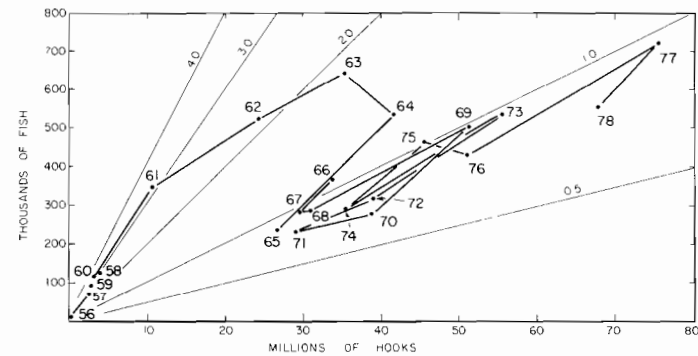


FIGURE 42. Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye for the 1956-1978 period in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated by heavy lines in Figure 41. The fine lines denote catches per unit of effort in numbers of fish per 100 hooks.

FIGURA 42. Relación entre la estimación de la captura y el esfuerzo palangreros de *Thunnus obesus*, en el período de 1956-1978, en la parte del Océano Pacífico oriental trazada por líneas gruesas en la Figura 41. Las líneas finas indican capturas por unidad de esfuerzo en cantidades de peces por 100 anzuelos.

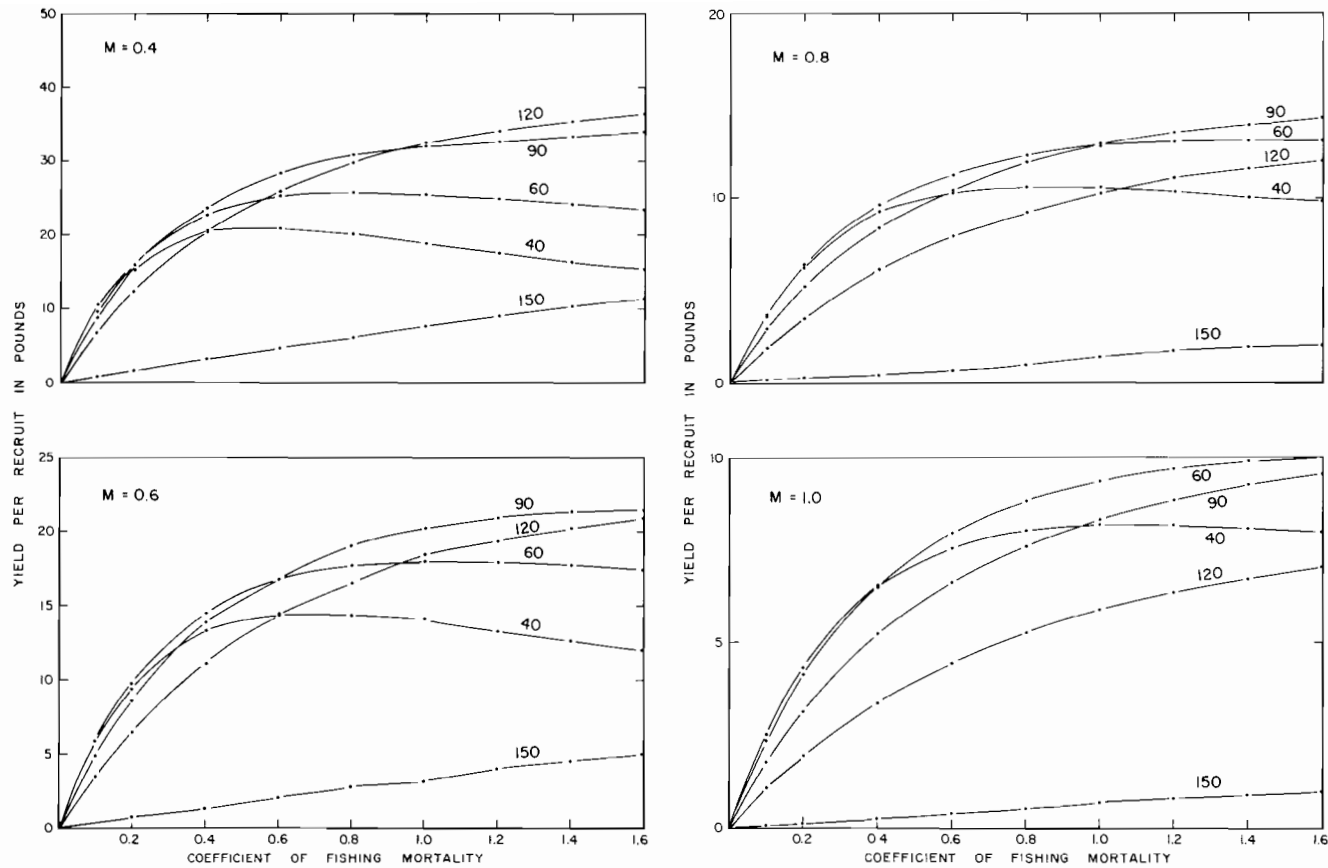


FIGURE 43. Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing effort and lengths at entry for annual mortality rates of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0.

FIGURA 43. Estimación del rendimiento por recluta de *Thunnus obesus* por medio de varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de las tallas de entrada, correspondientes a los índices de la mortalidad natural anual de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0.

TABLE 1. Catches (in short tons) by the eastern Pacific tuna fleet, 1961 through 1980. (See text on p. for details.)

TABLA 1. Capturas (toneladas americanas) por la flota atunera del Pacifico oriental, de 1961 hasta 1980. (Para detalles vea página del texto.)

A. Catches of yellowfin, skipjack and bigeye tuna* taken by this fleet in the eastern Pacific Ocean east of 150°W.

A. Capturas de atún aleta amarilla, barrilete y patudo* obtenidas por esta flota en el Océano Pacífico oriental al este de los 150°W.

Year Año	CYRA—ARCAA									West of CYRA and East of 150°W Al Oeste Del ARCAA, y Al Este De Los 150°W			Total Eastern Pacific Total Pacifico Oriental		
	Exclusive of experimental areas Sin las zonas experimentales			Experimental areas Zonas experimentales			Total Total			YF AA	SJ BR	BE PT	YF AA	SJ BR	BE PT
1961	115,650	75,424	235	0	0	0	115,650	75,424	235	0	0	0	115,650	75,424	235
1962	87,106	78,139	361	0	0	0	87,106	78,139	361	0	0	0	87,106	78,139	361
1963	72,136	105,235	83	0	0	0	72,136	105,235	83	0	0	0	72,136	105,235	83
1964	98,405	59,680	75	0	0	0	98,405	59,680	75	0	0	0	98,405	59,680	75
1965	88,250	84,594	130	0	0	0	88,250	84,594	130	0	0	0	88,250	84,594	130
1966	91,203	64,574	290	0	0	0	91,203	64,574	290	0	0	0	91,203	64,574	290
1967	89,995	132,462	1,621	0	0	0	89,995	132,462	1,621	0	0	0	89,995	132,462	1,621
1968	114,427	78,090	2,783	0	0	0	114,427	78,090	2,783	1,207	3	0	115,634	78,093	2,783
1969	126,899	64,140	606	0	0	0	126,899	64,140	606	19,217	980	28	146,116	65,120	634
1970	142,627	55,247	1,460	0	0	0	142,627	55,247	1,460	30,679	6,458	9	173,306	61,705	1,469
1971	113,886	114,529	2,830	0	0	0	113,886	114,529	2,830	22,758	1,005	0	136,644	115,534	2,830
1972	152,535	35,486	2,467	0	0	0	152,535	35,486	2,467	44,768	1,248	0	197,303	36,734	2,467
1973	167,601	46,549	2,075	10,227	415	85	177,828	46,964	2,160	49,506	1,444	21	227,334	48,408	2,181
1974	187,350	83,189	953	3,931	786	7	191,281	83,975	960	41,065	2,776	20	232,346	86,751	980
1975	174,284	134,364	4,142	2,116	1,041	54	176,400	135,405	4,196	47,507	2,128	108	223,907	137,533	4,304
1976	182,083	136,837	11,179	28,583	2,908	458	210,666	139,781	11,637	50,738	1,076	0	261,404	140,857	11,637
1977	171,434	79,645	6,257	31,525	13,042	2,093	202,959	92,687	8,350	17,866	2,932	46	220,825	95,619	8,396
1978	167,938	178,072	10,806	14,839	6,583	1,490	182,777	184,655	12,296	15,715	3,011	241	198,492	187,666	12,537
1979	188,441	139,167	7,837	6,544	3,279	322	194,985	142,446	8,159	15,149	3,054	133	210,134	145,500	8,292
1980 #	135,513	116,895	14,828	11,140	8,156	1,114	146,653	125,051	15,942	29,340	19,361	409	175,993	144,412	16,351

* YF (yellowfin), SJ (skipjack), BE (bigeye)

* AA (Aleta amarilla), BR (barrilete), PT (patudo)

Preliminary

TABLE 1. Continued

TABLA 1. Continuación

B. Catches of tunas and miscellaneous species taken by this fleet in the western Pacific and Atlantic Oceans and catches of tunas (except yellowfin, skipjack and bigeye) and miscellaneous species taken in the eastern Pacific Ocean.

B. Capturas de atunes y especies misceláneas obtenidas por la flota en el Océano Pacífico occidental y en el Océano Atlántico, y capturas de atunes (excluyendo aleta amarilla, barrilete y patudo) y especies misceláneas obtenidas en el Océano Pacífico oriental.

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic Ocean Océano Atlántico				Eastern Pacific Pacífico oriental				Total ³	
	YF ¹ AA ¹	SJ ¹ BR ¹	OS ² OE ²	YF ¹ AA ¹	SK ¹ BR ¹	BE ¹ PT ¹	OS ² OE ²	BF ¹ AZ ¹	BN ¹ BO ¹	AL ¹ AL ¹	BS ¹ BN ¹		OS ² OE ²
1961	0	0	0	14	111	0	0	8,968	3,205	2,670	0	237	206,514
1962	0	0	0	0	0	0	0	12,358	3,575	1,292	0	193	183,024
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	13,527	3,424	3,769	0	265	203,265
1964	0	0	0	0	4,069	0	3,123	10,161	7,387	3,671	5	248	186,824
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	7,529	4,192	710	18	178	187,214
1966	0	0	0	0	4	0	124	17,524	4,909	2,139	10	466	181,243
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	6,491	11,072	4,133	0	127	248,553
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	6,587	8,804	4,900	0	139	228,541
1969	0	0	0	20,513	5,489	163	0	7,634	3,193	3,305	0	1	252,168
1970	0	227	0	10,391	13,280	215	1,790	4,373	5,223	4,934	0	30	276,943
1971	0	0	0	4,595	20,156	649	1,820	9,020	10,580	2,723	6	70	304,627
1972	0	0	0	14,270	14,891	234	1,094	13,892	9,781	5,327	663	404	297,060
1973	0	0	0	4,302	24,705	125	746	11,084	8,747	2,553	1,845	392	332,422
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	178	5,147	4,889	5,272	4,125	1,080	369,981
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	8,097	18,711	3,643	585	305	422,625
1976	247	5,482	2	2,509	2,842	43	469	11,641	4,817	3,644	1,673	1,226	448,493
1977	865	9,707	4	8,546	7,197	365	130	5,768	12,377	1,648	1,522	2,145	375,114
1978	24	8,102	49	11,474	9,382	274	369	5,903	5,331	1,355	2,373	898	444,229
1979	199	7,984	7	3,491	3,097	234	659	6,637	2,005	326	1,498	1,359	391,422
1980*	309	7,301	1	7,246	5,410	222	32	3,163	7,605	417	4,048	1,046	373,556

¹YF (yellowfin), SK (skipjack), BE (bigeye), BF (bluefin), BN (bonito), AL (albacore), BS (black skipjack).

¹AA (aleta amarilla), BR (barrilete), PT (patudo), AZ (atún de aleta azul), BO (bonito), AL (albacora), BN (barrilete negro).

²OS (other species including, inter alia, Atlantic little tuna, Atlantic blackfin tuna and bullet or, frigate tuna (Auxis). The catches of baitfish are not included.

²OE (otras especies que incluyen, entre otras, bacareta del Atlántico, atún aleta negro del Atlántico y melvas (Auxis).

³TOTAL (Total for all species from all areas, for all of Table 1).

³TOTAL (Suma total de todas las especies en todas las zonas de la Tabla 1).

* Preliminary—preliminar

TABLE 2. 1980 tuna fleet catches in the eastern Pacific Ocean by flag of vessel and country of landing.

TABLA 2. Capturas en 1980, de la flota atunera en el Océano Pacífico oriental, por barco abanderado y país de descargue

Area/Flag Zona/Bandera	Yellowfin A. amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin A. azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other Otras	Total Total	Percent of total % del total
CYRA-ARCAA CATCH—CAPTURA										
Bermuda	*								*	
British	1,866	995	0	0	0	0	0	0	2,861	0.9
Canada	*								*	
Colombia	*								*	
Costa Rica	2,246	2,163	0	0	0	0	366	11	4,786	1.6
Ecuador	6,989	8,218	2,927	0	3	0	1,941	429	20,507	6.7
Japan	1,137	0	0	0	0	0	0	0	1,137	0.4
Korea	539	240	4	0	0	0	11	0	794	0.3
Mexico	20,298	13,891	716	641	1,648	0	1	240	37,435	12.3
Netherlands	5,251	5,643	0	0	0	0	40	0	10,934	3.6
New Zealand	*								*	
Panama	5,787	3,845	1,616	0	0	0	7	0	11,255	3.7
Peru	543	219	0	0	0	0	19	163	944	0.3
Senegal	*								*	
Spain	*								*	
U.S.A.	89,210	81,958	6,149	2,522	5,954	417	299	133	186,642	61.4
Venezuela	*								*	
Total of *	12,787	7,879	4,530	0	0	0	1,364	70	26,630	8.8
Total of CYRA	146,653	125,051	15,942	3,163	7,605	417	4,048	1,046	303,925	
W. of CYRA										
E. of 150°W										
British	463	140	0	0	0	0	0	0	603	1.2
Mexico	212	44	0	0	0	0	0	0	256	0.5
Netherlands	2,296	1,806	0	0	0	0	2	0	4,104	8.4
Panama	444	119	0	0	0	0	0	0	563	1.2
Senegal	*								*	
Spain	*								*	
U.S.A.	25,818	17,199	409	0	0	0	0	0	43,426	88.4
Venezuela	*								*	
Total of *	107	53	0	0	0	0	0	0	160	0.3
Total outside	29,340	19,361	409	0	0	0	2	0	49,112	
Total E.T.P.	175,993	144,412	16,351	3,163	7,605	417	4,050	1,046	353,037	

TABLE 2. Continued

TABLA 2. Continuación

CYRA	LANDINGS—DESCARGUES									
Canada	*								*	
Colombia	*								*	
Costa Rica	*								*	
Ecuador	8,281	9,087	3,433	0	3	0	2,249	516	23,569	7.8
Italy	7,165	75	240	0	0	0	0	0	7,480	2.5
Japan	1,137	0	0	0	0	0	0	0	1,137	0.4
Korea	*								*	
Mexico	17,536	14,495	602	641	1,831	0	3	238	35,346	11.8
Peru	609	240	0	0	8	0	18	335	1,210	0.4
Spain	1,021	97	1,271	0	0	0	0	0	2,389	0.8
U.S.A.	100,941	98,452	7,255	2,502	5,769	417	205	113	215,654	72.0
Venezuela	1,597	752	0	20	0	0	0	0	2,369	0.8
Total *	4,495	3,762	531	0	1	0	1,591	14	10,394	3.5
Total CYRA	142,782	126,960	13,332	3,163	7,612	417	4,066	1,216	299,548	
W. of CYRA										
E. of 150°W										
Canada	*								*	
Costa Rica	*								*	
Italy	*								*	
Mexico	245	201	0	0	0	0	2	0	448	0.9
U.S.A.	28,315	18,895	504	0	0	0	0	0	47,714	98.2
Venezuela	*								*	
Total of *	314	108	0	0	0	0	0	0	422	0.9
Total outside	28,874	19,204	504	0	0	0	2	0	48,584	
Total E.T.P.	171,656	146,164	13,836	3,163	7,612	417	4,068	1,216	348,132	

TABLE 3. Logged yellowfin and skipjack tuna catches by major areas of the CYRA in thousands of short tons, 1976-1980.

TABLA 3. Capturas de atún aleta amarilla y barrilete registradas por zonas principales de pesca en el ARCAA, en millares de toneladas americanas, 1976-1980.

Area of catch Zona de captura	1976		1977		1978		1979		1980*	
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R
Yellowfin—Aleta Amarilla										
N of 20°N	3.9	9.5	12.8	0.9	17.5	9.1	37.4	8.0	32.3	0.7
15°N-20°N	11.8	1.2	11.0	0.9	9.6	0.9	13.7	0.4	9.5	0.1
10°N-15°N	28.5	2.2	23.5	2.0	31.0	6.3	29.5	1.2	21.0	0.4
5°N-10°N	33.5	5.8	43.7	2.8	29.4	6.9	30.5	2.8	21.7	0.9
0°-5°N	8.8	1.1	12.1	1.3	7.1	4.0	5.7	3.2	2.8	0.0
South of 0°	29.7	6.4	12.7	4.9	4.2	4.7	18.9	10.3	14.0	2.2
Total	116.2	26.2	115.8	12.8	98.8	31.9	135.7	25.9	101.3	4.3
Skipjack—Barrilete										
N of 20°N	4.6	11.2	5.5	2.2	5.8	6.0	14.9	4.1	27.0	0.1
15°N-20°N	1.0	0.3	0.9	0.1	1.9	1.1	3.1	0.3	15.3	0.0
10°N-15°N	31.7	2.5	7.6	1.1	28.7	2.5	14.4	0.6	23.4	0.4
5°N-10°N	18.3	6.7	14.6	1.0	42.5	5.1	31.8	4.8	13.3	1.0
0°-5°N	4.0	2.2	7.4	0.8	17.1	20.0	29.4	8.2	4.0	0.2
South of 0°	9.7	9.5	7.2	4.2	1.9	4.9	5.2	2.7	4.9	0.1
Total	69.3	32.5	43.2	9.4	97.9	39.6	98.8	20.7	87.9	1.8

NR = unregulated—no reglamentada

R = regulated—reglamentada

* = preliminary—preliminar

TABLE 4. Number and carrying capacity (short tons) of fishing vessels operating in the eastern Pacific Ocean by flag, gear and size class in 1980.

TABLA 4. Número y capacidad de acarreo (toneladas americanas) de las embarcaciones pesqueras que maniobraron en 1980 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	Total capacity
		1	2	3	4	5	6	No. total embarcaciones	Capacidad total
Bermuda	Seiner				1	2		3	814
Canada	Seiner				1			1	*
Cayman Is.	Seiner						3	3	3,155
Costa Rica	Seiner			2	1	1	4	8	4,839
Ecuador	Seiner		7	20	8	2	4	41	8,310
	Baitboat	12						12	357
	Bolichera	11	1					12	355
Japan**									
Korea	Seiner						1	1	*
	Baitboat				3			3	690
Mexico	Seiner			1	5	4	36	46	35,162
	Baitboat	1	1	3	1			6	705
Neth. Antilles	Seiner						3	3	3,711
New Zealand	Seiner						1	1	*
Panama	Seiner						6	6	7,516
Peru	Seiner			2	2	3	3	10	4,744
Spain	Seiner						4	4	3,786
U.S.A.	Seiner		9	7	7	9	94	126	105,022
	Baitboat	2	16	7				25	2,186
	Jigboat	4						4	106
Venezuela	Seiner						5	5	5,622
Total of *									2,291
All flags	Seiner		16	32	25	21	164	258	184,972
	Baitboat	15	17	10	4			46	3,938
	Bolichera	11	1					12	355
	Jigboat	4						4	106
Total all gear		30	34	42	29	21	164	320	189,371

**CAPACITY OF VESSELS BY SIZE CLASS
CAPACIDAD DE LAS EMBARCACIONES POR CLASE DE ARQUEO**

GEAR—ARTE	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Seiner		1,371	4,662	6,172	7,620	165,147	184,972
Baitboat	499	1,264	1,263	912			3,938
Bolichera	292	63					355
Jigboat	106						106
Total	897	2,698	5,925	7,084	7,620	165,147	189,371

* The number of Japanese longliners operating in the CYRA each month during 1980 varied between 11 and 84. Information concerning their capacity is not available.

* El número de embarcaciones palangreras que maniobraron en el ARCAA cada mes durante 1980 fluctuó entre 11 y 84. No se dispone de la información sobre su capacidad.

TABLE 5. Catch per ton of carrying capacity by vessel size class for the international eastern Pacific Ocean purse-seine fleet.

TABLA 5. Captura por toneladas de capacidad de acarreo por clase de arqueo de las embarcaciones cerqueras que forman la flota internacional del Océano Pacífico oriental.

Year Año	Species Especies	SIZE CLASS—CLASE DE ARQUEO								All Todas
		3	4	5	6	7	8	9	10	
1971	YF	1.66	1.69	1.62	2.08	2.49	1.31	.95	.96	1.74
	SJ	1.08	1.24	1.46	1.17	1.45	1.95	1.96	2.27	1.53
	other	1.70	.83	.55	.13	.13	.04	.08	.05	.32
	all	4.44	3.76	3.63	3.38	4.07	3.30	2.99	3.28	3.59
1972	YF	1.62	1.57	1.53	2.55	2.92	2.09	1.63	1.62	2.08
	SJ	.77	.36	.67	.22	.40	.38	.42	.54	.42
	other	2.15	1.04	.70	.26	.08	.07	.05	.02	.30
	all	4.54	2.97	2.90	3.03	3.40	2.54	2.10	2.18	2.80
1973	YF	1.89	1.67	1.89	2.12	2.72	2.08	1.66	1.22	1.88
	SJ	.43	.33	.42	.36	.37	.42	.62	.74	.51
	other	1.70	.72	.62	.17	.09	.07	.08	.06	.20
	all	4.02	2.72	2.93	2.65	3.18	2.57	2.36	2.02	2.59
1974	YF	2.05	1.96	1.85	1.75	2.10	1.43	1.74	1.14	1.65
	SJ	.58	.78	.63	.72	.55	.64	.73	.96	.74
	other	1.53	.51	.39	.14	.00	.01	.03	.04	.12
	all	4.16	3.25	2.87	2.61	2.65	2.08	2.50	2.14	2.51
1975	YF	2.04	2.14	1.82	1.89	2.03	1.09	1.52	1.06	1.51
	SJ	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	YF	1.78	1.46	1.37	1.36	1.80	1.18	1.76	1.31	1.56
	SJ	.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	YF	1.79	1.30	1.41	.93	1.61	1.02	1.34	1.27	1.31
	SJ	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	YF	1.19	1.58	1.61	1.01	1.49	.97	1.18	.90	1.14
	SJ	1.34	1.20	.98	.92	1.01	1.11	1.22	1.04	1.11
	other	.49	.56	.54	.24	.12	.10	.10	.07	.15
	all	3.02	3.34	3.14	2.17	2.61	2.18	2.50	2.01	2.41
1979	YF	1.28	2.01	1.62	1.33	1.43	.97	1.14	.86	1.15
	SJ	1.43	1.24	.87	.47	.91	.69	.83	.72	.81
	other	.40	.48	.28	.20	.06	.09	.08	.05	.11
	all	3.11	3.73	2.77	2.00	2.40	1.75	2.05	1.63	2.07
1980*	YF	.64	1.06	1.09	.85	1.36	.62	1.08	1.12	1.04
	SJ	.36	.71	.82	.75	1.15	.45	.91	.98	.86
	other	.73	.46	.32	.22	.10	.09	.12	.12	.19
	all	1.73	2.23	2.23	1.82	2.61	1.16	2.11	2.22	2.09

* Preliminary—preliminar

TABLE 6. Analysis of variance for standardization of catch rates.

TABLA 6. Análisis de la varianza para la normalización de los índices de captura.

Source	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	F
Stratum type Tipo de estrato	2	14.2	7.1	5.3
Year within stratum Año en el estrato	30	1516.6	50.6	38.0
Quarter of year Trimestre del año	3	29.6	9.9	7.4
Stratum and quarter interaction Interacción estrato y trimestre	6	53.4	8.9	6.7
Capacity Capacidad	2	10.6	5.3	4.0
Stratum and capacity interaction Interacción de estrato y capacidad	4	67.2	16.8	12.6
Aerial assistance Ayuda aérea	1	82.0	82.0	61.7
Speed Velocidad	1	199.1	199.1	149.7
Sea surface temperature Temperatura superficial del mar	1	245.9	245.9	184.8
Residual	18936	25195.1	1.3	

TABLE 7. Releases and returns of fish tagged in the vicinity of French Polynesia and the Pitcairn Islands during 1977-1980.

TABLA 7. Liberaciones y recapturas de peces marcados en la vecindad de la Polinesia francesa y las islas Pitcairn durante 1977-1980.

	Sep.-Nov. 1977		Feb.-Apr. 1978		Dec. 1978-May 1979		Dec. 1979-Feb. 1980				
	Skipjack rel. ret.	Yellowfin rel. ret.	Skipjack rel. ret.	Yellowfin rel. ret.	Skipjack rel. ret.	Yellowfin rel. ret.	Skipjack rel. ret.	Yellowfin rel. ret.	Bigeye rel. ret.	Bullet rel. ret.	
	Barrilete lib. rec.	A. amarilla lib. rec.	Barrilete lib. rec.	A. amarilla lib. rec.	Barrilete lib. rec.	A. amarilla lib. rec.	Barrilete lib. rec.	A. amarilla lib. rec.	Patudo lib. rec.	Botellita lib. rec.	
Marquesas Islands	303 0	47 1	106 0	276 1	1,874 0	72 0	18,391 45	189 0	1 0	1 0	
Marquesas-Tuamotus	57 0	0 -	4 0	5 0	0 -	0 -	232 0	0 -	0 -	0 0	
Tuamotu Islands	0 -	0 -	231 1	70 0	0 -	0 -	816 3	653 1	0 -	0 0	
Tuamotus-Societies	0 -	0 -	235 2	2 0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 0	
Society Islands	0 -	0 -	421 7	258 0	0 -	0 -	1 0	33 2	0 -	0 0	
Pitcairn Islands	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	59 0	290 0	0 -	0 0	
Pitcairns-Gambiers	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	175 0	300 0	34 0	0 0	
Gambier Islands	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 0	
Total	360 0	47 1	997 10	611 1	1,874 0	72 0	19,674 48	1,465 3	35 0	1 0	

TABLE 8. Percent of total indices of relative importance (IRI's) of prey items in the stomachs of yellowfin and skipjack tunas and silky sharks collected on cruise 1089, March-May 1980.

TABLA 8. Porcentaje del total de los índices de importancia relativa (IIR) de los artículos de presa encontrados en los estómagos de los atunes aleta amarilla, barrilete y *Carcharhinus falciformes*, capturados en el crucero 1089, marzo-mayo 1980.

Food Organisms—Organismos alimenticios	Yellowfin n = 27 Aleta amarilla	Skipjack n = 18 Barrilete	Silky shark n = 2 <i>Carcharhinus falciformes</i>
INVERTEBRATES			
INVERTEBRADOS			
Arthropoda			
Crustacea			
Amphipoda	amphipod	0.79	
Stomatopoda (larvae)	stomatopod	0.79	
Decapoda			
Brachyura (megalopa)	crab	0.09	
Mollusca			
Moluscos			
Gastropoda			
Pteropoda			
Cavoliniidae			
<i>Cavolina uncinata</i>	pteropod	0.79	
Cephalopoda			
Teuthoidea	squid	55.91	26.88
Octopoda			
Argonautidae	argonouts	17.35	0.83
Octopodidae	octopus	0.09	
FISHES			
PECES			
Chordata			
Osteichthyes			
Engraulidae	anchovy	0.25	1.58
Myctophidae	lanternfish	0.22	
Exocoetidae	flyingfish	13.84	29.92
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	flyingfish	8.76	9.07
Syngnathidae: Hippo- campinae	seahorse	0.46	
Carangidae	jack	0.22	
Scombridae			
<i>Auxis</i> sp.	frigate tuna	0.09	49.47
<i>Auxis thazard</i>	frigate tuna		3.61
Nomeidae			
<i>Psenes sio</i>	driftfish	0.21	
Balistidae	triggerfish	0.14	
Unidentified fish		2.38	3.15

TABLE 9. Number and size of specimens, tentative trophic level assignments (scale from I = autotrophs to V = tertiary carnivores), and cesium-potassium ratios (Cs/K) in a portion of the pelagic food web associated with tuna off Central America.

TABLA 9. Cantidad y talla de los ejemplares, asignación tentativa del nivel trófico (escala de I = autótrofos a V = carnívoros terciarios), y la razón cesiopotasio (Cs/K) en una porción de la trama de alimenticia pelágica asociada con los atunes, frente a la América Central.

Predator Depredador	No. specimens analyzed No. analizado de ejemplares	Median weight (kg) Media del peso (kg)	Tentative trophic level Nivel trófico tentativo	Cs/K x 10 ⁶	
				Mean Media	Range Límites
Silky shark <i>Carcharhinus falciformes</i>	4	25.8	V	22.9	13.8-30.6
Yellowfin tuna Aleta Amarilla	5	3.70	IV-V	12.7	8.8-16.6
Skipjack tuna Barrilete	5	2.42	V-V	8.6	7.5-10.2
Flyingfishes peces voladores	4	0.06	III-IV	7.0	5.6-8.5

TABLE 10. Estimates of dolphin mortality in 1979 and 1980. Standard errors of the estimates are given in parenthesis. Standard errors are not available for estimates of mortality for US flag vessels in 1980.

TABLA 10. Estimativos de la mortalidad de los delfines en 1979 y 1980. El error normal de las estimaciones se presenta entre paréntesis. No se dispone de las estimaciones de los errores normales de la mortalidad de los barcos estadounidenses en 1980.

Stock Población	1979		Non-US flag vessels Barcos con pabellón de otros países		Total	
	US flag vessels Barcos con pabellón de los EEUU				Total	
Offshore spotted Manchado de alta mar	8317	(943)	3401	(1008)	11,718	(1385)
Eastern spinner Tornillo oriental	1056	(213)	40	(29)	1,096	(215)
Whitebelly spinner Tornillo panza blanca	1829	(449)	368	(392)	2,197	(595)
Common dolphin Delfin común	4950	(1194)	2421	(2027)	7,371	(2352)
Striped dolphin Delfin listado	321	(118)	281	(326)	602	(347)
Others and unidentified Otros y sin identificar	611	(152)	0	0	611	(152)
Total	17084	(1612)	6511	(2321)	23,595	(2827)
	1980					
Offshore spotted Manchado de alta mar	9300		13159	(2473)	22,459	
Eastern spinner Tornillo oriental	752		1478	(846)	2,230	
Whitebelly spinner Tornillo panza blanca	2606		9614	(3997)	12,220	
Common dolphin Delfin común	405		5055	(4403)	5,460	
Striped dolphin Delfin listado	88		277	(287)	365	
Others and unidentified Otros y sin identificar	2154		15	(16)	2,169	
Total	15305		29598	(6502)	44,903	

TABLE 11. Ratio of average estimate of standard error to population standard error (bias) and 95% confidence limits as a multiple of average estimated standard error from the mean for estimated total kill based on sampling a population of 167 trips.

TABLA 11. Razón de la estimación promedio del error normal con relación al error normal de la población (sesgo) y el intervalo de confianza de 95% como un múltiplo del promedio de estimación del error normal según la media de la mortalidad total estimada, basada en el muestreo de la población de 167 viajes.

	Sample size (trips)	Bias in estimated standard error	Empirical confidence limits	
	Muestreo (viajes)	Sesgo al estimar el error normal	Lower	Upper
			Límites empíricos bajo	de confianza alto
spotted dolphin ¹	8	0.77	-1.75	+3.55
spotted dolphin	55	0.96	-1.95	+2.15
common dolphin ²	8	0.57	—	+4.95
common dolphin	55	0.91	-1.85	+2.35

¹ Delfín manchado (*Stenella attenuata*)

² Common dolphin (*Delphinus delphis*)

TABLE 12. Estimated kills of dolphins for the years 1973-1980 in thousands of animals. Totals differ from the sum of the columns because of rounding.

TABLA 12. Mortalidad de delfines estimada en los años 1973-1980 (millares de animales). El total difiere de la suma de las columnas debido a que se han redondeado las cifras.

Stock Población	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Coastal Spotted Manchado Costero	4							
Offshore Spotted Manchado de Alta Mar	142	91	100	68	22	19	12	22
Eastern Spinner Tornillo Oriental	31	25	43	8	5	2	1	2
Whitebelly Spinner Tornillo Panza Blanca	47	45	36	37	5	4	2	12
Common Dolphin Delfín Común	28	5	3	7	17	3	7	5
Striped Dolphin Delfín Listado			1	3			1	
Others Otros				1			1	2
Total	252	166	183	123	49	29	24	45

TABLE 13. Estimated purse-seine catch of yellowfin associated with dolphins, eastern Pacific east of 150°W.

TABLA 13. Captura estimada de aleta amarilla asociada con delfines, obtenida por cerqueros en el Pacífico oriental al este de 150°W.

Year Año	Catch Captura
1973	149,166
1974	119,773
1975	133,995
1976	141,992
1977	120,004
1978	67,276
1979	91,625
1980	83,631

TABLE 14. Results of a test for non-random searching patterns. Significant departure of regression coefficient (b) from unity represents evidence of non-randomness. Regression equation is $\ln(n) = \ln(a) + b \ln(L)$ where a, b, are constants, n is schools sighted, L is length of search track.

TABLA 14. Resultados de una prueba de pautas de búsqueda no aleatorias. El alejamiento significativo de la unidad del coeficiente (b) de regresión, demuestra que no existe aleatoriedad. La ecuación de regresión es $\ln(n) = \ln(a) + a \ln(L)$ en donde a, b, son constantes, n son los cardúmenes observados, L es la longitud del recorrido de búsqueda.

Species	Year	b	S.E. (b)	Student's t	d.f.	Significant deviation from b=1 at 5% level
Especie	Año	b	E.N. (b)	t de Student	g.l.	Desviación significativa de b=1 al nivel del 5%
ALL DATA—TODOS LOS DATOS						
spotted ¹	1974	0.594	0.382	1.063	15	no
spotted	1975	1.109	0.347	0.314	20	no
spotted	1976	0.134	0.275	3.149	38	yes
spotted	1977	1.111	0.166	0.669	45	no
spotted	1978	0.665	0.207	1.618	41	no
spotted	1979	0.489	0.278	1.838	35	no
spinner ²	1974	0.487	0.366	1.402	14	no
spinner	1975	0.746	0.411	0.618	18	no
spinner	1976	-0.027	0.242	4.244	38	yes
spinner	1977	1.205	0.185	1.108	44	no
spinner	1978	0.619	0.200	1.905	41	no
spinner	1979	0.357	0.318	2.022	35	no
DATA FROM AREAS WHERE FISHING IS PRIMARILY FOR TUNA ASSOCIATED WITH DOLPHINS						
DATOS DE ZONAS EN LOS QUE LA PESCA ES PRINCIPALMENTE DE ATUNES ASOCIADOS CON DELFINES						
spotted	1976	0.615	0.238	1.618	15	no
spotted	1977	1.223	0.101	2.208	17	yes
spotted	1978	1.016	0.261	0.061	15	no
spotted	1979	1.704	0.337	2.089	11	no
spinner	1976	0.437	0.144	3.910	15	yes
spinner	1977	1.359	0.287	1.251	17	no
spinner	1978	0.874	0.324	0.389	15	no
spinner	1979	1.685	0.369	1.856	11	no

¹ Delfin manchado (*Stenella attenuata*)

² Delfin tornillo (*Stenella longirostris*)

TABLE 15. Results of a test for non-random searching patterns. Significant departure of the regression coefficient (b) from unity represents evidence of non-randomness. Regression equation is $\ln(nf(0)) = \ln(a) + b \ln(L)$ where a, b, are constants, $nf(0)$ is the number of sighted schools adjusted for sighting conditions, and L is length of search track.

TABLA 15. Resultados de una prueba de pautas de búsqueda no aleatorias. El alejamiento significativo del coeficiente (b) de regresión, de la unidad demuestra que no existe aleatoriedad. La ecuación de regresión es $\ln(nf(0)) = \ln(a) + b \ln(L)$ en donde a, b, son constantes, $nf(0)$ es la cantidad de cardúmenes observados, ajustada según las condiciones de visualización y L es la longitud del recorrido de búsqueda.

Species	Year	b	S.E. (b)	Student's t	D.F.	Significant deviation from b=1 at 5% level
Especie	Año	b	E.N. (b)	t de Student	G.L.	Desviación significativa de b=1 al nivel del 5%
ALL DATA—TODOS LOS DATOS						
spotted ¹	1977	0.848	0.172	0.884	27	no
spotted	1978	0.902	0.174	0.563	15	no
spotted	1979	0.518	0.338	1.426	11	no
spinner ²	1977	0.690	0.237	1.308	22	no
spinner	1978	0.450	0.153	3.595	9	yes
DATA FROM AREAS WHERE FISHING IS PRIMARILY FOR TUNA ASSOCIATED WITH DOLPHINS						
DATOS EN QUE LAS ZONAS DE PESCA SON PRINCIPALMENTE DE ATUN ASOCIADO CON DELFINES						
spotted	1977	1.081	0.236	0.343	12	no
spotted	1978	0.630	0.386	0.959	5	no
spotted	1979	1.214	0.383	0.559	5	no
spinner	1977	0.827	0.337	0.513	12	no

¹ Delfin manchado (*Stenella attenuata*)

² Delfin tornillo (*Stenella longirostris*)

TABLE 16. Latitudinal limits which approximate the mean monthly position of the 82°F isotherm and which, with the longitudinal limits, delineate the areas from which the wind velocities are used to compute the wind-mixing index.

TABLA 16. Límites latitudinales que se aproximan a la posición de la media mensual de la isoterma de 82°F y que con los límites longitudinales establece las zonas de las que se emplean las velocidades del viento para calcular el índice de la mezcla del viento.

MONTH MES	Western Sector Sector occidental 180°-155°W	Eastern Sector Sector oriental 155°W-135°W
1	5°N-15°S	5°N-15°S
2	5°N-15°S	5°N-15°S
3	5°N-15°S	5°N-15°S
4	5°N-15°S	5°N-15°S
5	10°N-15°S	5°N-15°S
6	15°N-10°S	10°N-10°S
7	15°N-10°S	10°N-10°S
8	20°N-10°S	10°N- 5°S
9	20°N-10°S	10°N- 5°S
10	15°N-10°S	10°N-10°S
11	15°N-10°S	10°N-10°S
12	10°N-15°S	5°N-15°S

TABLE 17. Observed and expected¹ frequencies of yellowfin catch (tons) per hour of fish search time versus the depths of the 23°C isotherms derived from bathythermographs. The Chi-Square test value² gives degree of association between catch rate and the 23°C depths.

TABLA 17. Frecuencias observadas y esperadas¹ de la captura de aleta amarilla (toneladas) por hora de búsqueda versus la profundidad de la isoterma de 23°C derivada según el batitermógrafo. El valor² de la prueba del ji cuadrado provee el grado de asociación entre el índice de captura y la profundidad de 23°C.

Catch in tons per hour Captura en toneladas por hora	Ranges of depths in feet of the 23°C isotherm Límites de las profundidades en pies de la isoterma de 23°C.			Totals
	0-100	101 to 135	136 to 400	
0.0 to 1.1	2 (27.0)	14 (31.0)	129 (87.0)	145
1.11 to 2.45	9 (19.7)	29 (22.7)	68 (63.6)	106
2.46 to 40.0	57 (21.2)	35 (24.4)	22 (68.4)	114
TOTALS	68	78	219	365

¹ Values in brackets are expected frequencies based on null hypothesis; top values are observed frequencies.

² Chi-Square $\chi^2 = 157.0$, with $P < .001$

¹ Los valores entre parentesis son las frecuencias esperadas, basadas en la hipotesis de nulidad; los valores en la parte superior son las frecuencias observadas.

² Ji cuadrado $\chi^2 = 157.0$, con $P < .001$

TABLE 18. Results of predicting group classification of catch rates (tons/hour of search time) from the discriminant function based on the depth of the 23°C isotherm.

TABLA 18. Resultados del pronóstico de la clasificación de grupos de los índices de captura (toneladas/hora del tiempo de búsqueda) según la función discriminante basada en la profundidad de la isoterma de 23°C.

Observed group clases Grupos observados de generaciones	Predicted group classification ¹ Pronóstico de la clasificación de grupos			Number cases per group Cantidad de casos por grupos
	tons/hour 0-1.0 ton/hora	tons/hour 1.1-2.4 ton/hora	tons/hour >2.4 ton/hora	
0-1.0 tons/hour tons/hora	83 62.4%	37 27.8%	13 9.8%	133
1.1-2.4 tons/hours ton/hora	53 44.9%	35 29.7%	30 25.4%	118
>2.4 tons/hour ton/hora	12 10.5%	16 14.0%	86 75.4%	114

¹ Average percent (55.9%) of grouped cases correctly classified. Top values are predicted numbers; bottom values are percent classified for each group.

¹ Porcentaje normal (55.9%) de casos agrupados correctamente clasificados. Los valores en la parte superior son las cantidades pronosticadas; los valores de abajo son los porcentajes clasificados de cada grupo.

TABLE 19. Quotas, catches, CPSDFs (Class-3 purse seiners), and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967-1980. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPSDFs and CPDFs in short tons. The CPSDF data are adjusted to compensate for increased success in capturing schools of fish that are encountered.

TABLA 19. Cuotas, capturas, CPDNP (clase 3 de cerqueros) y CPDP (clase 6 de cerqueros) correspondientes al aleta amarilla del Océano Pacífico oriental, 1968-1980. Las cuotas y las capturas se indican en miles de toneladas americanas y las CPDNP y las CPDP en toneladas americanas. Los datos de la CPDNP se ajustan para compensar el aumento de las pescas positivas al capturar cardúmenes de peces que se encuentran.

Year	Quota	Inside CYRA Catch En el ARCAA	CPSDF	Catch	Outside CYRA CPDF Fuera del ARCAA	Total catch
Año	Cuota	Captura	CPDNP	Captura	CPDP	Captura total
1967	84.5	90.0	5.1	0.0	-	90.0
1968	93	114.4	6.1	1.2	-	115.6
1969	120	126.9	5.9	19.2	20.4	146.1
1970	120	142.6	6.0	30.7	11.7	173.3
1971	140 + (2×10)*	113.9	4.2	22.8	10.6	136.6
1972	120 + (2×10)	152.5	6.0	44.8	12.5	197.3
1973	130 + (3×10)	177.8	5.2	49.5	13.0	227.3
1974	175 + (2×10)	191.3	4.6	41.1	10.2	232.3
1975	175 + (2×10)	176.4	3.6	47.5	12.2	223.9
1976	175 + (2×10)	210.7	3.8	50.7	12.7	260.4
1977	175 + (20+15)	203.0	3.3	17.9	10.2	220.8
1978	175 + (20+15)	182.8	2.8	15.7	9.7	198.5
1979	175 + (20+15)	194.2	2.5	14.7	8.4	208.8
1980**	None					

* "+ (2×10)" indicates two increments of 10 thousand tons each to be added to the quota at the discretion of the Director of Investigations.

** preliminary estimates of annual values.

* "+ (2×10)" indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se han de agregar a la cuota a discreción del Director de Investigaciones.

** estimación preliminar de los valores anuales.

TABLE 20. Estimated numbers of fish, in thousands, of the X and Y cohorts during the 1965 through 1980 seasons.

TABLA 20. Cantidades estimadas de peces, en millares, de los grupos X e Y durante las temporadas de 1965 a 1980.

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X+Y		X			
		IV	III	II	I	0	V+	IV	III	II	I	
1965	1	56	414	1,632	9,248	0	80	175	1,002	3,616	12,518	
	2	34	240	1,028	7,419	0	80	111	567	2,233	10,247	
	3	28	151	658	4,686	15,260	80	80	369	1,007	8,244	
	4	23	116	470	3,274	12,370	80	63	253	712	5,711	
1966	1	69	284	2,314	10,095	0	130	138	510	3,965	33,056	
	2	41	114	1,396	6,955	0	130	73	299	2,769	28,046	
	3	29	70	721	4,396	15,170	130	47	206	1,474	21,206	
	4	24	45	362	3,203	13,177	130	33	143	1,099	16,408	
1967	1	31	225	2,263	10,317	0	112	84	847	12,159	17,092	
	2	23	119	1,539	6,697	0	112	59	399	8,504	16,424	
	3	19	75	1,169	4,100	27,666	112	48	161	6,211	13,104	
	4	15	61	945	3,080	22,651	112	40	127	4,919	10,507	
1968	1	50	704	2,096	18,357	0	54	104	3,638	8,264	23,519	
	2	33	482	1,306	13,054	0	54	61	2,399	6,132	19,265	
	3	24	360	943	8,834	17,483	54	33	1,669	4,574	15,588	
	4	20	292	739	6,847	13,787	54	27	1,303	2,814	12,429	
1969	1	218	539	5,172	10,880	0	47	908	2,546	9,927	18,210	
	2	152	340	3,731	7,390	0	47	550	1,530	7,535	14,819	
	3	124	240	2,879	4,925	18,444	47	450	1,064	5,901	11,714	
	4	102	196	2,247	3,742	15,100	47	369	879	4,807	9,221	
1970	1	139	1,758	2,207	12,018	0	150	653	3,486	6,271	18,671	
	2	90	1,222	1,120	8,565	0	150	451	2,380	3,988	14,593	
	3	74	938	824	5,998	20,420	150	369	1,832	3,030	11,522	
	4	60	768	638	4,626	16,751	150	302	1,544	2,460	8,862	
1971	1	611	428	3,315	13,357	0	286	1,179	1,674	5,950	25,325	
	2	500	270	2,308	9,564	0	286	914	938	3,833	19,501	
	3	409	215	1,788	7,167	14,141	286	743	630	2,871	15,676	
	4	335	168	1,424	5,645	11,575	286	620	498	2,277	12,457	
1972	1	103	734	4,055	8,767	0	281	173	1,448	9,407	15,196	
	2	60	295	2,894	5,653	0	281	35	792	6,355	12,004	
	3	49	204	2,267	3,786	23,500	281	24	569	4,473	9,747	
	4	40	166	1,808	2,819	19,721	281	23	456	3,515	7,913	

TABLE 20. Continued

TABLA 20. Continuación

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X+Y	X			
		IV	III	II	I	0	V+	IV	III	II	I
1973	1	88	955	1,699	15,081	0	197	242	2,516	6,346	18,181
	2	39	356	959	7,657	0	197	102	1,674	4,849	15,616
	3	30	212	700	3,319	50,693	197	72	1,225	3,696	12,615
	4	25	166	566	2,415	41,501	197	58	981	2,858	10,197
1974	1	98	334	1,776	31,458	0	150	703	1,554	8,022	32,063
	2	56	176	1,292	17,491	0	150	502	738	6,159	25,713
	3	44	132	1,036	9,383	19,758	150	406	544	4,840	20,337
	4	36	101	832	6,827	15,622	150	331	418	3,795	15,909
1975	1	53	586	4,751	11,921	0	72	255	2,445	11,460	23,666
	2	17	381	3,294	8,526	0	72	135	1,417	7,711	18,614
	3	8	282	2,476	6,196	22,877	72	90	999	5,562	14,047
	4	7	228	1,814	4,822	17,659	72	72	783	4,267	10,599
1976	1	169	1,090	3,547	11,801	0	88	565	3,130	7,466	18,455
	2	117	581	2,307	6,362	0	88	377	2,210	4,393	14,730
	3	96	365	1,536	3,515	20,020	88	271	1,645	2,699	11,535
	4	78	229	1,121	2,256	15,998	88	194	1,267	1,994	8,756
1977	1	114	714	1,469	11,759	0	100	936	1,392	6,469	18,590
	2	64	362	965	7,180	0	100	698	758	4,186	14,880
	3	46	151	611	4,145	48,867	100	533	351	2,459	11,491
	4	37	57	410	2,490	36,974	100	416	189	1,531	8,591
1978	1	24	269	1,553	24,009	0	86	124	987	6,294	25,527
	2	12	180	1,092	12,842	0	86	90	689	4,547	17,305
	3	8	125	808	6,988	32,409	86	63	512	3,313	11,036
	4	6	75	577	4,584	23,910	86	41	376	2,446	7,435
1979	1	38	366	2,880	15,560	0	100	244	1,602	4,921	30,350
	2	21	231	1,688	9,280	0	100	156	947	3,409	22,643
	3	15	156	1,109	5,832	35,407	100	114	630	2,495	15,407
	4	12	110	756	3,973	25,490	100	91	432	1,813	9,967
1980	1	65	431	2,716	17,391	0	80	242	1,160	6,178	26,132
	2	36	250	1,956	10,295	0	80	143	739	3,688	18,739
	3	27	185	1,444	6,000	23,000	80	109	519	2,305	11,995
	4	20	133	1,000	4,000	16,000	80	80	333	1,429	7,143

TABLE 21. Estimated recruitment in thousands of fish of the 1966-1980 X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined.**TABLA 21.** Reclutamiento estimado en millares de peces de los grupos X e Y (1966-1980) y de estos dos grupos combinados.

Cohort Grupo	Y	X	X+Y
1966	15,260	33,056	48,316
1967	15,170	17,092	32,262
1968	27,666	23,519	51,185
1969	17,483	18,210	35,693
1970	18,444	18,671	37,115
1971	20,420	25,325	45,745
1972	14,141	15,196	29,337
1973	23,500	18,181	41,681
1974	50,693	32,063	82,756
1975	19,758	23,666	43,424
1976	22,877	18,450	41,327
1977	20,020	18,590	37,310
1978	48,867	25,527	74,394
1979	32,409	30,350	62,759
1980*	35,407	26,132	61,539
Average Promedio	25,474	22,935	48,409

* Preliminary—preliminar

