

ISSN: 0074-0993

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin—Boletín

Vol. 21, No. 6

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1988-1992**

**UN EXAMEN DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PICUDOS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1988-1992**

by—por

Koji Uosaki and—y William H. Bayliff

La Jolla, California

1999

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, France and Nicaragua in 1973, Vanuatu in 1990, Venezuela in 1991, and El Salvador in 1997. Mexico withdrew from the Commission in 1978 and Canada in 1984.

The IATTC's responsibilities are met with two programs, the Tuna-Billfish Program and the Tuna-Dolphin Program. The principal responsibilities of the Tuna-Billfish Program are (1) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean to estimate the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches. The principal responsibilities of the Tuna-Dolphin Program are (1) to monitor the abundance of dolphins and their mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners fishing in the eastern Pacific Ocean, (2) to analyze these data and make appropriate recommendations for the conservation of dolphins, (3) to study the causes of mortality of dolphins during fishing operations and encourage fishermen to adopt the techniques of fishing which minimize these mortalities, and (4) to study the effects of different modes of fishing on the various fish and other animals of the pelagic ecosystem.

The Commissioners serving at the time of publication are:

COSTA RICA

Herbert Nanne
Jaime Basadre Oreamuno

ECUADOR

EL SALVADOR

FRANCE

Renaud Collard
Phillipe Peronne

JAPAN

Junichiro Okamoto
Yasuo Takase
Yamato Ueda

NICARAGUA

Sergio Martínez Casco

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio establecido originalmente por Costa Rica y los Estados Unidos. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atunes en el Océano Pacífico oriental. Bajo esta estipulación, Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, México en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, Francia y Nicaragua en 1973, Vanuatu en 1990, Venezuela en 1991, y El Salvador en 1997. México se retiró de la Comisión en 1978 y Canadá en 1984.

La CIAT cumple sus obligaciones mediante dos programas, el Programa Atún-Picudo y el Programa Atún-Delfín. Las responsabilidades principales del primero son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para estimar las consecuencias de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia y (2) recomendar las medidas de conservación apropiadas para que los stocks de peces puedan mantenerse a niveles que permitan capturas máximas sostenibles. Las responsabilidades principales del segundo son (1) controlar la abundancia de los delfines y su mortalidad incidental a la pesca, mediante la toma de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco que pescan en el Océano Pacífico oriental, (2) analizar esos datos y hacer recomendaciones adecuadas para la conservación de los delfines, (3) estudiar las causas de la mortalidad de delfines durante las faenas de pesca e instar a los pescadores a adoptar aquellas técnicas de pesca que minimicen esa mortalidad, y (4) estudiar los efectos de los distintos modos de pesca sobre las poblaciones de peces y otros animales del ecosistema pelágico.

Los Comisionados actuales son:

PANAMA

Arnulfo Franco

UNITED STATES OF AMERICA

Barbara H. Britten
M. Austin Forman
James T. McCarthy
Michael F. Tillman

VANUATU

Julian Ala

VENEZUELA

Hugo Alsina Lagos
Francisco Ortisi, Jr.
Jean-François Pulvenis

Director
James Joseph

Headquarters and Main Laboratory—Oficina y Laboratorio Principal
Scripps Institution of Oceanography
La Jolla, California 92037-1508, U.S.A.

Price per copy—\$5.00—Precio del ejemplar

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin—Boletín

Vol. 21, No. 6

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1988-1992**

**UN EXAMEN DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PICUDOS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1988-1992**

by—por

Koji Uosaki and—y William H. Bayliff

La Jolla, California

1999La Jolla, California

1999

CONTENTS—INDICE

ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES

	Page
ABSTRACT	275
INTRODUCTION.....	275
SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA.....	276
RESULTS AND DISCUSSION	277
Trends in effort	277
Intermediate and deep longlining effort.....	279
Trends in catch	280
Distribution of the various species by fishing grounds and quarters	281
Trends in relative apparent abundance.....	285
Indices of apparent abundance obtained from data for conventional, intermediate, and deep longline gear	291
Maturity.....	293
Size composition	296
Interaction between the surface and longline fisheries for tunas and billfishes	303
ACKNOWLEDGEMENTS.....	309

FIGURES—FIGURAS	310
------------------------------	------------

TABLES—TABLAS.....	427
---------------------------	------------

VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
RESUMEN	441
INTRODUCCION.....	441
FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	442
RESULTADOS Y DISCUSION	443
Tendencias en el esfuerzo	443
Esfuerzo con palangre intermedio y profundo	445
Tendencias en la captura	447
Distribución de las especies por zona de pesca y trimestre	448
Tendencias en la abundancia aparente relativa	451
Indices de abundancia aparente obtenidos de palangres convencionales, intermedios, y profundos	458
Madurez	460
Composición por tamaño.....	464
Interacción entre las pesquerías de superficie y palangrera de atunes y peces de pico ..	470
RECONOCIMIENTOS.....	477

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA	478
---	------------

APPENDIX—ANEXO.....	485
----------------------------	------------

A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1988-1992

by

Koji Uosaki¹ and William H. Bayliff

ABSTRACT

This report reviews the activity of the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean during the 1988-1992 period, extending the studies for the 1956-1987 period made by other investigators. The spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, sexual maturity, and size composition are examined for the principal species of tunas and billfishes taken by that fishery. The interactions between the surface and longline fisheries are discussed.

Key words: APPARENT ABUNDANCE, BILLFISHES, CATCH, DISTRIBUTION, EASTERN PACIFIC OCEAN, FISHING EFFORT, INTERACTION, LONGLINE, MARLIN, MATURITY, SAILFISH, SHORTBILL SPEARFISH, SIZE COMPOSITION, SWORDFISH, TUNA

INTRODUCTION

This report is one of a series prepared by scientists of the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; formerly the Far Seas Fisheries Research Laboratory and, before that, the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) and the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) on the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean (EPO). The previous reports (Suda and Schaefer, 1965a and 1965b; Kume and Schaefer, 1966; Kume and Joseph, 1966, 1969a, and 1969b; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff, 1992) analyzed the fishery and certain aspects of the biology of the fish for the 1956-1987 period; the present report analyzes similar data for the 1988-1992 period. In this study, as in those of Miyabe and Bayliff (1987) and Nakano and Bayliff (1992), data for the area from the mainland of North and South America westward to 150°W were used.

Vessels of the Republic of China, the Republic of Korea, and several nations of the western hemisphere also fish with longline gear for tunas and billfishes in the EPO (Lee *et al.*, 1979; Anonymous, 1993b; Gong *et al.*, 1993). These catches, however, are much less than those of the Japanese vessels. Most of the effort of the Chinese and Korean vessels is directed toward albacore and yellowfin, respectively, whereas bigeye is the principal target species of the Japanese vessels. Henceforth in this report references to the longline fishery in the EPO should be taken to mean the Japanese longline fishery in that area.

The fishing effort in the EPO continued to increase during the 1988-1992 period, reaching about 200 million hooks in 1991. The total catch and the catches of most species were at roughly the same levels as during the mid-1980s, but the catches of black marlin declined.

As was the case for the other reports in this series, the spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, sexual maturity, and size composition are summarized for each species. The hook rates for gear with various numbers of hooks between floats are compared for the various species. Also, the interactions of the surface and longline fisheries are discussed.

¹ Present address: National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan

SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA

The following species of tunas and billfishes are discussed in this report:

English name	Japanese name	Spanish name	Scientific name
albacore	binnaga	albacora	<i>Thunnus alalunga</i>
bigeye	mebachi	patudo	<i>Thunnus obesus</i>
yellowfin	kihada	aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>
northern bluefin	kuromaguro	aleta azul del norte	<i>Thunnus thynnus</i>
swordfish	mekajiki	pez espada	<i>Xiphias gladius</i>
striped marlin	makajiki	marlín rayado	<i>Tetrapturus audax</i>
blue marlin	kurokajiki	marlín azul	<i>Makaira mazara</i>
black marlin	shirokajiki	marlín negro	<i>Makaira indica</i>
sailfish	bashokajiki	pez vela	<i>Istiophorus platypterus</i>
shortbill spearfish	furaikajiki	marlín trompa corta	<i>Tetrapturus angustirostris</i>

All of the data on longline catches and effort and biology of longline-caught fish used in this study were obtained from records of commercial and research longline fishing vessels collected and tabulated by the NRIFSF. The corresponding data for the surface fisheries were obtained from the files of the IATTC.

The longline effort and catch data are expressed as numbers of hooks and numbers of fish, respectively. These were initially tabulated by 1-degree areas and months. Since the longlines are about 60-75 nautical miles long, they usually fish in two or three 1-degree areas on the same set. All the effort and catch for a single set are allocated to the 1-degree area which included the greatest number of hooks, but this is not believed to be a significant source of error since for most of the analyses the data for many 1-degree areas were combined to make nine (Figure 1) or fewer principal areas. Data on the effort and catches are not available for the entire fleet of vessels which fished in the EPO, so the effort and catch data were adjusted upward by dividing them by the portions of the fleet from which data were obtained to estimate the total effort and catches. The extent of logbook coverage ranged from 94 to 97 percent per year during the 1988-1992 period (Table 1).

The effort and catch data nearly always included information on the numbers of hooks per basket, which is directly correlated with the average depths to which the hooks descend, so the data for vessels using deep, intermediate, and conventional longline gear could be segregated for comparisons of the three types of gear.

Two gonad indices were used to indicate the maturity of the females. The first, $GI(1) = (W/L^3) \times 10^4$, where $GI(1)$ = gonad index, W = gonad weight in grams, and L = length of fish in centimeters, used in the previous papers in this series, was used in this report for all species except swordfish. The second, $GI(2) = \ln(W)/\ln(L)$ (Hinton *et al.*, 1997) was used for swordfish.

The length data for longline-caught fish used in this report were derived from length measurements of bigeye and yellowfin and length measurements, plus weight data converted to lengths, for albacore and billfishes. Length data, plus weight data converted to lengths, were used to calculate annual estimates of average weight for all species. The tunas were measured to the next-highest 2-cm interval from the tip of the snout to the fork of the tail, and the billfishes were measured to the next-highest 5-cm interval from the posterior margin of the orbit to the fork of tail. The albacore were weighed whole to the next-highest 1-kg interval. The bigeye, yellowfin, and billfishes were weighed, after having been gilled and gutted, to the next-highest 1-kg

interval. The weight data were converted to lengths with the appropriate weight-length equations of Nakamura and Uchiyama (1966) for albacore, Kume and Shiohama (1964) for bigeye, Kamimura and Honma (1959) for yellowfin, and Kume and Joseph (1969b) for swordfish, striped marlin, blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish, prorating among the lengths corresponding to the weight intervals to smooth the length-frequency distributions. (These and other equations for conversion of weights to lengths are listed in Table 2. Equations for conversions between various lengths and between various weights are given in Appendix Tables 1 and 2.) The weight data for black marlin were not converted to lengths because a weight-length equation for converting gilled-and-gutted weights to lengths is not available.

The average weight data for albacore, bigeye, yellowfin, swordfish, striped marlin, and blue marlin (Table 3) were obtained by converting each length interval to weight with the weight-length equations of Nakamura and Uchiyama (1966) for tunas and Kume and Joseph (1969b) for billfishes (Table 2), and then calculating the averages of these with a two-stage sampling method (Cochran, 1977; Tomlinson *et al.*, 1992). The first stage consists of the total catch of fish of the same species from a rectangle of 10° latitude and 20° longitude (or 10° longitude if the rectangle would otherwise extend to the west of 150°W) during the quarter in question of the year in question and the second stage consists of individual fish. Sampling within both the first and second stages was assumed to be simple random sampling. Different combinations of areas (Figure 2), which do not necessarily match the areas in Figure 1, were used for the different species. If an area-year-quarter stratum included less than 50 fish it was not used in the analyses. A few of the albacore, bigeye, and yellowfin strata contained no data, as did many of the swordfish, striped marlin, and blue marlin strata. When an area-year-quarter stratum contained no data an average weight value for the area-quarter stratum was substituted.

The length data for surface-caught yellowfin were obtained from fish measured to the nearest millimeter from the tip of the snout to the fork of the tail and grouped to the next-lowest 2-cm interval (e.g. fish from 500 to 519 mm were included in the 500-mm group, and so on). The numbers of yellowfin of each 2-cm interval caught on trips of vessels of the surface fleet for which logbook data were obtained (about 90 percent of the total trips) were estimated from sampling data, stratified by market-measurement areas (Anonymous, 1997a: Figure 13) and quarters. The average weight data were obtained by adding 9.5 mm to each length, converting these values to weight with the weight-length equation of Chatwin (1959) (Table 2), and calculating the average of these, weighting by the numbers of fish in each interval.

RESULTS AND DISCUSSION

TRENDS IN EFFORT

Annual estimates of the total amount of fishing effort by Japanese longliners, expressed in numbers of hooks, are shown for all oceans, for the entire Pacific Ocean, and for the EPO in the upper panel of Figure 3. The effort data for all nine areas of the EPO are shown also in the yellowfin tuna and swordfish columns of Table 4. No adjustments are made in this report for any of the factors which may affect fishing success, except for the elimination of data for areas in which various species do not often occur (Table 4). Japanese longliners first fished in the EPO in 1954. During the remainder of the 1950s the effort remained at less than 15 million hooks, but then it increased rapidly to about 34 million hooks in 1961 and about 92 million hooks in 1963. The effort remained at about 70 to 100 million hooks from 1963 through 1975, and then increased and

remained at about 110 to 140 million hooks during the 1976-1985 period. It then increased to about 190 million hooks in 1987. During the 1988-1992 period it fluctuated between about 170 to 200 million hooks, with the maximum in 1991. During that period the effort decreased in the Pacific Ocean as a whole and in all oceans combined.

The ratios of the longline effort in the EPO to that in the entire Pacific Ocean and to that in all oceans combined are shown in the lower panel of Figure 3. Historically, the ratios of effort in the EPO to that in the entire Pacific and to that in all oceans increased rapidly during the 1960s, and then increased gradually from the late 1960s to 1978. After a decline during the 1978-1985 period, the ratios increased further, reaching 0.55 relative to the entire Pacific Ocean and 0.39 relative to all oceans combined by 1992. It is apparent that the relative importance of the EPO for the longline fishery increased during the 1980s and early 1990s and that the effort in the EPO exceeded that in the central and western Pacific Ocean during 1991 and 1992.

The Japanese longliners which fish in the EPO range in size from a little less than 100 to about 500 gross metric tons. The portion of the effort by vessels of 50 to 100 tons decreased precipitously during the 1988-1992 period (Table 1). Between 0 and 0.2 percent of the effort was generated by vessels of 50 to 100 tons, between 7.8 and 11.1 percent by vessels of 100 to 200 tons, and between 88.8 to 92.2 percent by vessels of 200 to 500 tons during the 1988-1992 period. Vessels of 100 to 200 tons fished in virtually the same areas as those of 200 to 500 tons, whereas those of 50 to 100 tons fished only west of 100°W (Figure 4).

There was a decrease in the number of sets and an increase in the number of hooks per set from 1988 to 1989, and after that the numbers of sets increased and the numbers of hooks per set decreased (Table 1). The increase in the number of sets in the EPO coincided with a decrease in the number of sets in the central and western Pacific Ocean, so it is believed that a shift of vessels from the central and western Pacific Ocean to the EPO was largely responsible for the increase in effort in the EPO.

The longline fishing grounds cover a wide area of the EPO from about 40°N to 35°S (Figure 4). There are three principal fishing areas, (1) a horizontal band between the equator and 10°N extending from the coast of Ecuador to 150°W, (2) a horizontal band between the equator and 15°S and an area east of 90°W between 10°S and 35°S, and (3) the area between 20°N and 35°N from Baja California to 150°W. It is interesting to note that there was little fishing effort along the equator, south of the Galapagos Islands (about 0°-90°W), and especially in the area between 10°N and 20°N, which is the principal fishing ground for the offshore purse-seine fishery for yellowfin and skipjack (Anonymous, 1997a: Figures 2 and 4). Suda *et al.* (1969) speculated that there is relatively little longline effort in the last area because the shallow thermocline there results in low hook rates of bigeye.

Annual trends in effort by area (Figure 1) are shown in Figure 5. The effort tended to increase in Areas 5 and 8 and to decrease in Areas 4 and 7 during the 1988-1992 period. No trends are evident for the other areas.

Quarterly trends of effort in each area are shown in Figure 6. The apparent abundance and vulnerability to capture of the various species apparently vary relatively little among years, so the effort data for the 1988-1992 period have been combined. In Areas 1 and 4 the effort was greater during the first and fourth quarters than during the second and third quarters, and in Areas 2, 3, and 9 the opposite was the case. In Area 5 the effort was greater during the first and second quarters than during the third and fourth quarters. In Areas 7 and 8 the effort was nearly constant throughout the year. There was no fishing effort in Area 6 during the first and second quarters.

The quarterly distributions of effort are shown in Figure 7. Areas of concentrated effort can be seen in the horizontal band between the equator and 10°N during the second and third

quarters, whereas in the band between the equator and 15°S and the region north of 20°N areas of concentrated effort are seen during the first and fourth quarters. In the area south of the equator the effort was concentrated between 5°S and 15°S during the fourth quarter and between 5°S and 10°S during the first quarter. During the first and fourth quarters there was little effort offshore off Peru and northern Chile. In coastal waters there was effort off Baja California and off Ecuador and northern Peru throughout the year.

Intermediate and deep longlining effort

Deep longlining is discussed by Saito (1973 and 1975), Suzuki *et al.* (1977), Suzuki and Kume (1982), Hanamoto (1987), Yang and Gong (1988), Rey and Muñoz-Chápuli (1991), Nakano *et al.* (1997), and Miyabe and Bayliff (1998). Miyabe and Bayliff (1987) and Nakano and Bayliff (1992) described deep longlining in the EPO during the 1975-1987 period. This method of fishing was introduced by small Japanese longline vessels in the western equatorial Pacific in 1974. Conventional and deep longline gear are essentially the same except for the length of mainline per basket and the number of hooks per basket, i.e. between two floats. The number of hooks per basket ranges from 4 to 15, but Suzuki *et al.* (1977) and Suzuki and Kume (1982) considered conventional and deep longlines to be those with 4 to 6 and those with 10 or more hooks per basket, respectively, and that convention is followed in this report. The mainlines of both types of gear hang at about the same angle from the floats, so the hooks near the floats fish at about the same depths, but the middle hooks of deep longlines fish deeper than any of those of conventional longlines (Suzuki *et al.*, 1977: Figure 2). Hanamoto (1974) found that bigeye are caught more frequently on the deeper hooks of conventional longlines, and Saito (1975) reported that the catch rates of bigeye with experimental vertical longlines were considerably greater than those with conventional longlines. Suzuki *et al.* (1977: Table 5 and Figure 3) used information obtained from logbook records to compare the hook rates of conventional and deep longline gear of vessels based in the port of Yaizu. They observed that the hook rates for deep longlines were greater for bigeye and less for most of the other tunas and for billfishes. Yang and Gong (1988: Table 1 and Figure 4) performed similar analyses with data for 17 Korean vessels which fished in the equatorial Atlantic in 1985 and obtained similar results. Rey and Muñoz-Chápuli (1991) used an experimental longline with 33 hooks between floats off west Africa, and found that the hook rates for swordfish were greatest for hooks 3 through 13. (The shallowest hooks at either end of the basket were assigned the number 1, and the deepest hook at the middle of the basket was assigned the number 17.) The maximum depth reached by the deepest hook was estimated to be 370 to 460 m. The third and thirteenth hooks probably fished at about 90 to 110 m and 335 to 430 m, respectively. Nakano *et al.* (1997), who analyzed data for the eastern and central equatorial Pacific, plus the vicinity of Hawaii, reported that the hook rates increased with depth (between 80 and 280 m) for albacore and bigeye, decreased with depth for striped marlin, blue marlin, sailfish, and short-bill spearfish, and showed no clear trends with depth for yellowfin and swordfish. Suzuki and Kume (1982), Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Punsly and Nakano (1992) compared the hook rates for bigeye by conventional and deep longline gear, using data for the longline fisheries in the Pacific and Indian Oceans during the 1975-1979 period and in the EPO during the 1975-1987 period. The first report includes maps showing the distributions of fishing grounds where conventional and deep longlines are more effective, and the second and third include maps showing the areas where deep longlining takes place. Suzuki and Kume (1982) formulated a hypothesis which explains why longlines are more effective in some areas than in others. They stated that bigeye prefer temperatures of about 20°C, but tolerate temperatures as low as 11° or 12°C. Temperatures within the range of bigeye occur between the surface

and 100 meters in temperate regions, but occur in much deeper waters in the equatorial zone. Therefore bigeye are more likely to be caught by deep longlines in the tropics. (Hanamoto (1987) later showed that the greatest catch rates for bigeye were obtained at temperatures of about 10° to 17°C.)

The demand for sashimi has increased in recent years and, since sashimi-grade bigeye has, since 1978, brought higher prices than any of the other species listed in Table 5, it is not surprising that deep longlining has increased.

Data on the number of hooks per basket are available for more than 90 percent of the logged effort during each year for the 1975-1992 period. For each 5-degree area the number of hooks per basket most commonly used by each vessel each month was tabulated. These data are summarized, for all areas combined, in Miyabe and Bayliff (1987: Figure 30), Nakano and Bayliff (1992: Figure 7), and Figure 8 of this report. The shift from conventional to deep longline gear, which began in 1975, continued through 1987. During the 1988-1992 period there were no marked changes in gear configuration. There was a predominant mode at 13 hooks per basket and a lesser mode at 8 hooks per basket (except in 1988, when the lesser mode was at 7 hooks per basket). The use of conventional longline gear (4-6 hooks per basket) nearly disappeared, while the use of gear with 7 to 9 hooks per basket increased. Gear with 7 to 9 hooks per basket will henceforth be called "intermediate" longline gear.

The percentages of effort exerted with conventional, intermediate, and deep longline gear during the 1975-1992 period are shown in Figure 9. In Areas 2-5, all in tropical waters, the proportions of conventional longlining effort decreased precipitously during the 1970s and early 1980s, being replaced by deep longlining effort. In Area 8, which is also in tropical waters, the pattern was similar, except that the percentages of intermediate longlining effort were greater during the 1980s and early 1990s. In Areas 1 and 9, both in subtropical and temperate waters, conventional longline gear was replaced mostly by intermediate longline gear after the early 1980s. In Area 6, also in subtropical and temperate waters, the trend was similar to those for Areas 2-5. In Area 7, in contrast to the other areas, the dominance of conventional longline gear persisted until 1992. Not much significance should be attached to trends for Areas 6 and 7, however, as the effort has been low in these two areas during the 1980s and 1990s (Figure 5).

The percentages of the total longline effort which were deep longlining effort, by area and year, are shown in Miyabe and Bayliff (1987: Figure 31), Nakano and Bayliff (1992: Figure 8), and Figure 10 of this report. Deep longlining took place mostly in the western part of the EPO in equatorial waters during the early 1980s and expanded eastward during the 1981-1987 period. During the 1988-1992 period the pattern in equatorial waters was similar to that of the mid-1980s. The use of deep longline gear increased west of 120°W between 10°N and 25°N during the late 1980s and early 1990s. The predominance of conventional and intermediate longline gear has persisted in the area north of 20°N and east of 120°W and off Peru and northern Chile. The water is colder and the formation of the thermocline is seasonal in those areas.

TRENDS IN CATCH

The total longline catch of tunas and billfishes in the EPO exceeded 3 million fish in 1963, the year of greatest catch (Figure 11, upper panel; Table 6). After that it gradually declined, leveling off at about 1.5 million fish during the late 1960s and early 1970s. Subsequently, in response to increases in effort, the catches increased, reaching about 2.6 million fish in 1986. After that the catch decreased to about 2.0 million fish in 1988, increased to about 2.7 million fish in 1990, and decreased to about 2.1 million fish in 1992.

The ratio of the billfish catch to the total catch (Figure 11, lower panel) was fairly high from 1964, the first year in which substantial fishing took place in Area 7, where billfishes appear to have been most abundant, to about 1975. After that the ratio decreased, and since the mid-1980s billfish have made up only about 10 percent of the total catch. This decline was due mainly to less fishing in Area 7 and in Area 8 between 5°N and 10°N and the switch to deep longline gear after the mid-1970s (Miyabe and Bayliff, 1987).

Bigeye has been the largest component of the tuna catches, followed by yellowfin and albacore in that order (Figure 12). The catch of bigeye increased from about 50 percent in the early and mid-1960s to about 70 percent since the late 1970s. The percentages of yellowfin and albacore were about equal during the early 1960s, but after that the percentages of albacore decreased more than the percentages of yellowfin. The principal components of the billfish catch were blue plus black marlin from the mid-1950s to the mid-1960s and striped marlin and sailfish plus shortbill spearfish from the mid-1960s to the late 1970s. After that sailfish plus shortbill spearfish declined and swordfish and blue marlin plus black marlin increased. The logbooks used by the Japanese longline vessels combine sailfish and shortbill spearfish in the same column, so it is impossible to separate these two species in the statistics. About 85 percent of the sailfish plus shortbill spearfish catch is made in coastal waters from Baja California to Panama, however, and since sailfish is predominant in this area (Kume and Joseph, 1969a) it is assumed that most of the sailfish plus shortbill spearfish catch consisted of sailfish. More blue marlin than black marlin are caught in the EPO; the catch of black marlin has never exceeded 1.5 percent of the total catch of billfishes.

The longline catches of the various species in the EPO and the entire Pacific are shown in Figure 13. In the EPO the catches of albacore declined during the mid- and late-1960s, and after that remained more or less constant. The catches of bigeye showed no trend during the late 1960s and early 1970s, but increased after that, probably due to the increased use of deep longline gear. The catches of yellowfin and swordfish have been more or less constant since the early 1960s, although those of yellowfin in the EPO were somewhat greater during 1990 and 1991. The catches of blue marlin showed a slight upward trend during the 1970s and 1980s, whereas those of black marlin showed a slight downward trend during that period. The catches of striped marlin and sailfish plus shortbill spearfish declined greatly from the mid-1960s to the late 1970s, and then leveled off.

The species compositions of the catches for the 1971-1992 period, by area, are shown in Miyabe and Bayliff (1987: Figure 10), Nakano and Bayliff (1992: Figure 12), and Figure 14 of this report. No conspicuous changes in species composition are evident for the 1971-1992 period. During the 1988-1992 period bigeye was the most important species, except in Area 7, where billfishes were predominant. The next-most-important species were albacore in Area 1, yellowfin in Areas 2, 4, 5, and 9, and billfishes in Areas 3 and 8.

DISTRIBUTION OF THE VARIOUS SPECIES BY FISHING GROUNDS AND QUARTERS

The previous reports in this series (Suda and Schaefer, 1965a; Kume and Schaefer, 1966; Kume and Joseph, 1969a; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff, 1992) used maps of the hook rates, expressed as catches per 1000 hooks or catches per 100 hooks, to depict the relative abundances of the various species of tunas and billfishes by area and season. These show area and time, but not depths of the hooks. The unadjusted hook rate is not necessarily a good estimator of relative abundance of a particular species in different areas or quarters. Furthermore, there is no reason to believe that the various species are

equally vulnerable to capture by longline, even in the same area-time-depth strata, so it cannot be said on the basis of hook rate data that one species is more or less abundant than another. It has already been stated that bigeye spend more time at greater depths than do most of the other species, so the depth of the hooks can influence the species composition of the catches. Within species, the vulnerability to capture may vary with area, year, season, depth of the hooks (Punsly and Nakano, 1992), size of the fish, and other factors. Nevertheless, useful information can be obtained from the hook rate data, so these are plotted by quarter in Figures 15-23. It should be noted that the values for the different kinds of shading are not the same for the different species. Examination of Figures 15-23 and the equivalent figures of previous reports in this series reveals that the areas and times of the highest and lowest catch rates of the various species have tended to remain about the same, although some minor changes, probably due to changes in oceanographic conditions and differences in the modes of operation of the longliners, have occurred. In general, the differences in the distributions of the catch rates between the 1956-1987 period and the 1988-1992 period were greater than the differences within the 1988-1992 period. Accordingly, the data for all years of the 1988-1992 period are combined in Figures 15-23.

Albacore

The distribution of the catches of albacore, as determined from hook rates (Figure 15), was rather confined. Albacore were not often caught in the area north of 20°N between Baja California and 125°W, nor in the area between 5°S and 20°N.

Relatively high hook rates were encountered in the area north of 20°N and west of 130°W during the first and fourth quarters. This area of good albacore fishing is the easternmost part of the "north Pacific albacore fishing ground" (Suda, 1962), which extends to off southern Japan during the northern winter. In the southern hemisphere the hook rates were greatest during the third and fourth quarters. The greatest hook rates for albacore occurred in a band extending from 10°S at 150°W to 15°S off Peru. The two horizontal bands (16°S to 20°S and 25°S to 30°S) of relatively high hook rates reported by Shingu *et al.* (1974: Figure 8a) for the 1967-1970 period were not evident in either the 1971-1987 data (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 11; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 13) or the 1988-1992 data.

Bigeye

The hook rates of bigeye (Figure 16) were relatively high in most of the EPO, but not in the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of greatest hook rates were horizontal bands between 150°W and Ecuador and between 10°S and 5°N throughout the year, in the area between 20°N and 30°N and between 125°W and 150°W during the first and fourth quarters, and in the area between 15°S and 25°S and between 80°W and 95°W during the second, third, and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 8°N, the hook rates were relatively high throughout the year, especially between 90°W and 120°W. Low oxygen concentrations within and below the thermocline may have contributed to the low hook rates in the vicinity of 10°N (Hanamoto, 1975). In the south equatorial region, between the equator and 15°S, the hook rates were relatively high west of 90°W throughout the year.

The areas of greatest hook rates of bigeye did not coincide well with the distribution of effort, even though bigeye was the most important species of fish caught by longliners. The heaviest concentrations of effort are apparent in the south equatorial region during the first and fourth quarters, in the western part of the north equatorial region during the second quarter, and off Peru during the third quarter (Figure 7), but the hook rates of bigeye in these areas were not

particularly high. Furthermore, although the hook rates for bigeye were fairly high northeast of Hawaii and off southern Peru and northern Chile, not much effort was exerted in these areas. This may be because in the equatorial region bigeye could be caught throughout the year and the fish tended to be large, whereas in the higher latitudes the occurrence of bigeye was more seasonal and the fish tended to be smaller (Kume, 1979).

Substantial amounts of bigeye were taken by purse seiners between 5°N and 10°S during 1994 and 1995 (Anonymous, 1997a: Figures 7 and 8). The possible effects of the purse-seine fishery on the longline fishery are discussed in the section entitled **INTERACTIONS BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR TUNAS AND BILLFISHES**.

Yellowfin

The catches of yellowfin, like those of bigeye, are widely distributed in the EPO, but the hook rates for yellowfin (Figure 17) tended to be less than those of bigeye. Relatively high hook rates for yellowfin occurred in the area west of 100°W between the equator and 10°S throughout the year, west of 120°W between the equator and 10°N throughout the year, and off Peru during the second, third, and fourth quarters. The fishing ground off Peru is located just north of the bigeye fishing ground which occurs off southern Peru and northern Chile during the second, third, and fourth quarters (Figure 17).

Kume and Joseph (1969a: Figure 6c) and Shingu *et al.* (1974: Figure 8c) found that the hook rates for yellowfin were greatest along 10°N west of 120°W during the 1964-1966 period and along 10°N east of 105°W during the 1967-1970 period. There was relatively little fishing effort along 10°N during the 1971-1987 period (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 3; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 6) and the 1988-1992 period (Figure 4).

Large amounts of yellowfin are taken by purse seiners between 5°N and 15°N (Anonymous, 1997a: Figure 2). The possible effects of the purse-seine fishery on the longline fishery are discussed in the section entitled **INTERACTIONS BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR TUNAS AND BILLFISHES**.

Northern bluefin

Northern bluefin are caught infrequently in the EPO by longline vessels. Relatively high hook rates occurred between 30°N and 35°N west of 125°W during the first and fourth quarters (Figure 18). Spawning of bluefin is not known to occur anywhere in the Pacific Ocean except in the vicinity of Japan, but many of the juvenile fish migrate to the EPO, where they are caught by purse-seine vessels off California and Baja California before returning to the western Pacific (Bayliff *et al.*, 1991). The fish caught north of 25°N during the first and fourth quarters might have been maturing fish migrating from the eastern to the western Pacific. Nakano and Bayliff (1992: Figure 16) found relatively high hook rates during the 1981-1987 period along 30°S between 85°W and 95°W during the third quarter and just south of the equator between 85°W and 105°W during the fourth quarter, but such was not the case during the 1988-1992 period.

Swordfish

Relatively high hook rates occurred in the area between 30°N and 35°N west of 130°W during the first and fourth quarters, off Baja California and near the mouth of the Gulf of California throughout the year, off northern Chile during the second, third, and fourth quarters, and in the area along 5°N between 95°W and 125°W during the third and fourth quarters (Figure 19). Relatively high hook rates had not occurred in the last area during previous years. The dis-

tributions for the 1956-1980 period (Joseph *et al.*, 1974; Figure 11; Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 14) show relatively high hook rates for swordfish along 10°N west of 120°W during the third and fourth quarters, but this was not the case for the 1981-1987 (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 17) or 1988-1992 periods. Also, the relatively high hook rates which occurred between 10°S and 15°S and between 95°W and 110°W during the first and fourth quarters of the 1981-1987 period (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 17) are less evident for the 1988-1992 period.

Striped marlin

The hook rates for striped marlin for the 1988-1992 period were greatest off Baja California, near the mouth of the Gulf of California, and south of Baja California to about 15°N (Figure 20). Above-average hook rates also occurred northeast of Hawaii during the first, third, and fourth quarters and south of the equator and east of 120°W throughout the year. The hook rates were relatively high off southern Mexico and Central America during the 1956-1987 period (Joseph *et al.*, 1974; Figure 7; Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 15; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 18), but there was virtually no fishing effort in this area during the 1988-1992 period (Figure 7).

Blue marlin

Blue marlin were widely distributed in the EPO (Figure 21), but the hook rates were quite low. Relatively high hook rates were encountered around the Marquesas Islands (about 10°S-140°W) during the first and second quarters and in the area between the equator and 10°N west of 110°W during the third and fourth quarters. Relatively high hook rates had occurred in the Panama Bight and the area between 20°S and 25°S and between 115°W and 130°W during previous years (Joseph *et al.*, 1974: Figure 8; Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 16; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 19), but there was little fishing effort in those areas during 1988-1992 (Figure 7).

Black marlin

The hook rates of black marlin were quite low in all areas (Figure 22), as was the case for the 1956-1987 period (Joseph *et al.*, 1974: Figure 9; Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 17; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 20). There were no areas where the hook rates were relatively high.

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish are not separated in the logbooks of the longline vessels, but it is assumed that the fish caught within a few hundred miles of the mainland were sailfish and the others were shortbill spearfish.

The hook rates for sailfish (Figure 23) were greatest south and southwest of Baja California during the second, third, and fourth quarters and in the Panama Bight during the third quarter. Joseph *et al.* (1974: Figure 10) and Miyabe and Bayliff (1987: Figure 18) reported relatively high hook rates in coastal waters off southern Mexico and Central America during the 1956-1980 period, but there was little fishing effort in this area during the 1981-1992 period (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 6; this report, Figure 7).

The greatest hook rates for shortbill spearfish (Figure 23) occurred between 15°N and 30°N west of 135°W during the first, third, and fourth quarters and between 105°W and 140°W south of 5°S during the third and fourth quarters.

TRENDS IN RELATIVE APPARENT ABUNDANCE

Hook rates were first used as indices of abundance of tunas and billfishes in the EPO by Suda and Schaefer (1965a), who said that "by considering the trends of apparent abundance over space and time, variations in availability may be, to some extent, averaged out, so that we may make reasonable inferences as to real changes in the abundance of the fish." In this section annual trends in the hook rates by area for the 1954-1992 period are used to measure the relative abundances of the various species of fish. The annual hook rates for all or most areas combined (Figures 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, and 41) were calculated by summing the numbers of fish caught in the areas under consideration, summing the numbers of hooks which fished in those areas, and then dividing the first sum by the second. In addition, the quarterly trends for the 1988-1992 period (Figure 24) are examined. Data for areas with very low hook rates are in some cases excluded from the figures showing the quarterly trends.

It can be seen in Figures 15-23 that the hook rates were not uniform over wide geographical areas, so modest changes in the pattern of the fishing effort and/or the distribution of the fish could influence the hook rates enough to introduce significant biases into the inferences drawn from the hook rate data. This is a problem especially with the billfishes, for which the fishing grounds were more limited in area and for which the occurrences were more seasonal. Attempts to reduce these biases have been made by dividing Areas 7 and 8 into subareas (inset in Figure 1) for sailfish plus shortbill spearfish. The boundaries of these subareas were selected by Nakano and Bayliff (1992) from information presented in their Figure 21. In addition, there is a problem with the shift from conventional to deep longlining, beginning in 1975, which has caused the hook rates for bigeye to increase and those for most of the other species to decrease in most areas. In this report attempts are made to reduce the problems resulting from non-uniform distribution of the fish by considering only the data for the areas in which the species in question is most abundant. Punsly and Nakano (1992) addressed these problems for bigeye and yellowfin by standardizing the data by area, season, and depth with generalized linear models.

It is also possible that greater vulnerability to longline gear is genetically determined, and that the populations of fish which were especially vulnerable to capture by longline gear were greatly reduced during the first years of the longline fishery, so that the portions of such fish in the populations were less in later years. This would cause the hook rates to decline more rapidly than the abundances of the fish.

The condition of the various stocks of fish cannot be assessed solely by examination of data on the hook rates, of course, as attention must be paid also to the size composition of the fish. This is done in a later section of this report.

Albacore

The albacore of the North Pacific Ocean and the South Pacific Ocean have usually been considered to be separate stocks. Nakamura (1969) stated that "(1) there is no evidence that the albacore migrate across the Equator in any season, and (2) the population structures of the albacore in the two hemispheres are roughly symmetrical, [which] would indicate that it is reasonable to consider the two populations as discrete." Data pertinent to stock assessment have usually, *e.g.* Bartoo and Foreman (1994) and Murray (1994), been considered separately for the two areas, although Nakano and Bayliff (1992: Figure 24) combined data for North Pacific and South Pacific albacore in their analysis of catch, effort, and catch-per-unit-of-effort (CPUE) data. Chow and Ushiyama (1995) analyzed the mitochondrial DNA of albacore caught in the North and South Pacific, and concluded that there is gene flow between the two areas. However, even limited

exchange of genetic material between two areas is sufficient to maintain genetic homogeneity. In this report it is assumed that there are separate northern and southern stocks of albacore, those of Area 1 belonging to the northern stock and those of Areas 4, 5, 6, and 9 belonging to the southern stock. These combinations of areas were selected for examination of the data because they include the major albacore fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for other areas with large amounts of effort and low catches of albacore would tend to mask whatever relationships may exist between effort and albacore catch.

The quarterly hook rates for albacore tended to be greatest during the first and fourth quarters in Area 1 (Figure 24).

There was an upward trend in the hook rates in the northern hemisphere during the latter half of the 1970s (Figure 25; Table 4). The hook rates remained relatively high through 1985, and then decreased. The increased hook rates from 1977 through 1985 are believed to have been due to increased abundance of albacore on the fishing grounds north of 25°N and a shift of fishing effort to this part of Area 1. In contrast, in the southern hemisphere the hook rates declined precipitously during the 1960s and early 1970s. The fact that the trends for the hook rates of northern and southern albacore have been opposite lends support to the hypothesis that there are separate stocks of northern and southern albacore. It is possible, however, the fishermen operating in the northern hemisphere were fishing more in area-time-depth strata where albacore are most likely to be encountered than fishermen operating in the southern hemisphere.

The relationships between effort and catch of albacore for the 1955-1992 period in Area 1 and in Areas 4, 5, 6 and 9 are shown in Figure 26. For northern albacore, the effort increased during the 1955-1967 period, while the hook rates remained low (less than 0.1 fish per 100 hooks) (Table 4). During the 1968-1976 period the hook rates fluctuated between about 0.1 and 0.3 fish per 100 hooks, and during every year of the 1977-1985 period except 1978 they were greater than 0.5 fish per 100 hooks. After 1985 the hook rates decreased, fluctuating between about 0.2 and 0.8 fish per 100 hooks. For southern albacore, the catches increased rapidly during the 1956-1963 period, while the hook rates fluctuated between about 0.9 and 2.9 fish per 100 hooks. During the 1964-1971 period the hook rates decreased precipitously, possibly because the effort was directed more toward other species. During the 1972-1992 period the effort increased, but the hook rates remained, for the most part, between about 0.05 and 0.2 fish per 100 hooks.

Bigeye

Kume and Joseph (1969a: Figure 9a) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9b) noted that the hook rates for bigeye during the 1964-1970 period were greatest in the offshore areas during the first and second quarters and greatest in the inshore areas during the third and fourth quarters, and stated that this might be the result of migrations of the fish. During the 1971-1987 period the hook rates did not show much seasonality (Miyabe and Bayliff 1987: Figure 20; Nakano and Bayliff, Figure 22). During the 1988-1992 period the hook rates tended to be even more uniform than during the 1971-1987 period, especially in Areas 1 and 3 (Figure 24). The hook rates were slightly lower in Area 8 during the third quarter and in Area 9 during the first quarter.

The annual trends in hook rates were downward in all areas except 4 and 6 (Figure 27). The hook rates dropped precipitously during the early 1960s to less than half the rates of the late 1950s, but after the mid-1960s they remained relatively constant. Miyabe and Bayliff (1987) and Nakano and Bayliff (1992) hypothesized that the decline in hook rates during the late 1950s and early 1960s could be due to the selective removal of individuals which were especially vulnerable to longline gear from the population during the early years of the fishery, and that the subsequent leveling off of the hook rates, while the catches increased (Figure 13; Table 6), could be due to the

adoption of deep longline gear. The annual fluctuations in the hook rates were relatively slight after the mid-1960s in the equatorial areas (except for Areas 3 and 8), but much greater in Areas 1 and 9. The lesser fluctuations in the equatorial areas might be due to the fact that the representation of larger, older fish was greater there, which would tend to dampen the effects of fluctuations in recruitment. It is possible, however, that the fishermen operated more in the area-time-depth strata where bigeye are most likely occur when fishing in low latitudes than when fishing in higher latitudes. The hook rates increased in Areas 3, 8, and 9 and, to a lesser extent, in Areas 1, 2, 4, and 5 in 1985 or 1986, and then decreased in 1988 or 1989. This could be due to greater-than-average recruitment of fish of the ages which contributed most to the catches of 1985 and 1986.

The relationship between effort and catch of bigeye for the 1955-1992 period in Areas 2-5, 8, and 9 is shown in Figure 28. This combination of areas was selected for examination of these data because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for other 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 the 1957-1960 period the effort and catches were low and the hook rates were relatively high (Tables 4 and 6). During the 1961-1965 period the effort and catches were much greater than during the 1957-1960 period. The hook rate was about 2.9 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 0.9 fish per 100 hooks in 1965 (Table 4). During the 1966-1987 period the effort ranged between about 40 and 170 million hooks and the catch between about 0.6 and 1.9 million fish, but the hook rates remained relatively constant at about 0.7 to 1.3 fish per 100 hooks. During the 1988-1992 period the effort and hook rates have fluctuated between about 140 and 180 million hooks and 0.6 and 0.9 fish per 100 hooks.

Yellowfin

Shingu *et al.* (1974: Figure 9c) and Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) noted that the hook rates for yellowfin tended to be greatest in the northern areas during the first and second quarters and in the southern areas during the third and fourth quarters. Nakano and Bayliff (1992: Figure 22) did not find strong seasonality, however, except in Areas 2 and 9. In the present study strong seasonality was observed only in Areas 6 and 9 (Figure 24).

The hook rates declined sharply in Areas 2-5 during the late 1950s and early 1960s (Figure 29), as was the case for bigeye (Figure 27; Table 4). During the mid-1960s the bigeye hook rates leveled off, but those for yellowfin continued to decline (except in Area 4) until the early 1980s. The hook rates also declined in Areas 6, 7, and 8 during the early 1960s, but not as precipitously as in Areas 2-5. After the early 1980s the hook rates increased slightly in most areas. It should be noted that in Areas 3 and 8 the hook rates were lowest during the late 1970s and early 1980s. These are areas of particularly high effort and catch by the surface fishery (Anonymous, 1974a-1975a: Figure 3; 1976a-1997a: Figure 2). The fishing effort in Area 7 is directed mostly toward billfishes, so not much importance should be attached to the trend for yellowfin in this area. Declines in hook rates are not evident in Areas 1 and 9, the northernmost and southernmost areas. Relatively high hook rates are evident for 1968, 1972, and 1975, and 1990, particularly in Areas 8 and 9, but also, in some cases, in Areas 3, 4, and 5.

The relationship between effort and catch of yellowfin for the 1955-1992 period in the EPO is shown in Figure 30. It was decided to use the data for all areas of the EPO because substantial quantities of yellowfin are caught in all areas. The fishing effort was low (less than 40 million hooks) during the 1955-1961 period, intermediate (about 50 to 140 million hooks) during the 1962-1985 period, and high (more than 160 million hooks) during the 1986-1992 period (Table 4).

The catches were least during the 1955-1960 period and greatest during 1963-1964 and 1990-1991 periods (Table 6). The hook rates were greatest (about 0.9 to 1.8 fish per 100 hooks) during the 1956-1961 period and least (less than 0.2 fish per 100 hooks) during 1978, 1981, 1987-1988, and 1992 (Table 4). The steep declines in hook rates of yellowfin (Figure 29) could be the result of declines in the abundance of the fish, selective removal of the individuals which were most vulnerable to longline gear during the early years of the fishery, and/or concentration of effort in area-season-depth strata where yellowfin were less abundant during the later years.

Swordfish

Joseph *et al.* (1974: Figure 11) showed that during the 1956-1970 period the hook rates for swordfish off Mexico were greatest during the first and fourth quarters and that there was little seasonality in the hook rates off northern South America. Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) found the same to be the case for the 1971-1980 period. They attributed the lack of seasonality in Area 8 to fishermen directing their effort toward other species. Nakano and Bayliff (1992: Figure 22) found seasonal differences in the hook rates in Areas 1, 7, and 9, but not in Areas 5, 6, and 8, during the 1981-1987 period. During the 1988-1992 period there was little seasonality in the hook rates except in Area 1, where they were greatest during the first quarter, and Area 7, where they were greatest during the first and fourth quarters.

The hook rates were low, never exceeding 0.1 fish per 100 hooks, except in Areas 7 and 8 (Figure 31). The hook rates increased gradually in Area 1 from the mid-1970s to the late 1980s, and then decreased after 1988. In Area 8 precipitous decreases occurred during 1969-1971 and 1977-1981. The hook rates also decreased in Areas 2 and 3 from the early 1970s to 1984, after which they increased. No annual trends are apparent in Areas 4, 5, and 6 or in Area 9 (after the mid-1970s). Miyabe and Bayliff (1987) explained that the relatively large annual fluctuations in Area 7 were due to the fact that there were separate fishing grounds for swordfish and striped marlin in this area, and the fishermen have frequently changed from one fishing ground to the other in accordance with the species they preferred to fish for at various times.

The relationship between effort and catch of swordfish for the 1955-1992 period in the EPO is shown in Figure 32. It was decided to use the data for all areas of the EPO because substantial quantities of swordfish are caught in all areas. The fishing effort was low (less than 40 million hooks) during the 1955-1961 period, intermediate (about 50 to 140 million hooks) during the 1962-1985 period, and high (more than 160 million hooks) during the 1986-1992 period (Table 4). The catches fluctuated between about 29 thousand and 77 thousand fish during the 1963-1992 period, except for 1969, when about 119 thousand fish were caught (Table 6). The hook rates were greater than 0.04 fish per 100 hooks during every year of the 1964-1978 period and greatest of all during 1969 (Table 4). Kume and Joseph (1969a) reported that swordfish were caught by "fishing at night with gear specifically rigged for swordfish" during the mid-1960s, particularly off Baja California. This was probably the cause of the relatively high hook rates during the 1964-1978 period. During the 1980s the hook rates fluctuated between about 0.03 and 0.04 fish per 100 hooks.

Striped marlin

Joseph *et al.* (1974: Figure 7) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9e) reported that during the 1956-1970 period the hook rates for striped marlin tended to be greatest north of the equator during the northern summer and greatest south of the equator during the southern summer. Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) reported seasonal fluctuations in the hook rates during the 1971-1980 period in Areas 7 and 9. Nakano and Bayliff (1992: Figure 22), however, observed sea-

sonal fluctuations only in Area 7 during the 1981-1987 period. During the 1988-1992 period seasonal fluctuations were observed in Areas 7 and 9; the hook rates were greatest in Area 7 during the third and fourth quarters and in Area 9 during the first quarter (Figure 24).

The hook rates declined after the early 1970s in Areas 1, 3, 5, 8, and 9, especially the last two of these (Figure 33). No trends are evident for Areas 2, 4, 6, or 7. The declines could be partially due to increased use of deep longline gear after the mid-1970s, as the hook rates did not decline in Area 7, where deep longline gear is not often used (Figure 9). Two things should be noted, however. First, the declines in hook rates began during the early 1970s, before deep longlining was introduced into the EPO. Second, the hook rates did not decline in Area 6, even though deep longline gear essentially displaced conventional longline gear in this area during the 1970s. Anonymous (1997b: Figure 1) showed that the catch rates of striped marlin by recreational fishermen off Baja California decreased from about 0.7 to 0.3 fish per angler day from 1969 to 1973, but were relatively constant, between about 0.3 and 0.6 fish per angler day, from 1973 through 1993. Concurrently, the catches by recreational fishermen off Southern California remained nearly constant, at less than 0.2 fish per angler day, except for catches of about 0.3 fish per angler day in 1985, while those off Mazatlan, Mexico, declined sharply from about 0.6 fish per angler day in 1969 to about 0.1 fish per angler day in 1976, and then fluctuated between zero and about 0.3 fish per angler day from 1977 through 1993.

The relationship between effort and catch of striped marlin for the 1955-1992 period in Areas 1, 3, and 5-9 is shown in Figure 34. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The hook rates were about 0.3 to 0.6, 0.2, and 0.1 to 0.2 fish per 100 hooks during the 1962-1972, 1973-1976, and 1977-1990 periods, respectively (Table 4).

Blue marlin

Joseph *et al.* (1974: Figure 8) noted that the hook rates for blue marlin during the 1956-1970 period tended to be greater north of the equator during the northern summer and greater south of the equator during the southern summer. During the 1971-1987 period the hook rates were greatest in Areas 2 and 3 during the third and fourth quarters and greatest in Areas 4 and 5 during the first and second quarters (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 20; Nakano and Bayliff: Figure 22). During the 1988-1992 period the hook rates were greatest in Area 2 during the third and fourth quarters and greatest in Area 4 during the first and second quarters (Figure 24). This might indicate seasonal migrations of fish between Areas 2 and 4, and possibly between Areas 3 and 5.

The annual trends in hook rates were downward in all areas during the late 1950s and early 1960s (Figure 35). In Areas 4 and 6 the hook rates were greater than 1 fish per 100 hooks for a brief period during the late 1950s.

The relationship between effort and catch of blue marlin for the 1955-1992 period in Areas 2-8 is shown in Figure 36. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The effort (Table 4) and catches (Table 6) increased during the 1955-1963 period, and the hook rates (Table 4) declined from about 1.3 to 0.2 fish per 100 hooks. After that they declined further, to less than 0.06 fish per 100 hooks during every year of the 1971-1992 period except 1984.

Black marlin

Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) observed that the hook rates for black marlin were greater in Areas 3 and 8 during the third and fourth quarters of the 1976-1980 period. Nakano

and Bayliff (1992: Figure 22) found the hook rates to be greatest in Areas 3 and 7 during the third and fourth quarters, in Area 8 during the third quarter, in Area 6 during the first and fourth quarters, and in Area 9 during the first and second quarters of the 1981-1987 period. During the 1988-1992 period seasonal fluctuations were apparent only in Area 7, where the hook rates were greatest during the second and third quarters (Figure 24). These seasonal fluctuations do not necessarily indicate migrations, as the hook rates were quite low.

The hook rates were low in all areas, and they declined in all areas except Area 7 (Figure 37).

The relationship between effort and catch of black marlin for the 1955-1992 period in Areas 2-8 is shown in Figure 38. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The effort (Table 4) and catch (Table 6) increased during the 1955-1963 period, while the hook rates (Table 4) stayed at about 0.01 fish per 100 hooks from 1958 through 1970. After that they declined to about 0.002 and 0.001 fish per 100 hooks during 1978-1986 and 1987-1992 periods, respectively.

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish are not separated in the logbooks of the longline vessels, but it is assumed that the fish caught within a few hundred miles of the mainland were sailfish and the others were shortbill spearfish. Accordingly, for this discussion it will be assumed that the fish caught in Areas 7, 8, and 9 were sailfish and those caught in Areas 1-6 were shortbill spearfish.

Kume (1973: Figure 8) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9f) reported that the hook rates for sailfish were greatest during the first and fourth quarters, particularly the former. The data of Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) and Nakano and Bayliff (1992: Figure 22) indicate that the hook rates were greatest in Area 7 during the first and second quarters of the 1971-1987 period. During the 1988-1992 period, however, the hook rates were greatest during the third and fourth quarters (Figure 24). This difference is probably due to lack of fishing effort off southern Mexico and northern Central America (north of 10°N and east of 105°W) during 1988-1992 (Figures 7 and 23).

Declines in the hook rates after the mid-1960s are apparent in all three coastal areas, except that the hook rates in Area 7 were relatively high during the 1977-1979 period (Figure 39). The greater hook rates in those three years were due to a shift in effort from the striped marlin grounds of the northwestern part of Area 7 to the sailfish grounds of the southeastern part of that area (Miyabe and Bayliff, 1987). To study the fishery for sailfish in more detail, Nakano and Bayliff (1992) created four new areas, 7-1, 7-2, 8-1, and 8-2 (Figure 1, inset). The hook rates were much greater in the two inshore areas, 7-2 and 8-2, and declines in the hook rates after the mid- to late 1970s are apparent for both these areas. The effort has greatly declined in Area 7-2 since the mid-1970s and in Area 8-2 since 1980, and the relatively few vessels which fished in those areas during the 1980s may have caught fewer sailfish per unit of effort because they shifted their operations to other parts of Areas 7-2 and 8-2 or began fishing with intermediate or deep longlines. The vessels may have been fishing on an almost-virgin stock during the 1960s and 1970s. Such fishing might have been profitable, because the hook rates were so high, even though the prices paid for sailfish are relatively low (Table 5). Later, when the hook rates were lower and fishing for sailfish became less profitable, the fishermen may have shifted their operations to other parts of Areas 7-2 and 8-2 or shifted to intermediate or deep longlining, causing the hook rates of sailfish to decrease to nearly zero. Macías-Zamora *et al.* (1993 and 1994) presented data showing that the CPUE of sailfish in fishing tournaments at

Manzanillo, Mexico, decreased from 1954 to 1976, and then remained at about the same level from 1976 through 1989. They attributed the decline during the earlier period to the international longline fishery and the leveling off during the later period to restrictions on the international longline fishery which were in force during that period. Anonymous (1997b: Figure 1) showed that the catch rates of sailfish by recreational fishermen off Mexico (Area 7-2) remained relatively constant, at about 0.2 fish per angler day, from 1969 through 1995 and increased off Costa Rica and Panama (Area 8-2) from 1976 to 1995, which seems to indicate that the abundance of sailfish did not decrease during this period.

The relationship between effort and catch of sailfish for the 1955-1992 period in Areas 7, 8, and 9 is shown in Figure 40. The hook rates (Table 4) were greater than 0.2 fish per 100 hooks during the 1964-1976 period and less than that during the 1955-1963 and 1977-1992 periods.

Nakano and Bayliff (1992: Figure 22) found that during the 1981-1987 period the greatest hook rates for shortbill spearfish occurred in Area 1 during the second quarter and Areas 5 and 6 during the third and fourth quarters. During the 1988-1992 period the greatest hook rates were observed in Areas 1 and 5 during the third quarter and in Area 6 during the fourth quarter (Figure 24).

The hook rates for shortbill spearfish declined during the 1970s and, in some cases, the late 1960s and the early 1980s (Figure 39: Areas 1-6). It is likely that lesser vulnerability of this species to deep longline gear is partly responsible for the declines.

The relationship between effort and catch of shortbill spearfish for the 1955-1992 period in Areas 1-6 is shown in Figure 41. The hook rates (Table 4) were about 0.03 to 0.06 fish per 100 hooks during the 1963-1977 period and less than that during the 1955-1962 and 1978-1992 periods.

Indices of apparent abundance obtained from conventional, intermediate, and deep longline gear

Deep longlining was introduced into the EPO during the mid-1970s (Miyabe and Bayliff, 1987). During the 1981-1987 period the use of deep longlines became more common, and this gear was used not only in equatorial areas, but in high latitudes as well (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 8). Deep longlines have been used almost exclusively in Areas 2-5 since the mid-1980s, whereas conventional longlines have been used almost exclusively in Area 7, especially during the 1986-1991 period (Figure 9). For those areas, therefore, it is not possible to make meaningful comparisons of the hook rates of conventional, intermediate, and deep longline gear. For Areas 1, 8, and 9, however, there were significant amounts of effort with both intermediate and deep longline gear during the 1988-1992 period, so these are discussed in this section. The annual hook rates for intermediate and deep longline gear in Areas 1, 8, and 9 are shown in Figure 42, and the distributions of the ratios of deep to intermediate longline gear are shown in Figure 43. In the latter figure, 5-degree areas with CPUEs equal to or greater than 0.1 fish per 100 hooks for tunas and 5-degree areas with CPUEs equal to or greater than 0.01 fish per 100 hooks for billfishes are included.

Albacore

For albacore the hook rates were greater for intermediate longline gear in Area 1, but nearly the same for the two configurations of gear in Area 9 (Figure 42). The ratios of hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines were variable in both of those areas (Figure 43). In Area 9 they tended to be higher north of 20°S.

Bigeye

For bigeye the hook rates were equal or greater for deep longline gear in Areas 1 and 8 and equal or greater for intermediate longline gear in Area 9 (Figure 42). The ratios of hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines tended to be high in the northern and western parts of Area 1, but variable in the rest of Area 1 and in Areas 8 and 9 (Figure 43).

Yellowfin

For yellowfin the hook rates were equal or greater for intermediate longline gear in Areas 1, 8, and 9 (Figure 42). The ratios of hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines were low except west of the Galapagos Islands and between 20°S and 25°S (Figure 43). Punsly and Nakano (1992) used generalized linear models to eliminate the effects of area, season, and depth of fishing on the hook rates of yellowfin, so the annual effects could be better evaluated. Their data indicate that the hook rates for yellowfin are greater for deep and intermediate longlines than for conventional ones, which is contrary to the findings of other workers, *e.g.* Suzuki *et al.* (1977: Figure 5 and Table 3), Miyabe and Bayliff (1987: Figure 34), Yang and Gong (1988: Table 1 and Figure 4), and Nakano and Bayliff (1992: Figure 40).

Swordfish

For swordfish the hook rates were greater for intermediate longline gear in Areas 1 and 9 and greater for deep longline gear in Area 8 (Figure 42). The ratios of hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines were variable in Area 1 and mostly high in Areas 8 and 9 (Figure 43).

Striped marlin

For striped marlin the hook rates were greater for deep longline gear in Areas 1 and 9, and highly variable from year to year for the two configurations of gear in Area 8 (Figure 42). The ratios of hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines were mostly high in Areas 1 and 9 and mostly low in Area 8 (Figure 43).

Blue marlin

For blue marlin the hook rates were much greater for deep longline gear in Area 1 and somewhat greater for deep longline gear in Area 8 (Figure 42). The ratios of hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines were variable in Area 1 and low in Area 8 (Figure 43).

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish are not separated in the logbooks of the longline vessels, but it is assumed that the fish caught within a few hundred miles of the mainland were sailfish and that the others were shortbill spearfish (Kume and Joseph, 1969a). For these species the hook rates tended to be equal or greater for deep longline gear in Areas 1 and 8 (Figure 42). The ratios of shortbill spearfish hook rates for deep longlines to those for intermediate longlines were variable in Area 1 (Figure 43).

Overall, the catch rates of yellowfin were almost consistently greater for intermediate long-

line gear, and those of blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish almost consistently greater for deep longline gear during the 1988-1992 period (Figure 42). These findings differ somewhat from those of Nakano *et al.* (1997), summarized on page 279. The same was the case for the 1975-1987 period for yellowfin, but not for the other species (Miyabe and Bayliff, 1987: Figures 32, 34, and 36; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 40).

MATURITY

Most investigators working with tunas and billfishes have used only females for studies involving gonad indices, but Shingu *et al.* (1974) and Suzuki *et al.* (1978) used data for males as well (keeping the data for the sexes separate). Only the data for females were used in the present study.

de Vlaming *et al.* (1982) evaluated the validity of gonad indices of several species of fish, including bigeye and yellowfin tuna, as indicators of their maturity, and concluded that "it is not an accurate indicator of gonadal activity." In recent years histological data have been used to evaluate the spawning activities of skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Hunter *et al.* (1986), black skipjack, *Euthynnus lineatus* (Schaefer, 1987), bigeye (Nikaido *et al.*, 1991), and yellowfin (Schaefer, 1998). Histological data are undoubtedly superior to gonad indices, but nevertheless the latter are useful for obtaining a general idea of the areas and times of spawning, provided adequate samples are available.

Gonad weights from 17,621 tunas and billfishes were available for this study. All of the fish were caught west of 120°W between 35°N and 20°S, so there was coverage only for Areas 1, 2, and 4.

The ratios of mature females to total females, by 5-degree areas, are shown for six species in Figure 44. The relationships between gonad indices and lengths are shown in Figures 45, 47, 49, 51, 52, 54, 55, and 57. It has been shown for several species, *e.g.* bigeye and yellowfin (Kikawa, 1961 and 1962), that the ratios of mature to immature fish increase markedly for fish greater than certain lengths. Accordingly, when attempting to estimate the areas and times of spawning it is desirable to eliminate the data for fish less than those lengths. With one exception, the cutoff points designated for this study are same as those designated by Miyabe and Bayliff (1987): bigeye and yellowfin, 120 cm; striped marlin, 150 cm; blue marlin and black marlin, 180 cm. No cutoff point was designated for swordfish because Hinton *et al.* (1997) showed that inclusion of all female swordfish in the calculations, rather than just the larger ones, produced more accurate results. No cutoff points were designated for sailfish or shortbill spearfish because almost all of the fish were considered to be mature (Figures 55 and 57).

Albacore

The maturity of albacore in the EPO has been studied by Shingu *et al.* (1974). They found four females with gonad indices greater than 2.0, but concluded that these fish were immature. Nishikawa *et al.* (1985) recorded small numbers of albacore larvae in the EPO, so mature albacore must occur there.

Bigeye

Information on the maturity of bigeye in the EPO has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Kikawa (1961) and most subsequent workers have considered females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 10,820 females, of which 3,980 were greater than 120 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 45. Of the 3,980 larger females, 1,225, or 30.8 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish were in the 71- to 80-cm length class. The greatest gonad index encountered was 17.12, for a 138-cm fish with gonads weighing 5.5 kg.

The distributions by area and time of females at the various average stages of maturity are shown in Figures 44 and 46. In the north equatorial region high concentrations of mature fish were found south of 20°N and west of 140°W during the second and fourth quarters, but the ratio of mature to total females was low in this region during the first quarter. In the south equatorial region the greatest concentrations of mature fish were found north of 15°S and west of 125°W during the second, third, and fourth quarters.

Yellowfin

Information on the maturity of yellowfin in the EPO up to 1992 was summarized by Nakano and Bayliff (1992). Additional information has subsequently been published by Anonymous (1994a: 30-31) and Schaefer (1998). Anonymous (1994a) defined the gonad index as the ratio of the gonad weight to body weight, and considered a gonad index of 0.6 percent or greater as an indication that a fish is reproductively active. This is equivalent to a gonad index, as defined in the **SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA** section of this report, of about 1.2. Anonymous (1994a) compared purse seine- and longline-caught fish of about the same size captured in roughly the same area at roughly the same time, and found that all of the purse seine-caught fish, but only 64 percent of the longline-caught fish, were reproductively active, and attributed this to differences in behavior of reproductively-active and reproductively-inactive fish. Schaefer (1998) found spawning to be widespread between 26°N and 14°S from the coast to 140°W and to occur throughout the year between 20°N and the equator.

Kikawa (1962) and most subsequent workers who have analyzed Japanese longline data have considered females with gonad indices of 2.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 2,713 females, of which 1,210 were greater than 120 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 47. Of the 1,210 larger females, 95, or 7.9 percent, had gonad indices of 2.1 or greater. The smallest mature fish was in the 71- to 80-cm length class. The greatest gonad index encountered was 7.95, for a 136-cm fish with gonads weighing 2.36 kg.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 44 and 48. High concentrations of mature fish were found west of 145°W between the equator and 15°N during the second, third, and fourth quarters and in the 5-degree area bounded by the equator, 5°S, 135°W, and 140°W during the second quarter.

Northern bluefin

The spawning of northern bluefin is believed to be confined to the western Pacific Ocean (Bayliff, 1994b). No bluefin with maturing gonads have been sampled in the EPO.

Swordfish

Information on the maturity of swordfish in the EPO and the distribution of swordfish larvae and juveniles has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Hinton *et al.* (1997) compared results of histological analyses and various classification methodologies based on gonad

indices to determine which gonad index produced the most accurate results for female swordfish. They found that use of the equation $GI = \ln(W)/\ln(L)$, where W = weight of ovaries in grams and L = length of fish in centimeters, inclusion of females of all sizes, and a value of ≥ 1.37 for separating immature and mature fish produced the most accurate results. Their sample consisted of 85 fish, of which 21 were mature and 64 quiescent. All of the mature fish were correctly classified by their method, whereas only 10 of these were correctly classified by the method of Miyabe and Bayliff (1987). Hinton *et al.*'s method correctly classified 60 of the 64 quiescent fish, whereas Miyabe and Bayliff's method correctly classified all of the 27 fish greater than 150 cm in length which were quiescent. Hinton *et al.*'s method is obviously superior, so it is used in this report.

The present study is based upon 170 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 49. Of these 170 females, 62, or 36.5 percent, had gonad indices of 1.37 or greater. The smallest mature fish was in the 141- to 150-cm length class. The greatest gonad index encountered was 1.88, for a 220-cm fish with gonads weighing 25.0 kg.

The distributions by area and time of fish of the various stages of maturity are shown in Figures 44 and 50. High concentrations of mature fish were found west of 125°W between 15°N and 15°S, particularly during the fourth quarter.

Striped marlin

Information on the maturity of striped marlin in the EPO and the distribution of striped marlin larvae and juveniles has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) considered females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 2,400 females, of which 832 were greater than 150 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 51. None of the 832 larger females had a gonad index of 3.1 or greater. However, three smaller fish, ranging in length from 142 to 149 cm, had gonad indices of 3.1 or greater. The greatest gonad index encountered was 7.56, for a 149-cm fish with gonads weighing 2.5 kg. The three mature fish were caught in Area 1 during the first and fourth quarters.

Blue marlin

Information on the maturity of blue marlin in the EPO and the distribution of blue marlin larvae and juveniles has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) considered females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 563 females, of which 428 were greater than 180 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 52. Of the 428 larger females, 3, or 0.7 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish was in the 171- to 180-cm length class. The greatest gonad index encountered was 6.00, for a 180-cm fish with gonads weighing 5.9 kg. This fish was the smallest mature individual found.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 44 and 53. The three mature fish were caught between 5°N and 10°N and between 140°W and 150°W during the fourth quarter.

Black marlin

Information on the maturity of black marlin in the EPO has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Few fish with gonad indices greater than 2.0 have been found in the EPO.

The present study is based upon 8 females, of which 4 were greater than 180 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 54. None of the 4 larger females had a gonad index of 2.0 or greater. One 180-cm fish, with gonads weighing 2.5 kg, had a gonad index of 4.2 (Figure 54), however. This fish was caught in Area 4 during the fourth quarter.

Sailfish

Information on the maturity of sailfish in the EPO and the distribution of sailfish larvae and juveniles has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Shingu *et al.* (1974) considered all females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 57 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 55. Of these 57 females, 4, or 7.1 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish was in the 131- to 140-cm length class. The greatest gonad index encountered was 6.98, for a 142-cm fish with gonads weighing 2.0 kg.

The distributions by area of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 44 and 56. Maturing fish were encountered only in the area between the 5°S and 15°S and between 130°W and 135°W during the fourth quarter, even though quite a few fish were sampled during the other quarters.

Shortbill spearfish

Information on the maturity of shortbill spearfish in the EPO and the distribution of shortbill spearfish larvae and juveniles has been summarized by Nakano and Bayliff (1992). Nakano and Bayliff (1992) considered all females with gonad indices of 4.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 890 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 57. Of these 890 females, 277, or 31.1 percent, had gonad indices of 4.1 or greater. The smallest mature fish was in the 91- to 100-cm length class. The greatest gonad index encountered was 16.40, for a 145-cm fish with gonads weighing 5.0 kg.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 44 and 58. The greatest concentrations of mature fish were found west of 140°W between 10°N and 30°N (Figure 44). High concentrations of mature fish were found in that area during the first, third, and fourth quarters and in the area between 5°S and 15°S and between 120°W and 135°W during the second, third, and fourth quarters.

SIZE COMPOSITION

Large amounts of data for albacore, bigeye, yellowfin, striped marlin, and blue marlin, but much lesser amounts for swordfish, black marlin, sailfish, and shortbill spearfish, were available for this study. Many area-time strata were insufficiently sampled, not only for the last four species, but for the first five as well. Unusually small or large fish were designated as outliers and not included in the length-frequency histograms. The upper and lower limits and the numbers of fish outside these limits were as follows: albacore, 40 and 130 cm, 7 fish; bigeye, 60 and 200 cm, 103 fish; yellowfin, 60 and 200 cm, 21 fish; swordfish, 60 and 280 cm, 80 fish; striped marlin, 80 and 240 cm, 30 fish; blue marlin, 80 and 320 cm, 5 fish; black marlin, 80 and 320 cm, 1 fish; sailfish, 80 and 240 cm, 2 fish; shortbill spearfish, 80 and 200 cm, no fish.

Thorough analysis of the length-frequency data for each species is beyond the scope of this report. Shomura and Keala (1963), Otsu and Sumida (1968), and Murphy and Shomura (1972) have shown that the males tend to outnumber the females in the larger length categories of longline-caught bigeye, albacore, and yellowfin, respectively. Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) have demonstrated that the reverse is the case for swordfish, striped marlin, blue marlin, black marlin, and sailfish, so they graphed the data for males, females, and fish for which the sex was unknown separately. Data on the sexes of the fish which were measured or weighed for this study were not available, unfortunately, so this could not be done. The nine areas in Figure 1 are not necessarily the most appropriate for any of the species considered. A procedure similar to that employed by Punsly and Nakano (1992) to partition the EPO into areas for analysis of CPUE data for bigeye and yellowfin might be employed to select the areas for stratification of the length-frequency data. It would probably also be appropriate to consider depth of capture as a variable, although these depths are not always known. (Fish caught on the hooks nearest the buoys are known to have been caught near the surface, but fish caught on the hooks furthest from the buoys were not necessarily all caught at the greatest depths to which they descended.) In the unlikely event that nine areas were found to be appropriate for each species, up to 540 length-frequency histograms (9 areas x 5 years x 12 months) would be examined for each species if the data were to be analyzed as thoroughly as possible. In the analyses which follow the 12 months are combined into 4 quarters. In addition, for albacore, for example, the data for years and quarters are combined in Figure 59, the data for years are combined in Figure 60, and the data for quarters are combined in Figure 61. The data for the other species were combined similarly. When data for different strata were combined the data for each stratum were weighted in accordance with the number of fish measured, whereas in most cases it would be more appropriate to weight the data for each stratum in accordance with the number of fish caught.

Albacore

Data on the length frequencies of longline-caught albacore in the EPO have been published by Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 55,213 fish of the present study ranged from about 40 to 140 cm in length, but most of them were between 60 and 120 cm long (Figure 59).

The fish were largest in Area 1, intermediate in Areas 4, 5, and 6, and smallest in Area 9 (Figure 59). The range of lengths was much greater in Area 1 than in the other areas.

The length frequencies did not change much among quarters in Areas 4, 5, or 9, but considerable change is evident for Area 1 (Figure 60). The albacore fishing season begins in the northern hemisphere during the third quarter. Miyabe and Bayliff (1987) reported the occurrence of small fish in Area 1 during the third quarter and in Area 9 during the first quarter of the 1971-1980 period, and said that this might be due to the occurrence of smaller fish north of 30°N and south of 32°S (Koto, 1964; Koto and Hisada, 1967), coupled with expansion of the fishery to the north in the northern summer and to the south in the southern summer. Nakano and Bayliff (1992), however, reported that the smallest fish caught in Area 1 were taken during the first quarter, rather than the third quarter, and the same was found to be the case for the 1988-1992 period. During the third quarter all the fish caught in Area 1 were relatively large. During the first and fourth quarters both large and small fish were caught, with the proportion of small fish being greater during the first quarter. This pattern is similar to that observed by Suda (1962: Table 6) for longline-caught fish in the "north Pacific albacore fishing ground."

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 61. In Area 1 there was considerable year-to-year variation in length compositions of the catches during the

1988-1992 period. This is believed to be due to changes in fishing seasons and fishing grounds within this area. The annual length-frequency distributions for Area 4 did not change much among years, as was the case for the quarterly data for this area (Figure 60). The same was the case for Area 5, except that the proportion of larger fish was greater during 1990. In Area 9 most of the fish caught were between about 80 and 100 cm, but varying proportions of smaller and larger fish were caught during the different years.

Average weight data, calculated from length-frequency data for albacore caught by the long-line fishery during the 1971-1992 period and weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 11.6 kg in 1981 to 16.2 kg in 1989. The average weight decreased from 1971 to 1981, increased from 1981 to 1989, and then decreased again.

Bigeye

Data on the length frequencies of longline-caught bigeye in the EPO have been published by Yukinawa (1958), Kikawa (1962), Kume and Joseph (1966 and 1969a), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Calkins *et al.* (1993). The 41,822 fish of the present study ranged from about 30 to 220 cm in length, but most of them were between 80 and 180 cm long (Figure 62). According to Kume and Joseph (1966) the males and females grow at about the same rate until they reach approximately 150 cm, so it is assumed that differential growth of the two sexes does not introduce problems into the interpretation of the length-frequency data for fish less than that length.

Smaller fish made up greater portions of the catches in Areas 1 and 4 than in the other areas (Figure 62).

Three modal groups are evident in several of the quarterly histograms (Figure 63), one between about 80 and 100 cm, one between about 100 and 130 cm, and one between about 130 and 150 cm. The first group is readily apparent in Areas 1 and 4 and, to a lesser extent, in Areas 5 and 9. The second and third groups appear in all areas, but are much more prominent as separate modes during the same quarter in Areas 1, 5, 8, and 9. Fish greater than 150 cm in length were important in Areas 2-5 and 8, but much less so in Areas 1 and 9.

Progressions of modes within years can be followed in Area 1 and, possibly, to a lesser extent in some of the other areas (Figure 63). If the modes represent age groups, the progressions of the second and third modal groups indicate growth rates of about 30 and 23-24 cm per year, respectively, which are close to the rates of 34 and 23 cm per year estimated by Kume and Joseph (1966 and 1969a). The growth rates estimated by Suda and Kume (1967) and Tomlinson (1998: Table 7) are somewhat less, however. Suda and Kume's estimates (Table 7) are 26.6 cm per year for fish between ages 2 and 3, 21.7 cm per year for fish between ages 3 and 4, and 17.7 cm per year for fish between ages 4 and 5. Tomlinson's estimates (Table 8) are 30.5 cm per year for fish between ages 2 and 3, 24.9 cm per year for fish between ages 3 and 4, and 17.1 cm per year for fish between ages 4 and 5 (assuming that 73.1-cm fish are 2 years old, since this value is close to the Suda and Kume's value of 72.0 for 2-year-old fish). Since fish of the first modal group are most prominent in Area 1, it is inferred that recruitment to the longline fishery occurs primarily in that area.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 64. If dominant year classes exist, they might be apparent from progressions of the modes. Such progressions appear in some cases, *e.g.* Area 1 (1988-1989), Area 5 (1987 (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 62) and 1988), and Area 9 (1990-1991), but not as frequently as in previous years (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 56; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 62). The apparent decrease in the

incidence of dominant year classes could be due to changes in (1) recruitment and/or mortality, (2) the movements of the fish, and/or (3) fishing strategies. Considering first recruitment and mortality, the portions of fish greater than 140 cm in length decreased in some areas during the years previous to 1971 (Kikawa, 1962: Tables 3 and 4; Kume and Joseph, 1966: Figure 7; Kume and Joseph, 1969a: Figure 21; Shingu *et al.*, 1974: Figure 26), which could be due to increased fishing mortality. This trend did not continue during the 1971-1992 period, however. A possible example of movement is afforded by the 1991-1992 data for Areas 1 and 2. The 130- to 150-cm fish which appeared in Area 1 in 1991 may have appeared as 150- to 170-cm fish in Area 2 in 1992. Almost any change observed could be due to changes in fishing strategies, but thorough examination of these is beyond the scope of this report.

Average weight data, calculated from length-frequency data for bigeye caught by the longline fishery during the 1971-1992 period and the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 43.7 kg in 1979 to 62.5 kg in 1984. The average weight decreased from 1973 to 1979, and increased from 1985 to 1992. The trends for 1971-1987 were similar to those evident in Nakano and Bayliff's (1992) Table 3, even though the methods used to estimate the average weights were not the same.

Yellowfin

Data on the length frequencies of longline-caught yellowfin in the EPO have been published by Kikawa (1962), Suda and Schaefer (1965b), Kume and Schaefer (1966), Kume and Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Suzuki *et al.* (1978), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 41,822 fish of the present study ranged from about 50 to 190 cm in length, but most of them were between 80 and 160 cm long (Figure 65).

Differences in the lengths of the fish among areas are apparent (Figure 65). Fish greater than 120 cm in length made up greater proportions of the catches in Areas 2, 3, 5, and 8 than in the other areas. Fish less than 100 cm in length made up greater portions of the catches in Area 1 and, to a lesser extent, Area 9 than in the other areas.

Quarterly variations in the lengths of fish caught are apparent, especially those from Areas 2, 4, 5, and 9 (Figure 66). Within-year modal progressions are evident for Area 5. If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 35 cm per year. Other studies, summarized by Wild (1986: Table 10b) have produced estimates of 36 to 47 cm per year. All of these studies included data for fish less than 100 cm in length, which are faster growing than larger fish, so 35 cm per year seems reasonable for larger fish. In Area 1 the range of lengths was wide during the first and fourth quarters. The length distributions were unimodal in a few of the area-quarter strata. Recruitment to the longline fishery appears to have occurred mainly in Area 1 during the first and fourth quarters. Miyabe and Bayliff (1987) reported that recruitment to the longline fishery during 1971-1980 appeared to have occurred mainly during the first three quarters in the inshore areas (7-9) and during the second quarter in Area 4, whereas Nakano and Bayliff (1992) found that during the 1981-1987 period it seemed to have occurred principally in Area 1 during all quarters and in Areas 2 and 7 during the first quarter.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 67. With the exception of Area 9 during 1988, fish greater than 100 cm in length dominated the catches of all areas during all years. Progressions of modes can be followed in a few areas, e.g. Area 2 (113 cm in 1989 and 136 cm in 1990), Area 9 (95 cm in 1988 and 136 cm in 1989), and Area 9 (114 cm in 1989 and 146 cm in 1990). Kikawa (1962: Tables 7 and 9), Kume and Schaefer (1966: Figure 9), Kume and Joseph (1969a: Figure 17), Shingu *et al.* (1974: Figure 30), Miyabe and Bayliff (1987: Figure 58), and Nakano and Bayliff (1992: Figure 65) found that the incidence of fish greater than

140 cm in length declined during the 1958-1987 period, but no such trend is evident for the 1988-1992 period.

Average weight data, calculated from length-frequency data for yellowfin caught by the longline fishery during the 1971-1992 period and the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 29.7 kg in 1981 to 42.7 kg in 1991. The average weight declined from 1971 to 1981, and then increased thereafter, exceeding 40 kg during 1990, 1991, and 1992. The trends for 1971-1987 were similar to those evident in Nakano and Bayliff's (1992) Table 3, even though the methods used to estimate the average weights were not the same.

Swordfish

Data on the length frequencies of swordfish in the EPO have been published by Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 6,814 fish of the present study ranged from about 30 to 310 cm in length, but most of them were between 60 and 240 cm long (Figure 68).

There was considerable variation among areas in the length frequencies (Figure 68). Fish less than 120 cm in length were most important in Areas 1, 4, 5, and 9, and fish greater than 200 cm were most important in Areas 4, 5, and 9. A prominent mode at 70 cm is evident in Area 1.

Considerable variation in the occurrence of modes in different quarters is evident in the data for Area 1, but not for any of the other areas (Figure 69). Miyabe and Bayliff (1987) and Nakano and Bayliff (1992) reported that "smaller fish" (80 to 95 cm) occurred in many area-time strata, and inferred that recruitment to the longline fishery occurs over a wide spatiotemporal range. The availability of data for fish less than 80 cm in length caught during the 1988-1992 period makes it possible to better examine recruitment of swordfish into the longline fishery. Fish of 60 to 70 cm made up most of the catches of Area 1 during the third and fourth quarters, but occurred infrequently or not at all in the catches of the other areas and less frequently in the catches of Area 1 during the first and second quarters, so it appears that recruitment occurs mainly in Area 1 during the third and fourth quarters.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 70. The considerable variation in length frequencies among years for Area 1 is due to sampling bias, as samples of fish caught in this area during the first quarter were available only for 1988 and 1992. A progression of modes, from 108 cm in 1988 to 143 cm in 1989 to 173 cm in 1990, is apparent in Area 9. If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 32.5 cm per year for fish in that length range. This is close to the rate of 35 cm per year estimated by Kume and Joseph (1969b) for 62- to 165-cm fish. Yabe *et al.* (1959: Figure 28), however, estimated the growth to be only about 24.3 cm per year for fish with body lengths of 73 to 145 cm in the northwestern Pacific Ocean.

Average weight data, calculated from length-frequency data for swordfish caught by the longline fishery during the 1971-1992 period and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 46.2 kg in 1987 to 67.3 kg in 1984. The average weight increased from 1971 to 1984, decreased precipitously from 1984 to 1987, and then increased after that.

Striped marlin

Data on the length frequencies of striped marlin in the EPO have been published by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974),

Miyabe and Bayliff (1987), Squire and Suzuki (1990), and Nakano and Bayliff (1992). The 18,529 fish of the present study ranged from about 60 to 280 cm in length, but most of them were between 120 and 200 cm long (Figure 71).

The fish were smaller in Area 1 than in the other areas (Figure 71). Fish less than 155 cm in length were virtually absent in the samples taken in Area 6.

In most area-quarter strata there was only one mode, the major exceptions being Areas 1, 5, and 9, where smaller fish were often caught (Figure 72). This might indicate that recruitment to the longline fishery occurred primarily in those areas. In Area 1 a modal progression can be followed from the fourth quarter (about 103 cm) to the fourth quarter of the following year (about 143 cm) and then to the second quarter of the year after that (about 157 cm). If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 36 cm per year. This is essentially in agreement with the rate of 35 cm per year for fish with body lengths of 120 to 160 cm estimated by Koto (1963) and the rate of 36 cm per year for 125- to 170-cm fish estimated by Nakano and Bayliff (1992), but a little less than the rate of 40 cm per year for 100- to 170-cm fish estimated by Miyabe and Bayliff (1987). In Area 4 a modal progression can be followed from the first quarter (about 160 cm) to the third quarter (about 178 cm), from which a growth rate of about 24 cm per year is estimated. This is close to the rate of 27 cm per year for fish with body lengths of 160 to 185 cm estimated by Koto (1963).

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 73. Bimodality is evident in Area 1 for 1990 and 1991, Area 5 for 1989 and 1990, and Area 9 for 1990. Considerable amounts of fish larger than 220 cm occurred in Areas 4, 5, and 9 in 1990.

Average weight data, calculated from length-frequency data for striped marlin caught by the longline fishery during the 1971-1992 period and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 30.4 kg in 1982 to 45.1 kg in 1976. No temporal trends are apparent.

Howard and Ueyanagi (1965) noted that the fish in the EPO were smaller than those in the south central and southwestern Pacific, and inferred from this that there is migration from the eastern to the south central and southwestern Pacific. Squire and Suzuki (1990) noted that small fish are more common in the western than in the eastern Pacific, and stated that "sizable numbers of juvenile striped marlin must ... migrate to the northeast and southeast [tropical and subtropical] Pacific areas." They also observed that fish greater than 200 cm in length are more common in the western than in the eastern Pacific, and said that this indicated movement of older fish from the eastern to the western Pacific.

Blue marlin

Data on the length frequencies of blue marlin in the EPO have been published by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 11,353 fish of the present study ranged from about 80 to 370 cm in length, but most of them were between 130 and 250 cm long (Figure 74).

The fish tended to be smallest in Areas 2 and 4, intermediate in Areas 1, 3, 5, and 8, and largest in Area 9 (Figure 74).

The quarterly length-frequency distributions (Figure 75) were mostly unimodal, the principal exceptions being Area 1 (second quarter, and possibly the third quarter) and Area 2 (third quarter). Kume and Joseph (1969b) remarked that the fish were larger in Area 8 during the second and third quarters, and suggested that this might be due to migration of smaller fish into Area 8 from Areas 3 and 5 during the fourth quarter and the reverse during the second quarter.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 76. Little variation among areas or years is evident, the principal exception being that the distribution for Area 1 was distinctly bimodal in 1988, but not in the other years.

Average weight data, calculated from length-frequency data for blue marlin caught by the longline fishery during the 1971-1992 period and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 83.3 kg in 1983 and 1984 to 106.6 kg in 1971. The average weight decreased precipitously from 1971 to 1973, increased from 1973 to 1980, and after that exhibited no trends.

Black marlin

Data on the length frequencies of black marlin in the EPO have been published by Shiohama (1969), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 55 fish of the present study ranged from about 150 to 290 cm in length (Figure 77). These data are insufficient to form the basis for a discussion.

Sailfish

Data on the length frequencies of sailfish in the EPO have been published by Howard and Ueyanagi (1965), Kume and Joseph (1969b), Yurov and Gonzalez (1971), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 292 fish of the present study ranged from about 90 to 200 cm in length, but most of them were between 100 and 190 cm long (Figure 78).

Bimodality is evident in the length frequencies of the fish caught in Areas 1-4 (Figure 78). Fish of the smaller-fish mode made up a large proportion of the catches in Areas 1 and 2. The bimodality is particularly evident in Area 1 during the fourth quarter (Figure 79). If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 35 to 40 cm per year, which is close to the rate of 35 cm per year estimated by Koto and Kodama (1962) for fish with body lengths of 140 to 175 cm.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 80. In Area 1 only large fish were sampled in 1989 and 1991, but smaller fish predominated in 1992.

Shortbill spearfish

Data on the length frequencies of shortbill spearfish in the EPO have been published by Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), and Nakano and Bayliff (1992). The 4,094 fish of the present study ranged from about 90 to 190 cm in length, but most of them were between 100 and 160 cm long (Figure 81).

The fish were smaller in Areas 2, 3, 4, and 6 than in Areas 1, 5, and 9 (Figure 81).

A mode at about 140 cm is evident in most of the area-quarter strata (Figure 82), and an additional mode occurred at about 120 cm in Areas 4, 5, and 6. In Area 4 the proportion of smaller fish was greater during the first three quarters than during the fourth quarter.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 83. The greatest variation among years occurred in Area 4. Larger fish were dominant during the 1988-1990 period, whereas smaller ones were dominant during the 1991-1992 period. During the 1971-1990 period the catches in Area 4 consisted of two modes or a single mode of larger fish (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 65; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 80; this report: Figure 83), whereas during the 1991-1992 period they consisted of a single mode of smaller fish.

INTERACTIONS BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR TUNAS AND BILLFISHES

Albacore

As stated in the section entitled **TRENDS IN RELATIVE APPARENT ABUNDANCE**, in this report the albacore of the North Pacific Ocean and those of the South Pacific Ocean are considered to be separate stocks.

Data on the catches of albacore in the EPO by the Japanese longline fishery and the surface fisheries of Canada, Mexico, and the United States are given in Tables 6 and 9 of this report and Table 1 of Liu and Bartoo (1996).

The albacore of the North Pacific Ocean are exploited principally by the longline fisheries of Japan and other nations, the north American troll fishery, and the Japanese baitboat fishery. The longline fishery takes place from Asia to North America, the north American troll fishery is pursued off the coasts of the United States and Canada and, to a lesser extent, in offshore waters between 140°W and 180°, and the Japanese baitboat fishery operates mainly west of 180° (Kleiber and Baker, 1987: Figure 3). There is considerable exchange of fish between the eastern and western Pacific Ocean (Otsu and Uchida, 1963). Kleiber and Baker (1987) conducted a simulation study to estimate the interactions among the three fisheries. They estimated that doubling the effort of the troll fishery would increase the catch by that fishery by 93.3 percent and decrease the catch of the longline fishery by 2.5 percent. Halving the effort of the troll fishery would decrease the catch of that fishery by about 49.1 percent while increasing the catch of the longline fishery by about 1.3 percent. Doubling and halving the longline effort would result in estimated increases and decreases of 98.4 and 49.8 percent, respectively, for the catches by the longline fishery and decreases and increases of 0.1 percent for the troll fishery. Obviously, the interaction between the troll and longline fisheries is minimal.

Small amounts of albacore are caught by the surface fisheries of Chile (Barbieri *et al.*, 1987; Anonymous, 1995b). No information on the interaction between these fisheries and the longline fishery is available, but, judging from the information summarized above for the North Pacific, the interactions between the surface and longline fisheries for albacore in the South Pacific are probably minimal.

Bigeye

Data on the catches of bigeye in the EPO by the Japanese longline fishery and the surface fisheries are given in Tables 6 and 9 of this report and Table 1 of Anonymous (1997a). During the 1961-1992 period the catches of bigeye in the EPO by longline gear ranged from 28.6 to 110.6 thousand metric tons (Anonymous, 1997a: Table 21), while those by surface gear ranged from 68 to 15,421 metric tons. The catches of bigeye by surface gear then increased to 29,375 metric tons in 1994, 36,941 metric tons in 1995, and 52,132 metric tons in 1996. These increased catches were apparently due to the discovery that bigeye associated with floating objects, but well below the surface, can be detected with sonar and caught with purse seines. Many of these floating objects were fish-aggregating devices (FADs) placed in the water by the fishermen. Most of these catches of bigeye were made between 5°N and 5°S. Any catch of bigeye by one fishery would reduce the catch of that species by the other fishery, of course, unless the two fisheries exploit separate stocks of fish, in which case neither fishery would affect the other. (One baitboat-caught bigeye tagged and released at 3°20'N-90°50'W on May 12, 1967, was recaptured by a Japanese longline vessel at 4°32'N-107°50'W on June 18, 1969, which indicates that the two fisheries do not

exploit completely separate stocks.) The fish caught by surface gear (Tomlinson, 1998: Figure 1) tend to be smaller than those caught by longline gear (Tomlinson, 1998: Figure 5), so the impact of the surface fishery on the longline fishery is probably greater than the impact of the longline fishery on the surface fishery. Two studies to estimate the extent of the interactions between the longline and surface fisheries for bigeye tuna in the Pacific Ocean have recently been carried out. The results of these are summarized here.

The first study was carried out by Miyabe (1994), who assumed that there is only one stock of bigeye in the Pacific Ocean. He pointed out that this assumption should be verified, and also that better catch and effort statistics and a growth equation which is applicable to the entire Pacific Ocean are needed. He employed the following sets of catch data:

	Longline catch (metric tons)	Surface catch (metric tons)
Set 1	132,700	8,000
Set 2	132,700	34,100

He combined catch-in-weight data, length-frequency data, a growth-in-length equation from Suda and Kume (1967), and a weight-length equation from Morita (1973) to estimate the catches, in numbers of fish at each age, by the longline and surface fisheries. The lengths and weights of the fish at ages 1 through 10 are listed in Table 7. He used a value of 0.4 for the annual coefficient of natural mortality (M), "since this value is close to the past estimate [of 0.361] by Suda and Kume (1967) and seems a reasonable value considering the growth and life span of this species." He then performed yield-per-recruit analyses with values of 0.4 and 0.8 for the annual coefficient of fishing mortality (F) for combined longline and surface gear. The results are shown in Figure 84. The greatest yields per recruit are obtained when a large proportion of the fishing effort is by longline gear. The critical age (the age at which the weight of fish of the same age group in the population is at its maximum when $F = 0$) occurs between ages 4 (when the weight of the average fish is 38 kg) and 5 (when the weight of the average fish is 58 kg) (Table 7). The average weights of bigeye caught by the longline fishery range from 44 to 62 kg (Table 3), which is close to the weight corresponding to the critical age. Such being the case, it is not surprising that the calculations indicate that the greatest yields per recruit are obtainable when most of the fishing effort is by longline gear.

The second study was conducted by Tomlinson (1998), who assumed that the bigeye of the EPO constitute a separate stock. It was pointed out in his report that "these analyses should be considered as preliminary, as little is known about the rate of exchange of fish between the EPO and the central and western Pacific. Also, there is insufficient information on the important parameters, such as age- and sex-specific growth and natural mortality, size at which the fish reach sexual maturity, *etc.* In addition, there are problems with spatiotemporal stratification of the size data and standardization of the longline effort and CPUE data." Cohort analyses were carried out to estimate the effects of different combinations of fishing effort by surface and longline vessels. As stated above, it was assumed that there is no exchange of fish between the EPO and the central and western Pacific. Recruitment to the surface fishery was assumed to occur at 30 cm. The estimates of the lengths and weights of the fish at various ages employed in the analyses are listed in Table 8. The lengths at age were estimated from modal progressions, and these were converted to weights with the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966). Values of M of 0.4, 0.6, and 0.8 were used. (Actually, it is possible that the growth rates differ for males and females. Also, it is likely that M is greater for the youngest and oldest fish than for

those of intermediate ages, and it may not be the same for males and females. However, there is not enough information available to estimate sex-specific growth rates or age- or sex-specific rates of M .) The analyses were conducted with various multiples of the fishing effort exerted during 1982 and 1994. (The number of purse-seine sets made on floating objects in 1982 was more than twice that made in 1994 (Anonymous, 1997a: Table 4), but the coefficient of catchability of bigeye to purse-seine gear was much greater in 1994 than in 1982, so the effective fishing effort was greater in 1994.) The results of the analyses are summarized in Figure 85. When M is 0.4 multiples of effort equal to or greater than about 3 (1982 fishing effort) or about 1 (1994 fishing effort) reduce the total catch. When M is 0.6 the effect is much less pronounced, although the total catches are slightly reduced at multiples of effort equal to or greater than about 3 or 4 with the 1994 fishing effort. When M is 0.8 the total catches are not reduced when the effort is increased. Production model analyses indicate that M is more likely to be 0.6 to 0.8 than 0.4, in which case the catches by purse-seine vessels have not increased enough to decrease the total catch.

Yellowfin

The interaction between the surface and longline fisheries for yellowfin in the EPO has been discussed by Suda and Schaefer (1965a), Kume and Schaefer (1966), Kume and Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Suzuki *et al.* (1978), Lenarz and Zweifel (1979), Miyabe and Bayliff (1987), Anonymous (1987a: 21-22), Suzuki (1988), Hilborn (1989), Nakano and Bayliff (1992), and Wild (1994).

Data on the catches of yellowfin in the EPO by the Japanese longline fishery and the surface fisheries are given in Tables 6 and 9 of this report and Tables 1 and 20 of Anonymous (1997a).

Suzuki *et al.* (1978: 298), on the basis of data on the sexual maturity and spawning, horizontal and vertical distribution of the catches, CPUE for the Japanese longline fleet, size composition, and movements of yellowfin, tentatively concluded that there are three “semi-independent” stocks, of this species which inhabit the western, central, and eastern Pacific Ocean, respectively. The range of the last of these was believed to correspond fairly well to the Commission’s Yellowfin Regulatory Area (CYRA), shown in Figure 1. Subsequent studies suggested that the fish inside and outside the CYRA were affected differently by fishing, which tended to support this view. “Since 1978, however, the distribution of the [surface] fishing effort and catches has been much more continuous ..., and it is now apparent that since the early 1970s the average sizes of the fish in the catches from the two areas have shown similar trends ... and that the ... catches per day’s fishing from these areas have been similar” (Anonymous, 1991a: 48). Accordingly, the most recent analyses of the condition of yellowfin in the EPO have been conducted with data for the area east of 150°W, except for the waters around French Polynesia. In this section it is assumed that the fish occurring east of 150°W belong to a single stock and that the western boundary of this stock is 150°W.

The surface and longline fisheries have not been pursued in exactly the same areas. There was no surface fishing in the EPO west of the CYRA prior to 1968 (Calkins and Chatwin, 1967 and 1971). The longline fishery began in the western part of the EPO during the 1950s, but did not progress to the area where there was surface fishing until about 1961 (Suda and Schaefer, 1965a: Figure 1). Large amounts of yellowfin are caught by the surface fisheries in Area 7 (Calkins and Chatwin, 1967 and 1971; Calkins, 1975; Orange and Calkins, 1981; Anonymous, 1989a-1997a: Figure 2), but few are caught there by the longline fishery (Figure 17). During the 1988-1992 period there was relatively little longline effort west of 95°W between 8°N and 18°N (Figure 4), and yet, as pointed out above, this has been an important fishing area for the surface fishery, especially that outside the CYRA. The areal separation would not be important if there

were rapid exchange of fish among the various parts of the EPO. Some data on the net movements of tagged yellowfin released from purse-seine vessels during the 1968-1978 period are given in Table 10. Only data for releases from purse-seine vessels are shown in that table because these fish tended to be larger than fish released from baitboats and because purse seiners tend to fish further offshore. Thus these fish are probably more similar to those caught by the longline fishery than are those released from baitboats. Movements of several hundred miles are common, but the movements are not so extensive that rapid mixing of fish of all parts of the Pacific Ocean is likely. Only six tags from fish caught by surface gear have been returned by longline fishermen, and only one tag from a fish originally caught by longline gear has been returned by a surface fisherman (Table 11).

Data on the catches and CPUEs of yellowfin by the surface and longline fisheries of the EPO are shown in Figure 86. The catch and CPUE data for the surface fishery were obtained from Anonymous (1997a: Tables 1 and 20), and converted to metric tons. The catch data for the longline fishery were obtained by multiplying the average weights (Table 3) by the catches, in numbers of fish (Table 6), and then dividing the products by 1,000 (Table 9). The CPUEs for that fishery were obtained by dividing the catches, in metric tons, by the effort, in thousands of hooks (Table 4), and then multiplying the quotient by 73.8. This procedure was followed because Anonymous (1987a: 21-22) showed that, for yellowfin, one day of effort by a Class-6 purse seiner was equivalent to 73,800 longline hooks during the 1968-1983 period. The catches by surface gear have far exceeded those by longline gear. The surface catches have shown an upward trend during the 1957-1992 period, but the longline catches have not. The trends in the CPUEs for the two fisheries have been fairly close to one another during the 1967-1992 period, which is surprising, "considering that the spatial distributions of the effort, methods of fishing, and size compositions of the fish differ so much" (Anonymous, 1987a: 21). The increase in the CPUE during the 1983-1992 period was considerably greater for surface than for longline gear, however. This could be due to the shift from conventional to deep longline fishing which began during the mid-1970s (Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff, 1992), as the longline CPUEs declined during the mid- to late 1970s, and remained low during the 1980s. Punsly and Nakano (1992) compared the longline and purse-seine CPUEs for yellowfin, and found a significant correlation for longlines with 10-12 hooks per basket, but not for longlines with 3-4, 5-9, or 13-15 hooks per basket. It would be expected that the greatest correlation with the purse-seine CPUE would be obtained with the data for 3-4 or 5-9 hooks per basket, as Miyabe and Bayliff (1987) and Nakano and Bayliff (1992) showed that the CPUEs of yellowfin tend to be greater for shallow (4-6 hooks per basket) than for deep (10 or more hooks per basket) longline gear.

Estimates of the biomasses of large yellowfin (greater than 83 cm in length), the CPUEs of large yellowfin by the surface fishery, and the CPUEs of yellowfin by the longline fishery, all in the EPO, are shown in Figure 87. The CPUE for the surface fishery is given in Class-6 purse-seine days, and that for the longline fishery is given in catch per 30,550 hooks, as it was estimated by Mr. Patrick K. Tomlinson of the IATTC staff, from data for the 1959-1987 period, that the two indices of effort are equivalent to one another for large fish. The data in the top and middle panels were taken from Anonymous (1997a: Figures 43 and 44, respectively). The data in the bottom panel correspond to those in the bottom panel of Figure 43 of Anonymous (1997a). After 1982 the trend in the CPUE for the surface fishery corresponded much more closely to the trend for the biomass than did the trend for the longline fishery. These results are in agreement with those for the CPUEs of fish of all sizes, discussed in the previous paragraph. Mr. Richard G. Punsly of the IATTC staff (personal communication) calculated CPUEs for individual 5-degree areas for the purse-seine and longline fisheries, and found that the increases in the

purse-seine CPUEs during the 1980s were not, in most cases, matched by increases in the longline CPUEs.

Suzuki (1988: Figure 35) compared the population of large fish for 1968-1983, derived from Anonymous (1985a: Table 19), and the CPUE for longlines for 1962-1983, both for the CYRA, and found downward trends for both which matched each other fairly closely.

Data on the length compositions of fish caught by surface and longline gear are shown by Suda and Schaefer (1965b: Table 6), Kume and Joseph (1969b: Table 8), Shingu *et al.* (1974: Table 4), Suzuki *et al.* (1978: Figure 22), Miyabe and Bayliff (1987: Figure 67), Nakano and Bayliff (1992: Figure 83), and in Figure 88 of the present report. The data are not strictly comparable, as different areas were considered and the length intervals, methods of measurement, and methods of weighting the data were not the same. Nevertheless, it is apparent that a much greater portion of the catch of the surface fishery consists of small and medium fish. Furthermore, it can be seen that during the 1988-1992 period the surface catches exceeded the longline catches for every length class of fish.

The length-frequency distributions for all the samples from month-area (5 degrees of latitude by 5 degrees of longitude) strata for which samples of at least 20 fish for both surface and longline gear were taken during 1988-1992 are shown in Figure 89. The locations of the areas are designated by an initial digit specifying the hemisphere (0 = northern; 2 = southern) followed by the latitudes and longitudes of their southern and eastern boundaries, respectively, e.g. 0-05-130 designates the area bounded by 5°N and 10°N and 130°W and 135°W. The lengths of the surface- and longline-caught fish were about the same in every case. This is not what would be expected after examination of Figure 88, nor is it in agreement with the findings of Miyabe and Bayliff (1987: Figure 68) and Nakano and Bayliff (1992: Figure 84), who found that the longline-caught fish tended to be larger than the purse seine-caught fish. Not much importance should be attached to the data for 1988-1992, however, as the samples cover only a few strata, and the numbers of fish measured in most of these were small.

In view of the information in Figure 88, the surface fishery would be expected to have a greater direct effect on the longline fishery than the reverse, so the effect of the surface fishery on the longline fishery will be considered initially. It should be borne in mind that the longline catches and hook rates are not necessarily reliable indicators of the abundance of the fish, as the longline fishery is a multispecies fishery, and the fishermen may decide to fish in areas where yellowfin are less abundant because they wish to concentrate on other species or they may use gear which is less effective for yellowfin, even in good yellowfin fishing areas, for the same reason. The catches of yellowfin in the EPO by surface gear remained more or less constant at about 100 thousand metric tons per year from 1955 through 1967 (Figure 86). After that they began to increase, and the average for 1970-1981 was about double that for 1955-1967. After three years, 1982-1984, of decreased catches, record or near-record catches were made during 1985-1992. The CPUEs declined from 1968 to 1980, increased from 1983 to 1986, declined from 1986 to 1987, and then increased slowly through 1992. The catches in the EPO by longline vessels remained more or less constant at about 200 thousand to 500 thousand fish per year from 1961 through 1992 (Table 6). The CPUEs for longline gear followed the same trend as those for surface gear for the 1967-1983 period, but increased less during the 1984-1992 period than did the CPUEs for surface gear. The decrease in hook rates for longlines after 1974 can be attributed at least partly to the adoption of deep longline gear by a large portion of the fleet, as discussed in the section entitled *Indices of apparent abundance obtained from conventional, intermediate, and deep longline gear*.

Turning now to the effect of the longline fishery on the surface fishery, it is evident from

Figure 86 that the catch of yellowfin in the EPO by the surface fishery is far greater than that by longlines. Surface-caught yellowfin are smaller, on the average, than longline-caught yellowfin (Figure 88), although there is considerable overlap in sizes, so the introduction of longline gear into the EPO has slightly reduced the amount of fish available to the surface fishery.

Both fisheries have reduced the numbers of spawners, which in turn could affect the recruitment. Data on the recruitment of yellowfin in the EPO during 1967-1995 are given by Anonymous (1997a: Table 18); the recruitment was above average in most years of the 1984-1995 period, so it appears that the increased total catches of those years have not reduced the recruitment.

In summary, the effect of the purse-seine fishery on the longline fishery is almost certainly greater than that of the longline fishery on the purse-seine fishery, but it is not possible to measure the effects accurately due to lack of knowledge of the rates of movement of the fish, vulnerability of fish of different sizes to the different gears, *etc.*

Northern bluefin

Data on the catches of northern bluefin in the EPO by the commercial surface fisheries are given in Table 1 of Anonymous (1997a).

Spawning of northern bluefin is not known to occur anywhere in the Pacific Ocean except in the vicinity of Japan, and the fish which are caught in the EPO are all believed to be migrants from the western Pacific which, if they survive, will return to that area to spawn (Bayliff, 1994a and 1994b). Bluefin are caught at the surface by fisheries of various types in the western and central Pacific and by purse seines and, to a much lesser extent, by recreational gear in the EPO. In addition, they are caught by longlines from Asia to North America, but mostly west of 150°W (Anonymous, 1997a: Figure 91). Anonymous (1997a: Figure 94) showed that increasing the age at entry of bluefin to the fisheries to 3 or 4 years would increase the yields per recruit. Since the longline fishery takes mainly larger, older fish, it would probably benefit from restrictions on harvesting age-0, -1, and -2 fish. Tomlinson (1998) showed that the catches of the Japanese longline fishery had decreased from an average of 23,522 fish during 1952-1955 to an average of 609 fish during 1983-1986.

Swordfish

Data on the catches of swordfish in the EPO by the Japanese longline fishery are given in Tables 6 and 9 of this report, and data on the longline and surface catches by vessels of all nations are given in Table 39 of Anonymous (1997a).

Little is known of the stock structure and movement of swordfish in the Pacific Ocean (Joseph *et al.*, 1994; Hinton and Deriso, in press), so it is difficult to make inferences regarding interactions between the surface fisheries and the longline fishery for swordfish. Swordfish are harvested principally by longlining and gillnetting. The length distributions of swordfish caught by longlining in the EPO (Figures 68 and 69) and by gillnetting off Southern California (Hanan *et al.*, 1993) are similar, so the effects of the two fisheries on one another are probably about equal.

Marlins, sailfish, and shortbill spearfish

Data on the catches of marlins, sailfish, and shortbill spearfish in the EPO by the Japanese longline fishery are given in Tables 6 and 9 of this report. Most of the surface catches of these species are taken by recreational gear, and only fragmentary catch data have been published for these fisheries.

Laws have been passed to protect the recreational fisheries from competition from other fisheries. Commercial fishing for billfishes other than swordfish is not permitted within 50 nautical miles (nm) of the Pacific coast of Mexico nor within two areas which are more than 50 nm offshore, and billfishes other than swordfish caught by commercial fishermen licensed in California cannot be retained for sale or consumption (Joseph *et al.*, 1994).

Little is known of the stock structure of these species within the Pacific Ocean, although Shaklee *et al.* (1983) found genetic heterogeneity among blue marlin sampled at Hawaii and Graves and McDowell (1994) showed genetic differences among striped marlin sampled at Cabo San Lucas, Mexico, Manta, Ecuador, Kona, Hawaii, and Port Stephens, Australia. Not much has been published on the catches, effort, and CPUEs for the recreational fisheries of the EPO.

Anonymous (1997b: Figure 1) shows recreational CPUE data for striped marlin off Southern California, Baja California, and Mazatlan, Mexico, for 1969-1995. The CPUEs did not change much during this period, in spite of the concurrent declines in catches by the longline fishery (Figure 13), which might indicate that there is not much interaction between the two fisheries. This situation cannot be evaluated, however, without information on changes, if any, on fishing methods employed by recreational fishermen and their effects on the catches per angler day of striped marlin. Nothing has been published on the size compositions of striped marlin taken by the recreational fishery of the EPO except for some information on weight frequencies of fish caught off Southern California during 1963 and average weight data for fish caught in the same area during each year of the 1945-1980 period (Squire, 1983). Accordingly, it is not possible to perform a comprehensive evaluation of the interactions between the longline and recreational fisheries, although Squire and Au (1990) stated that "when commercial fishing was stopped [off Mexico], during 1977-1980, the CPUEs [of striped marlin by the recreational fishery] rose from a long period of decline to near pre-exploitation levels."

Macías-Zamora *et al.* (1993 and 1994) studied CPUE data for sailfish and the interaction between the longline and recreational fisheries. The CPUE of sailfish in fishing tournaments at Manzanillo, Mexico, decreased from 1954 to 1976, and then remained at about the same level from 1976 through 1989. They attributed the decline during the earlier period to the international longline fishery and the leveling off during the later period to restrictions on the international longline fishery which were in force during that period.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Dr. Hiroshi Hatanaka, Director of the NRIFSF at the time of the study, Dr. Ziro Suzuki, Division Chief, and Mr. Yuji Uozumi, Section Chief, for allowing the senior author to join the staff of the IATTC as a visiting scientist and for permitting the authors to work on data collected by the NRIFSF. Considerable assistance with the statistical data was received from Messrs. Toshio Shiohama and Naozumi Miyabe of the NRIFSF. Gratitude is also expressed to Dr. James Joseph, Director of the IATTC, for financial assistance and for his enthusiastic support of the project. Dr. Richard B. Deriso, Chief Scientist, Tuna-Billfish Program, supervised the execution of the work, and Dr. Michael G. Hinton and Messrs. Edward F. Everett, and Patrick K. Tomlinson provided data on the surface fishery, assisted with the processing of the data, and helped in numerous other ways. The manuscript was reviewed by Drs. Joseph, Deriso, Hinton, Suzuki, Robin L. Allen, Hideki Nakano, and Sachiko Tsuji, Messrs. Miyabe, Tomlinson, and Uozumi, and Ms. Jeanne B. Wexler, all of whom made useful suggestions for its improvement. Mr. Nicholas J. Webb translated the manuscript from English to Spanish.

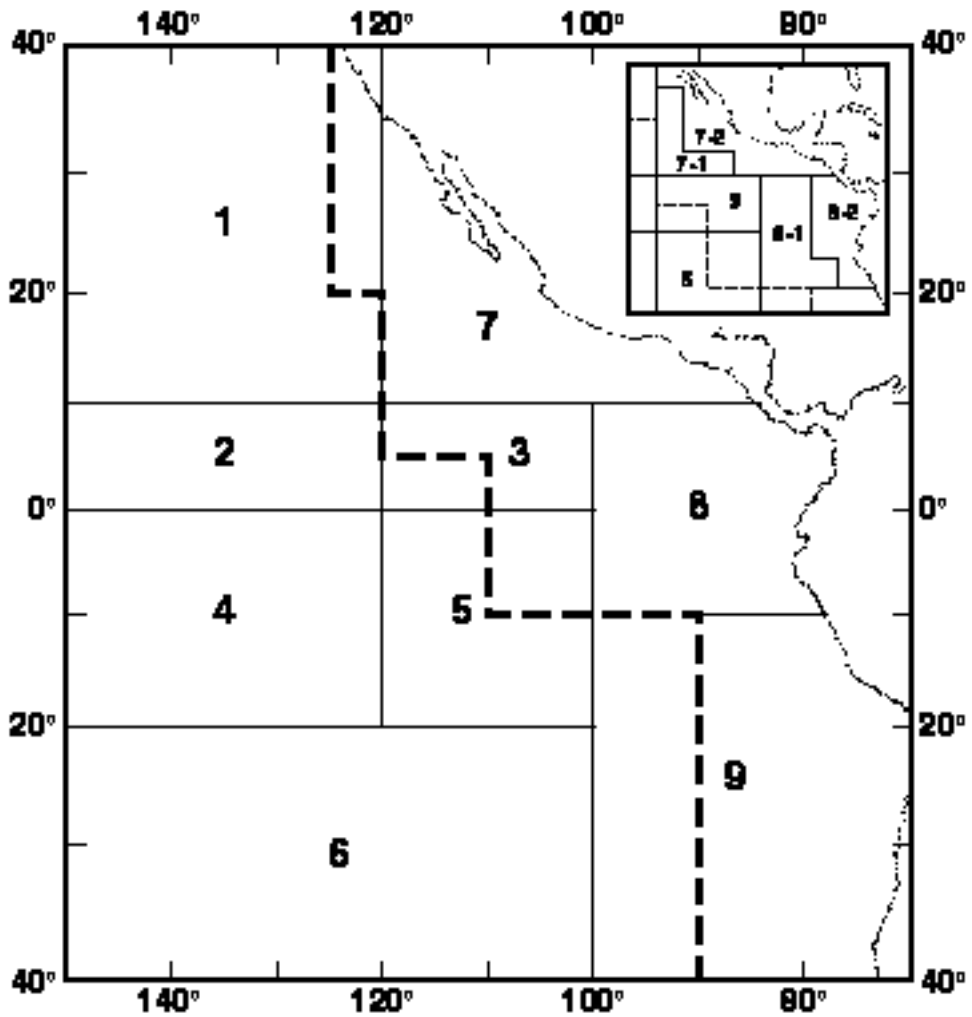


FIGURE 1. Areas of the eastern Pacific Ocean (EPO) designated for this study. The area to the east and north of the dashed line is the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), discussed in the section entitled **INTERACTION BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR TUNAS AND BILLFISHES**

FIGURA 1. Areas del Océano Pacífico oriental (OPO) designadas para este estudio. El área al este y norte de la línea de trazos es el Área Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA), comentada en la sección titulada **INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERÍAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ATUNES Y PECES DE PICO.**

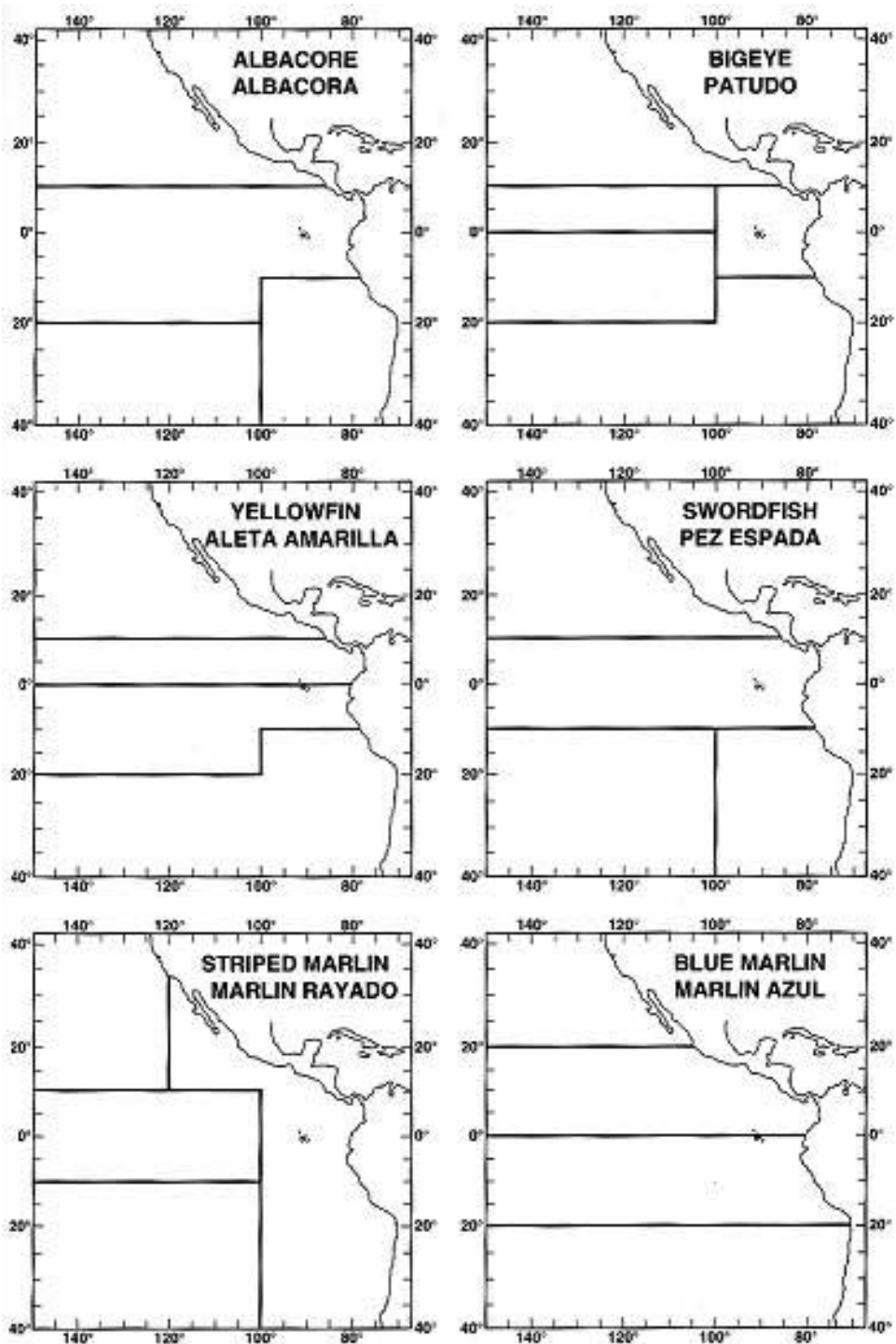


FIGURE 2. Area strata used for estimation of the average weights of tunas and billfishes.

FIGURA 2. Estratos de área usados para la estimación de pesos promedio de atunes y peces de pico.

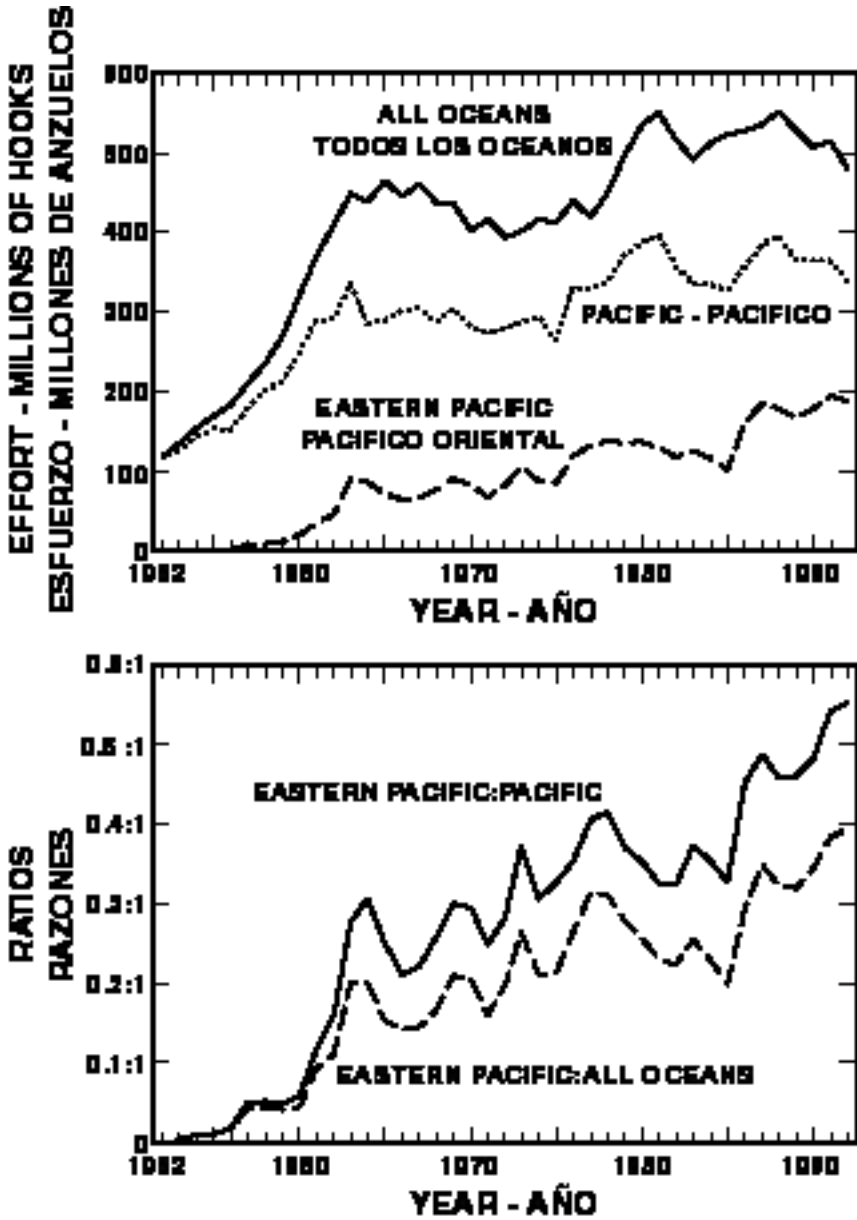


FIGURE 3. Effort by Japanese longliners in the EPO, the entire Pacific Ocean, and all oceans (upper panel), and ratios of the EPO effort to that of the entire Pacific Ocean and that of all oceans (lower panel).

FIGURA 3. Esfuerzo por palangreros japoneses en el OPO, el Océano Pacífico entero, y todos los océanos (recuadro superior), y proporción del esfuerzo en el OPO a aquél del Océano Pacífico entero y aquél de todos los océanos (recuadro inferior).

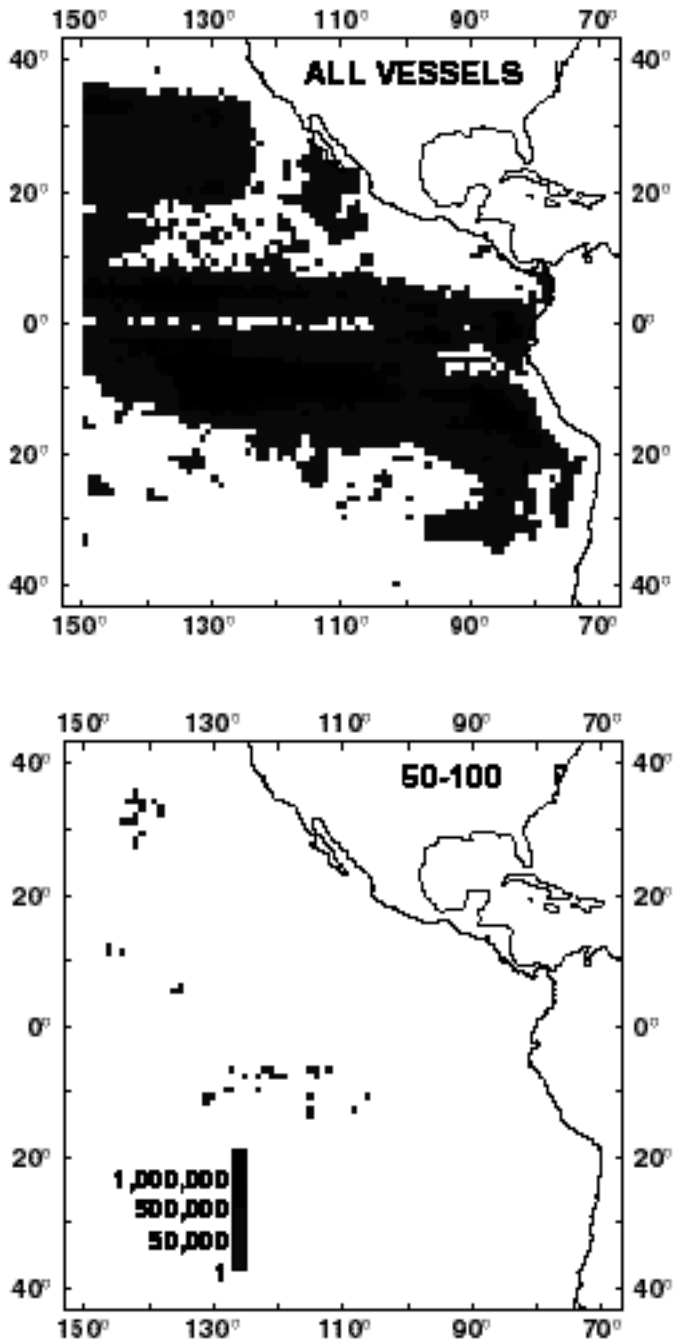


FIGURE 4. Distributions of fishing effort in the EPO by Japanese longline vessels of different size classes (in gross metric tons) during 1988-1992.

FIGURA 4. Distribuciones del esfuerzo de pesca en el OPO por palangreros japoneses de distintas clases de tamaño (en toneladas métricas brutas) durante 1988-1992.

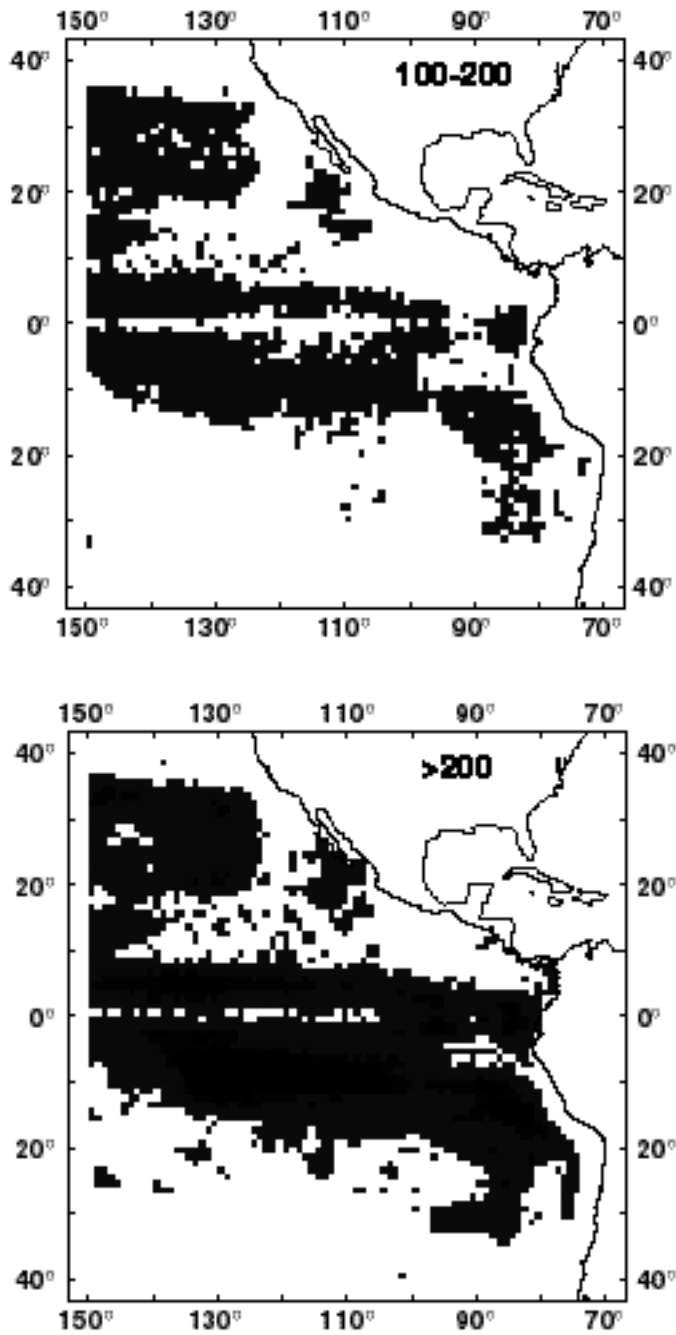


FIGURE 4. (continued)

FIGURA 4. (continuación)

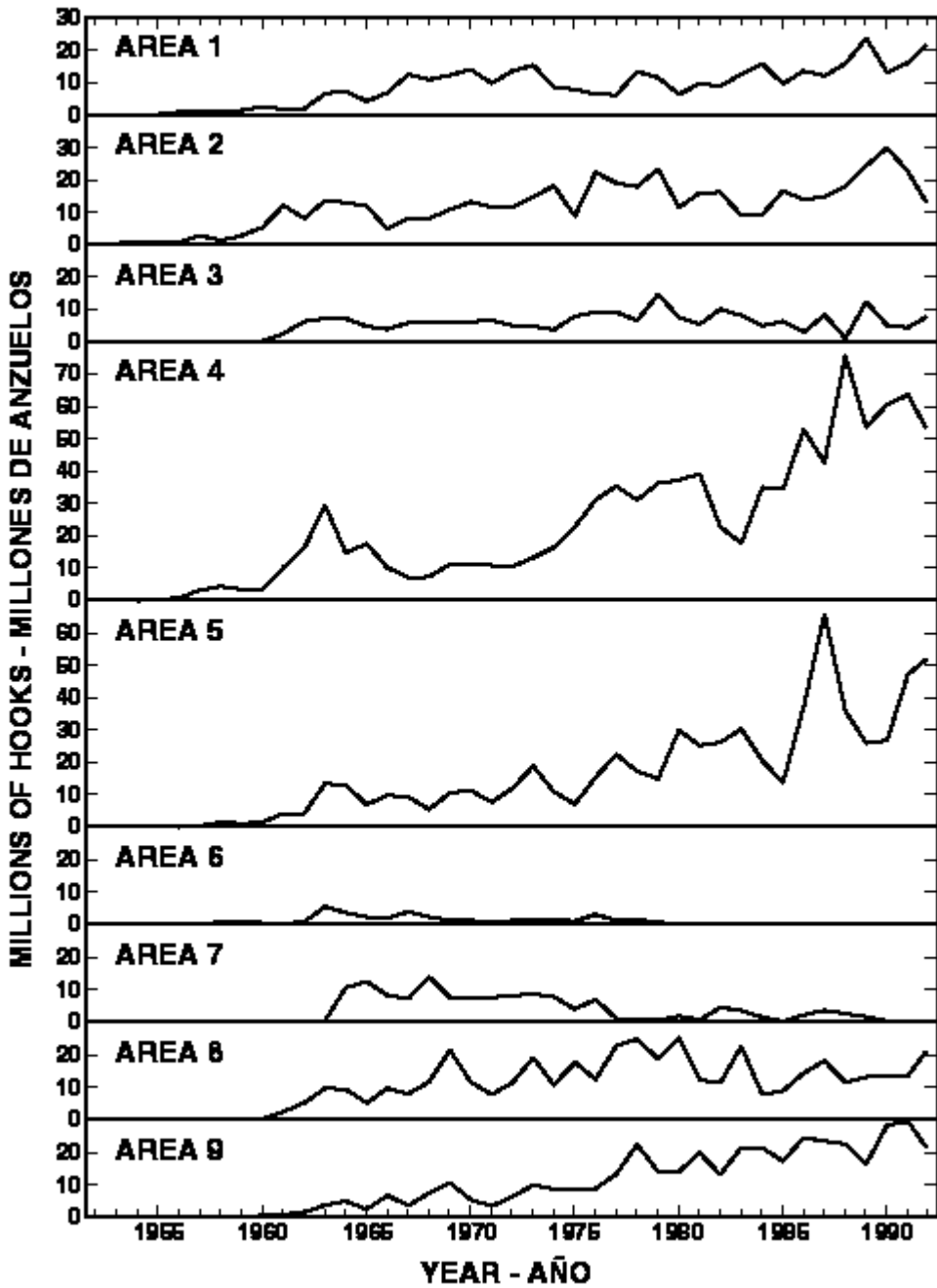


FIGURE 5. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO.

FIGURA 5. Esfuerzo por palangreros japoneses en las áreas designadas del OPO.

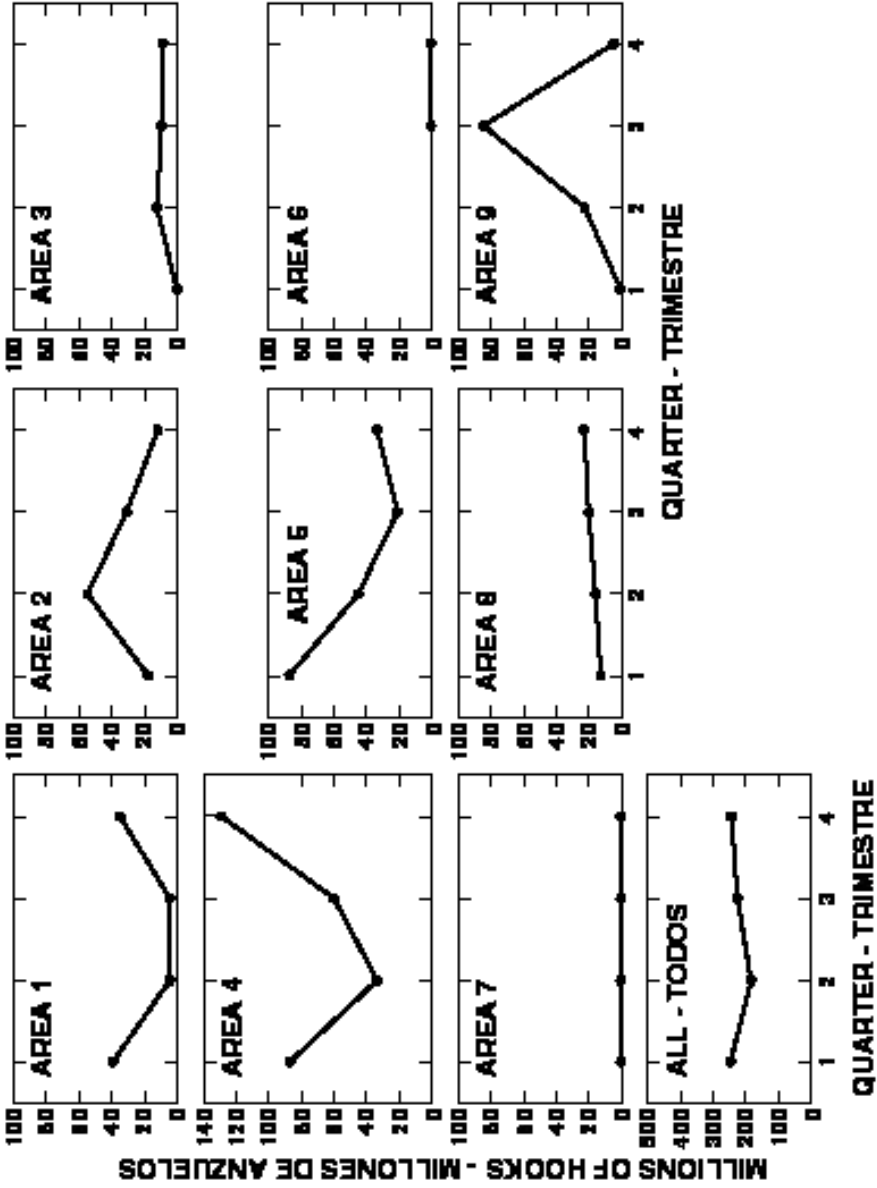


FIGURE 6. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO by quarters, 1988-1992.
FIGURA 6. Esfuerzo por palangreros japoneses en las áreas designadas del OPO por trimestre, 1988-1992.

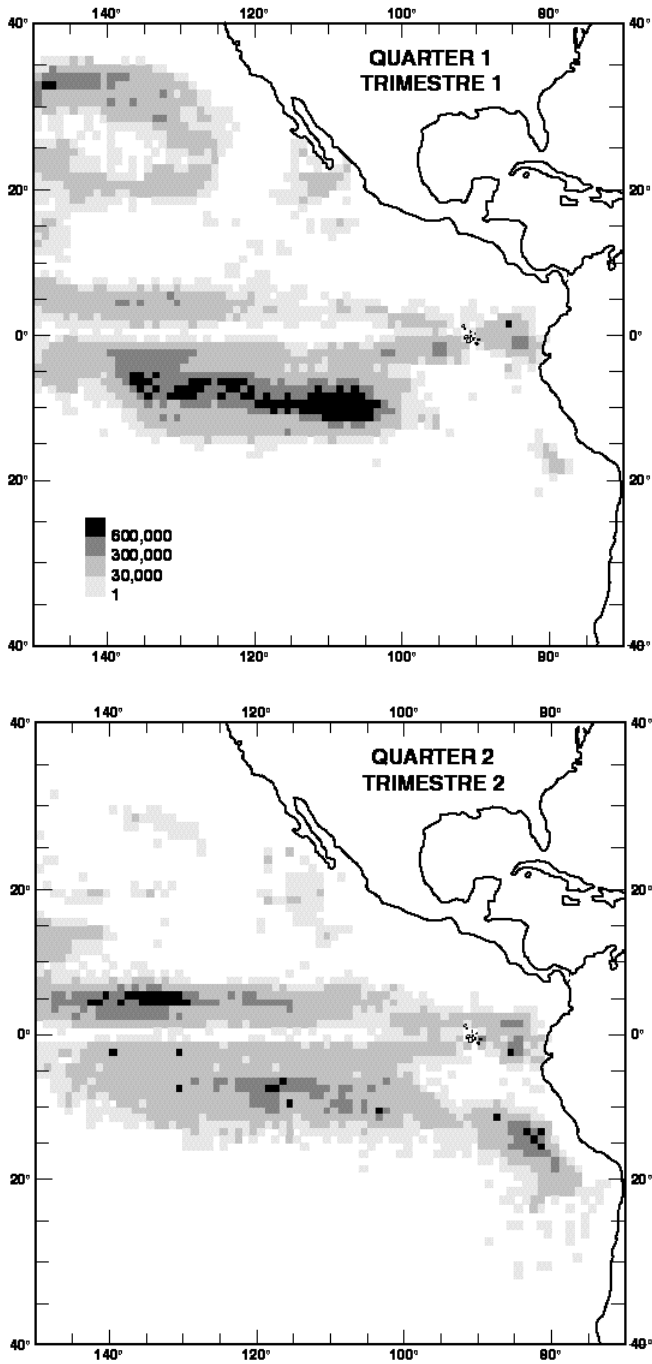


FIGURE 7. Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longliners in the EPO during 1988-1992, by 1-degree areas.

FIGURA 7. Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, por palangreros japoneses en el OPO durante 1988-1992, por áreas de 1°.

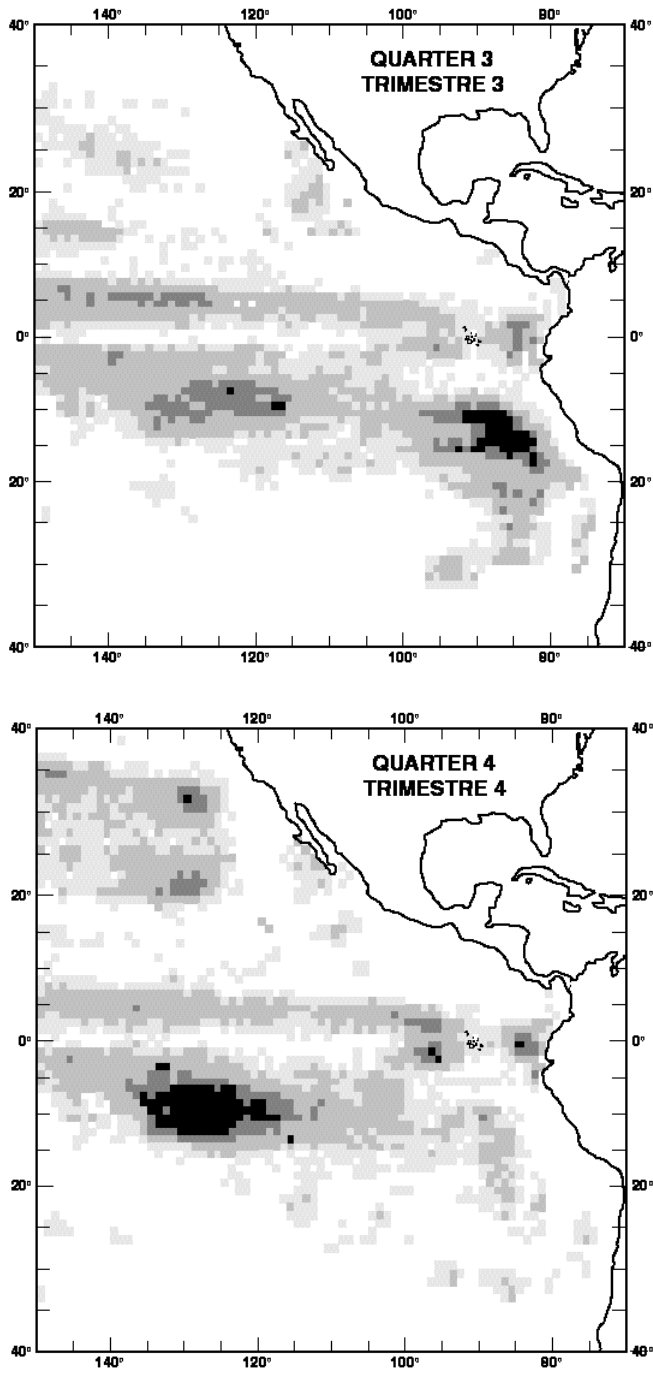


FIGURE 7. (continued)

FIGURA 7. (continuación)

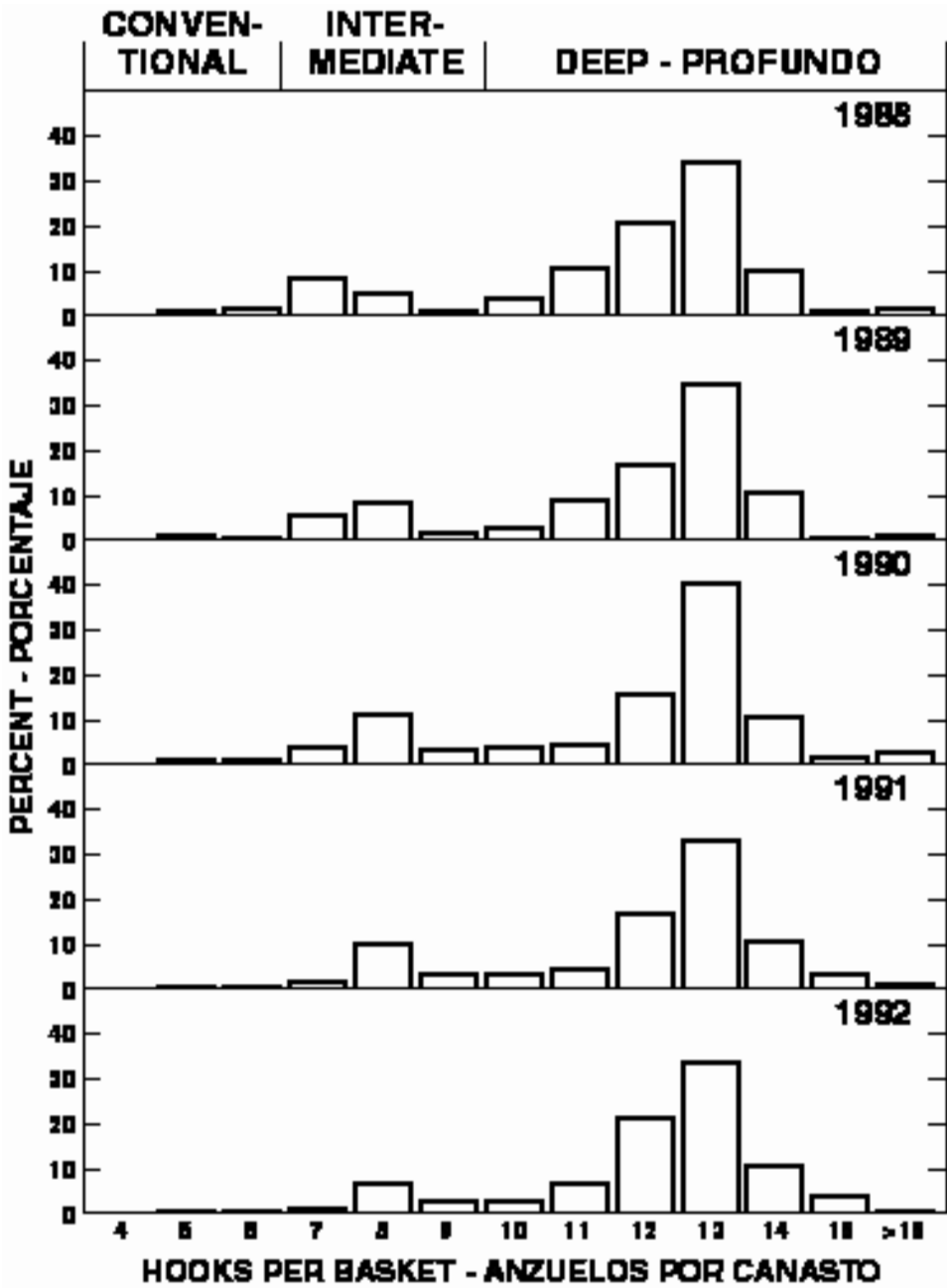


FIGURE 8. Percentages of the Japanese longline effort in the EPO, by numbers of hooks per basket, 1988-1992.

FIGURA 8. Porcentajes del esfuerzo palangrero japonés en el OPO, en número de anzuelos por canasta, 1988-1992.

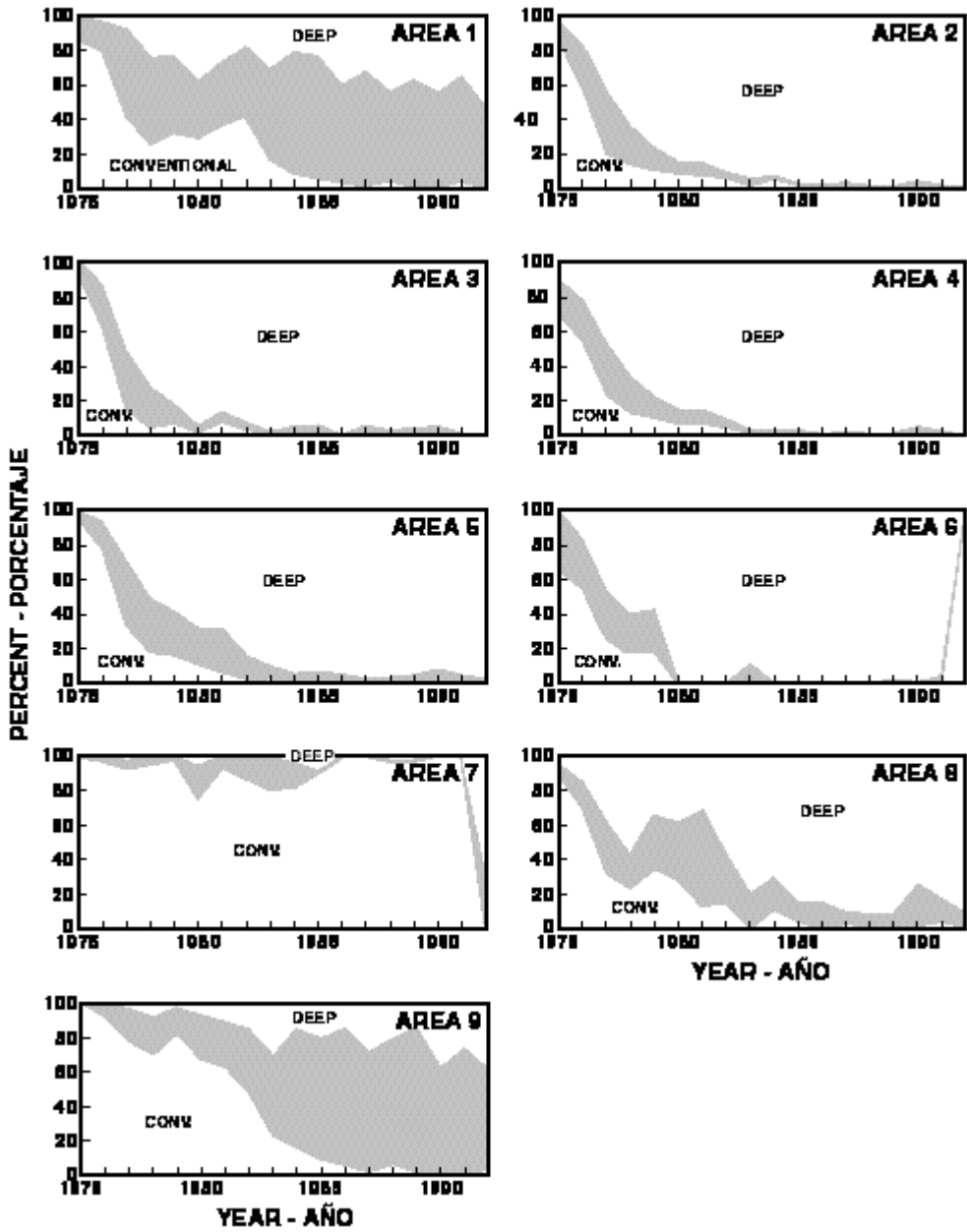


FIGURE 9. Percentages of the Japanese longline effort in the EPO which was exerted with conventional, intermediate, and deep longline gear during the 1975-1992 period.

FIGURA 9. Porcentajes del esfuerzo palangrero japonés en el OPO ejercido con palangres convencionales, intermedios, y profundos durante 1975-1992.

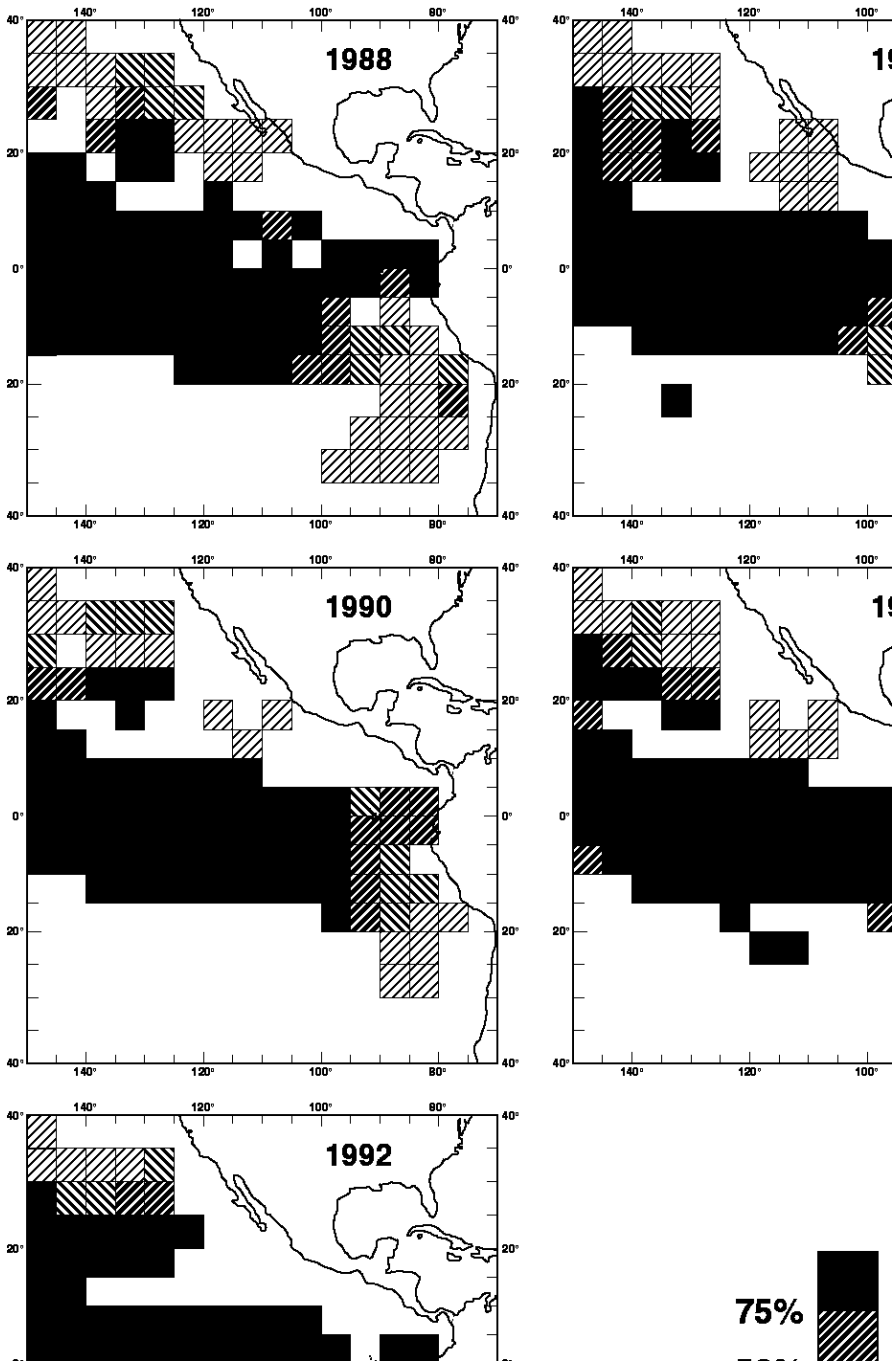


FIGURE 10. Distribution of the percentages of deep longlining effort by Japanese longliners, 1988-1992. Only area-time strata with effort at least 50,000 hooks are included.

FIGURA 10. Distribución de los porcentajes de esfuerzo con palangre profundo de palangreros japoneses, 1988-1992. Se incluyen solamente estratos de área-tiempo con esfuerzo de al menos 50.000 anzuelos.

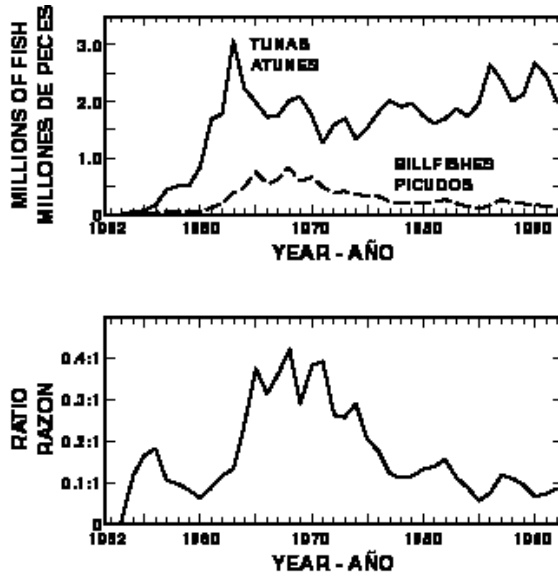


FIGURE 11. Catches of tunas and billfishes in the EPO by Japanese longliners (upper panel) and ratios of the billfish catches to the tuna catches (lower panel).

FIGURA 11. Capturas de atunes y picudos en el OPO por palangreros japoneses (recuadro superior) y razones de las capturas de picudos a las de atunes (recuadro inferior).

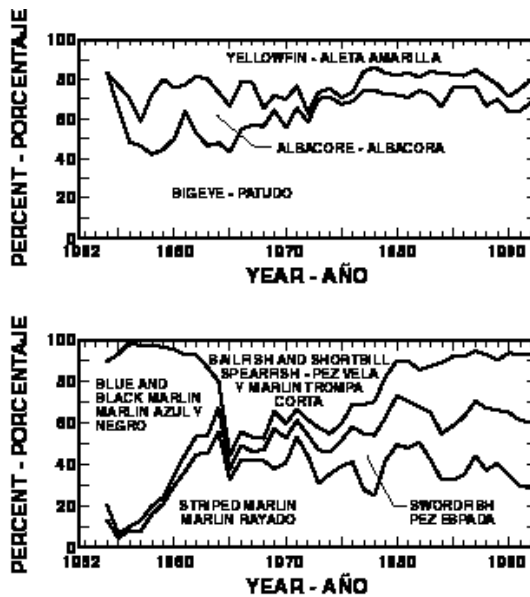


FIGURE 12. Percentage compositions, in numbers of fish, of the Japanese longline catches by species for tunas (upper panel) and billfishes (lower panel).

FIGURA 12. Composiciones porcentuales, en número de peces, de las capturas por palangreros japoneses, por especie de atún (recuadro superior) y picudo (recuadro inferior).

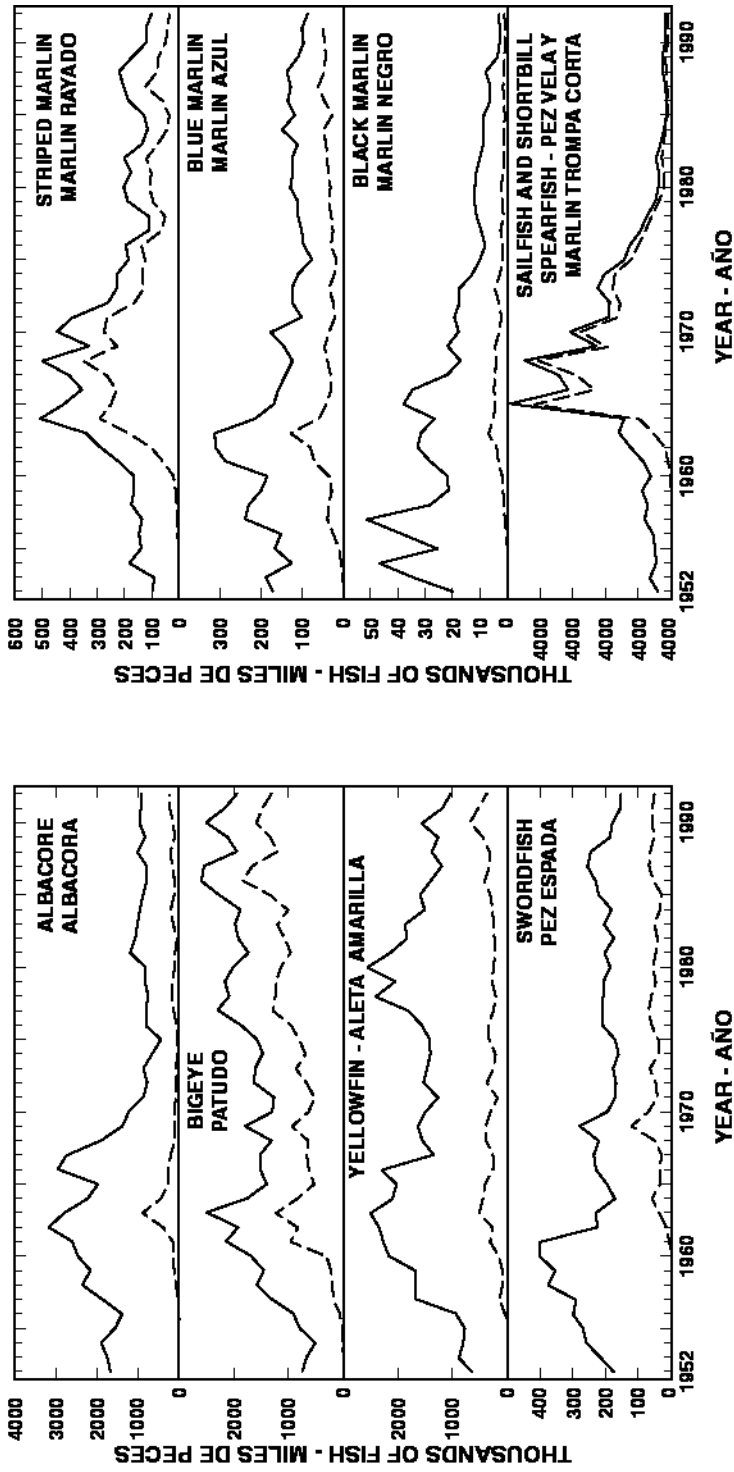


FIGURE 13. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the EPO (dashed lines) and the entire Pacific Ocean (solid lines).

FIGURA 13. Capturas por palangeros japoneses de las distintas especies de atunes y picudos en el OPO (líneas de trazos) y en el Pacífico Océano entero (líneas sólidas).

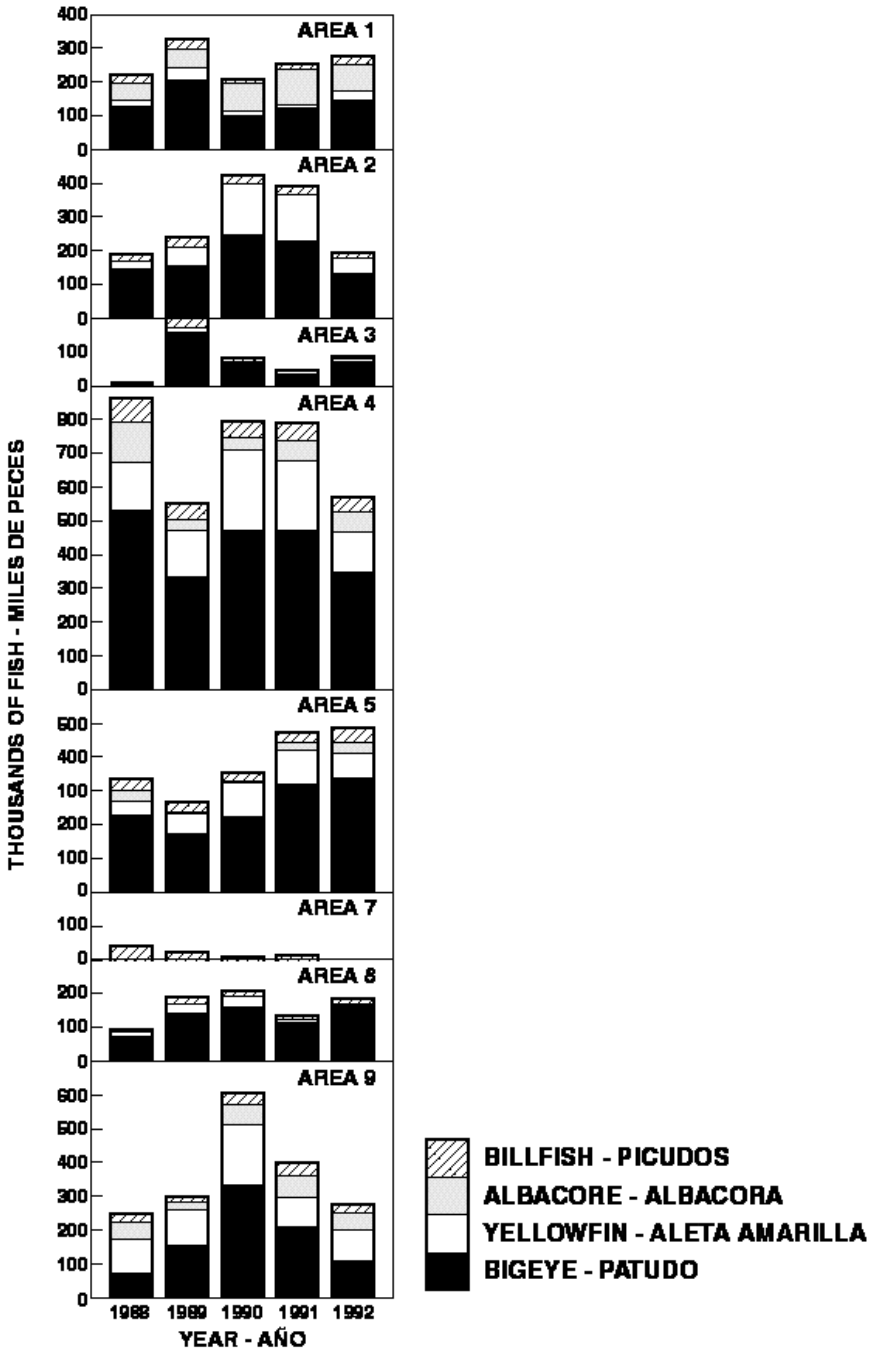


FIGURE 14. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the designated areas of the EPO.

FIGURA 14. Capturas por palangreros japoneses de las distintas especies de atunes y picudos en las áreas designadas del OPO.

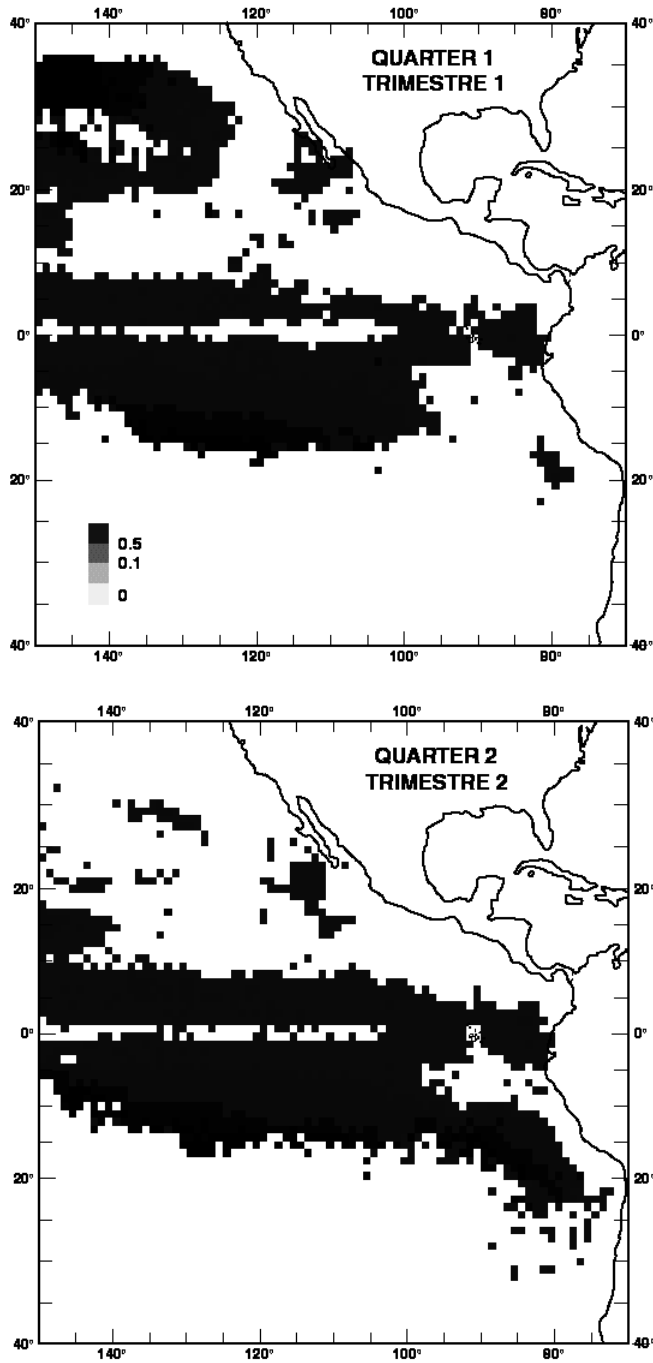


FIGURE 15. Quarterly distributions of hook rates of albacore in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 15. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de albacora en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

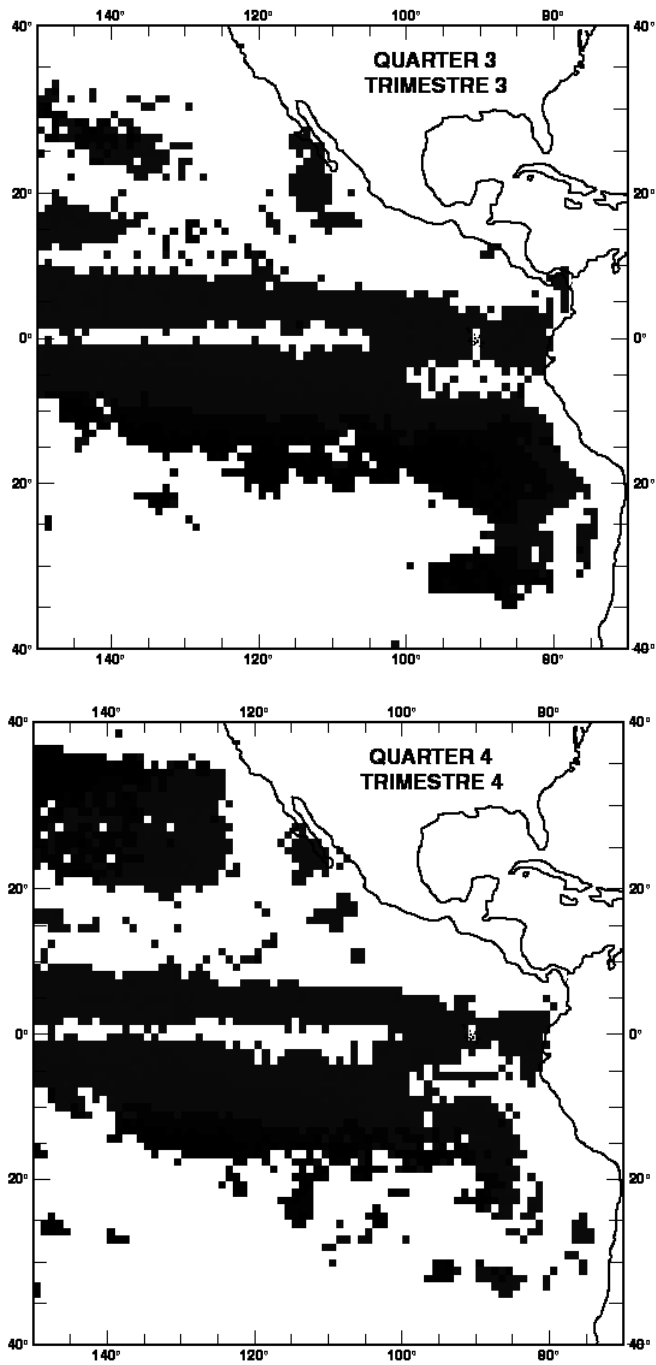


FIGURE 15. (continued)

FIGURA 15. (continuación)

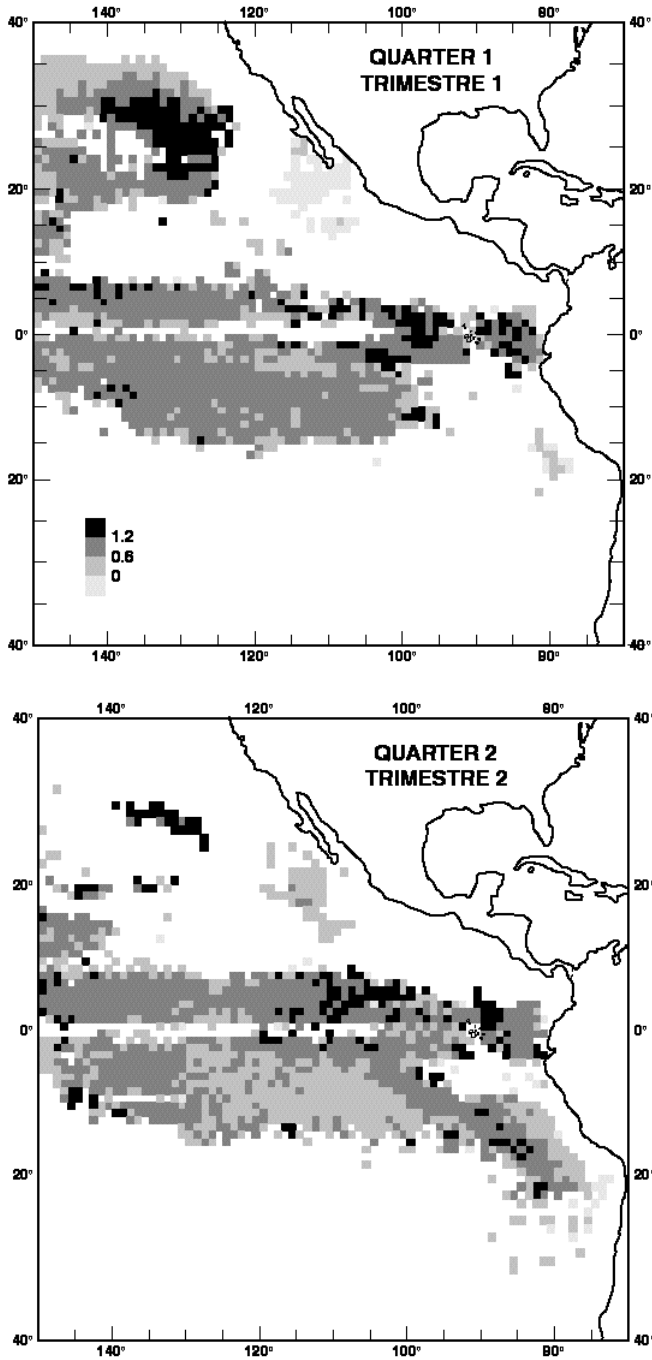


FIGURE 16. Quarterly distributions of hook rates of bigeye in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 16. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de patudo en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

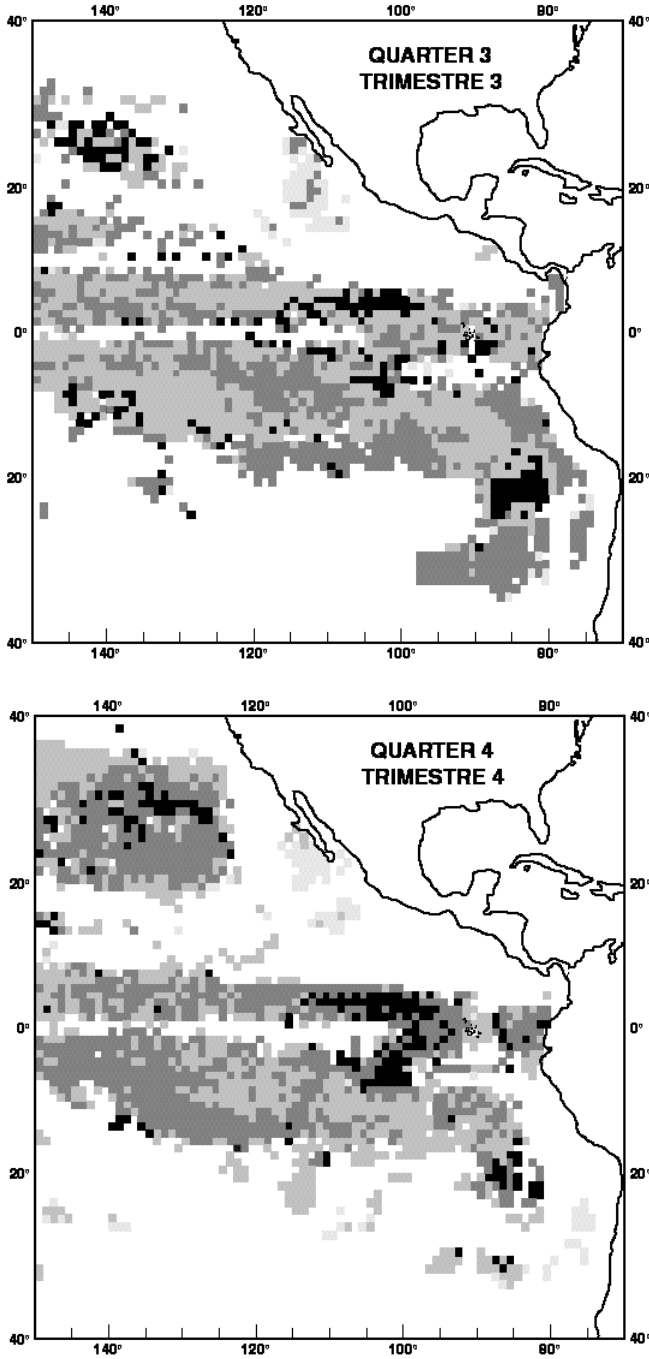


FIGURE 16. (continued)
FIGURA 16. (continuación)

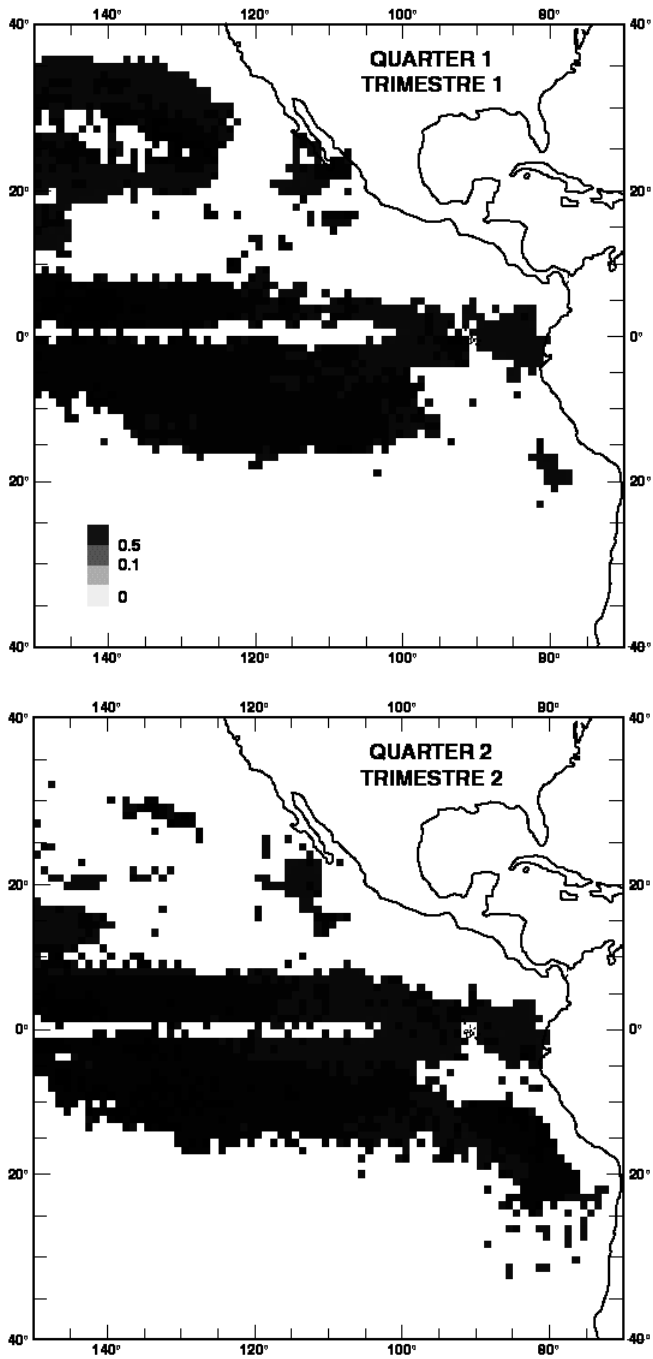


FIGURE 17. Quarterly distributions of hook rates of yellowfin in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 17. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de aleta amarilla en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

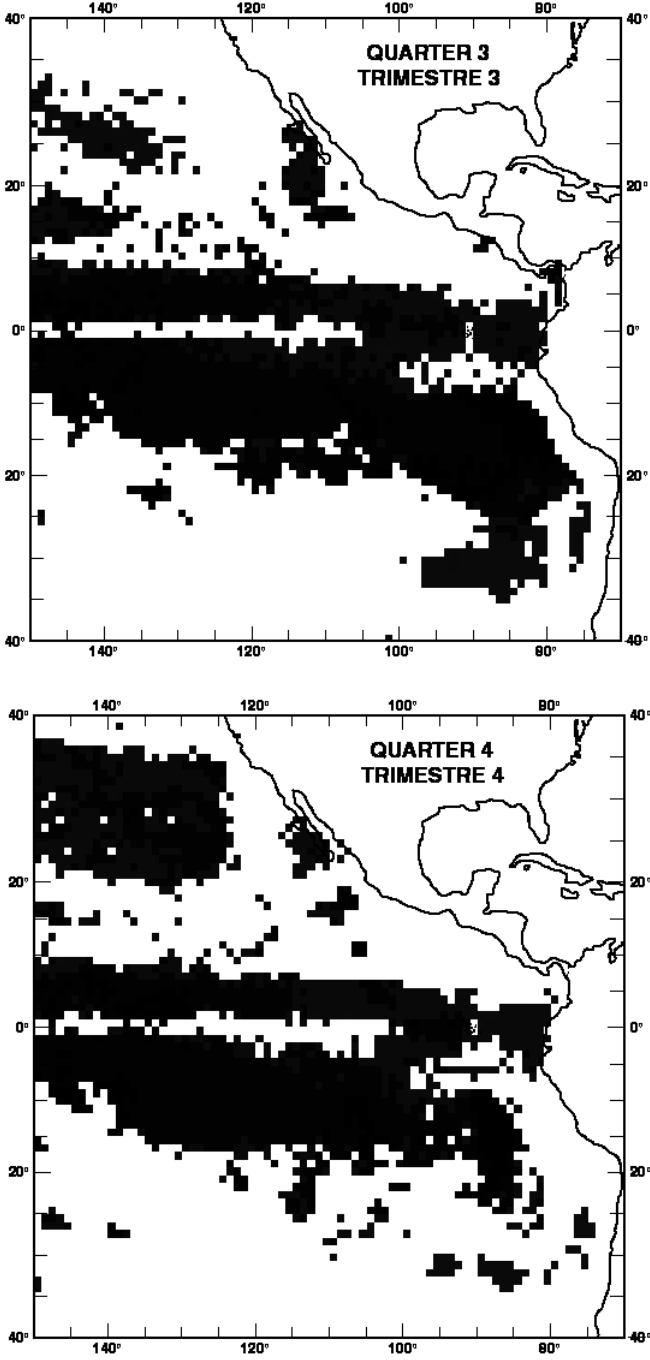


FIGURE 17. (continued)
FIGURA 17. (continuación)

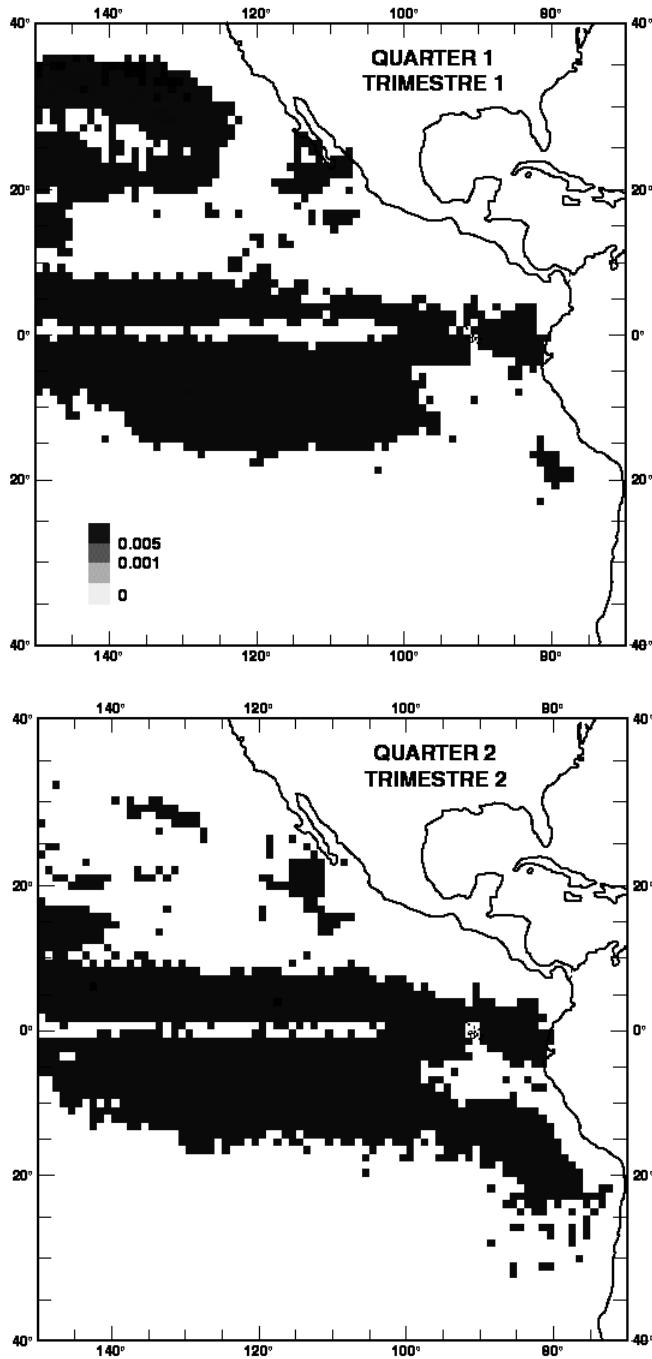


FIGURE 18. Quarterly distributions of hook rates of northern bluefin in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 18. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de aleta azul del norte en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

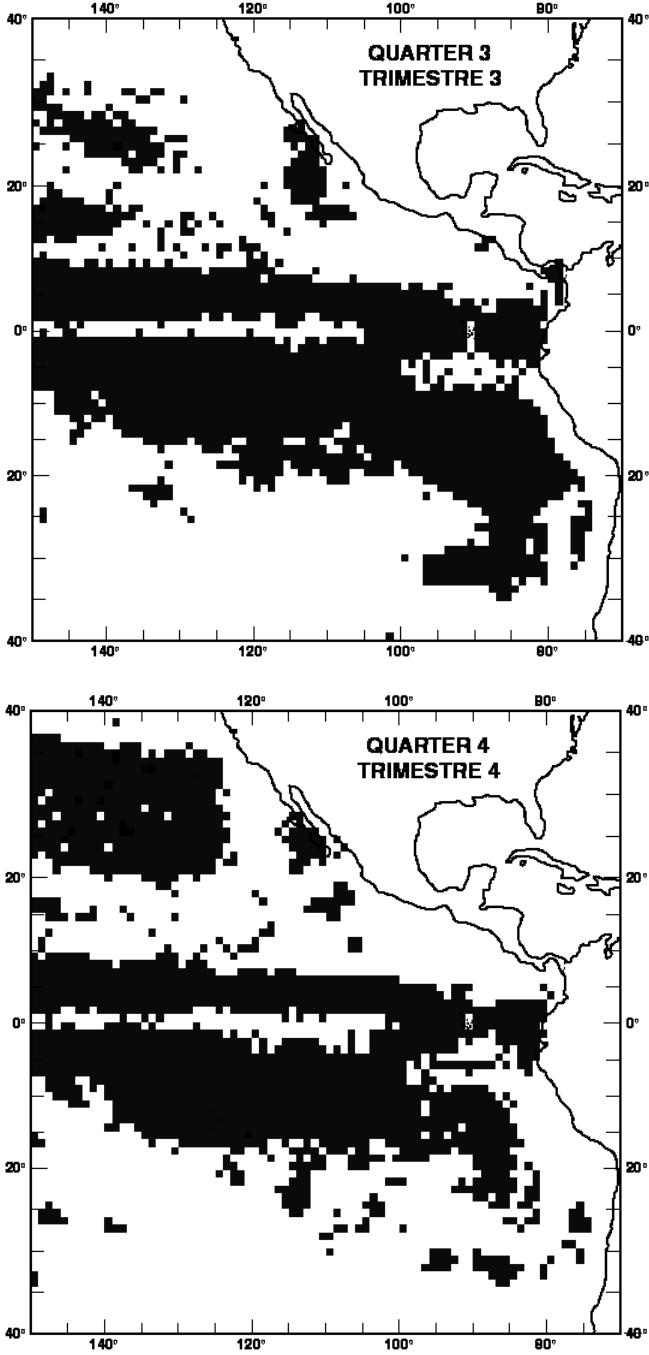


FIGURE 18. (continued)
FIGURA 18. (continuación)

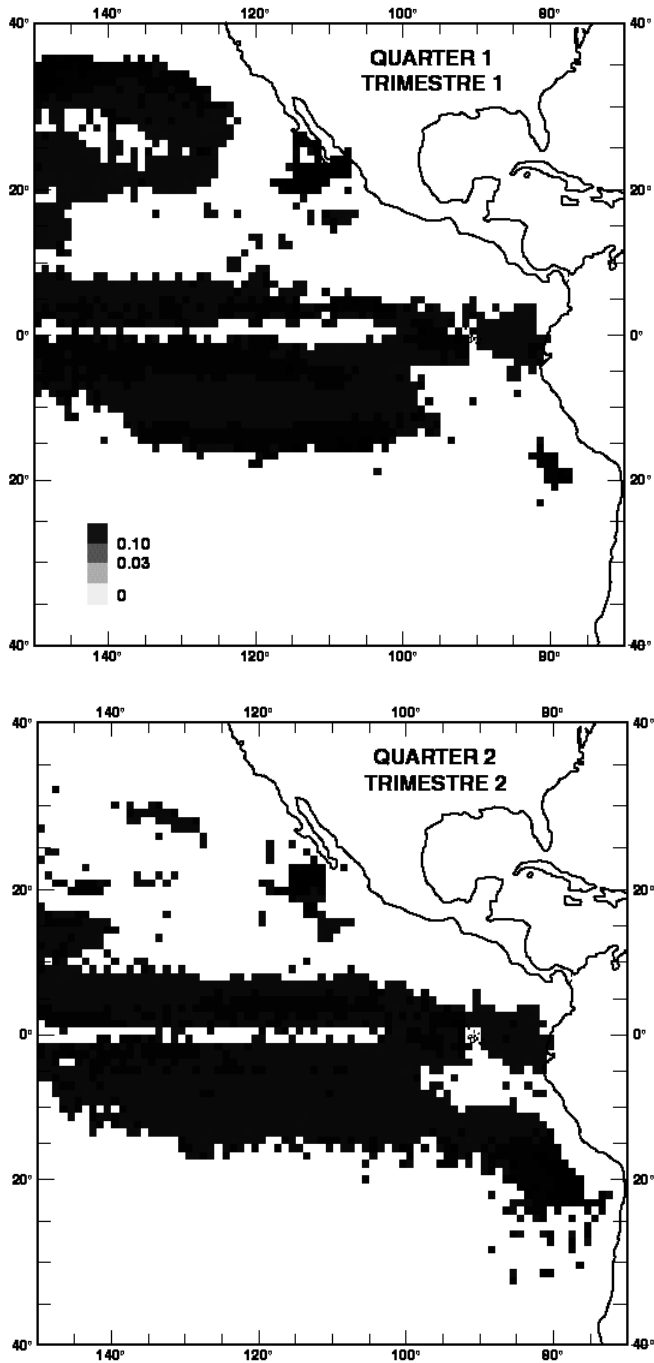


FIGURE 19. Quarterly distributions of hook rates of swordfish in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 19. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de pez espada en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

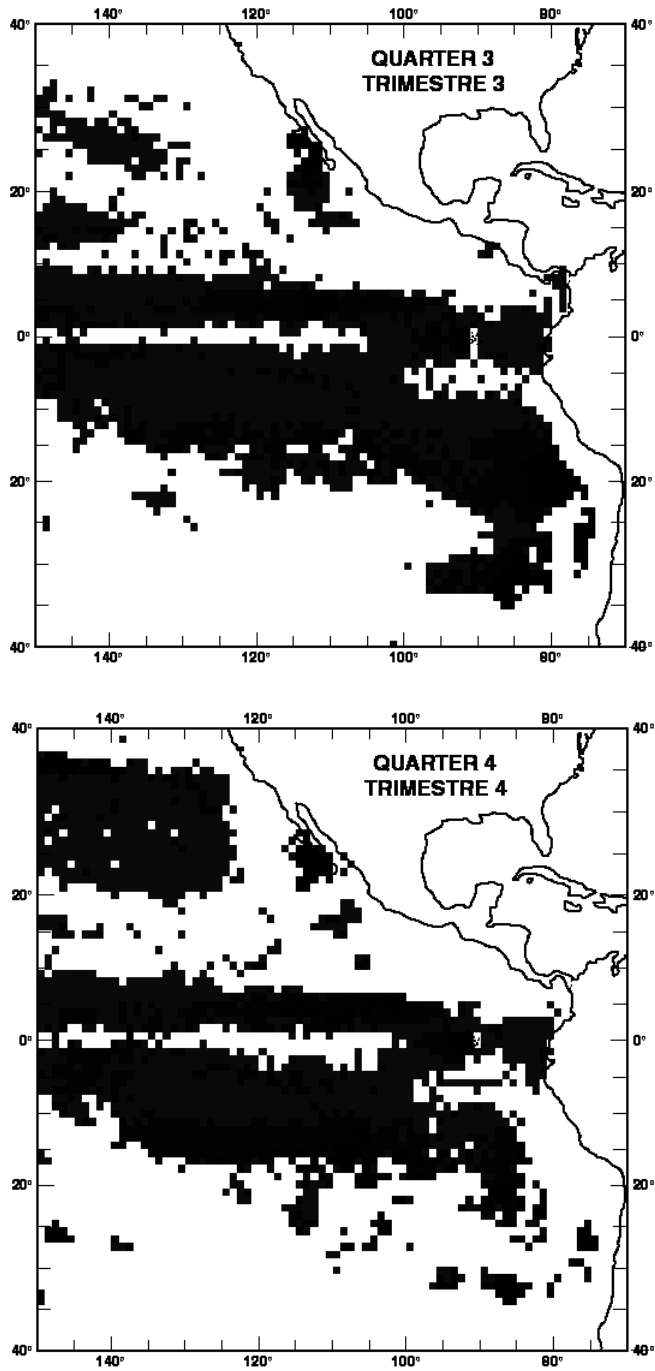


FIGURE 19. (continued)

FIGURA 19. (continuación)

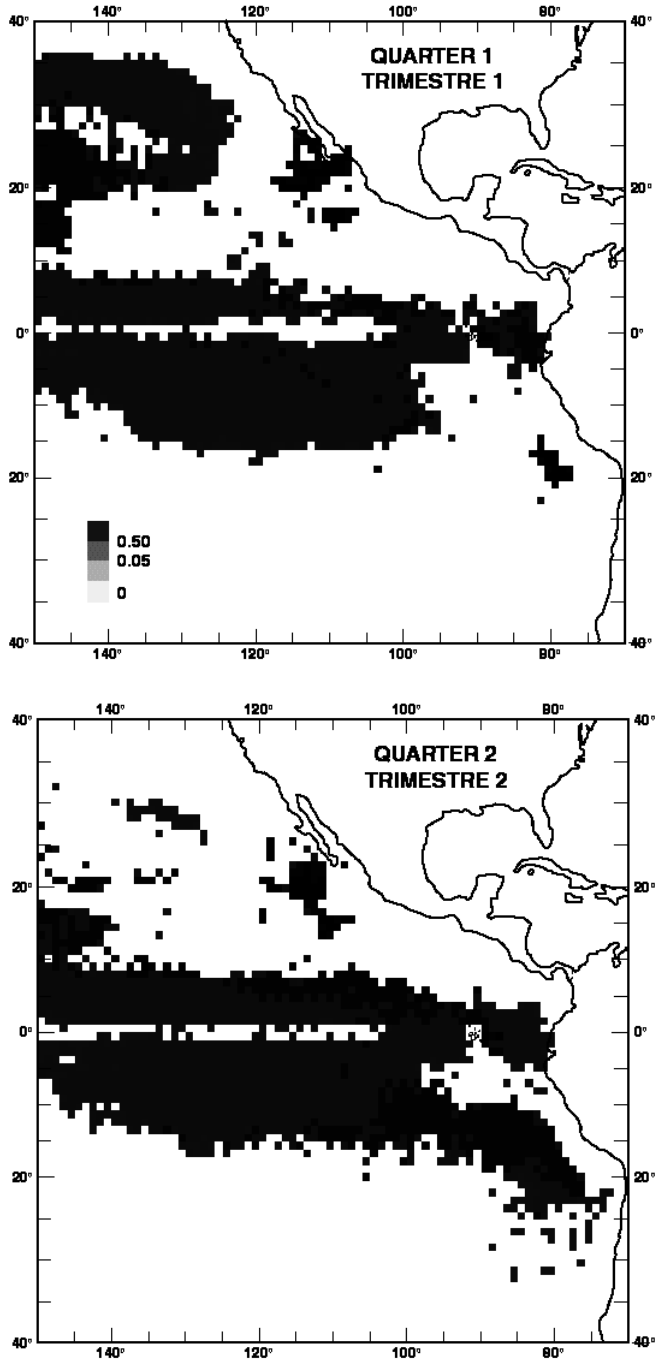


FIGURE 20. Quarterly distributions of hook rates of striped marlin in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 20. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín rayado en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

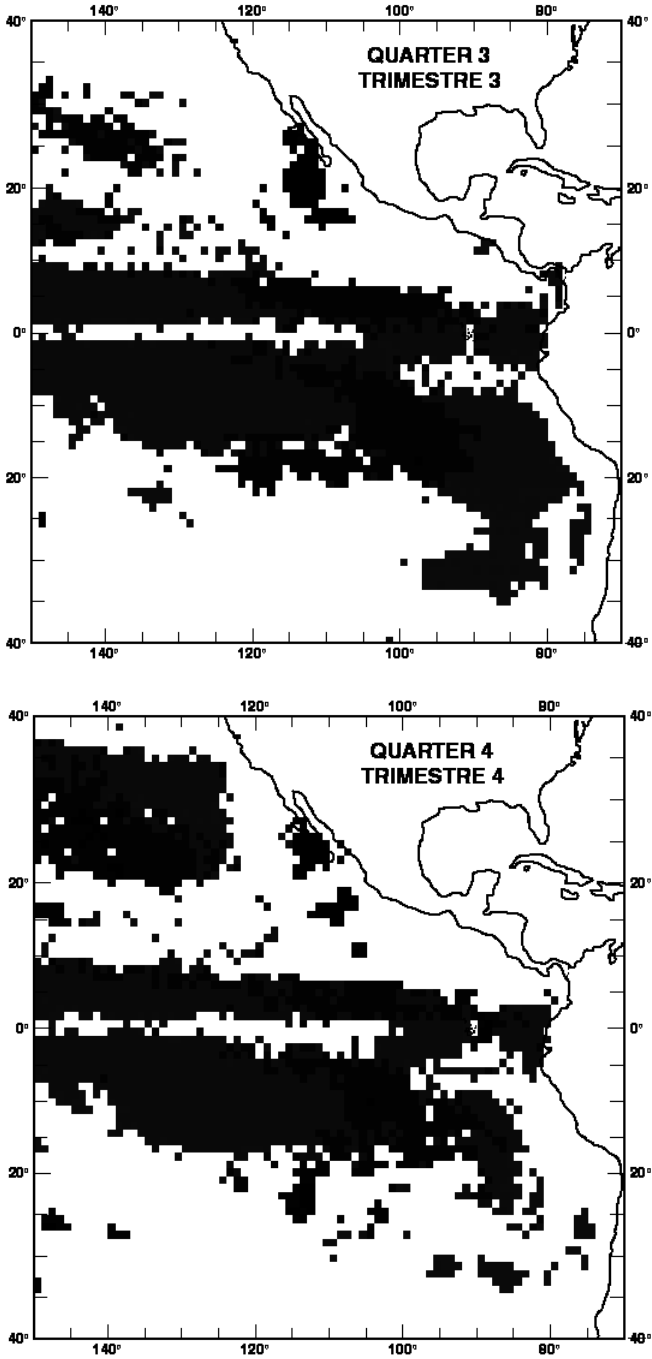


FIGURE 20. (continued)
FIGURA 20. (continuación)

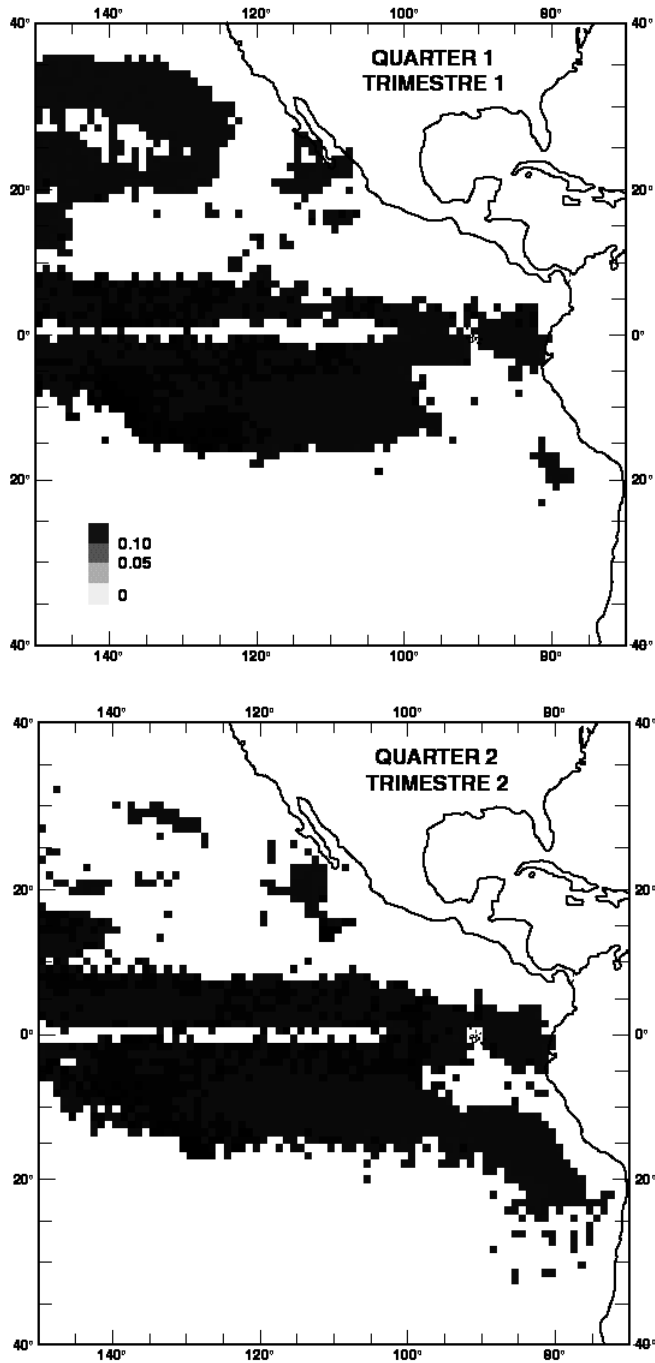


FIGURE 21. Quarterly distributions of hook rates of blue marlin in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 21. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín azul en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

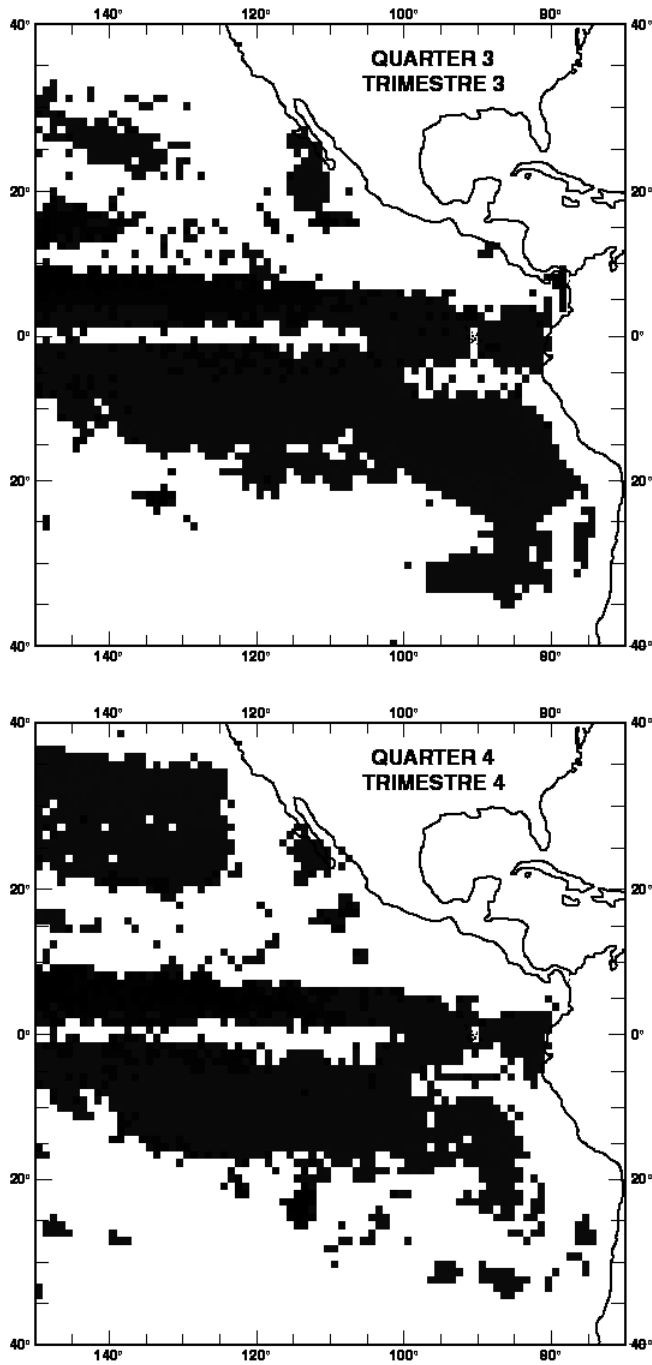


FIGURE 21. (continued)

FIGURA 21. (continuación)

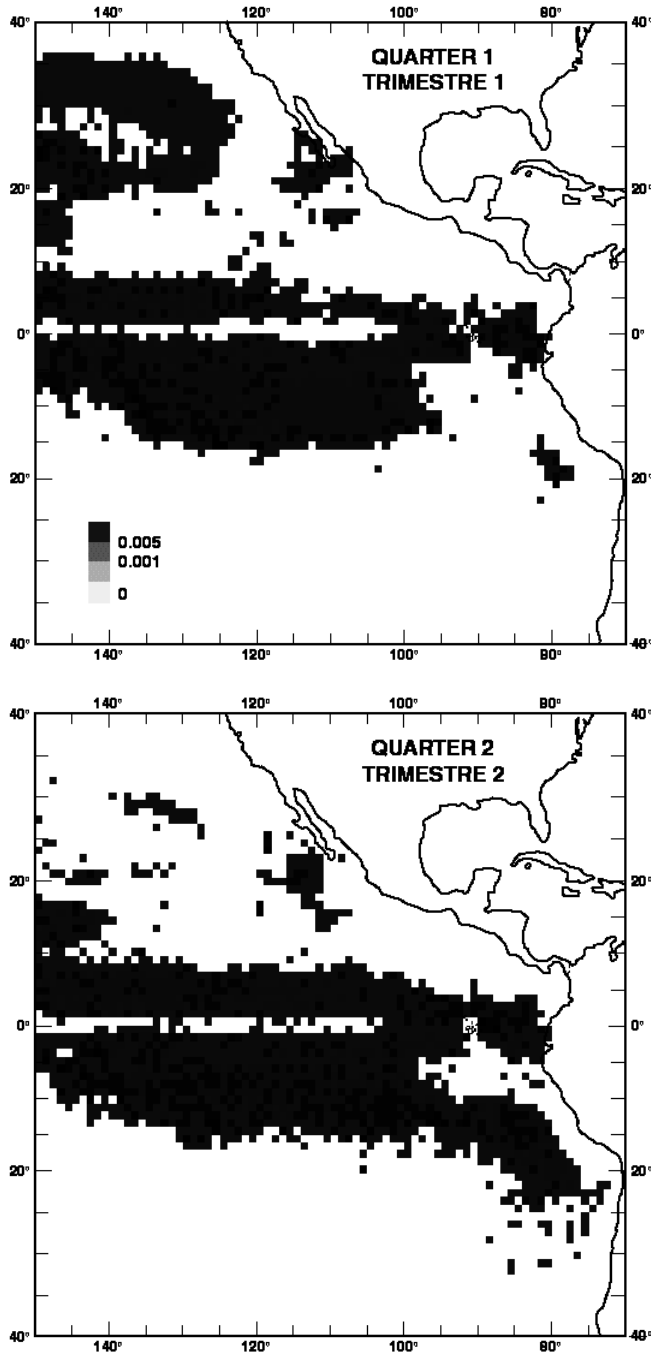


FIGURE 22. Quarterly distributions of hook rates of black marlin in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 22. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín negro en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

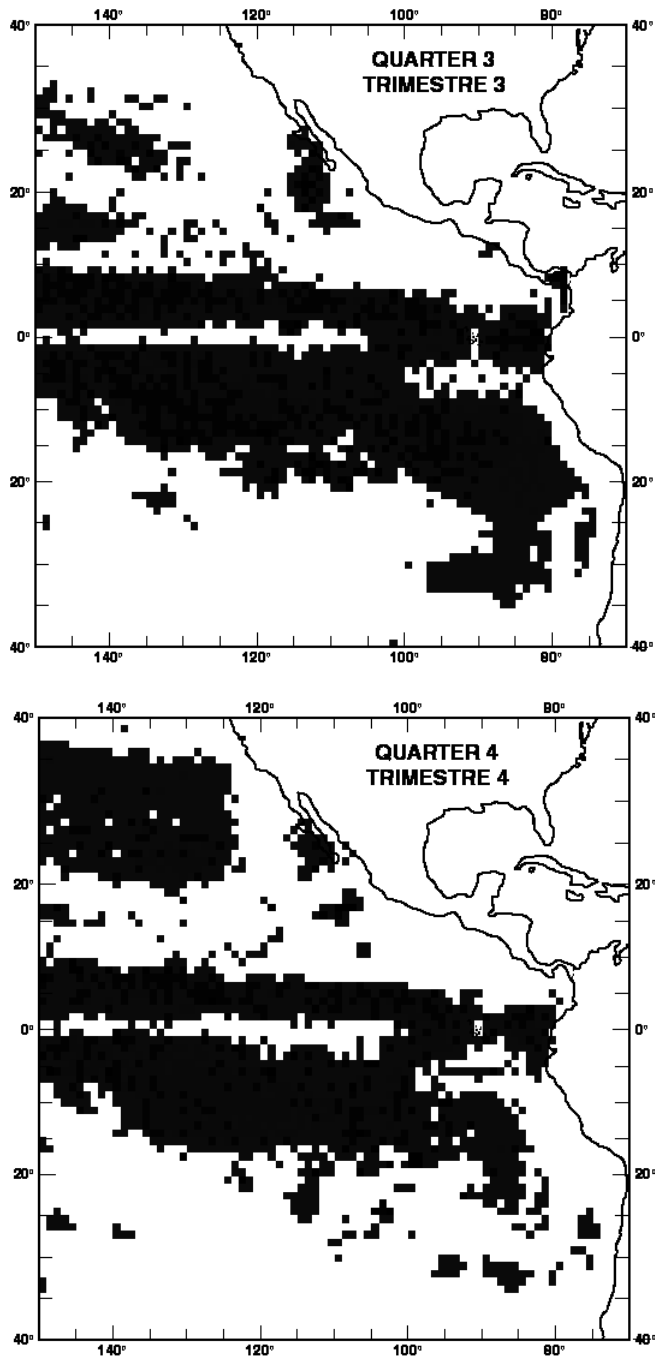


FIGURE 22. (continued)

FIGURA 22. (continuación)

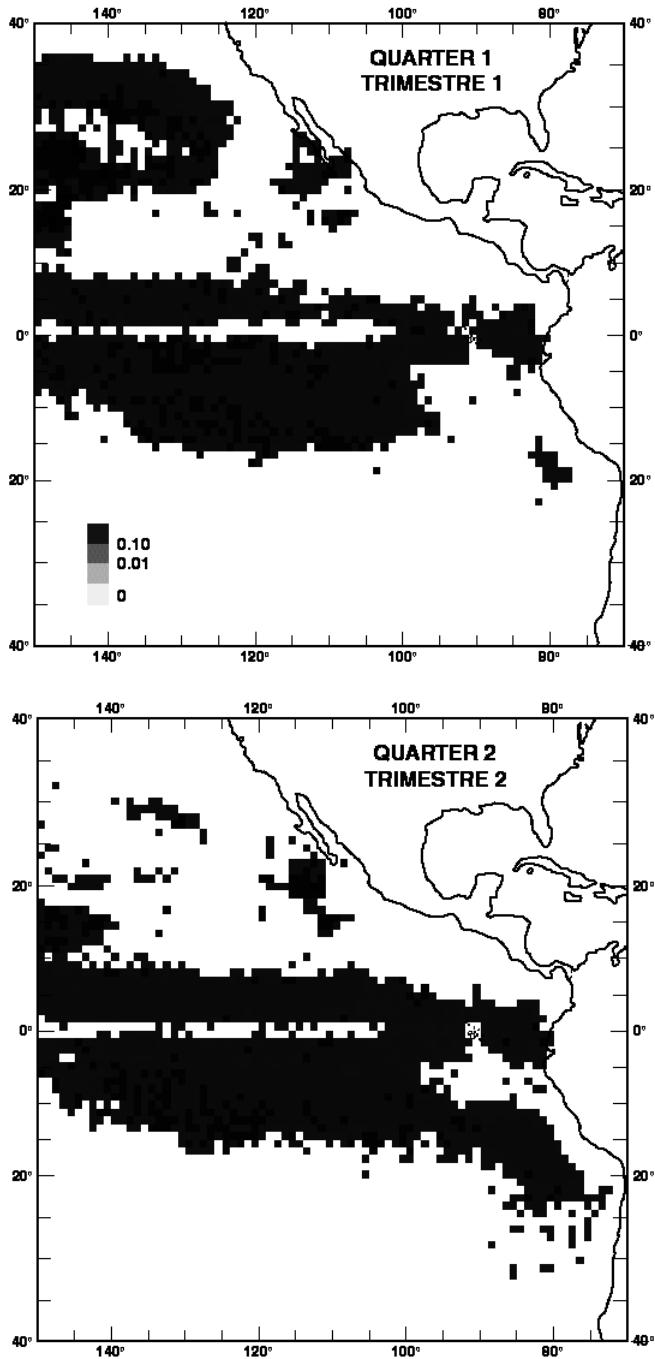


FIGURE 23. Quarterly distributions of hook rates of sailfish and shortbill spearfish in the EPO during 1988-1992, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 23. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de pez vela y marlín trompa corta en el OPO durante 1988-1992, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

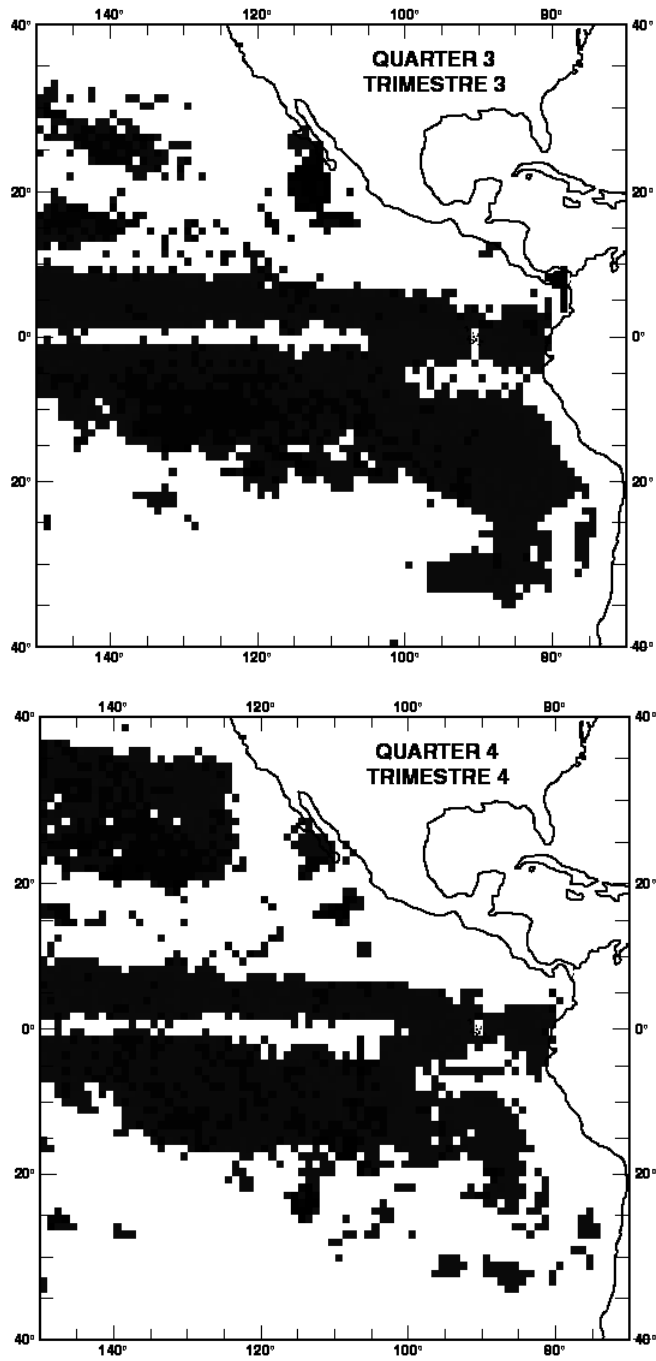


FIGURE 23. (continued)
FIGURA 23. (continuación)

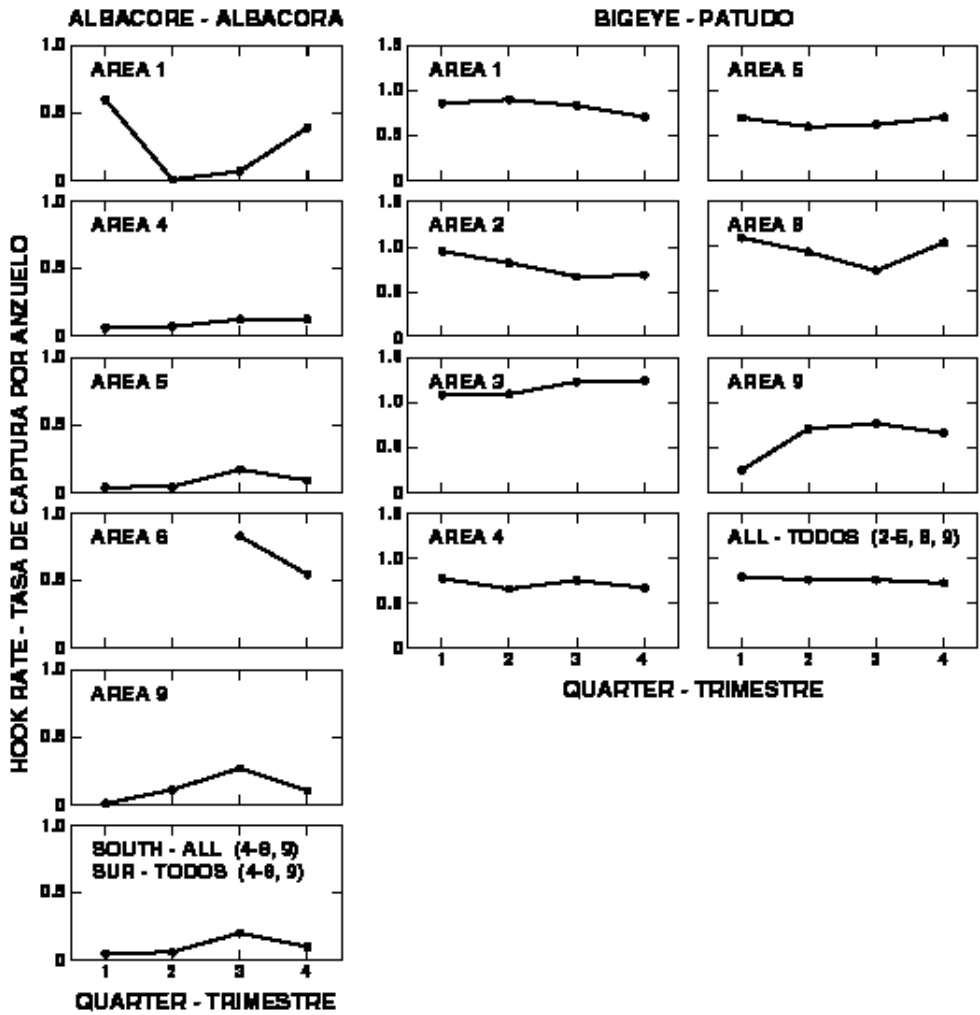


FIGURE 24. Quarterly hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of tunas and billfishes by area, 1988-1992.

FIGURA 24. Tasas de captura trimestrales de atunes y picudos, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área, 1988-1992.

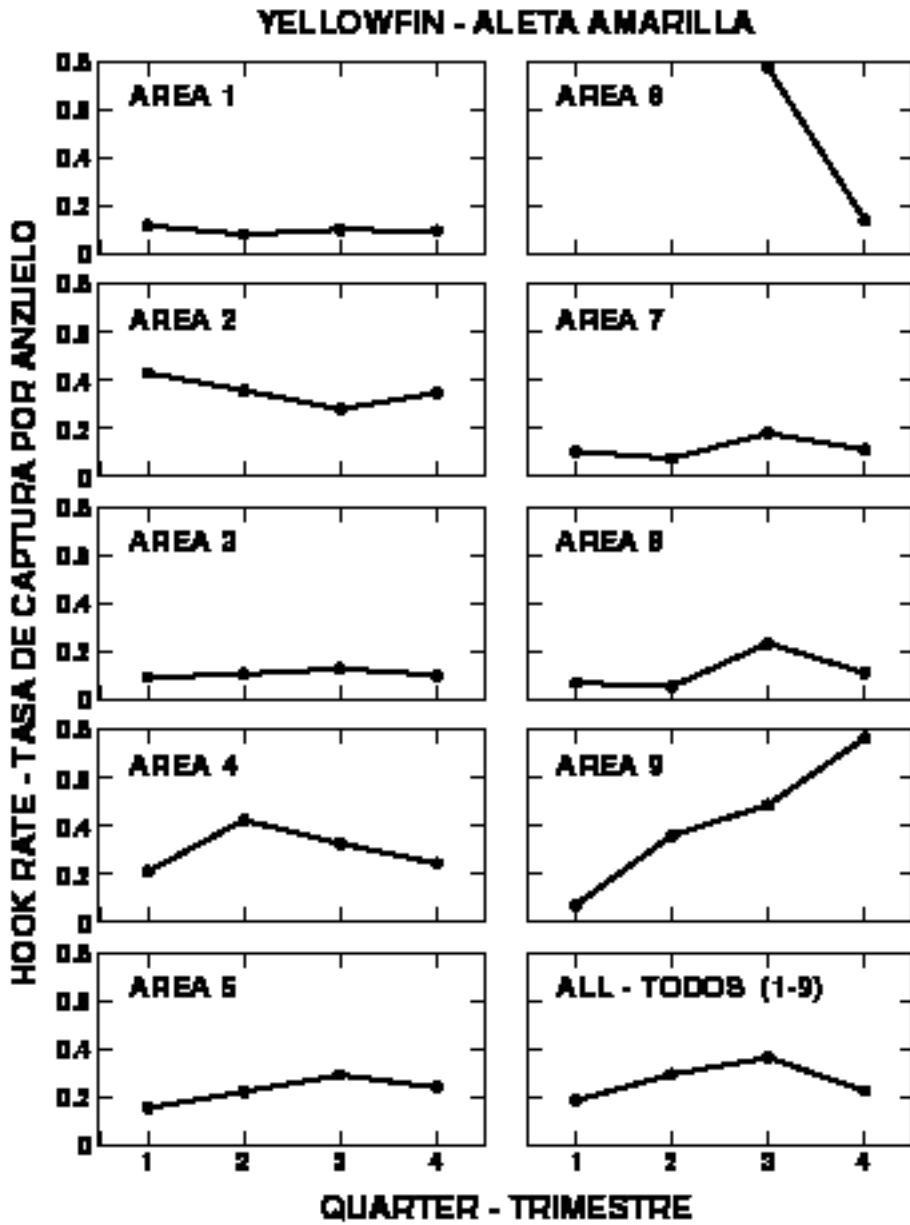


FIGURE 24. (continued)

FIGURA 24. (continuación)

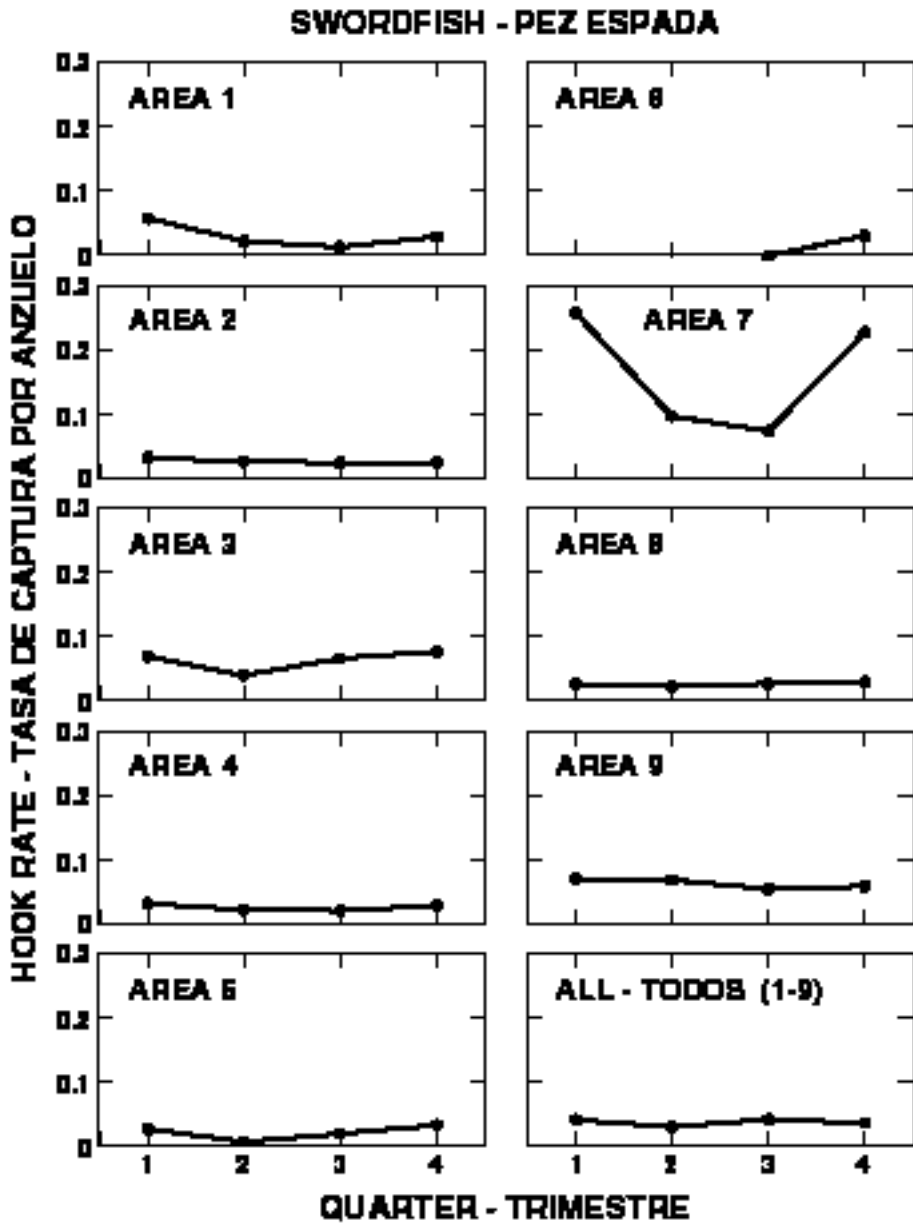


FIGURE 24. (continued)

FIGURA 24. (continuación)

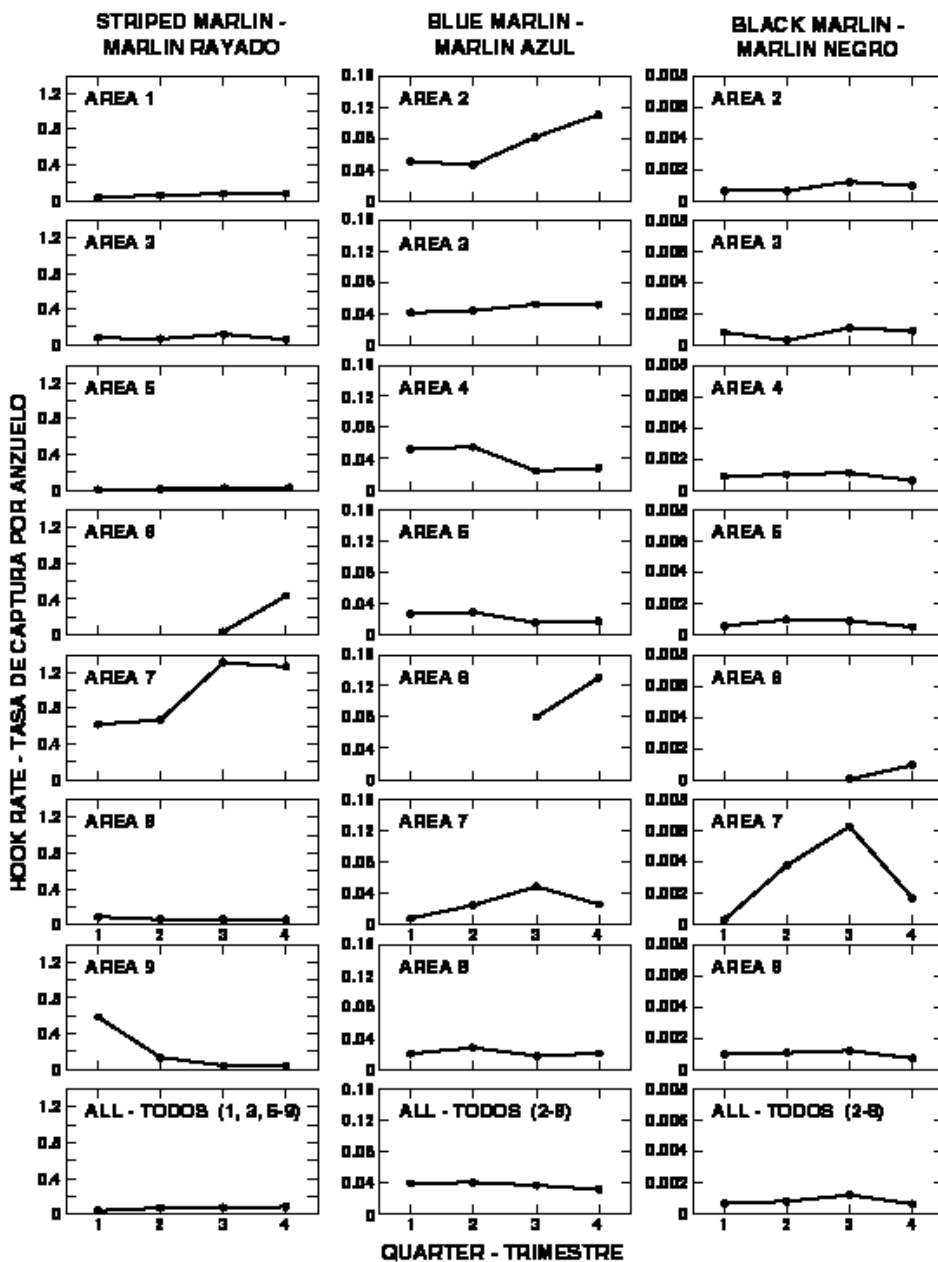


FIGURE 24. (continued)

FIGURA 24. (continuación)

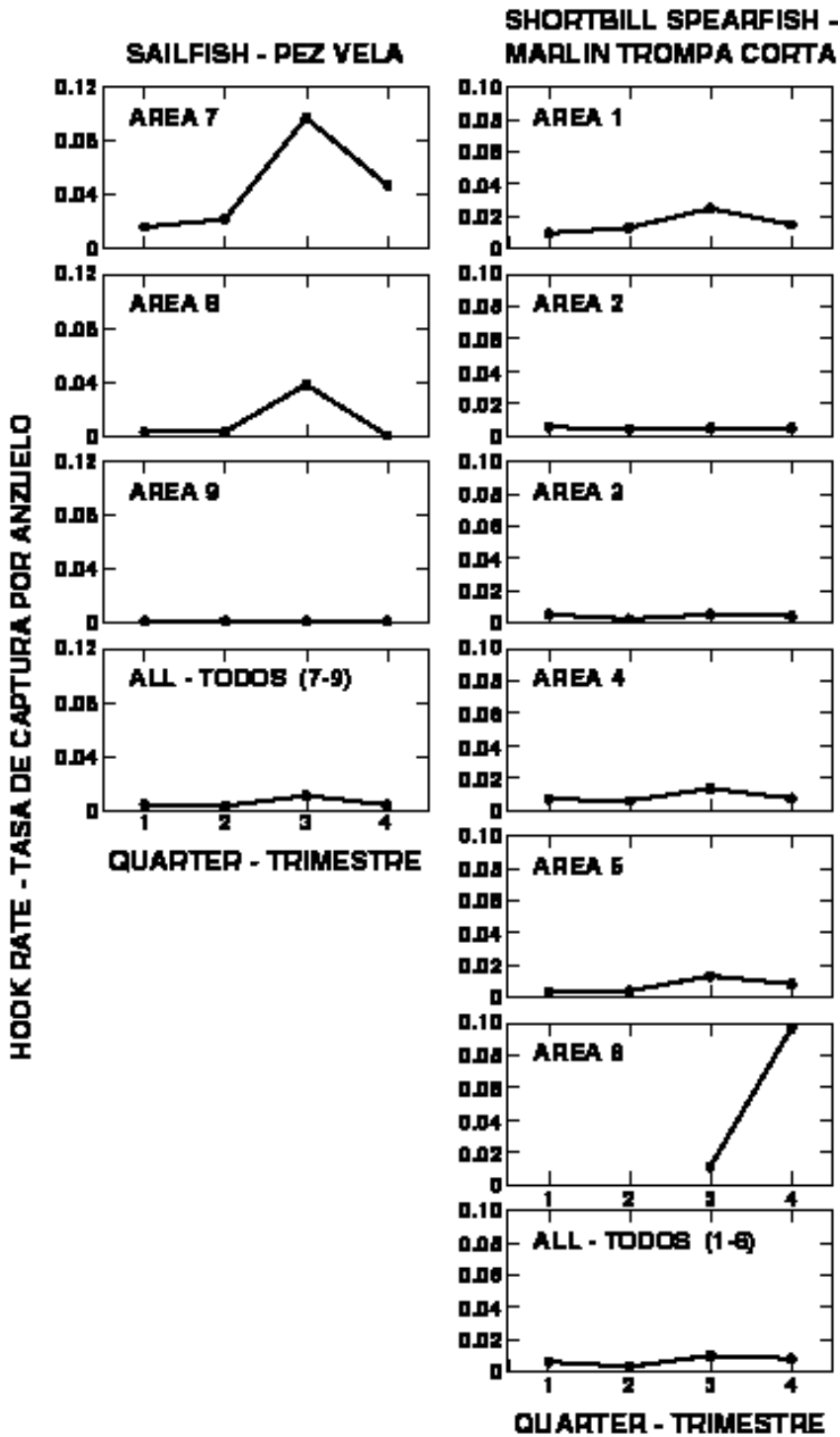


FIGURE 24. (continued)
 FIGURA 24. (continuación)

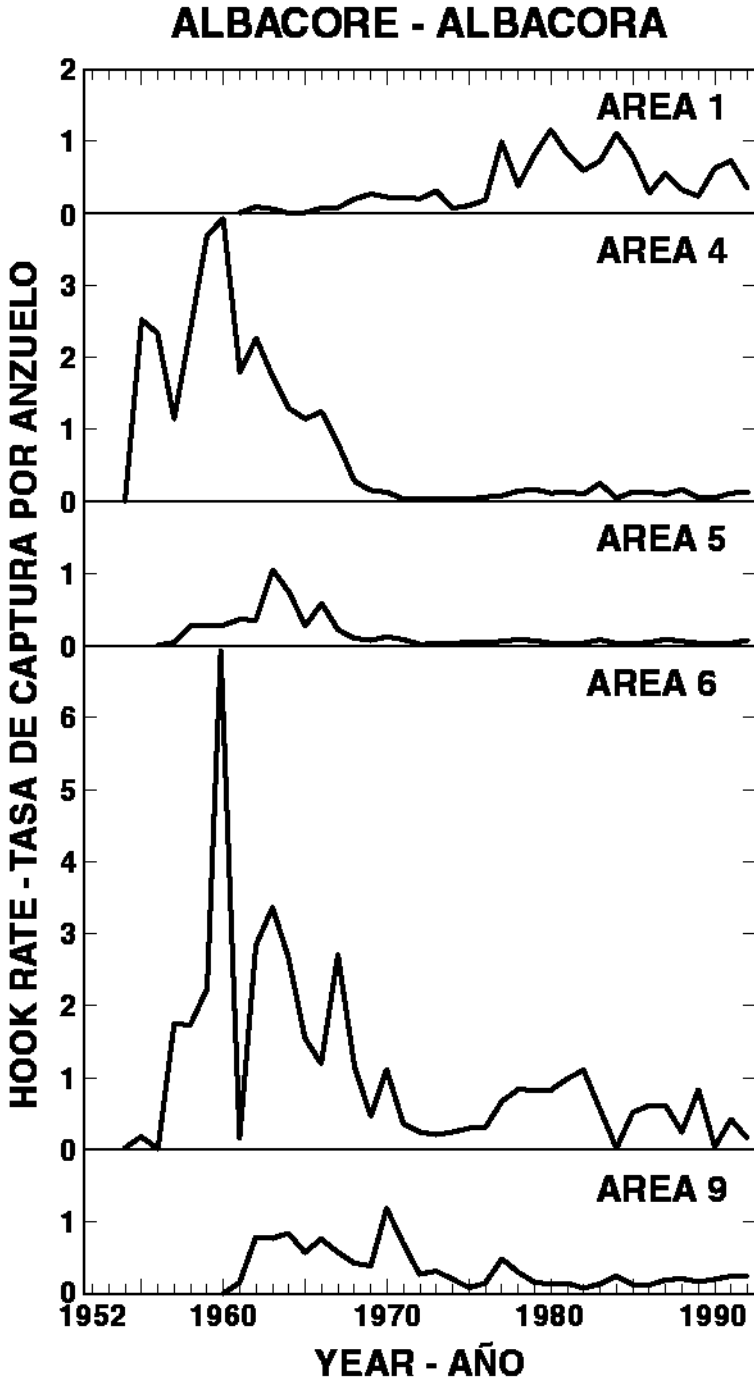


FIGURE 25. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of albacore by area.
FIGURA 25. Tasas de captura anuales de albacora, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

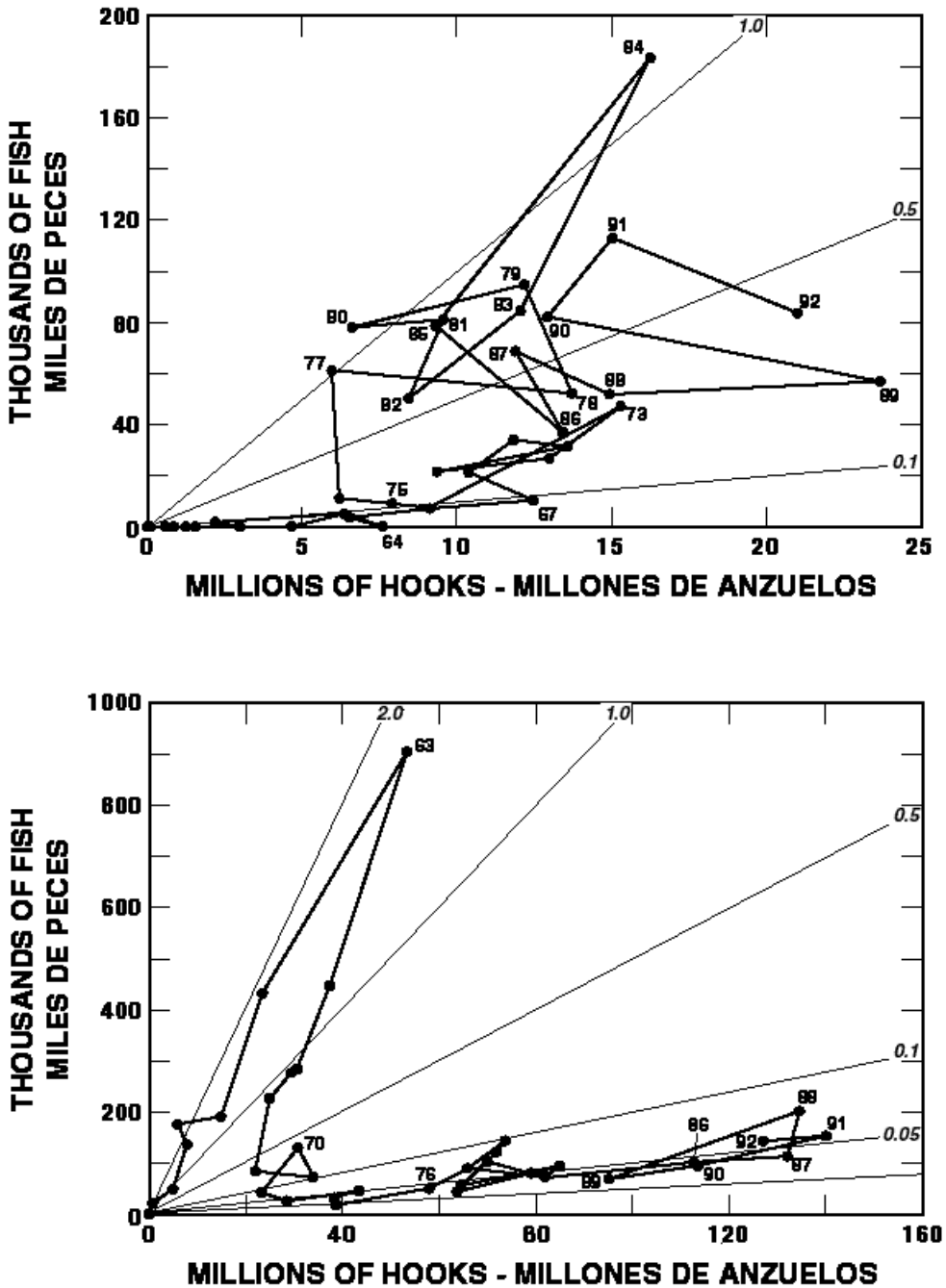


FIGURE 26. Relation between estimated longline catch and effort for albacore in Area 1 (north of the equator; upper panel) and Areas 4-6 and 9 (south of the equator; lower panel) for 1955-1992.
FIGURA 26. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para albacora en el Area 1 (al norte del ecuador; recuadro superior) y las Areas 4-6 y 9 (al sur del ecuador; recuadro inferior) en 1955-1992.

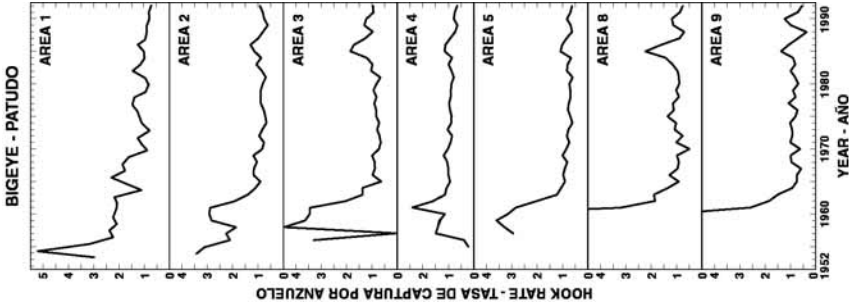


FIGURE 27. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of bigeye by area.

FIGURA 27. Tasas de captura anuales de patudo, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

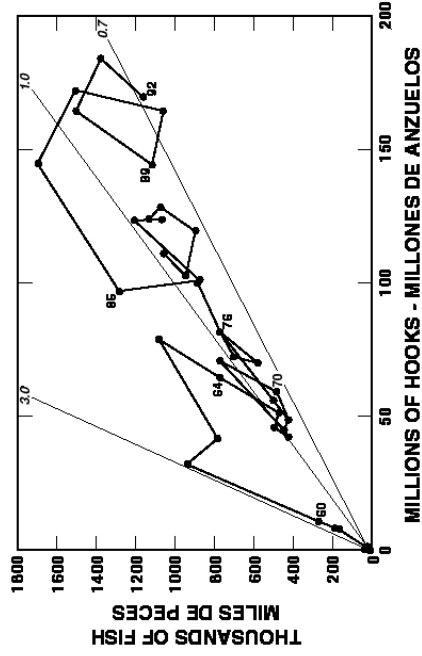


FIGURE 28. Relation between estimated longline catch and effort for bigeye in Areas 2-5, and 8-9 for 1955-1992.

FIGURA 28. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangeros para patudo en las Areas 2-5, y 8-9 en 1955-1992.

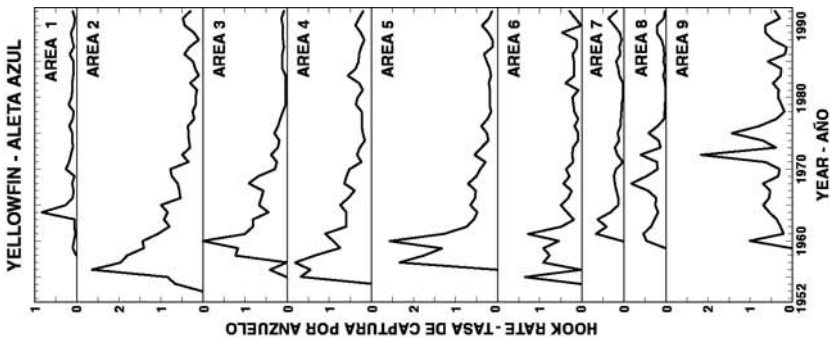


FIGURE 29. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of yellowfin by area.

FIGURA 29. Tasas de captura anuales de aleta amarilla, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

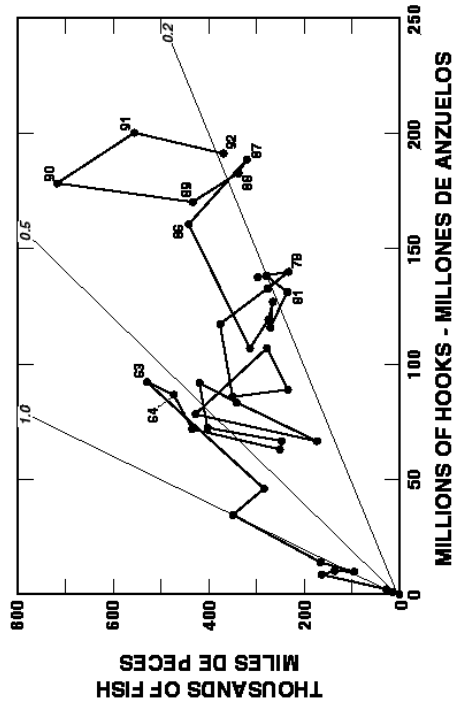


FIGURE 30. Relation between estimated longline catch and effort for yellowfin in the EPO for 1955-1992.

FIGURA 30. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangeros para aleta amarilla en el OPO en 1955-1992.

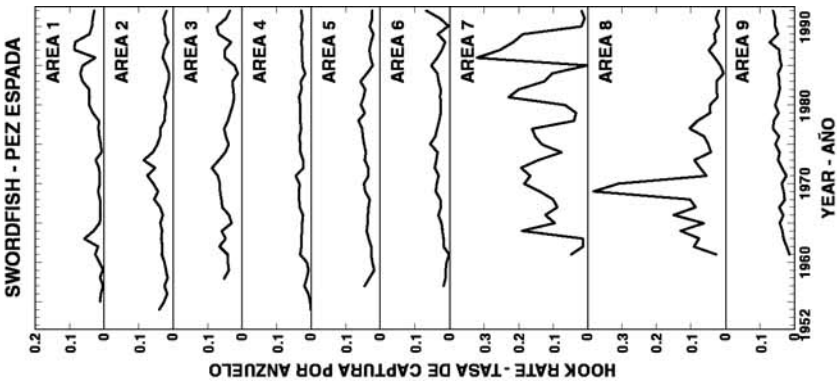


FIGURE 31. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of swordfish by area.

FIGURA 31. Tasas de captura anuales de pez espada, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

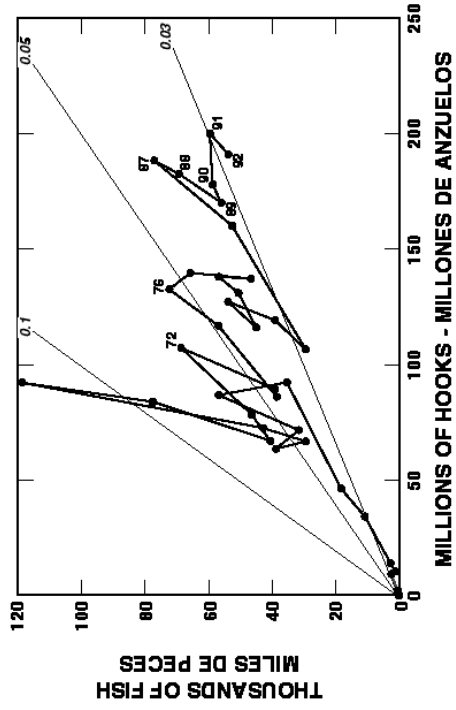


FIGURE 32. Relation between estimated longline catch and effort for swordfish in the EPO for 1955-1992.

FIGURA 32. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangeros para pez espada en el OPO en 1955-1992.

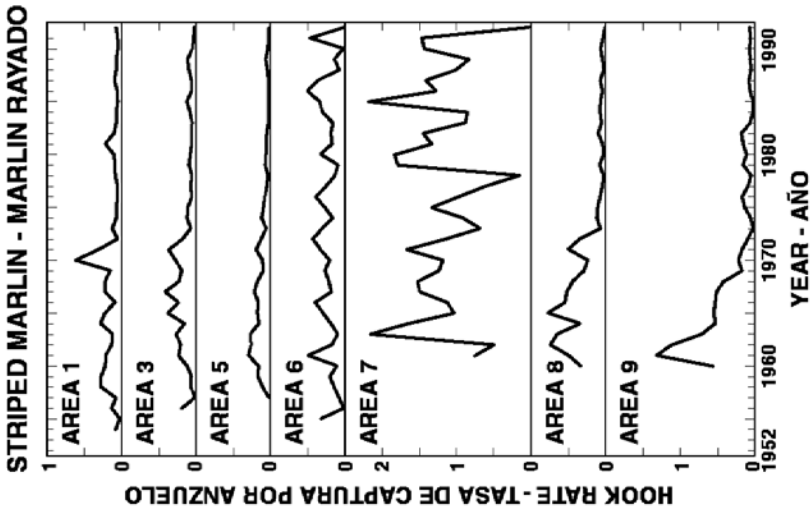


FIGURE 33. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of striped marlin by area.

FIGURA 33. Tasas de captura anuales de marlín rayado, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

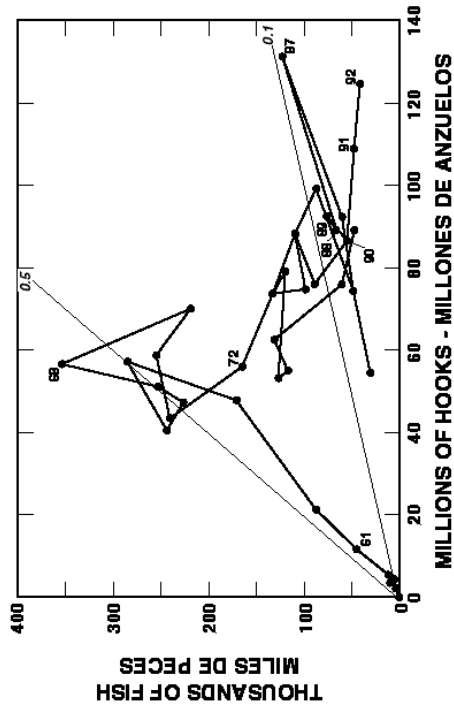


FIGURE 34. Relation between estimated longline catch and effort for striped marlin in Areas 1, 3, and 5-9 for 1955-1992.

FIGURA 34. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangeros para marlín rayado en las Areas 1, 3, y 5-9 en 1955-1992.

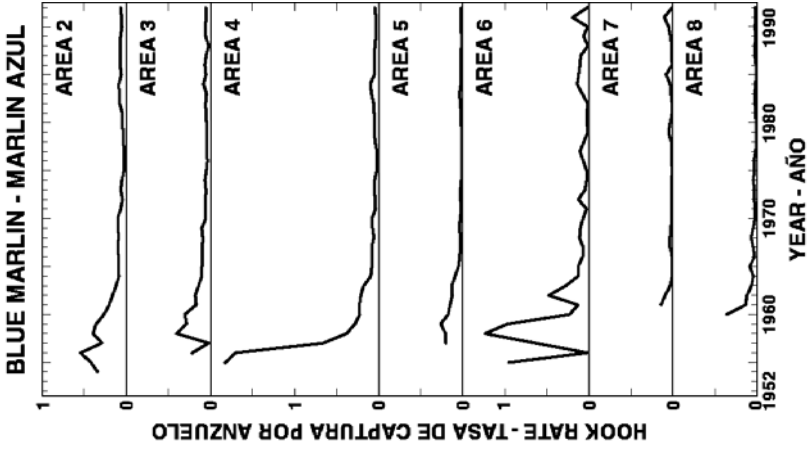


FIGURE 35. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of blue marlin by area.

FIGURA 35. Tasas de captura anuales de marlín azul, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

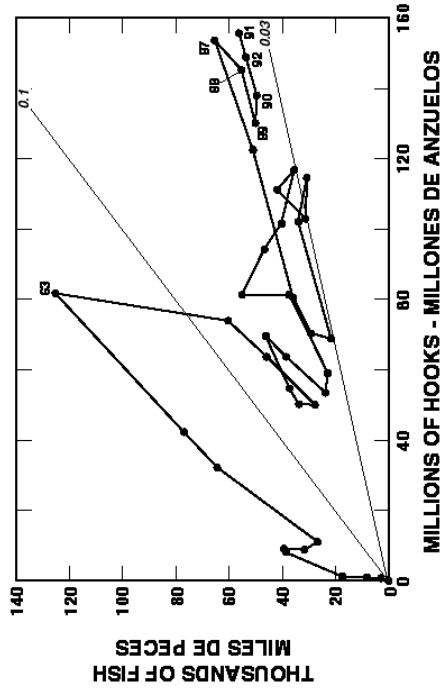


FIGURE 36. Relation between estimated longline catch and effort for blue marlin in Areas 2-8 for 1955-1992.

FIGURA 36. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para marlín azul en las Areas 2-8 en 1955-1992.

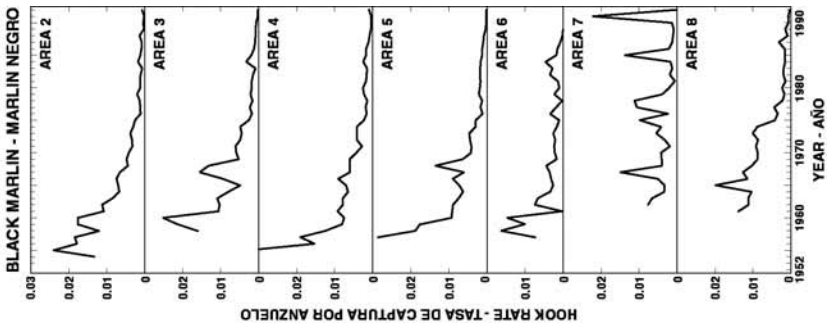


FIGURE 37. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of black marlin by area.

FIGURA 37. Tasas de captura anuales de marlín negro, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

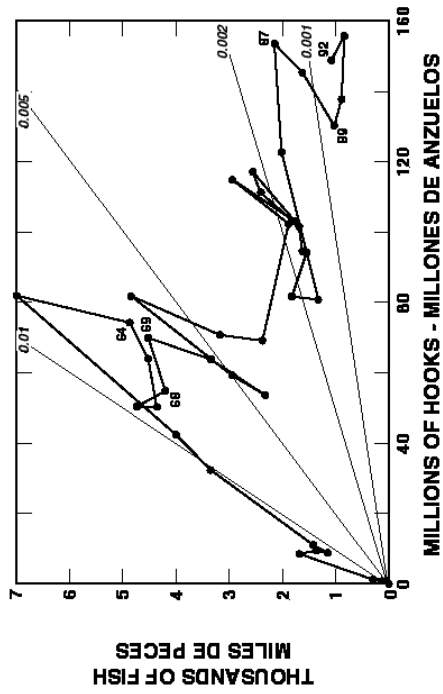


FIGURE 38. Relation between estimated longline catch and effort for black marlin in Areas 2-8 for 1955-1992.

FIGURA 38. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para marlín negro en las Áreas 2-8 en 1955-1992.

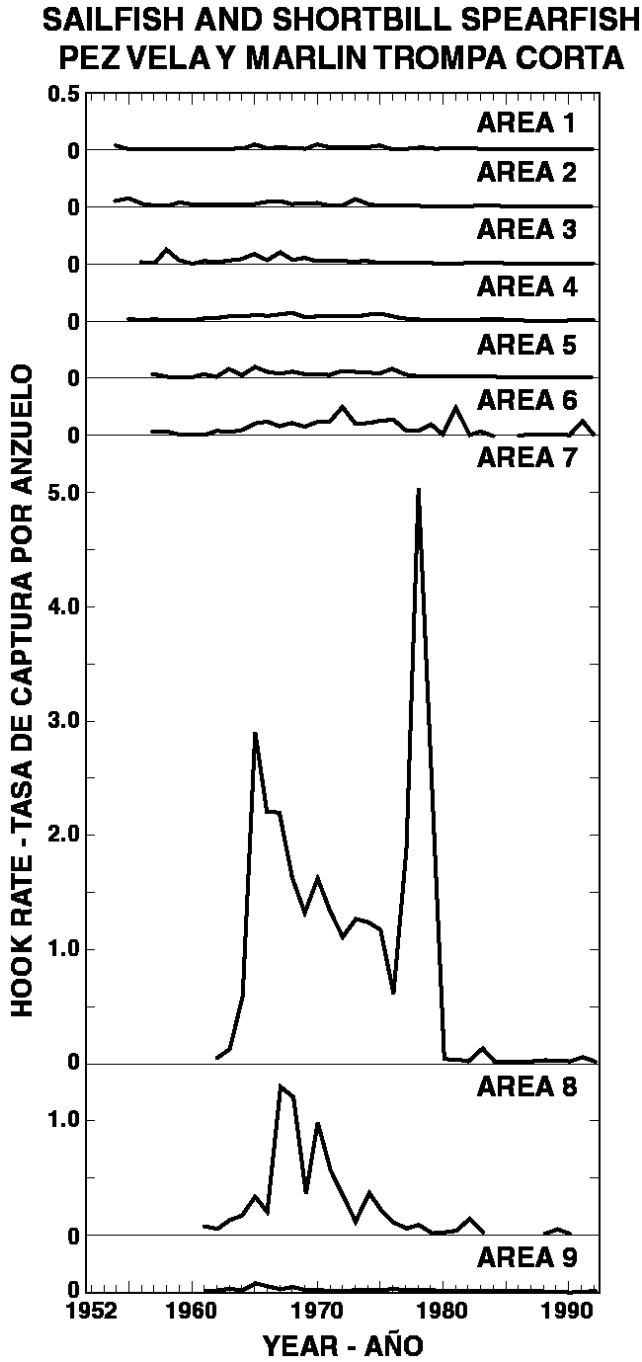


FIGURE 39. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of sailfish and shortbill spearfish by area.

FIGURA 39. Tasas de captura anuales de pez vela y marlín trompa corta, expresadas como captura por 100 anzuelos, por área.

**SAILFISH AND SHORTBILL SPEARFISH
PEZ VELA Y MARLIN TROMPA CORTA**

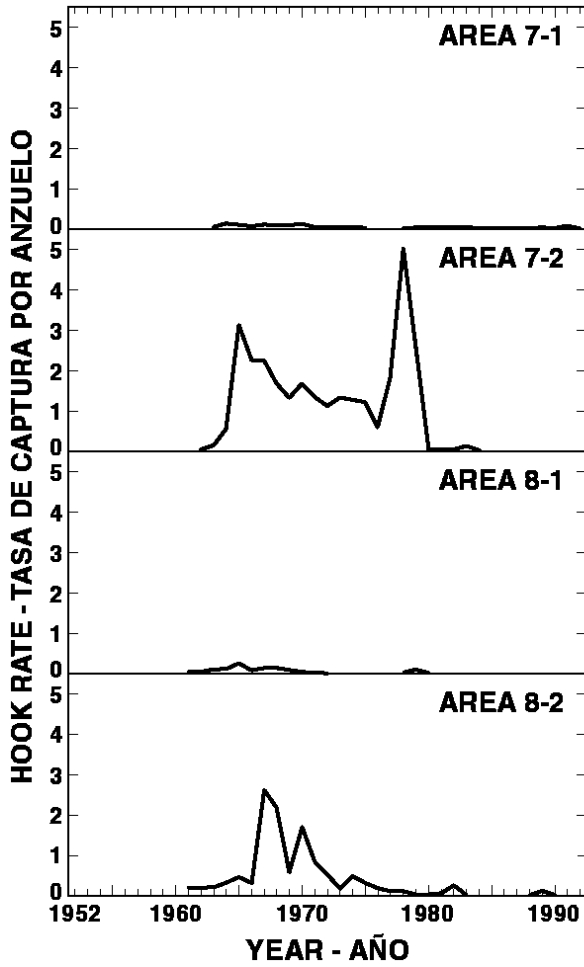


FIGURE 39. (continued)

FIGURA 39. (continuación)

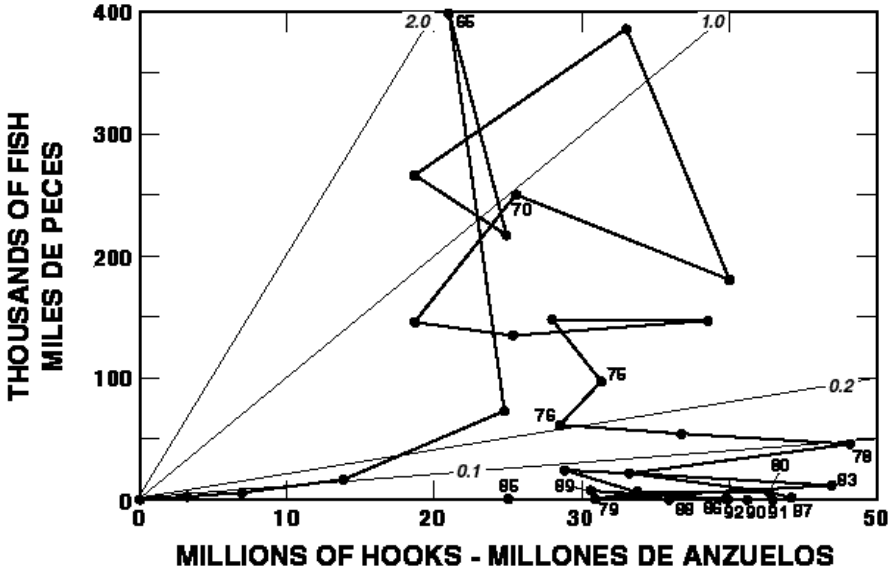


FIGURE 40. Relation between estimated longline catch and effort for sailfish in Areas 7-9 for 1955-1992.

FIGURA 40. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para peces vela en las Areas 7-9 en 1955-1992.

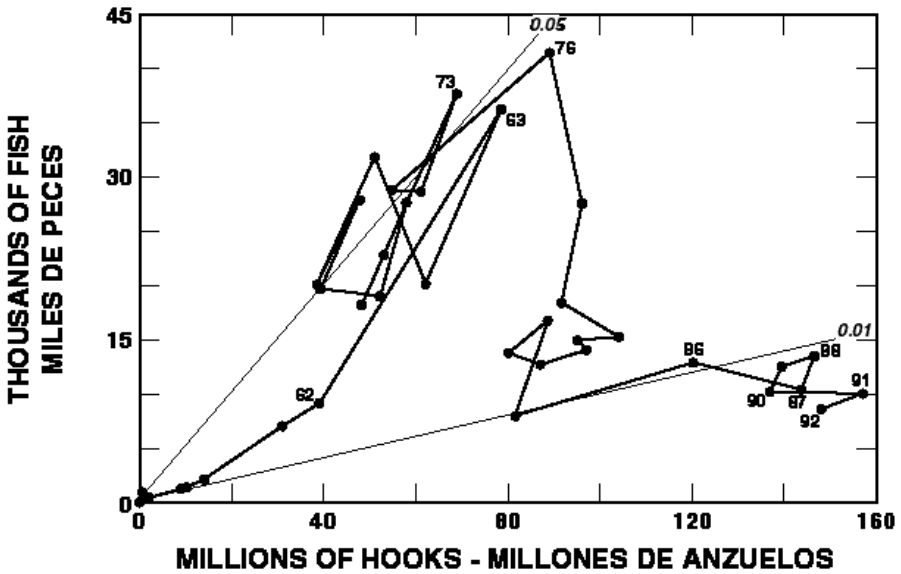


FIGURE 41. Relation between estimated longline catch and effort for shortbill spearfish in Areas 1-6 for 1955-1992.

FIGURA 41. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para marlín trompa corta en las Areas 1-6 en 1955-1992.

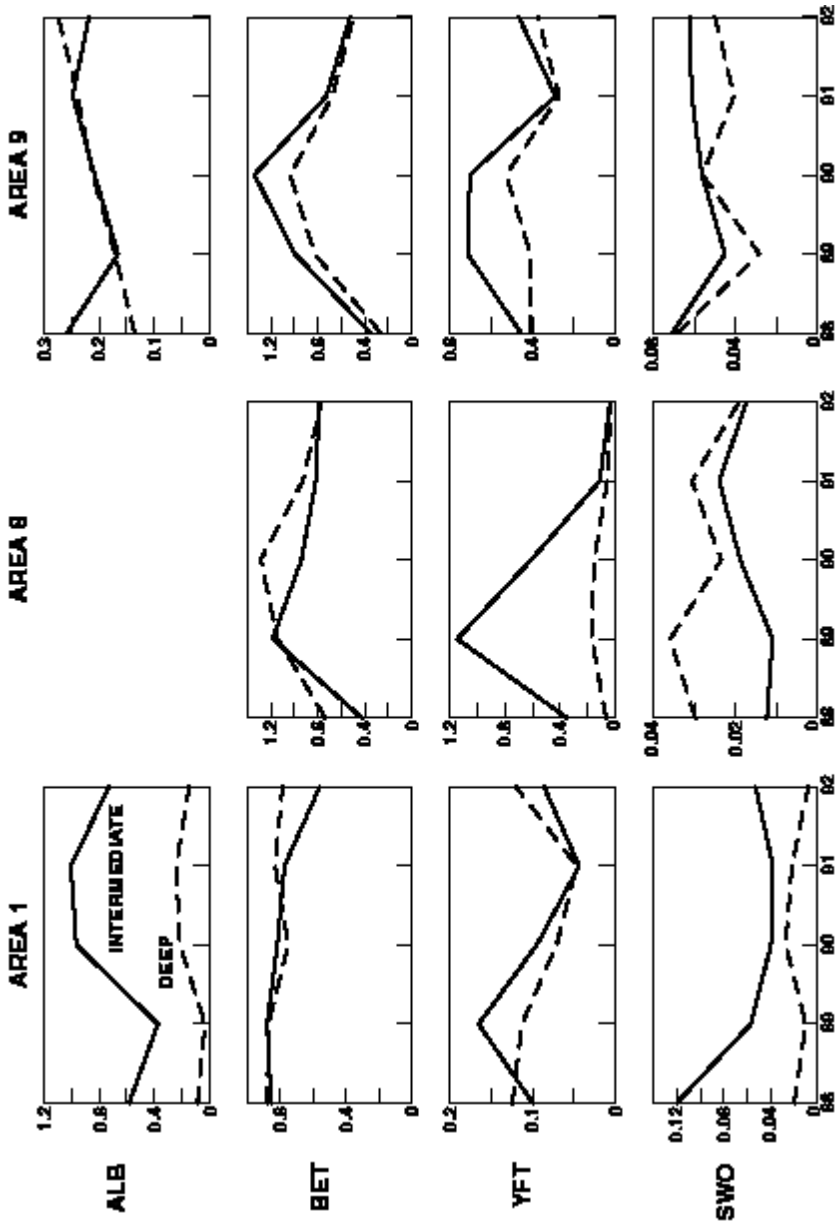


FIGURE 42. Comparisons of hook rates of intermediate and deep longline gear for tunas and billfishes.
FIGURA 42. Comparación de tasas de captura de atunes y picudos correspondientes a palangres intermedios y profundos.

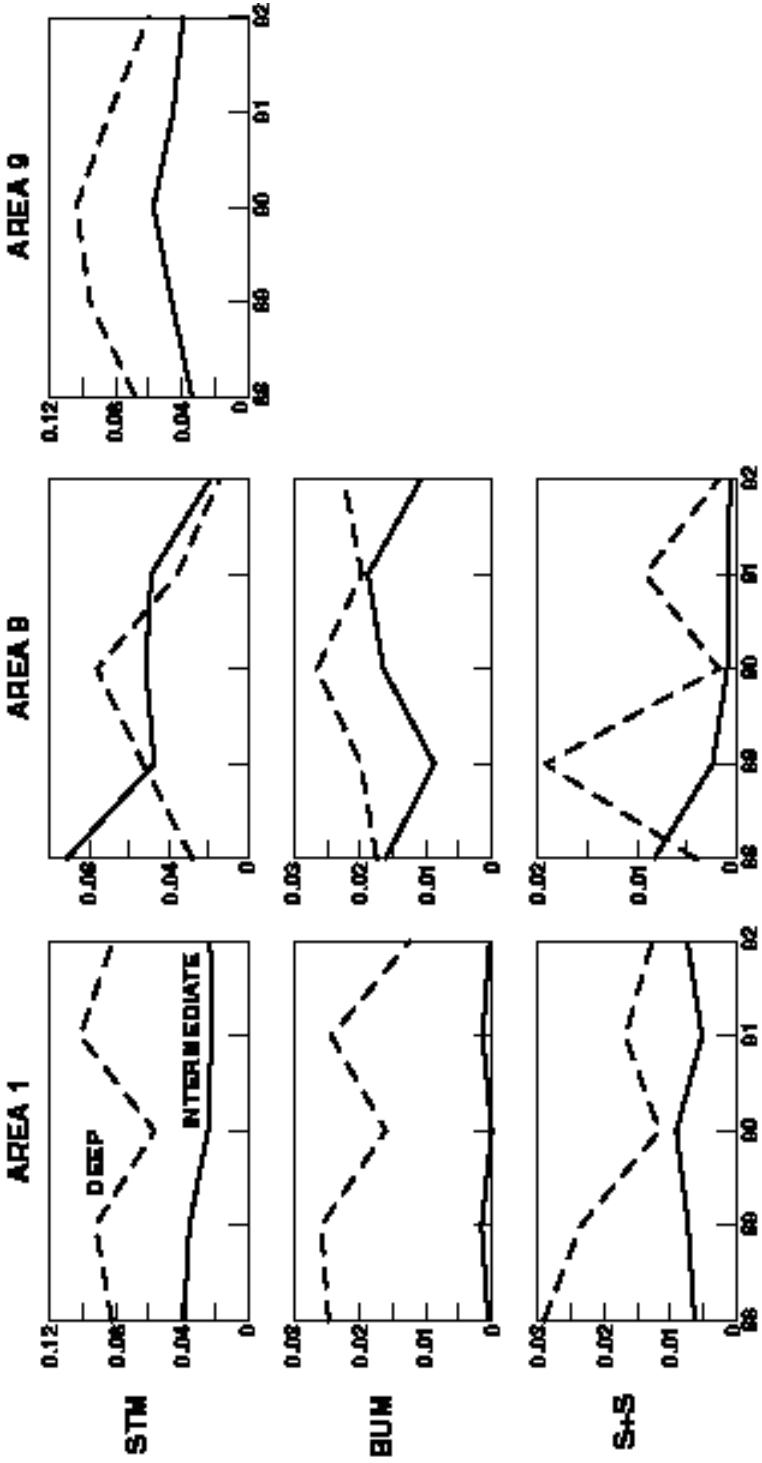


FIGURE 42. (continued)
FIGURA 42. (continuación)

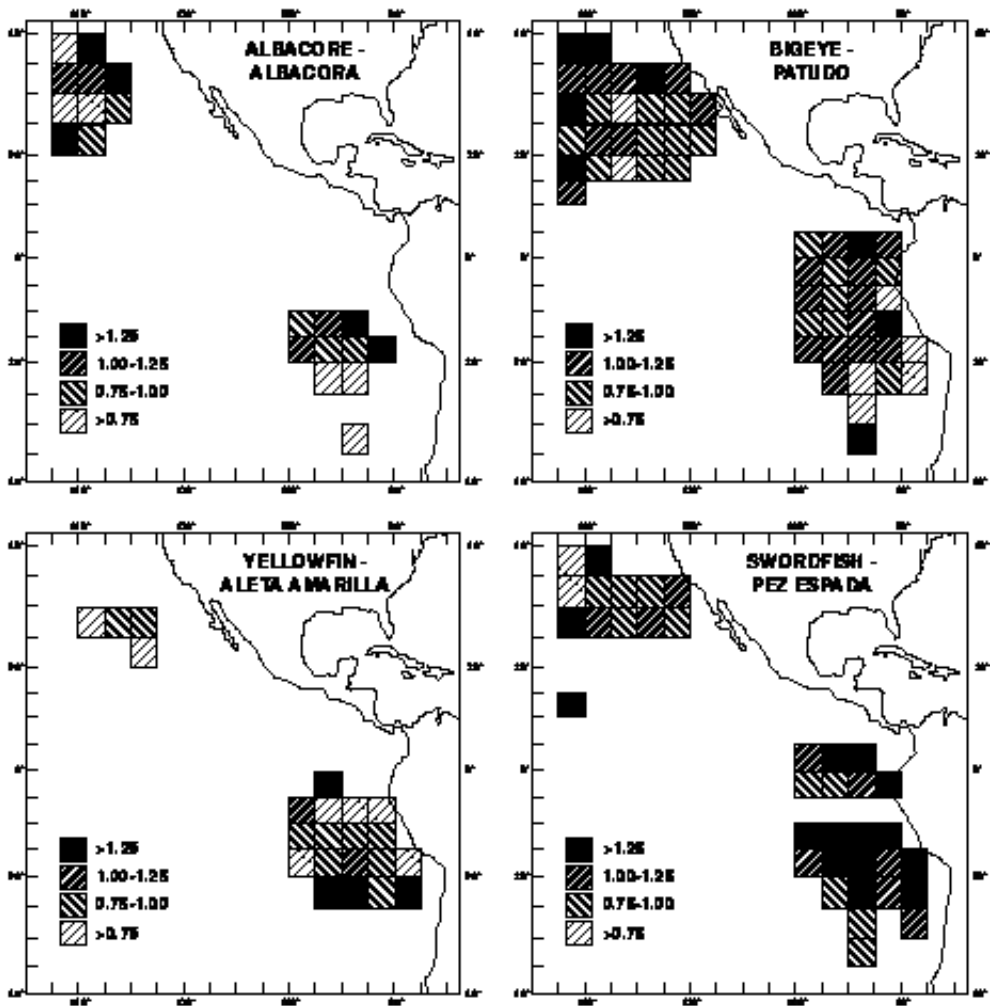


FIGURE 43. Distribution of ratios of deep longline to intermediate longline hook rates for tunas and billfishes, 1988-1992. Data are shown only for area-time strata in which the hook rate exceeded 0.1 fish per 100 hooks for tunas or 0.01 fish per 100 hooks for billfishes.

FIGURA 43. Distribución de razones de tasas de captura de palangres profundos a intermedios para atunes y picudos, 1988-1992. Se presentan solamente datos de estratos de área-tiempo con tasas de captura de más de 0,1 peces por 100 anzuelos para atunes o 0,01 peces por 100 anzuelos para peces picudos.

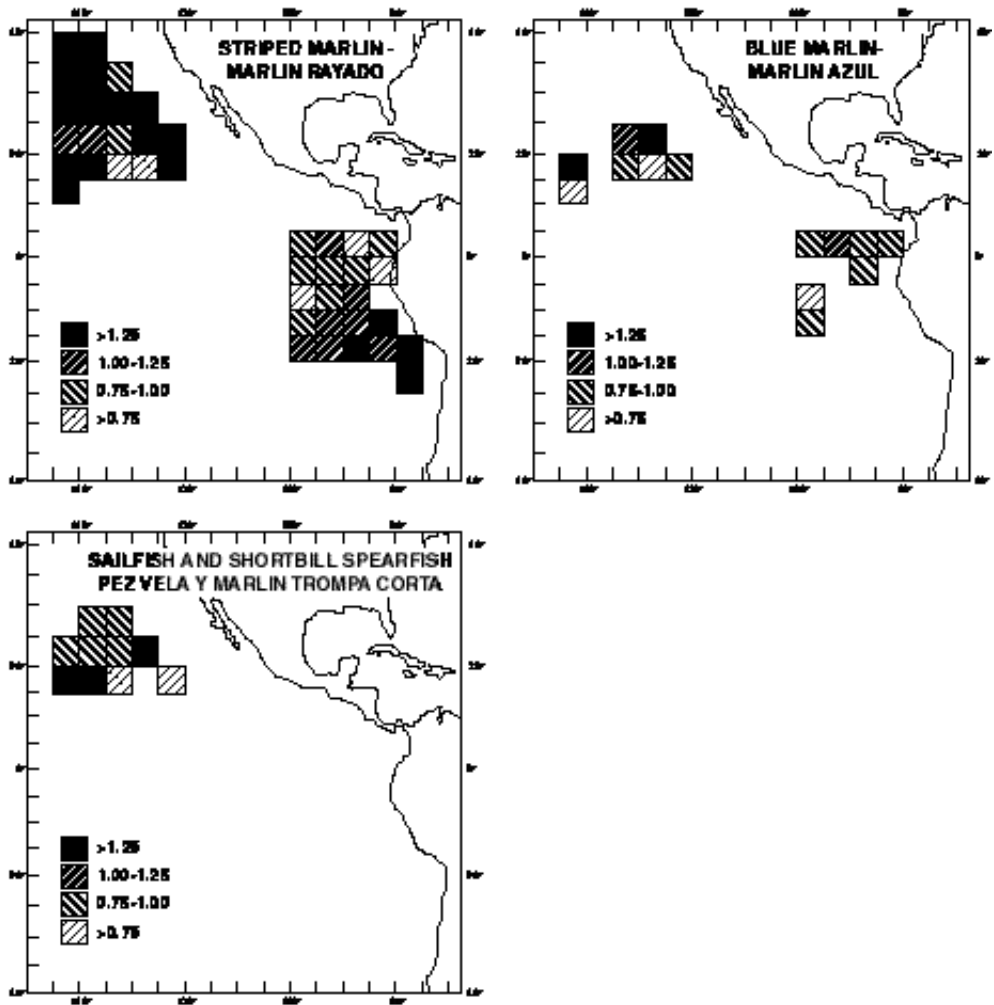


FIGURE 43. (continued)

FIGURA 43. (continuación)

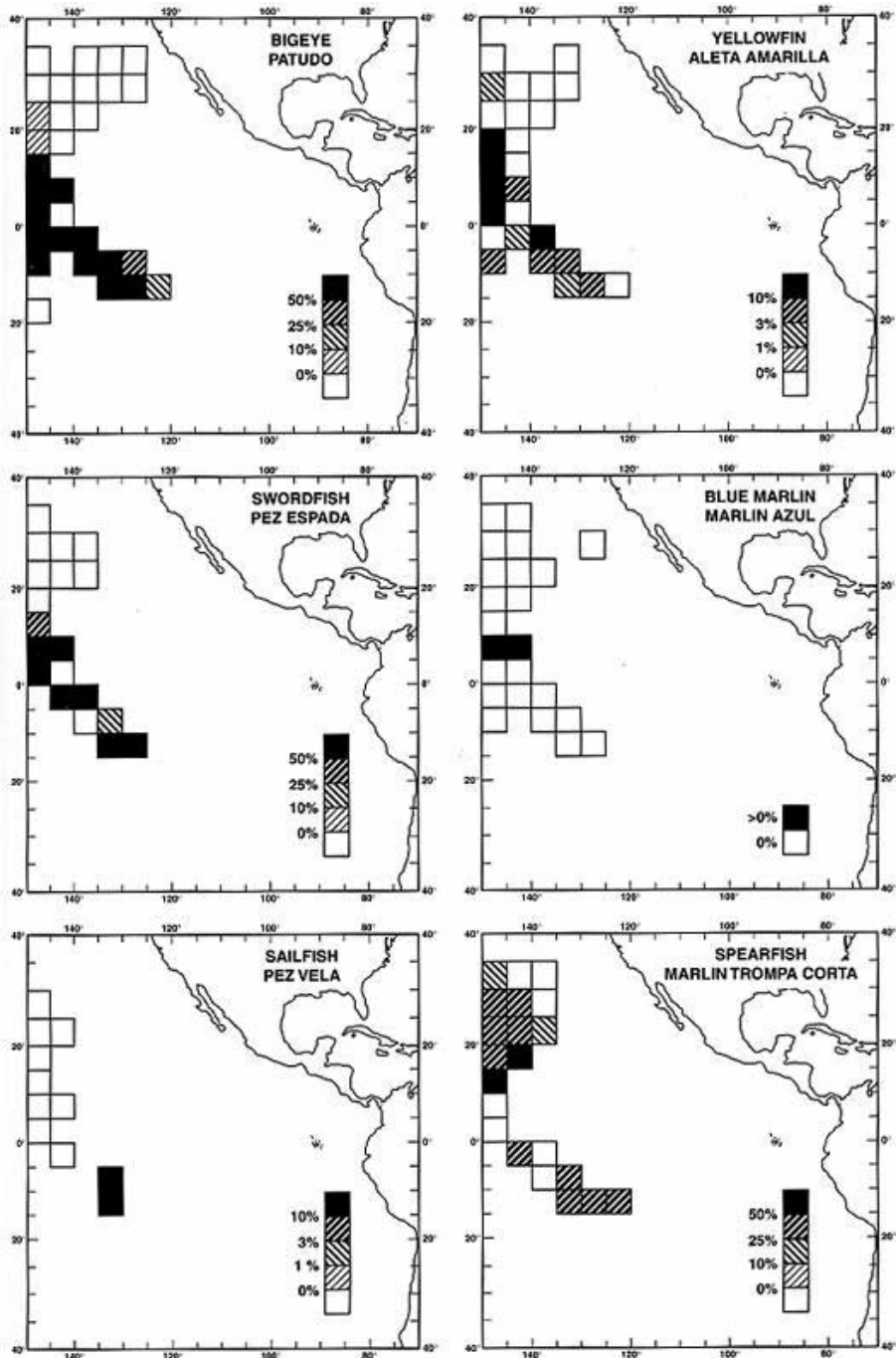


FIGURE 44. Distribution of average gonad indices for each species, all quarters combined, 1988-1992.

FIGURA 44. Distribución de índices gonadales medios para cada especie, todos los trimestres combinados, 1988-1992.

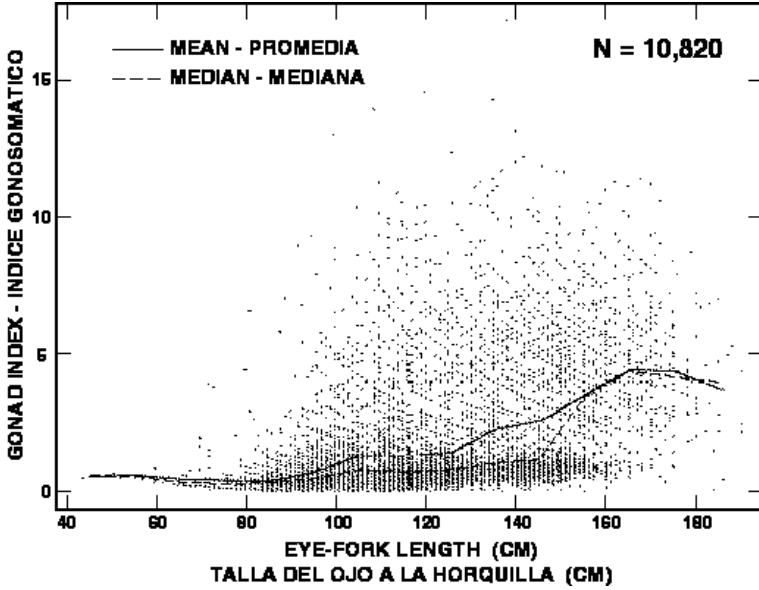


FIGURE 45. Relation between gonad index and length for female bigeye, 1988-1992.
FIGURA 45. Relación entre índice gonadal y longitud para patudos hembra, 1988-1992.

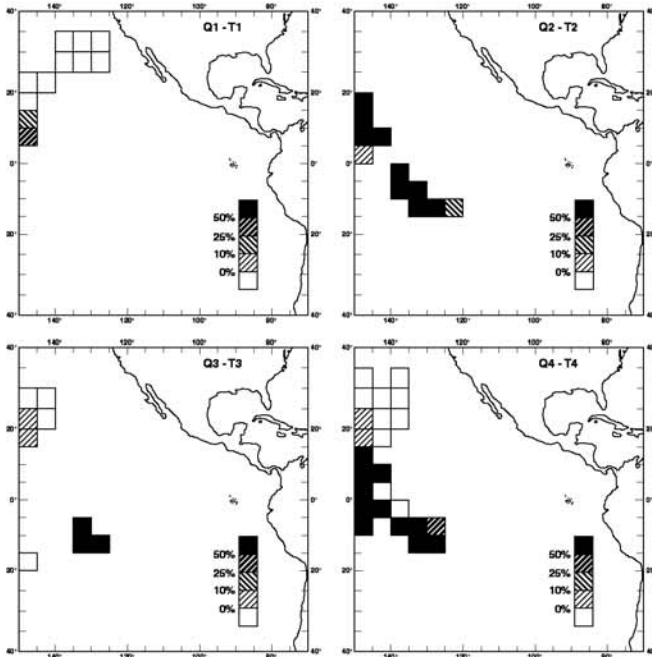


FIGURE 46. Quarterly distribution of average gonad indices for bigeye greater than 120 cm in length, 1988-1992.
FIGURA 46. Distribución trimestral de índices gonadales medios de patudos de más de 120 cm de longitud, 1988-1992.

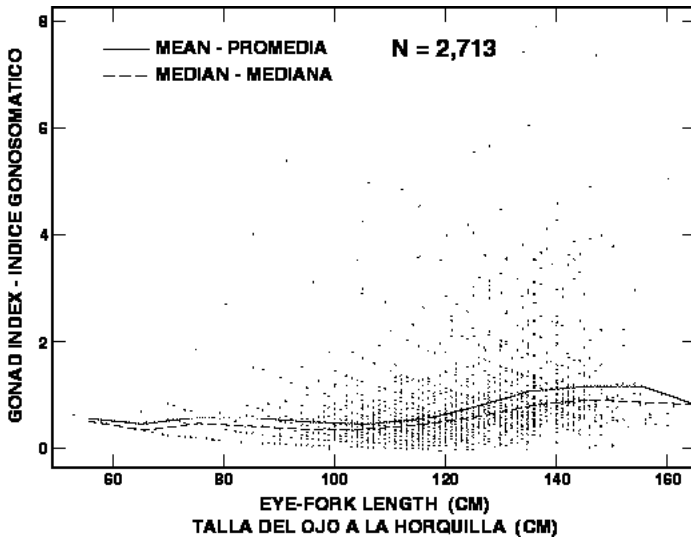


FIGURE 47. Relation between gonad index and length for female yellowfin, 1988-1992.
FIGURA 47. Relación entre índice gonadal y longitud para aletas amarillas hembra, 1988-1992.

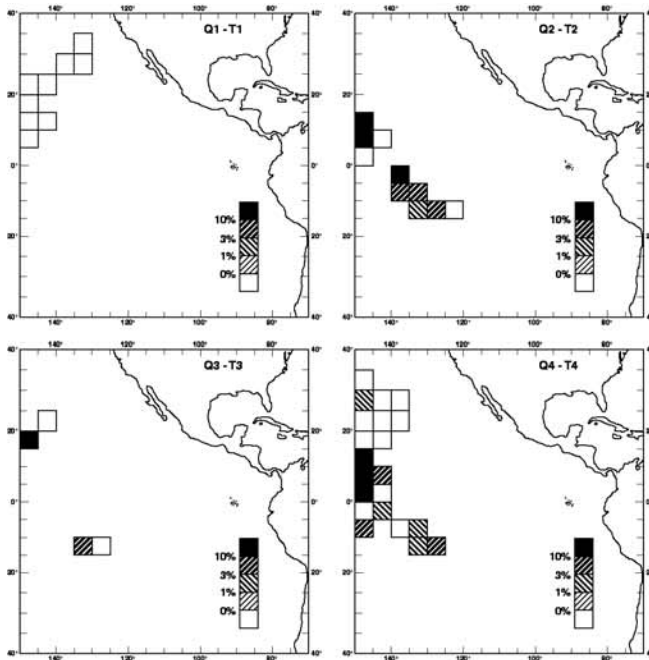


FIGURE 48. Quarterly distribution of average gonad indices for yellowfin greater than 120 cm in length, 1988-1992.
FIGURA 48. Distribución trimestral de índices gonadales medios de aletas amarillas de más de 120 cm de longitud, 1988-1992.

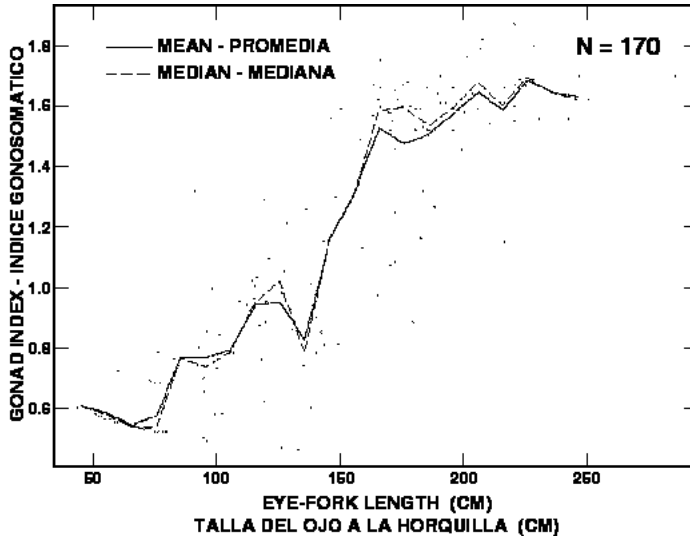


FIGURE 49. Relation between gonad index and length for female swordfish, 1988-1992.
FIGURA 49. Relación entre índice gonadal y longitud para peces espada hembra, 1988-1992.

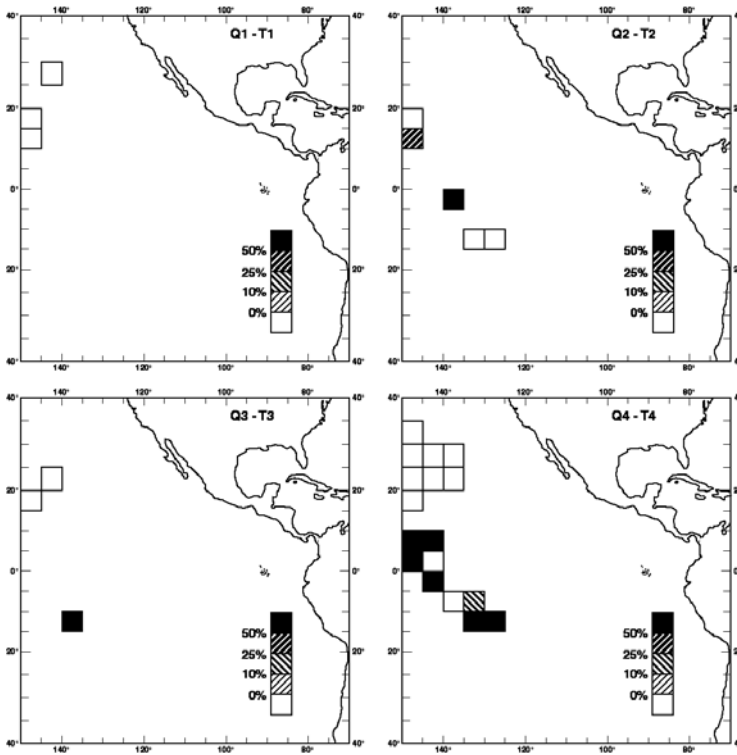


FIGURE 50. Quarterly distribution of average gonad indices for swordfish, 1988-1992.
FIGURA 50. Distribución trimestral de índices gonadales medios de peces espada, 1988-1992.

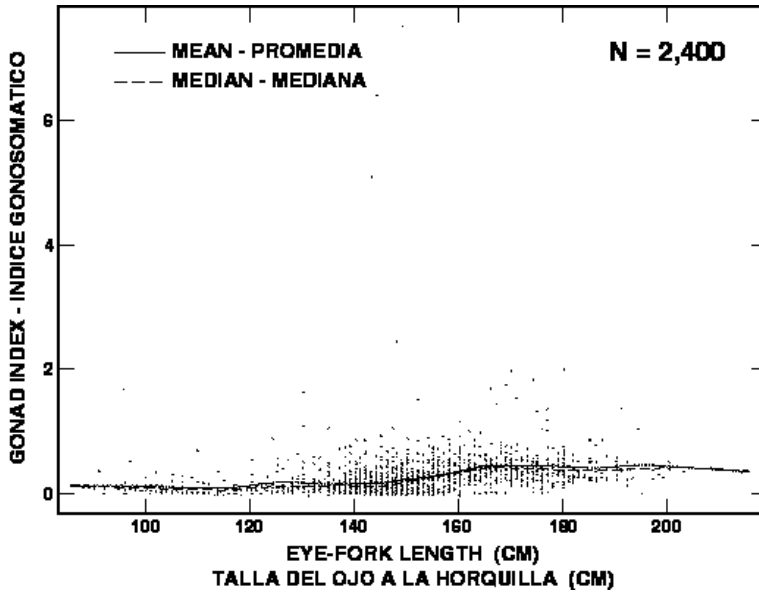


FIGURE 51. Relation between gonad index and length for female striped marlin, 1988-1992.

FIGURA 51. Relación entre índice gonadal y longitud para marlines rayados hembra, 1988-1992.

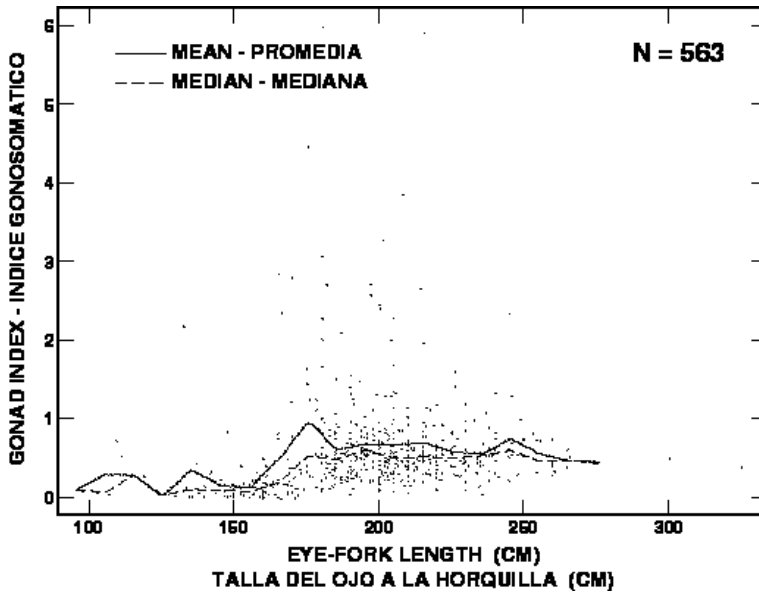


FIGURE 52. Relation between gonad index and length for female blue marlin, 1988-1992.

FIGURA 52. Relación entre índice gonadal y longitud para marlines azules hembra, 1988-1992.

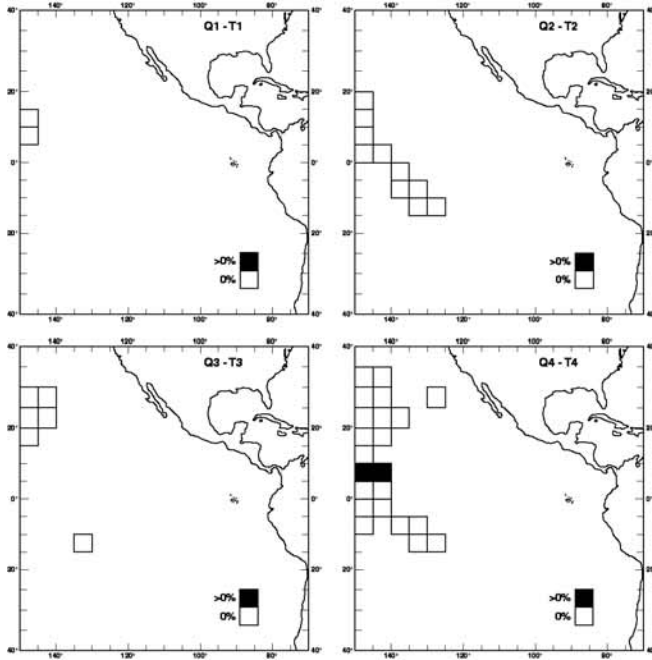


FIGURE 53. Quarterly distribution of average gonad indices for blue marlin greater than 180 cm in length, 1988-1992.

FIGURA 53. Distribución trimestral de índices gonadales medios de marlines azules de más de 180 cm de longitud, 1988-1992.

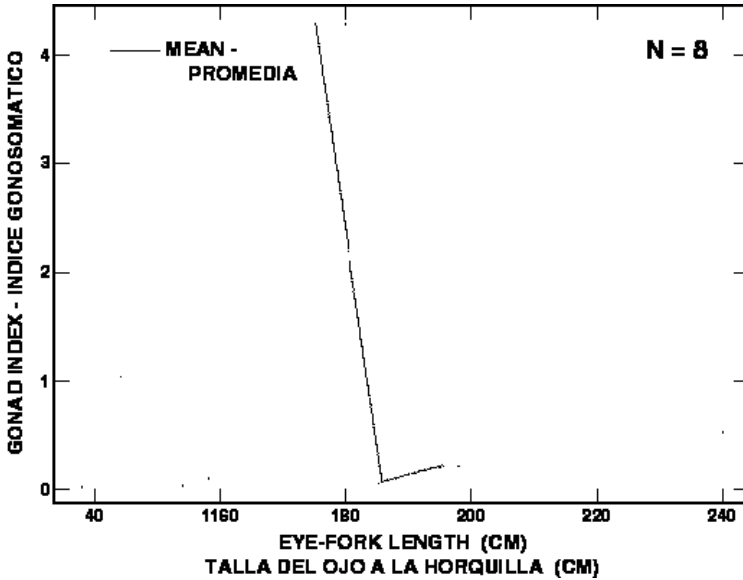


FIGURE 54. Relation between gonad index and length for female black marlin, 1988-1992.

FIGURA 54. Relación entre índice gonadal y longitud para marlines negros hembras, 1988-1992.

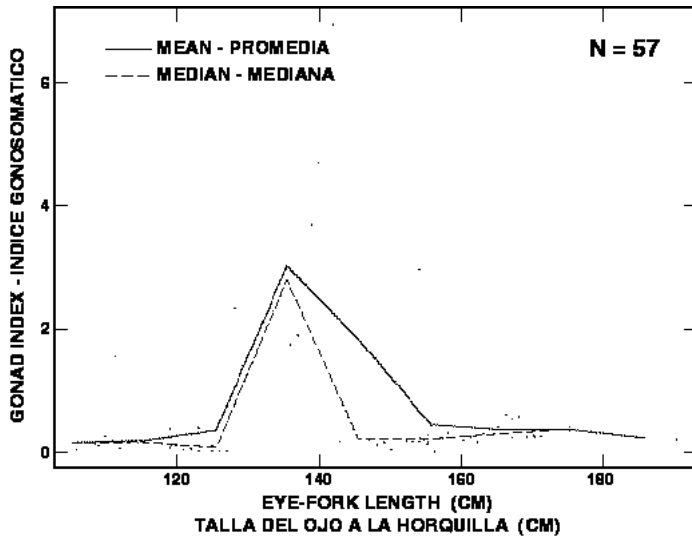


FIGURE 55. Relation between gonad index and length for female sailfish, 1988-1992.
FIGURA 55. Relación entre índice gonadal y longitud para peces vela hembra, 1988-1992.

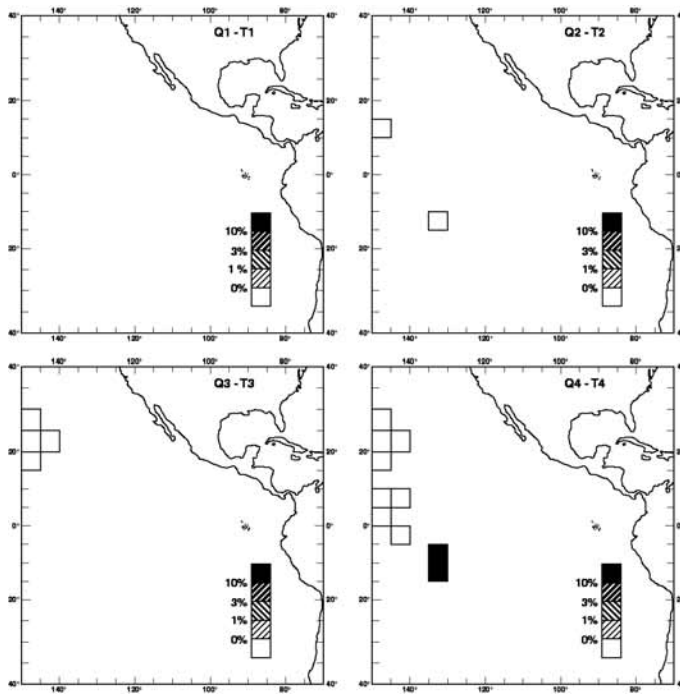


FIGURE 56. Quarterly distribution of average gonad indices for sailfish, 1988-1992.
FIGURA 56. Distribución trimestral de índices gonadales medios de peces vela, 1988-1992.

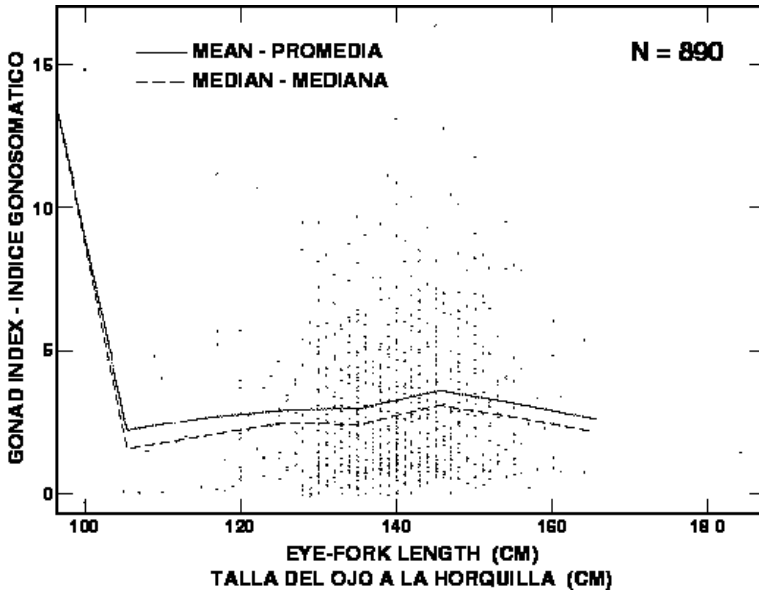


FIGURE 57. Relation between gonad index and length for female shortbill spearfish, 1988-1992.
FIGURA 57. Relación entre índice gonadal y longitud para marlines trompa corta hembra, 1988-1992.

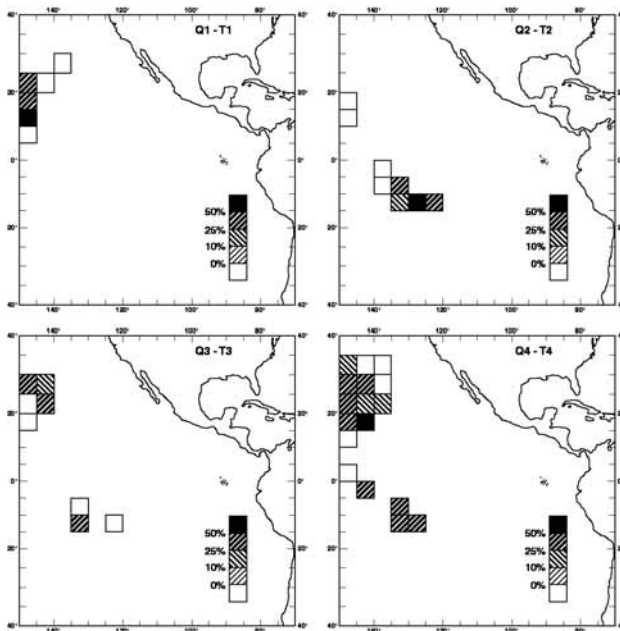


FIGURE 58. Quarterly distribution of average gonad indices for shortbill spearfish, 1988-1992.
FIGURA 58. Distribución trimestral de índices gonadales medios de marlines trompa corta, 1988-1992.

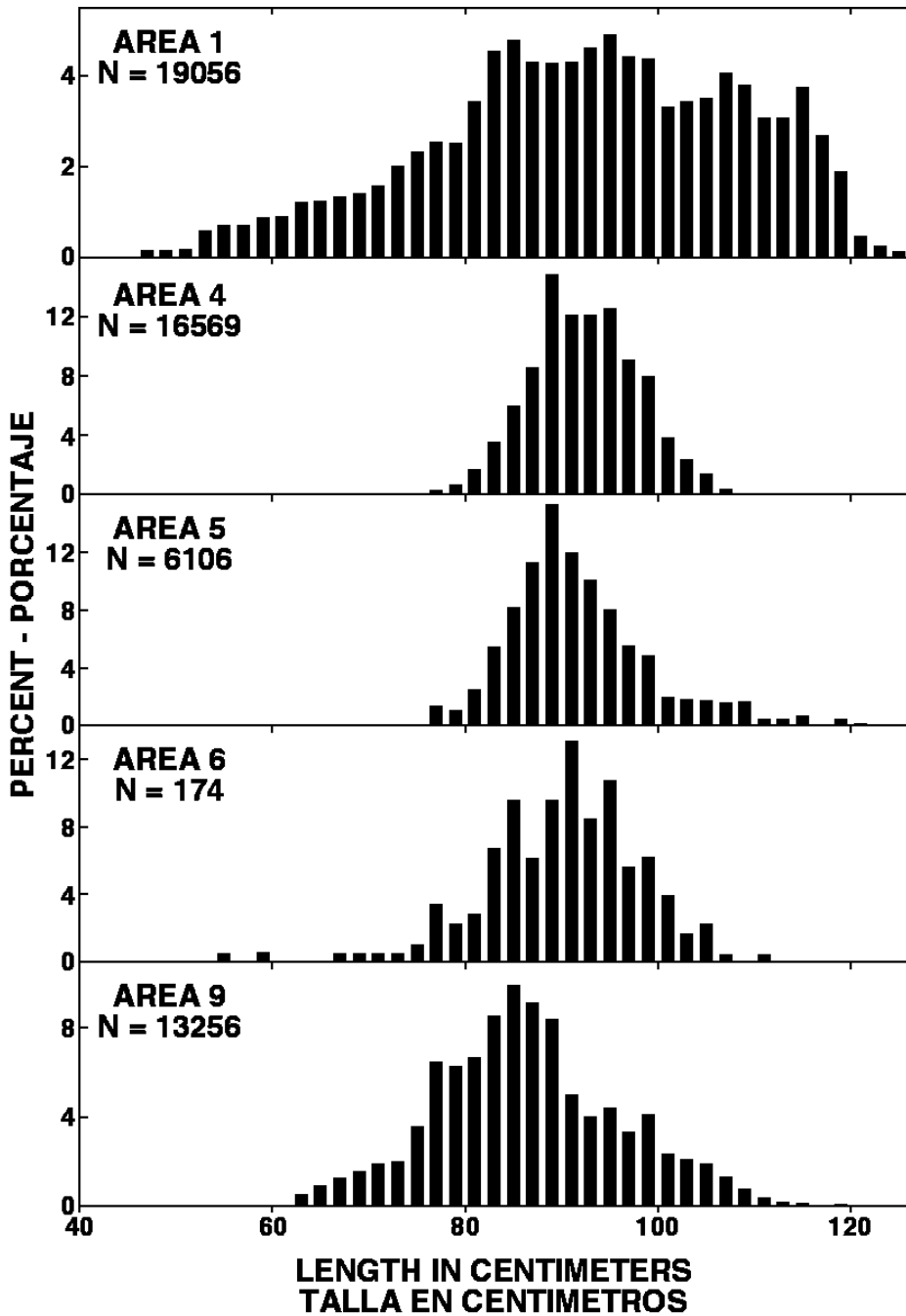


FIGURE 59. Length frequencies of albacore by area, 1988-1992.

FIGURA 59. Frecuencias de longitud de albacora por área, 1988-1992.

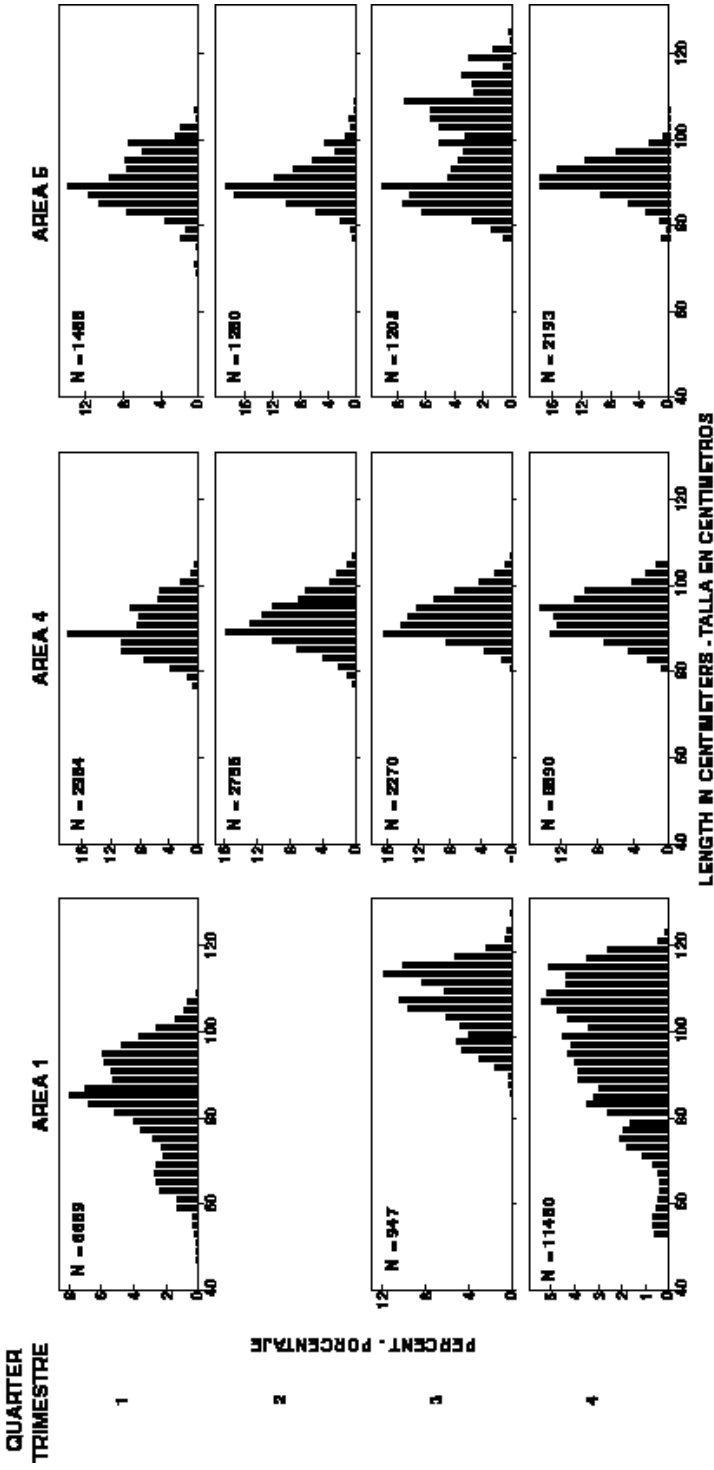


FIGURE 60. Quarterly length frequencies of albacore by area, 1988-1992.

FIGURA 60. Frecuencias de longitud trimestrales de albacora por área, 1988-1992.

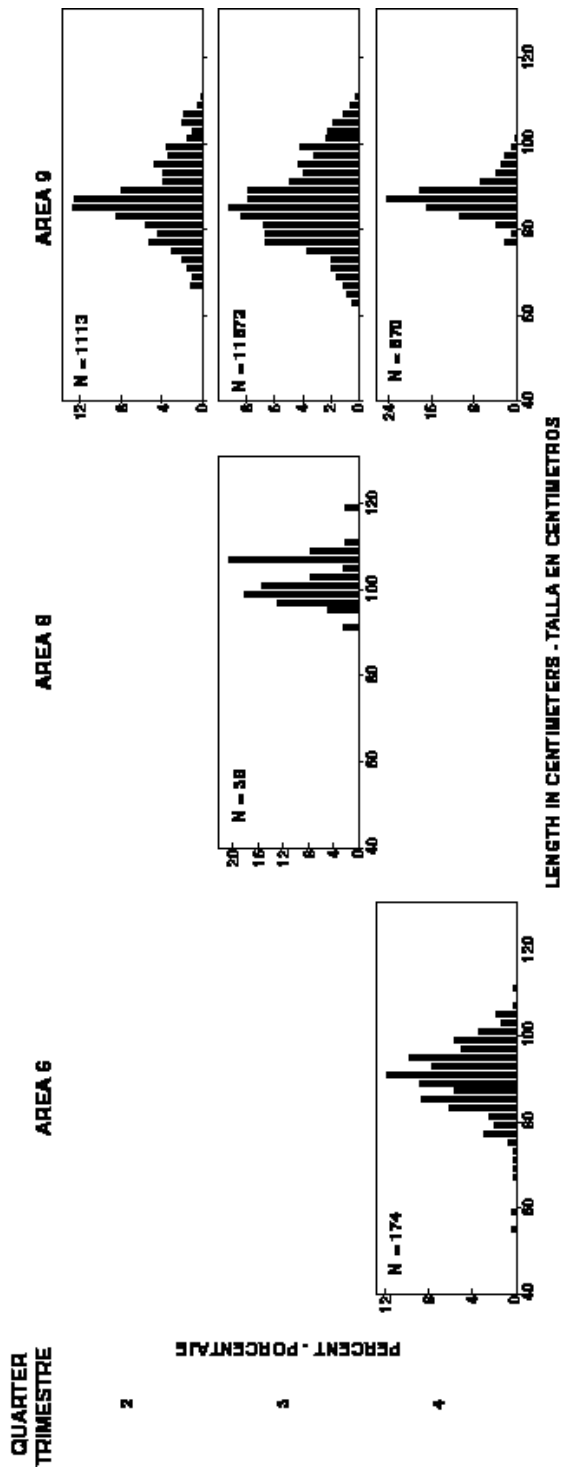


FIGURE 60. (continued)
FIGURA 60. (continuación)

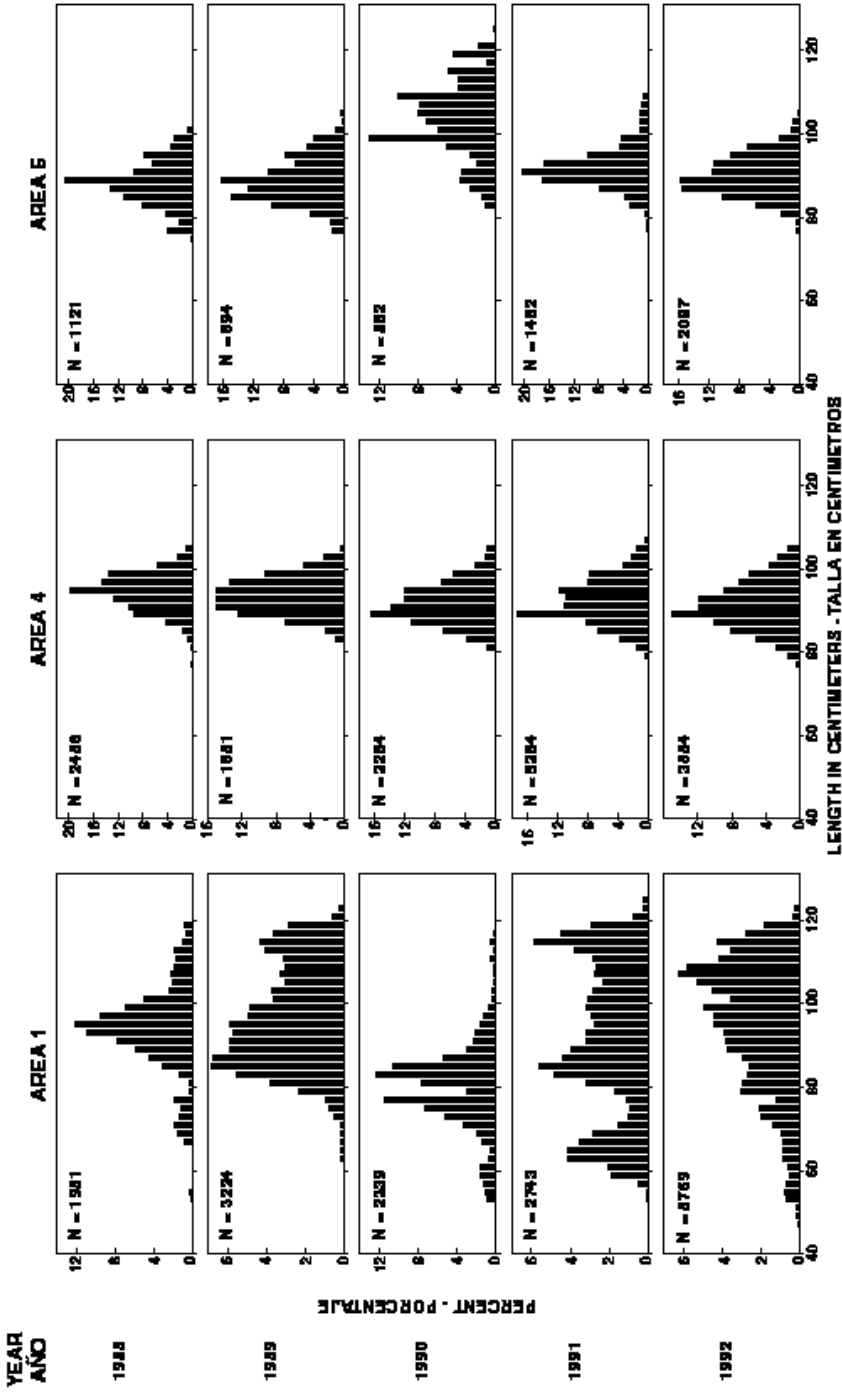


FIGURE 61. Annual length frequencies of albacore by area, 1988-1992.
FIGURA 61. Frecuencias de longitud anuales de albacora por área, 1988-1992.

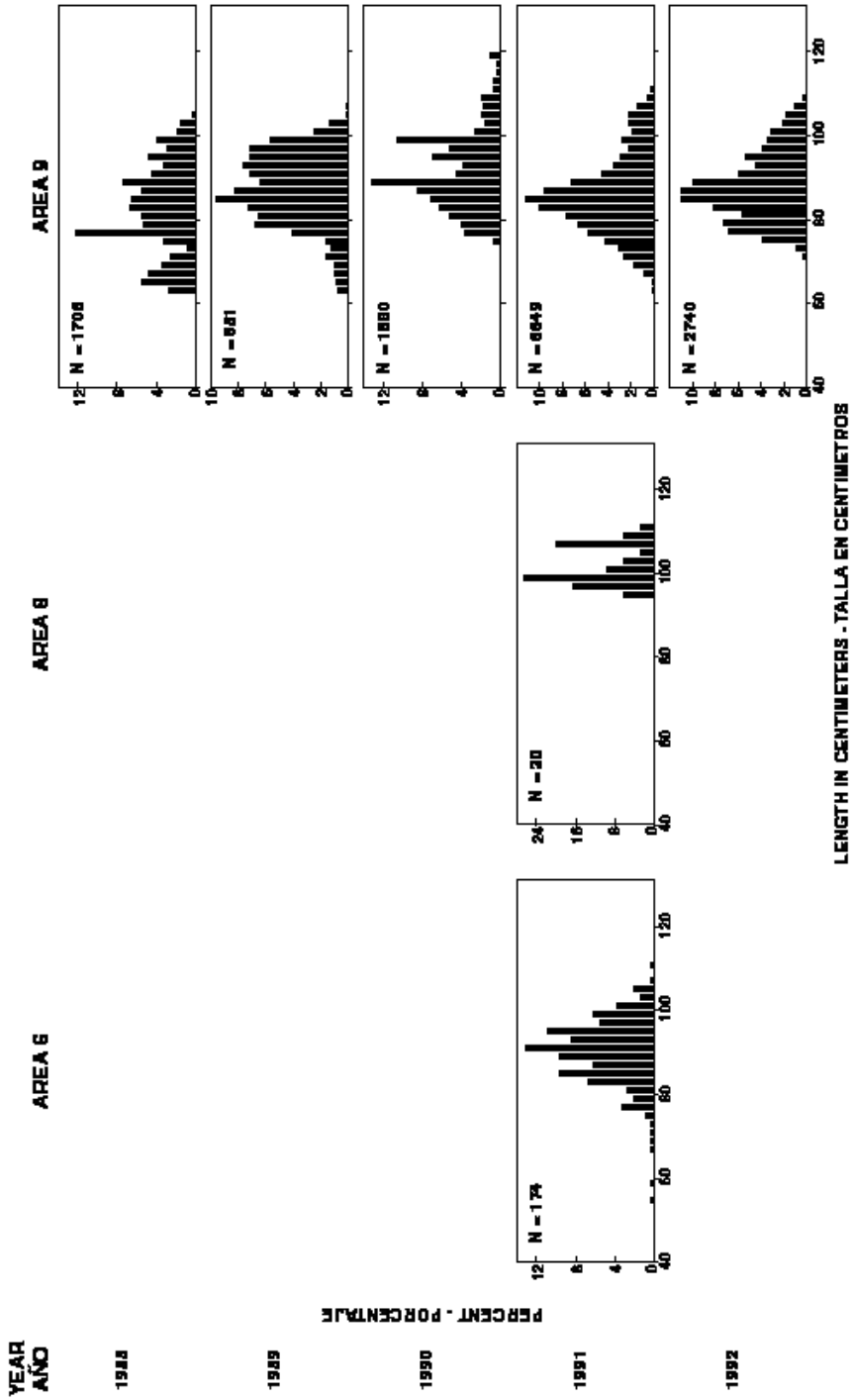


FIGURE 61. (continued)
 FIGURA 61. (continuación)

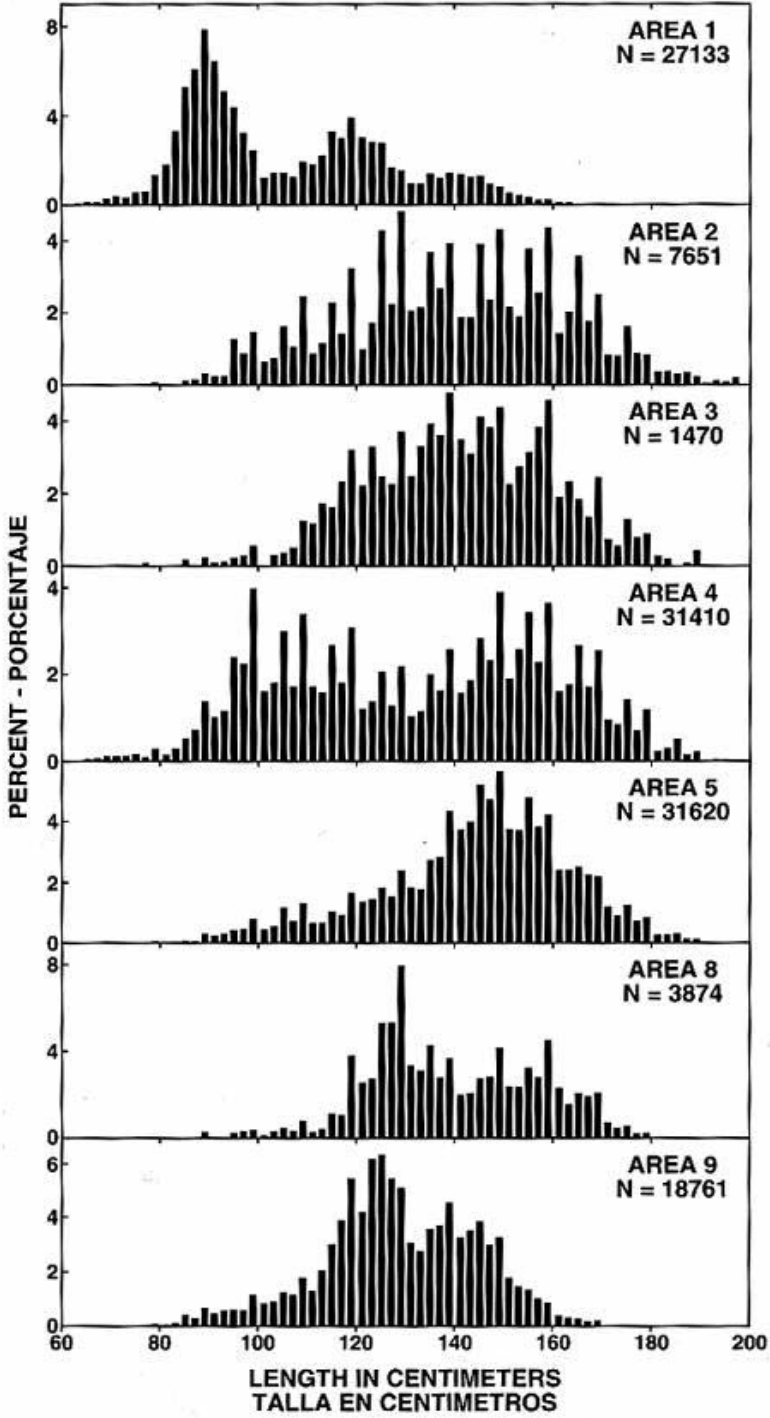


FIGURE 62. Length frequencies of bigeye by area, 1988-1992.

FIGURA 62. Frecuencias de longitud de patudo por área, 1988-1992.

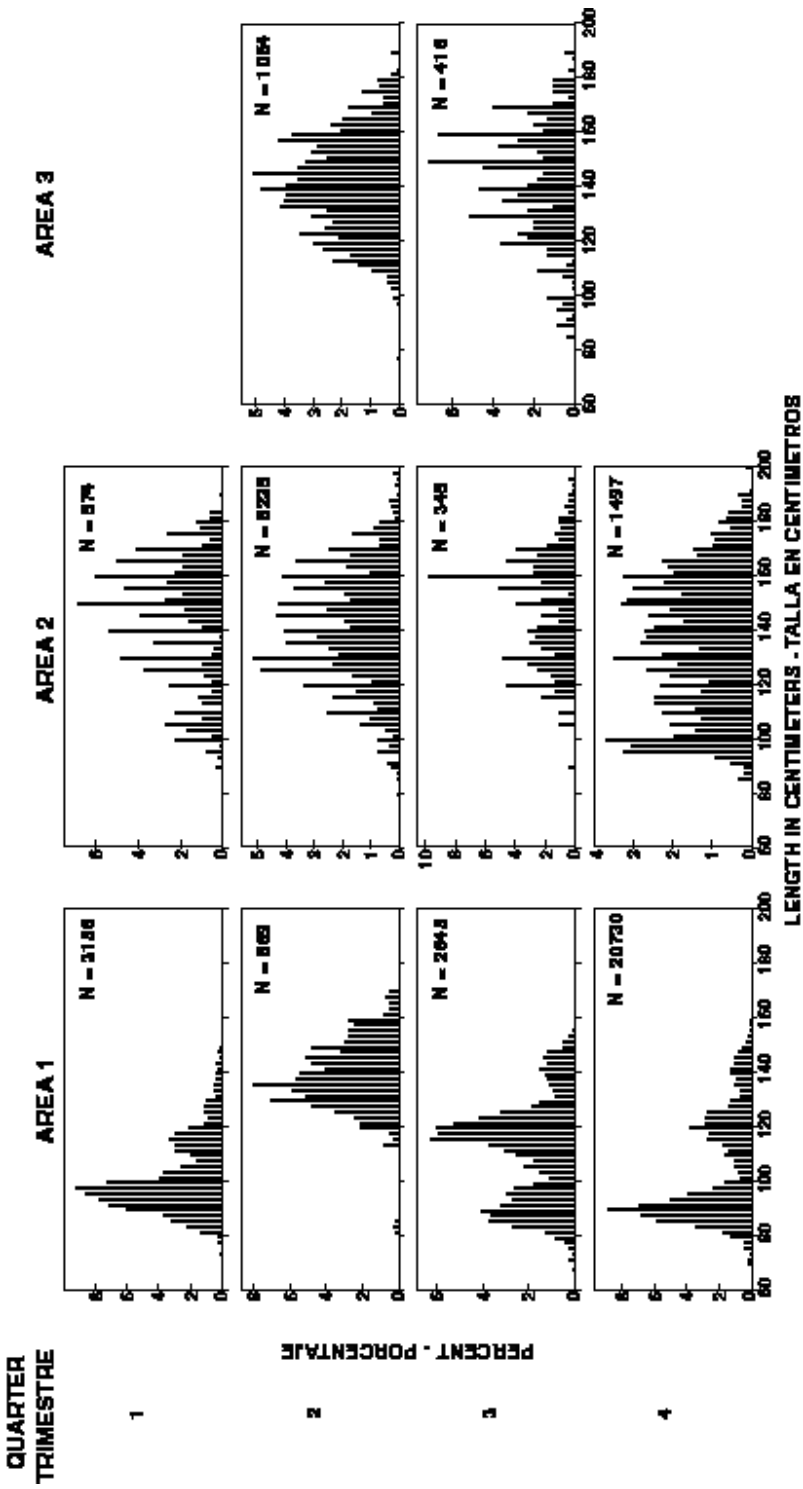


FIGURE 63. Quarterly length frequencies of bigeye by area, 1988-1992.

FIGURA 63. Frecuencias de longitud trimestrales de patudo por área, 1988-1992.

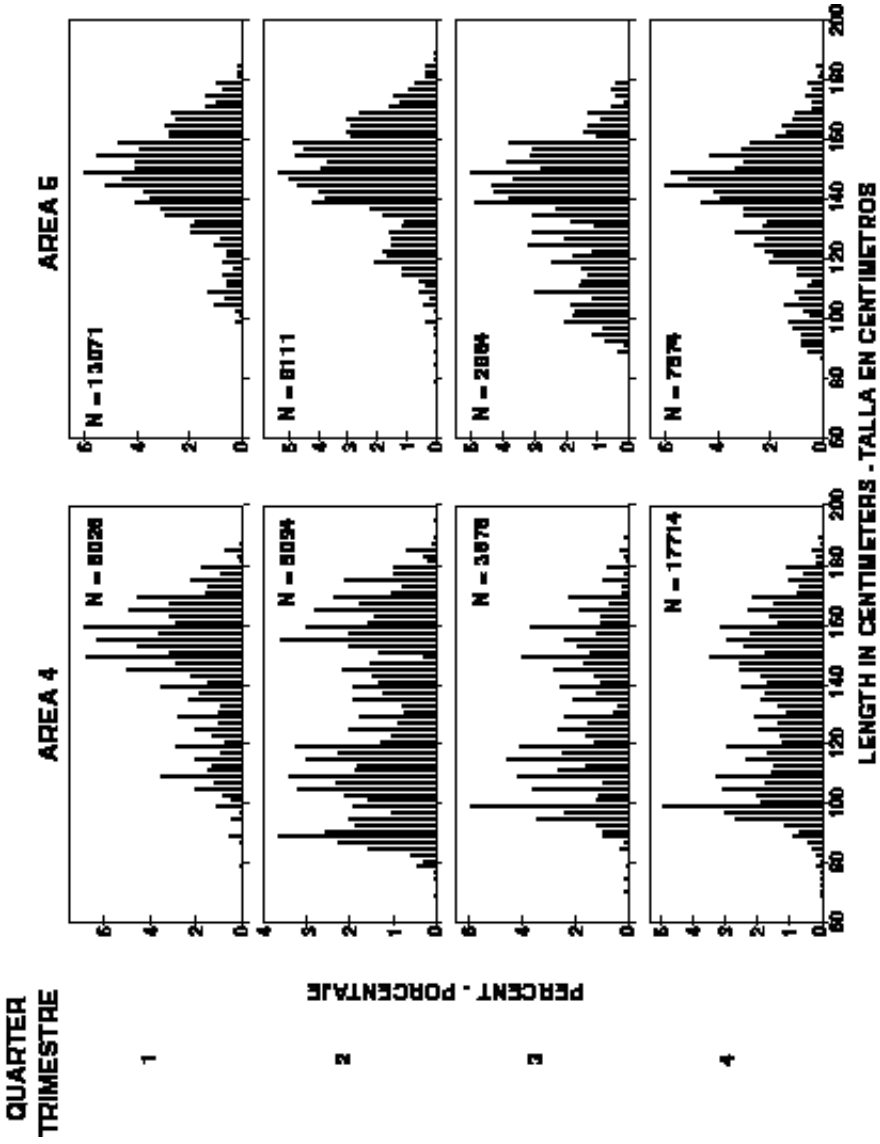


FIGURE 63. (continued)
FIGURA 63. (continuación)

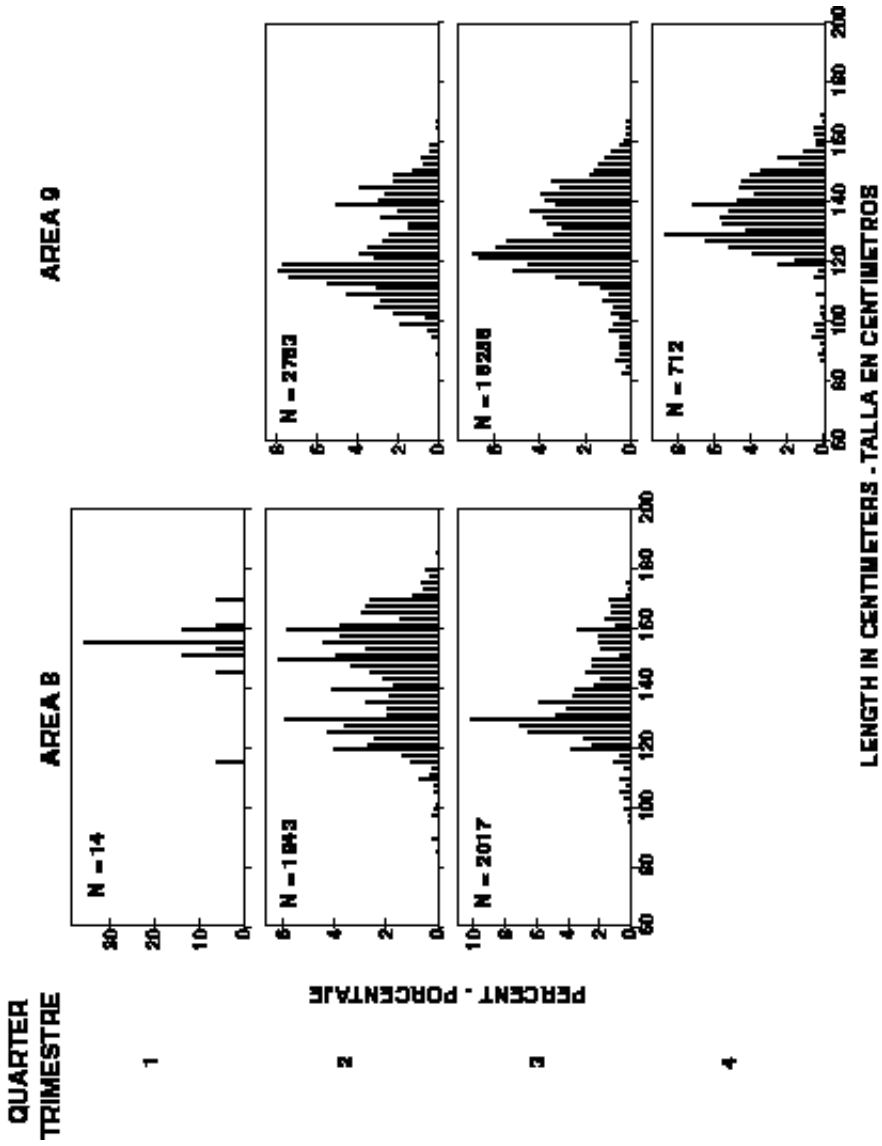


FIGURE 63. (continued)
FIGURA 63. (continuación)

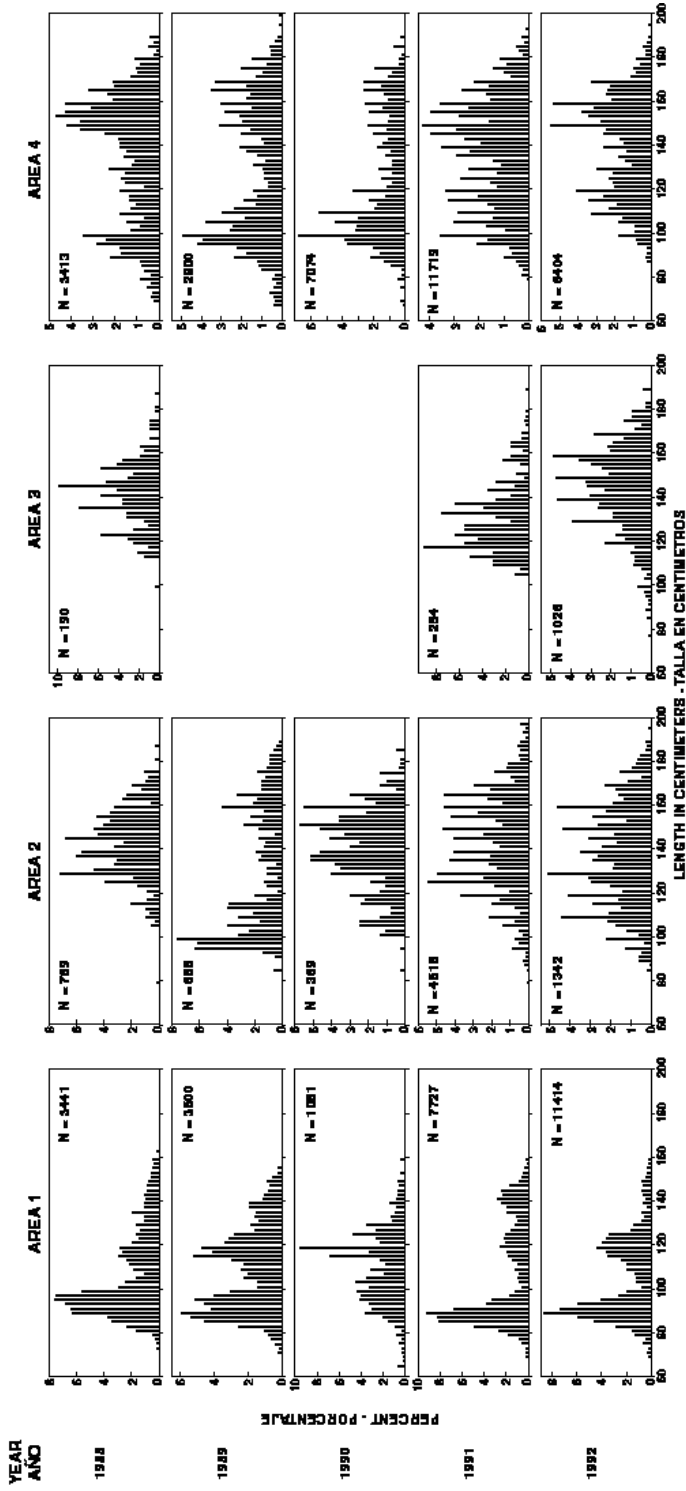


FIGURE 64. Annual length frequencies of bigeye by area, 1988-1992.

FIGURA 64. Frecuencias de longitud anuales de patudo por área, 1988-1992.

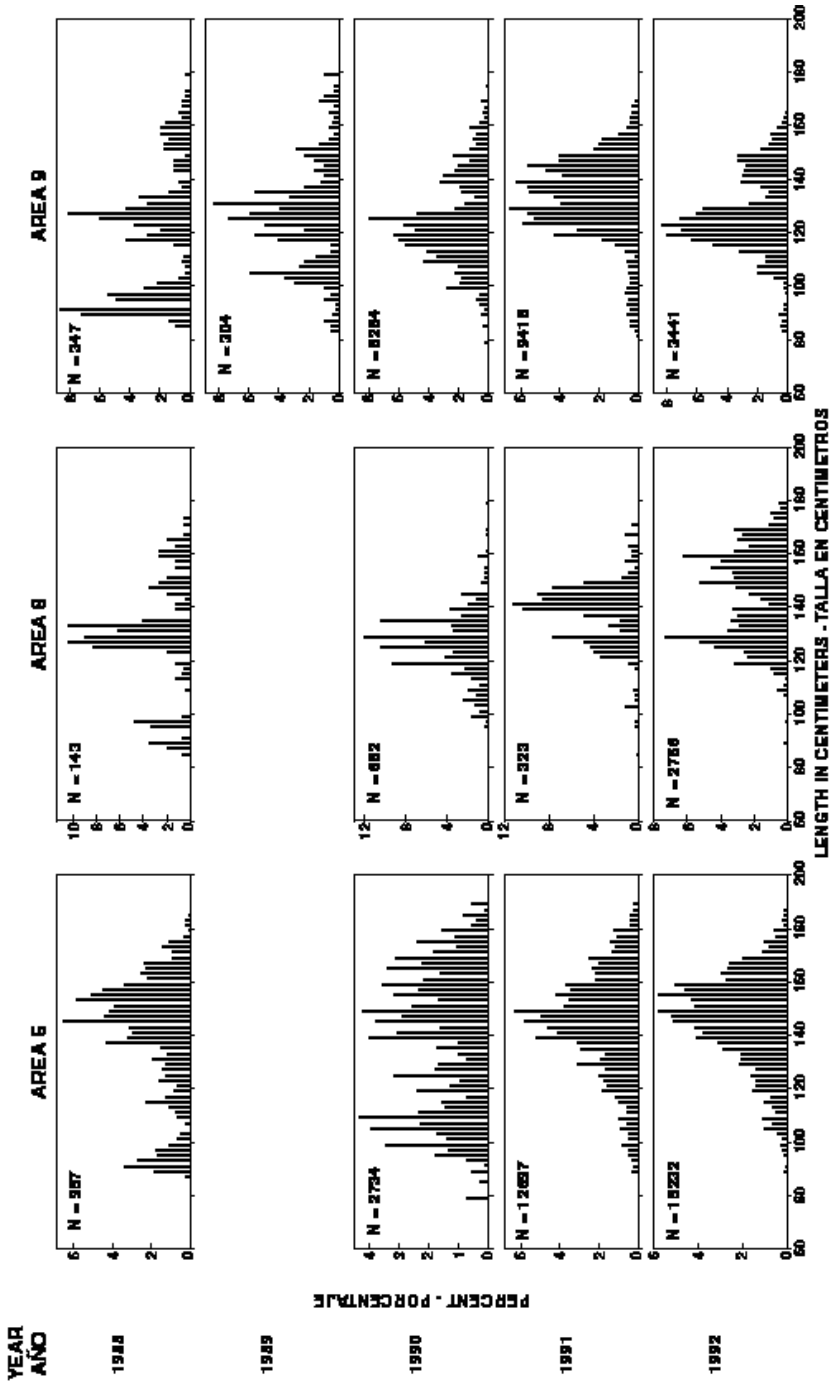


FIGURE 64. (continued)
 FIGURA 64. (continuación)

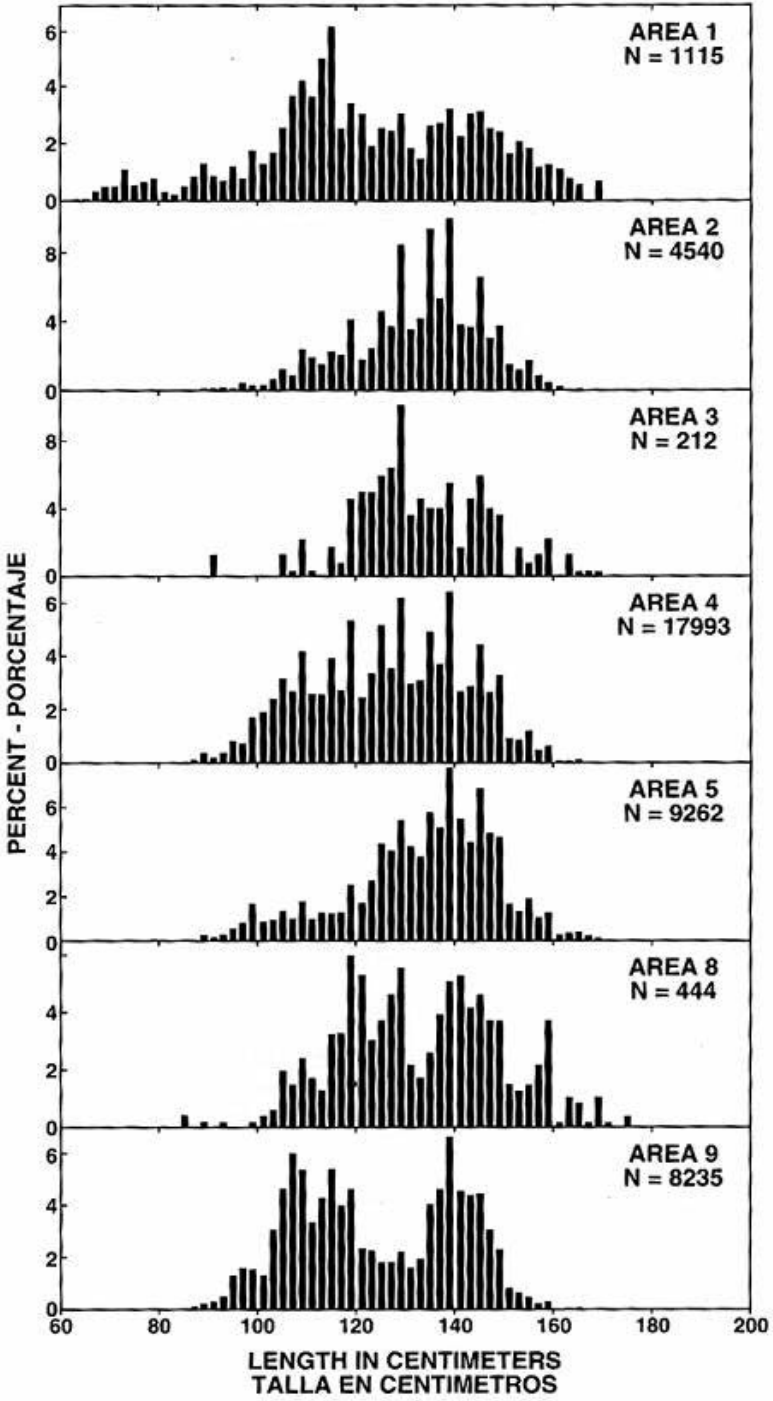


FIGURE 65. Length frequencies of yellowfin by area, 1988-1992.

FIGURA 65. Frecuencias de longitud de aleta amarilla por área, 1988-1992.

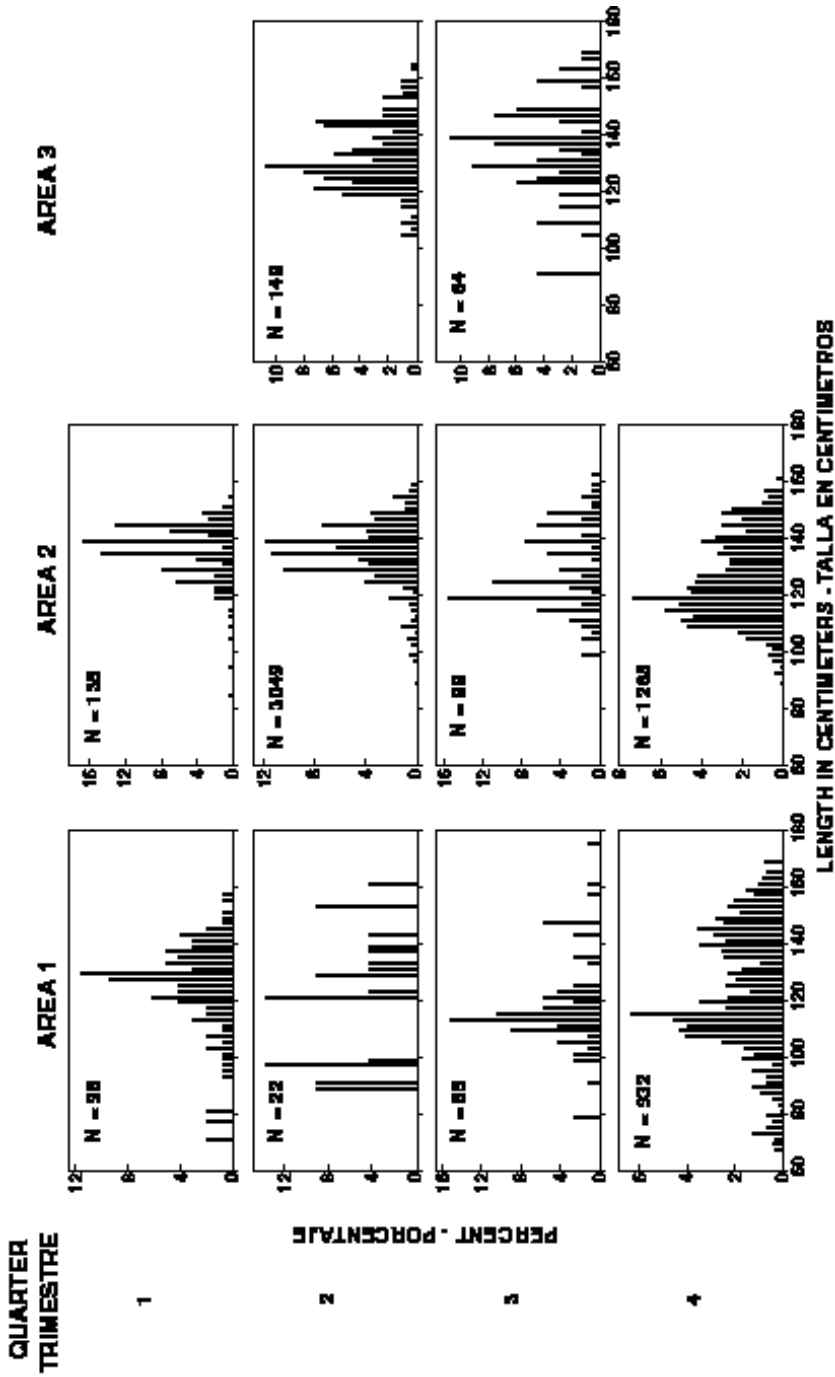


FIGURE 66. Quarterly length frequencies of yellowfin by area, 1988-1992.

FIGURA 66. Frecuencias de longitud trimestrales de aleta amarilla por área, 1988-1992.

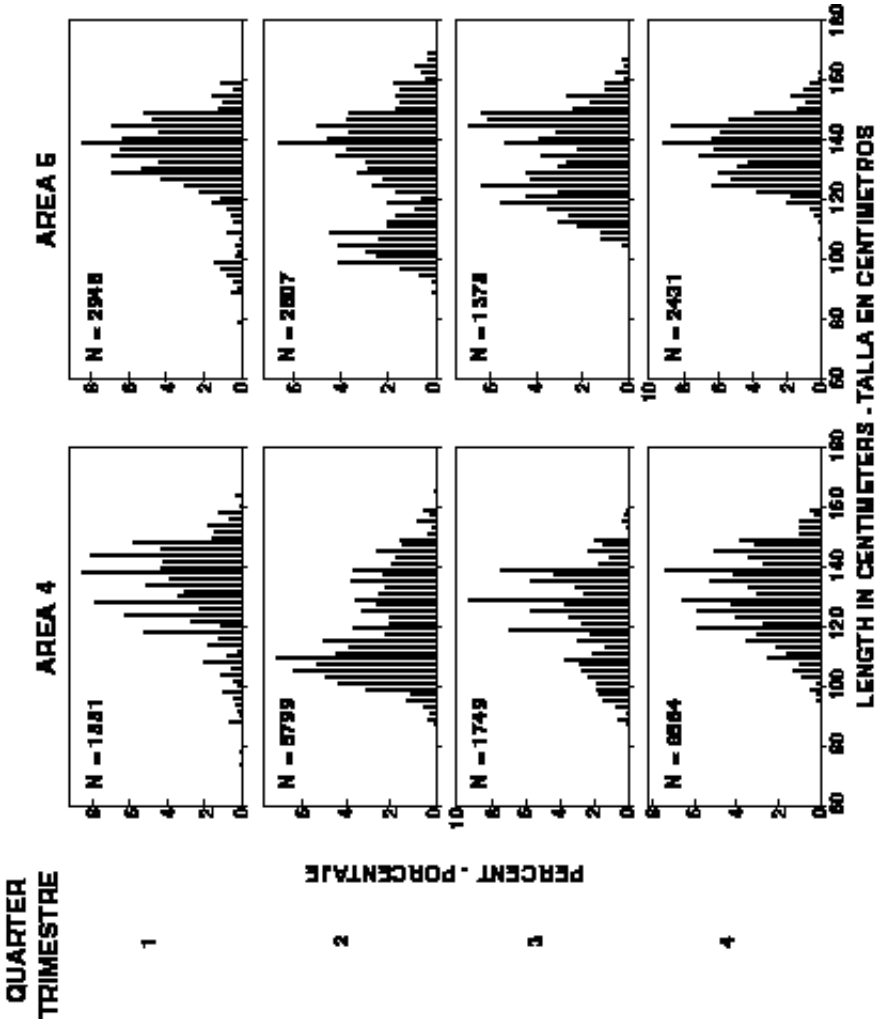


FIGURE 66. (continued)
FIGURA 66. (continuación)

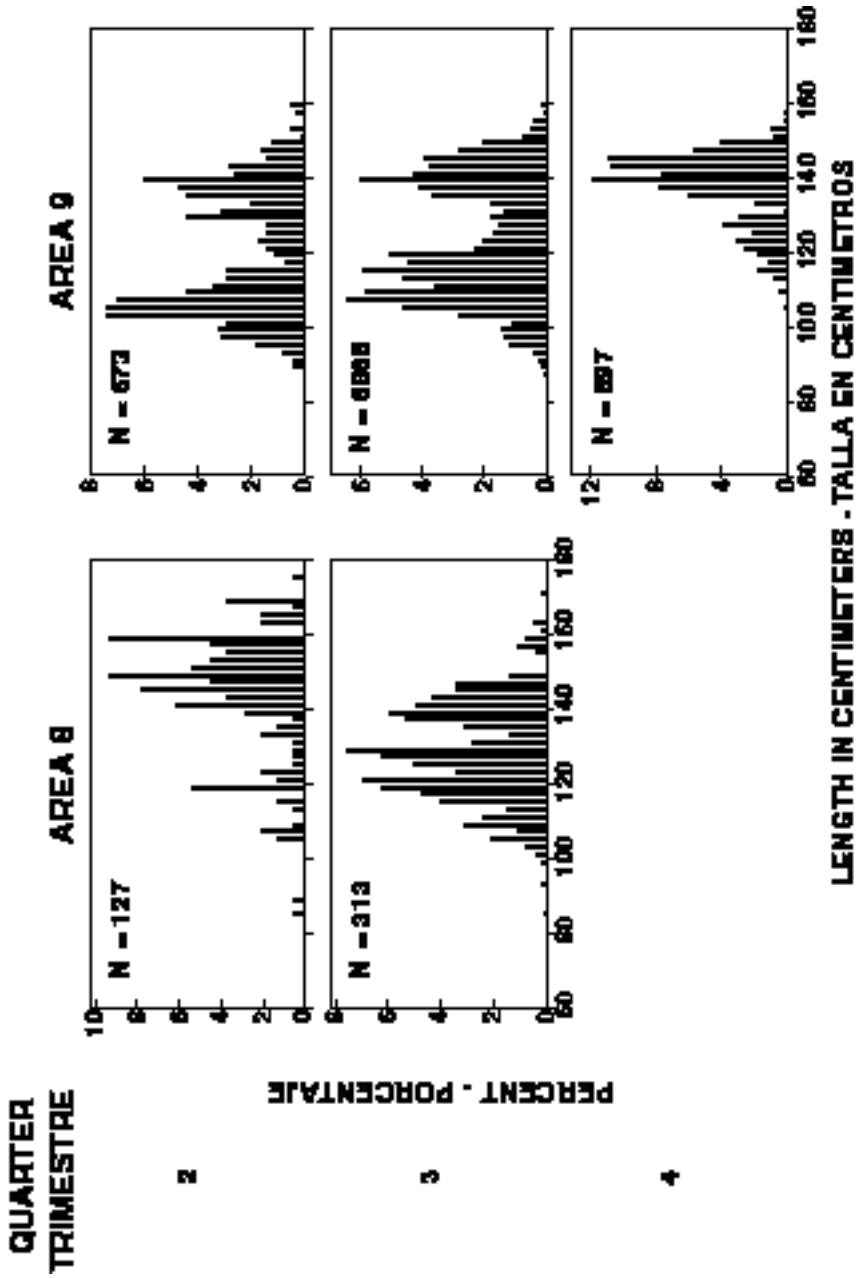


FIGURE 66. (continued)
 FIGURA 66. (continuación)

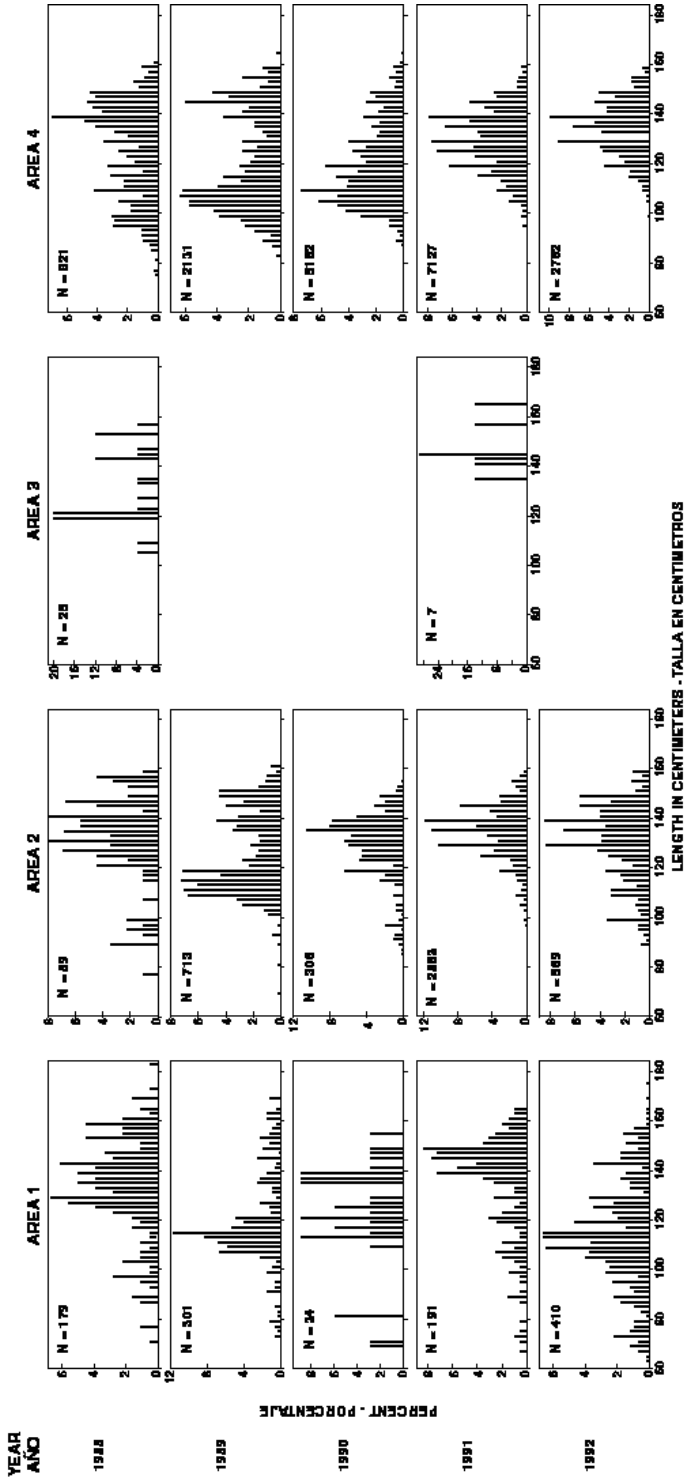


FIGURE 67. Annual length frequencies of yellowfin by area, 1988-1992.
FIGURA 67. Frecuencias de longitud anuales de aleta amarilla por área, 1988-1992.

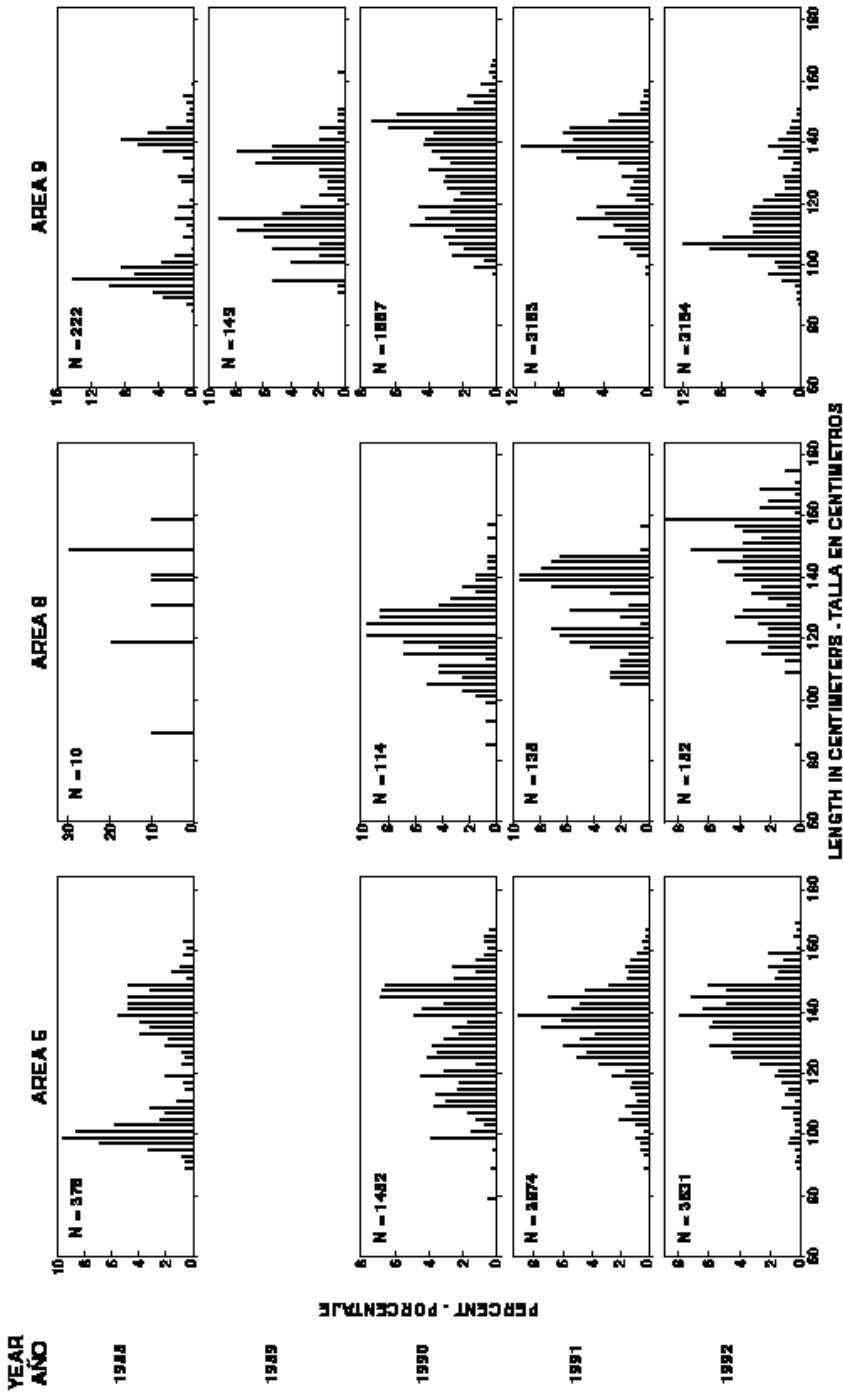


FIGURE 67. (continued)
 FIGURA 67. (continuación)

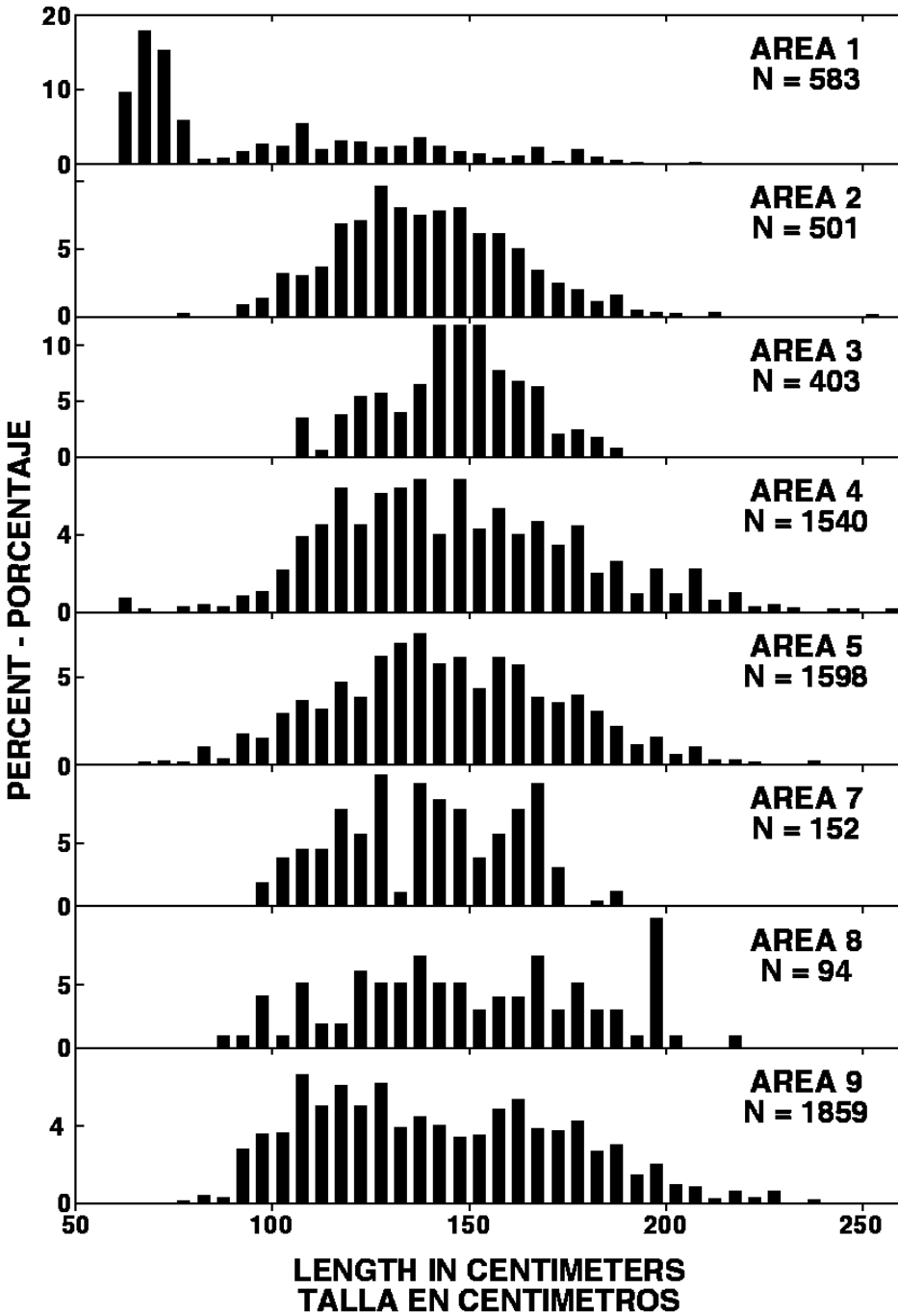


FIGURE 68. Length frequencies of swordfish by area, 1988-1992.

FIGURA 68. Frecuencias de longitud de pez espada por área, 1988-1992.

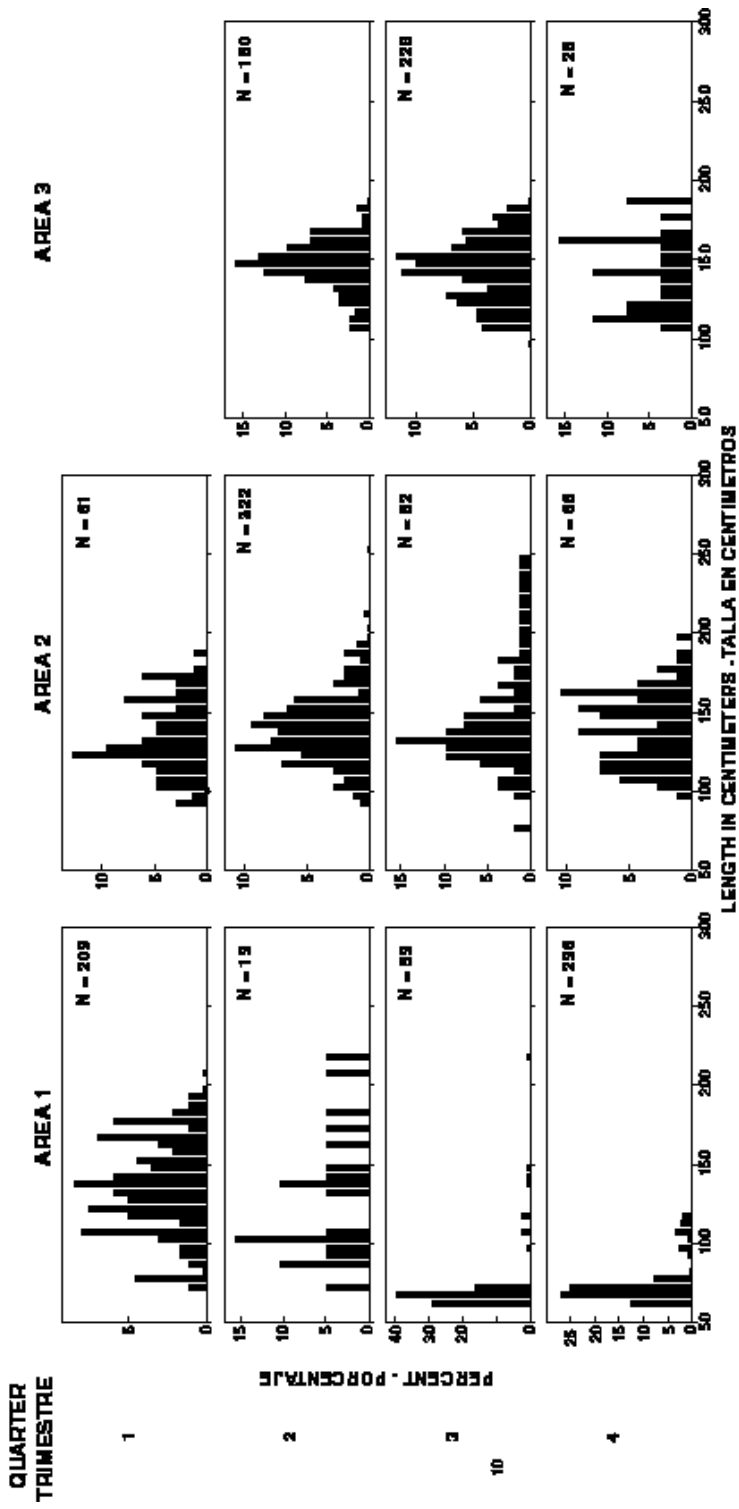


FIGURE 69. Quarterly length frequencies of swordfish by area, 1988-1992.
 FIGURA 69. Frecuencias de longitud trimestrales de pez espada por área, 1988-1992.

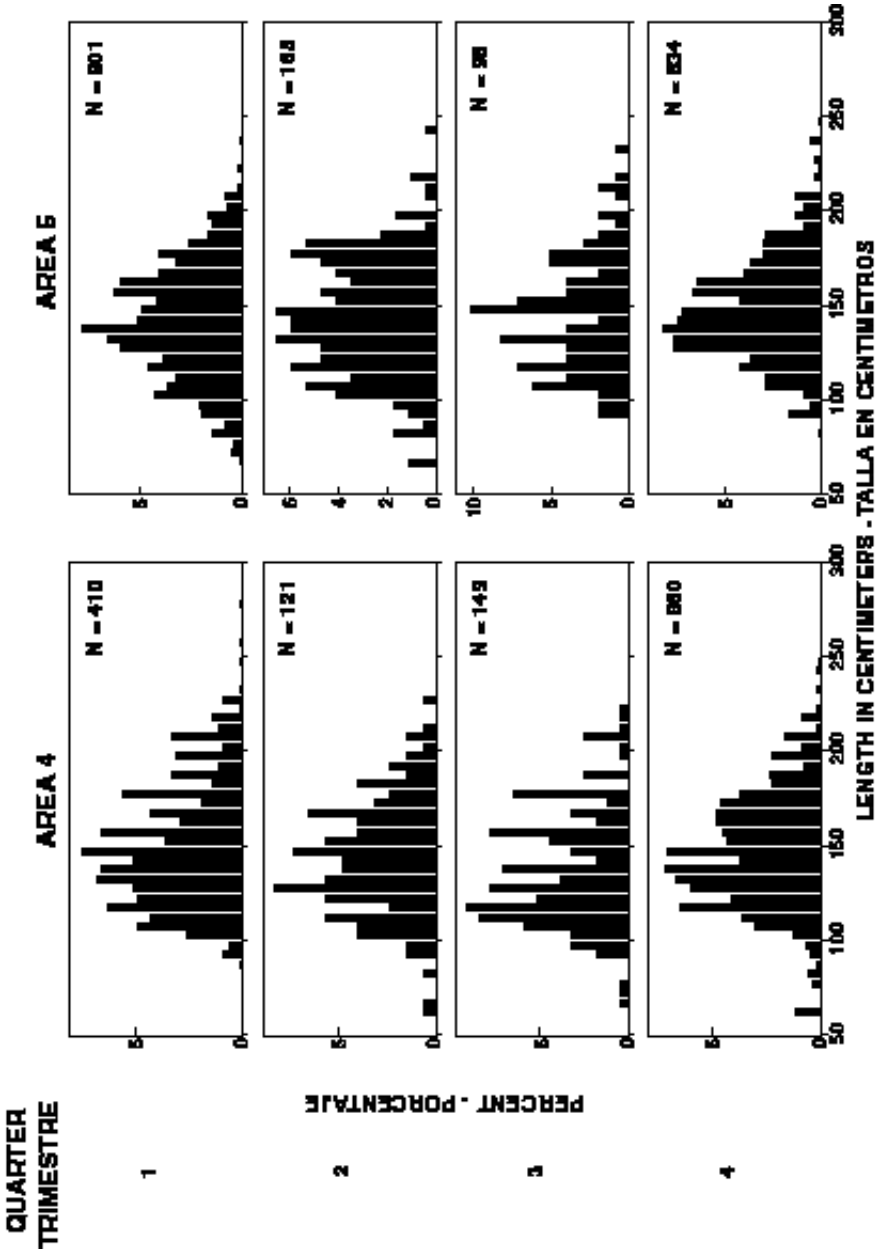


FIGURE 69. (continued)
FIGURA 69. (continuación)

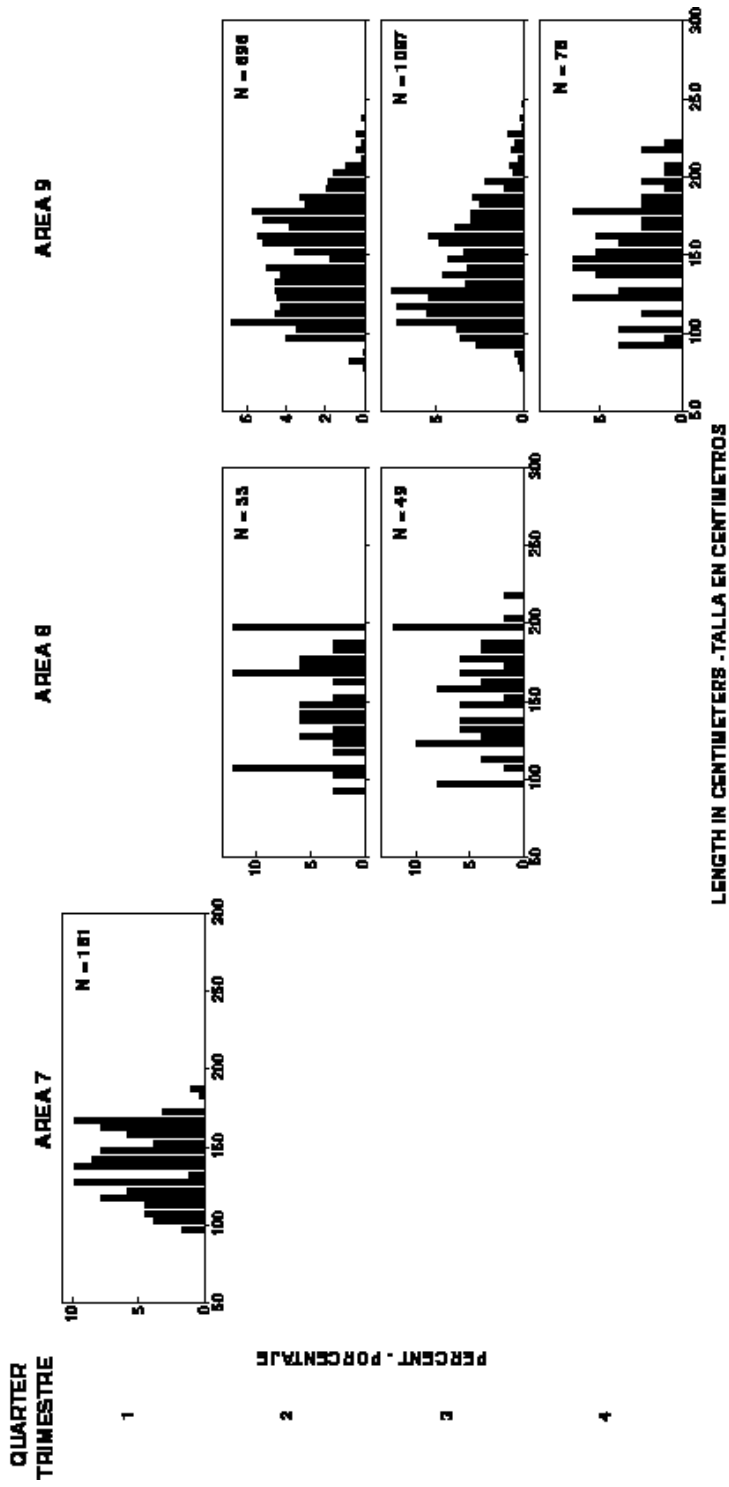


FIGURE 69. (continued)

FIGURA 69. (continuación)

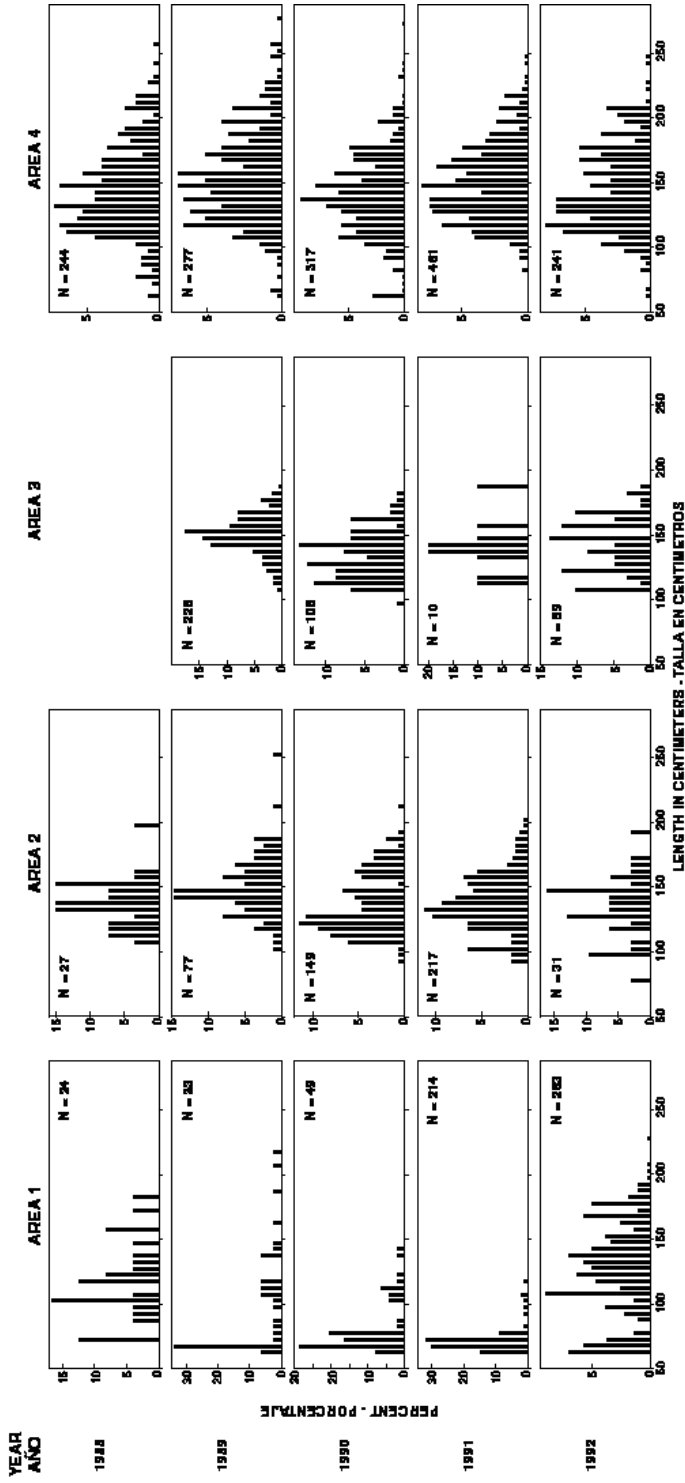


FIGURE 70. Annual length frequencies of swordfish by area, 1988-1992.
FIGURA 70. Frecuencias de longitud anuales de pez espada por área, 1988-1992.

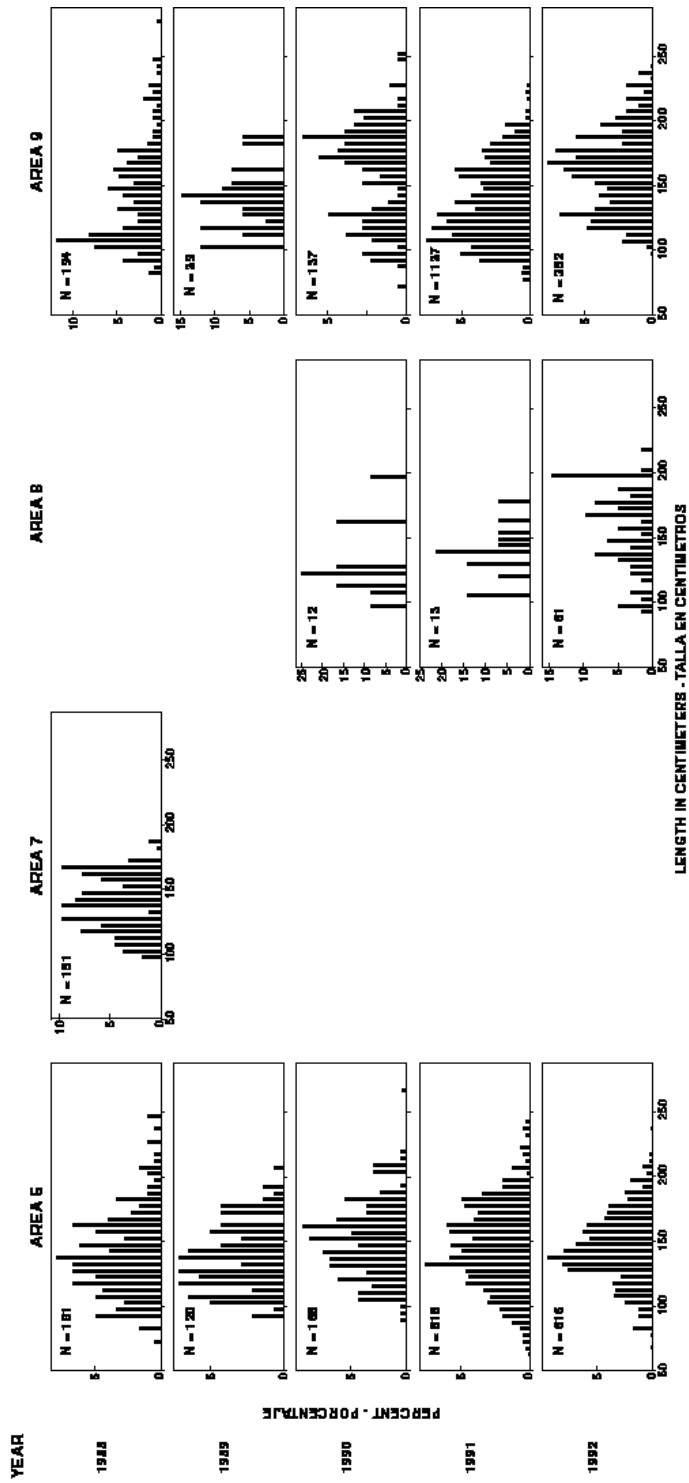


FIGURE 70. (continued)
 FIGURA 70. (continuación)

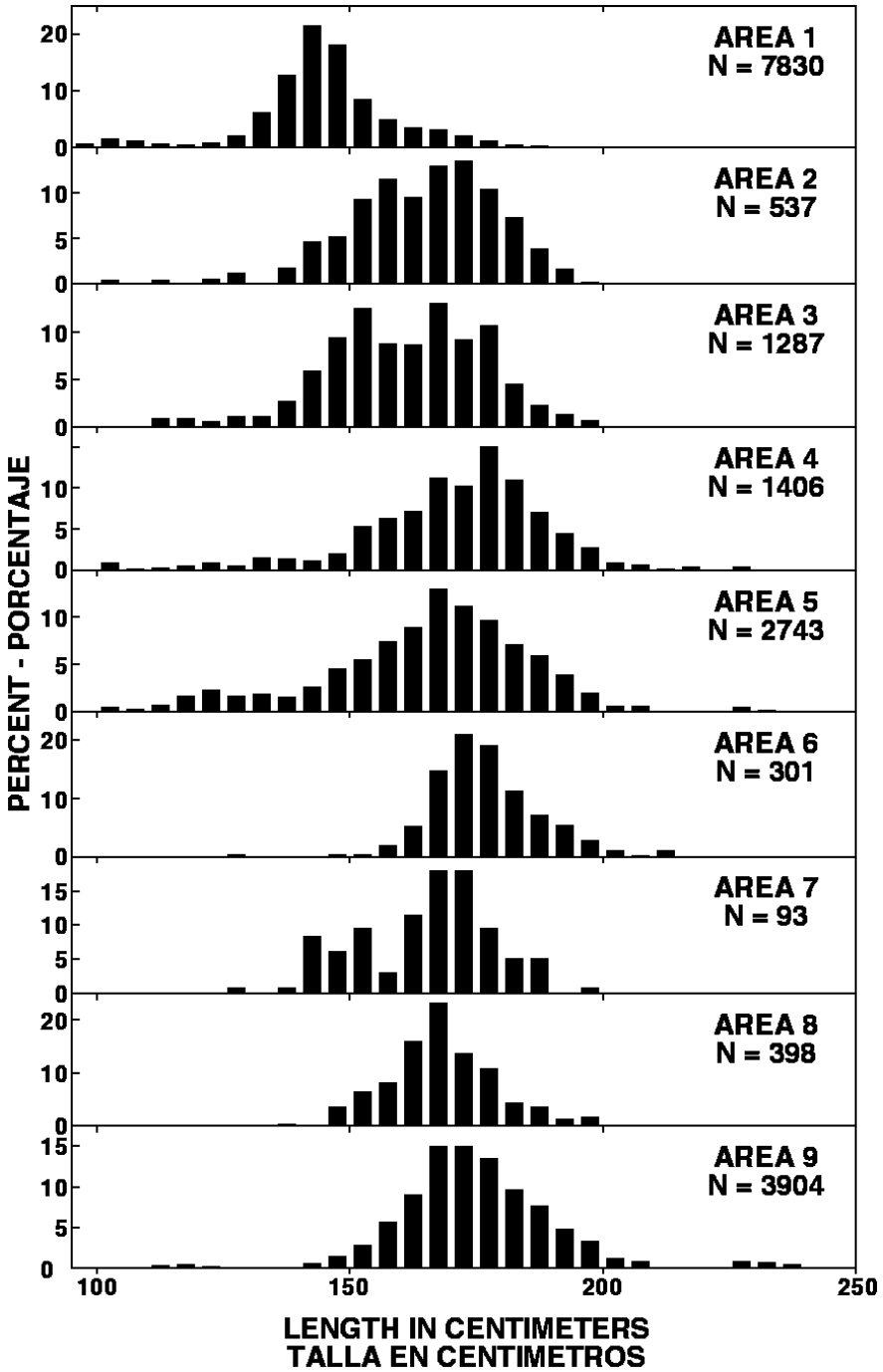


FIGURE 71. Length frequencies of striped marlin by area, 1988-1992.

FIGURA 71. Frecuencias de longitud de marlín rayado por área, 1988-1992.

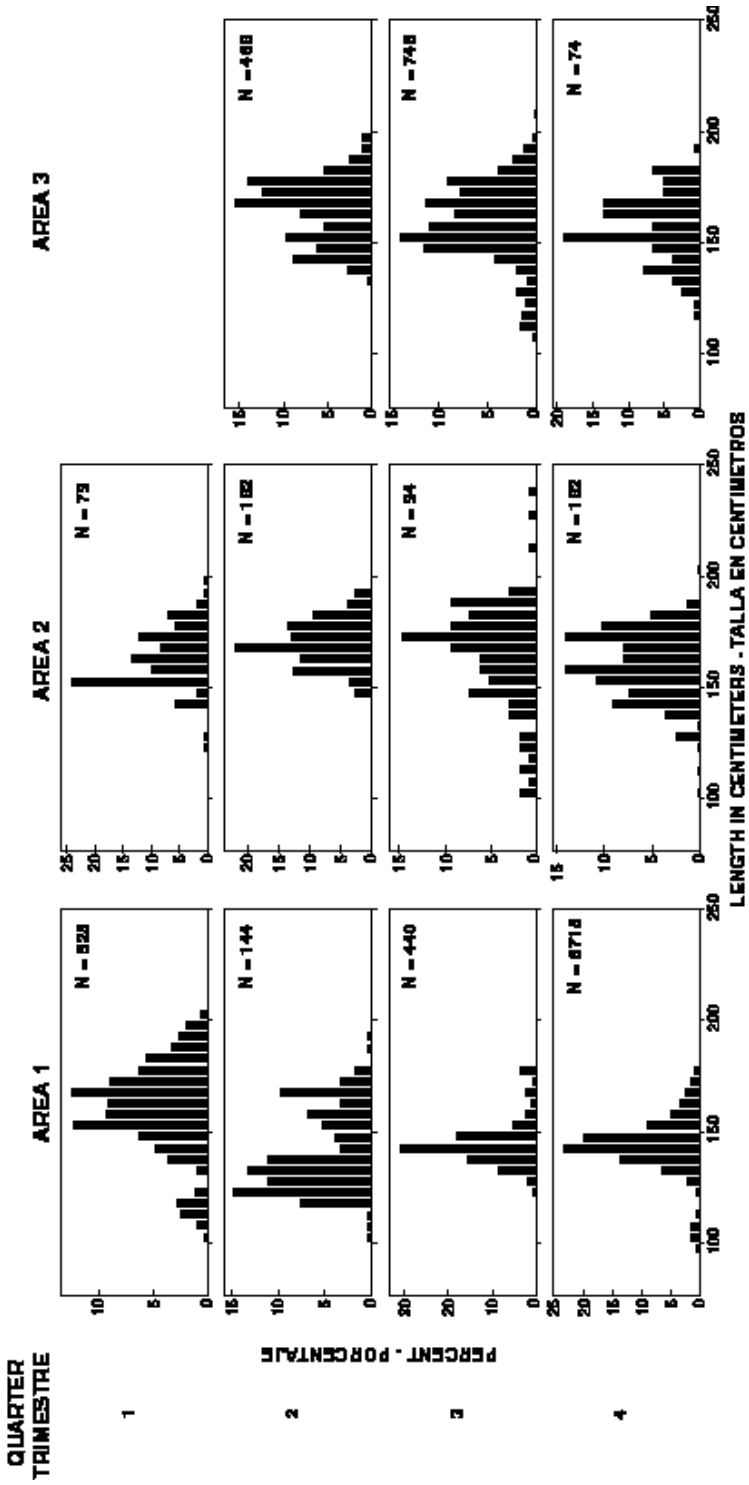


FIGURE 72. Quarterly length frequencies of striped marlin by area, 1988-1992.

FIGURA 72. Frecuencias de longitud trimestrales de marlín rayado por área, 1988-1992.

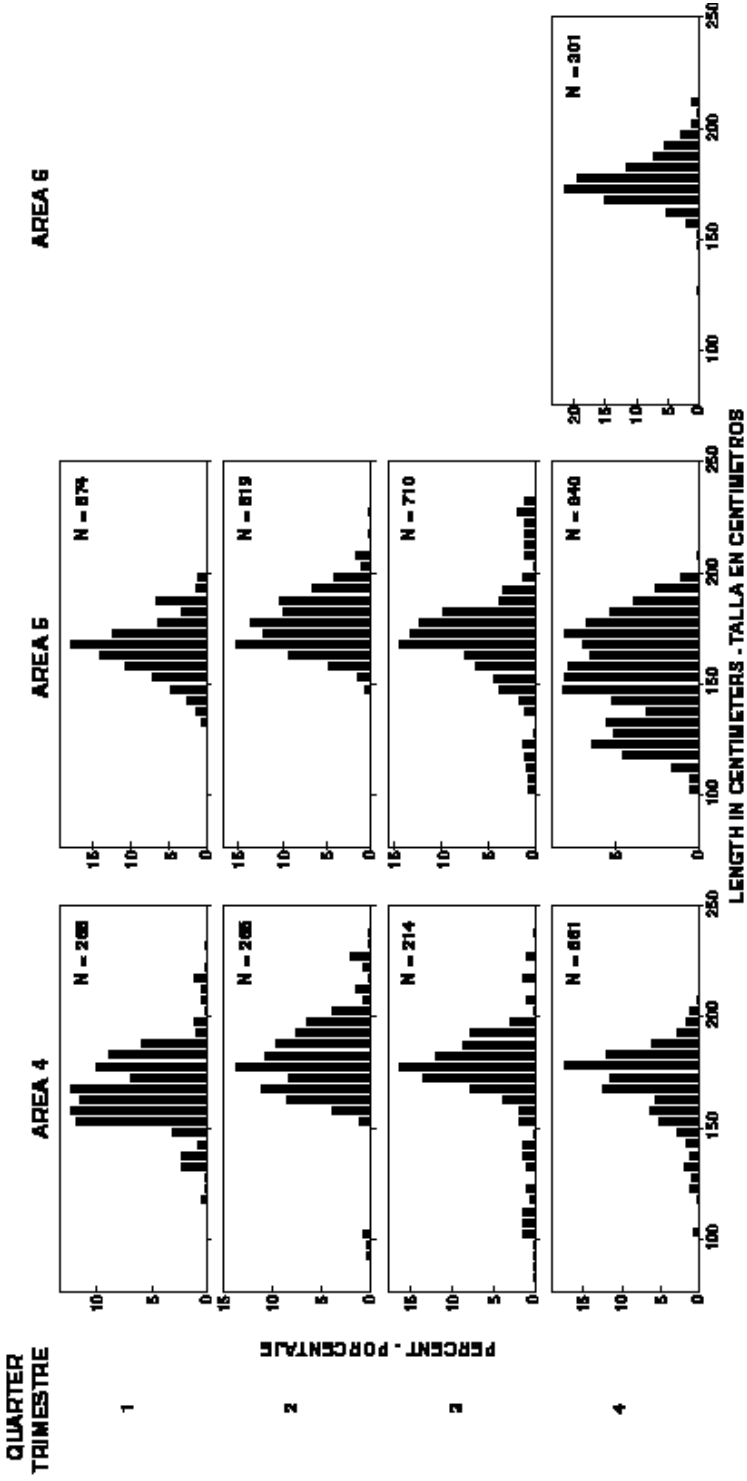


FIGURE 72. (continued)
FIGURA 72. (continuación)

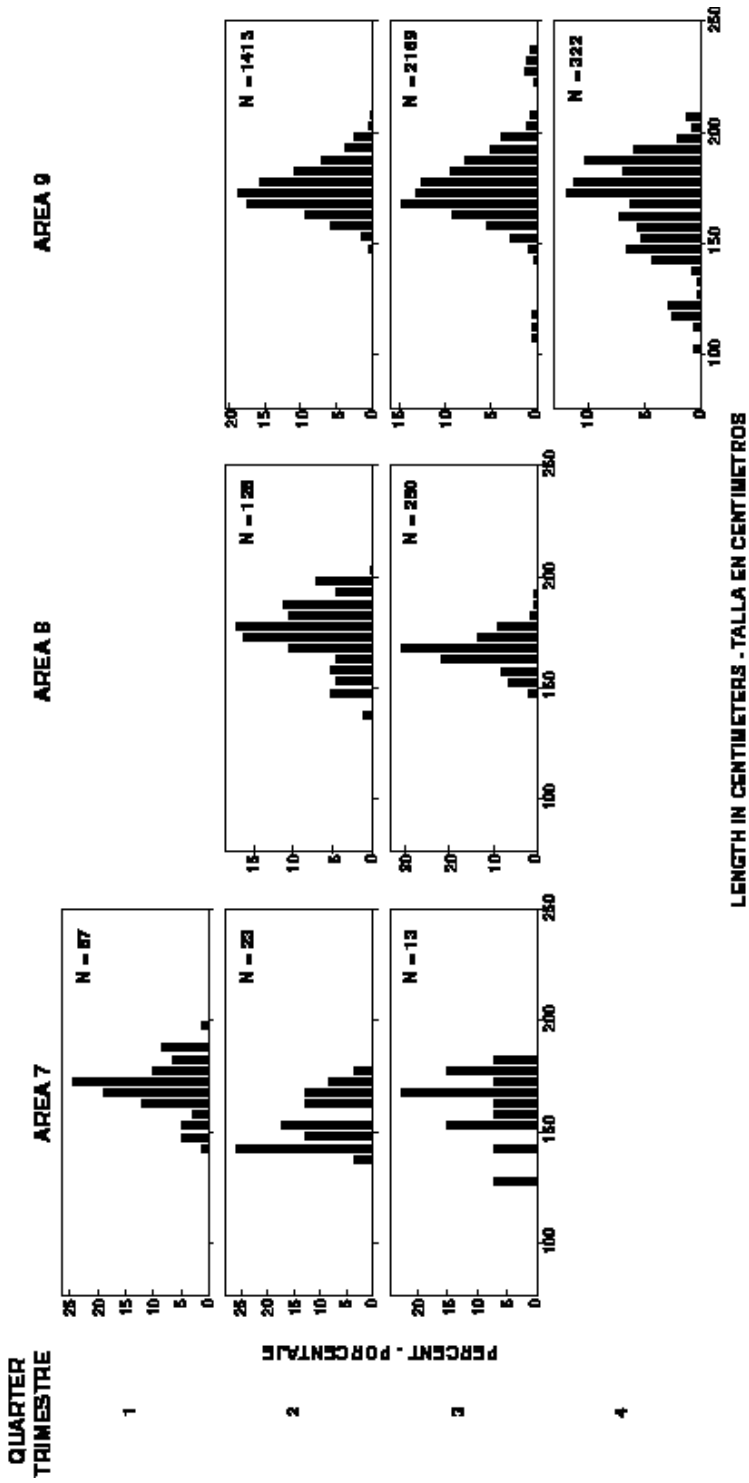


FIGURE 72. (continued)
 FIGURA 72. (continuación)

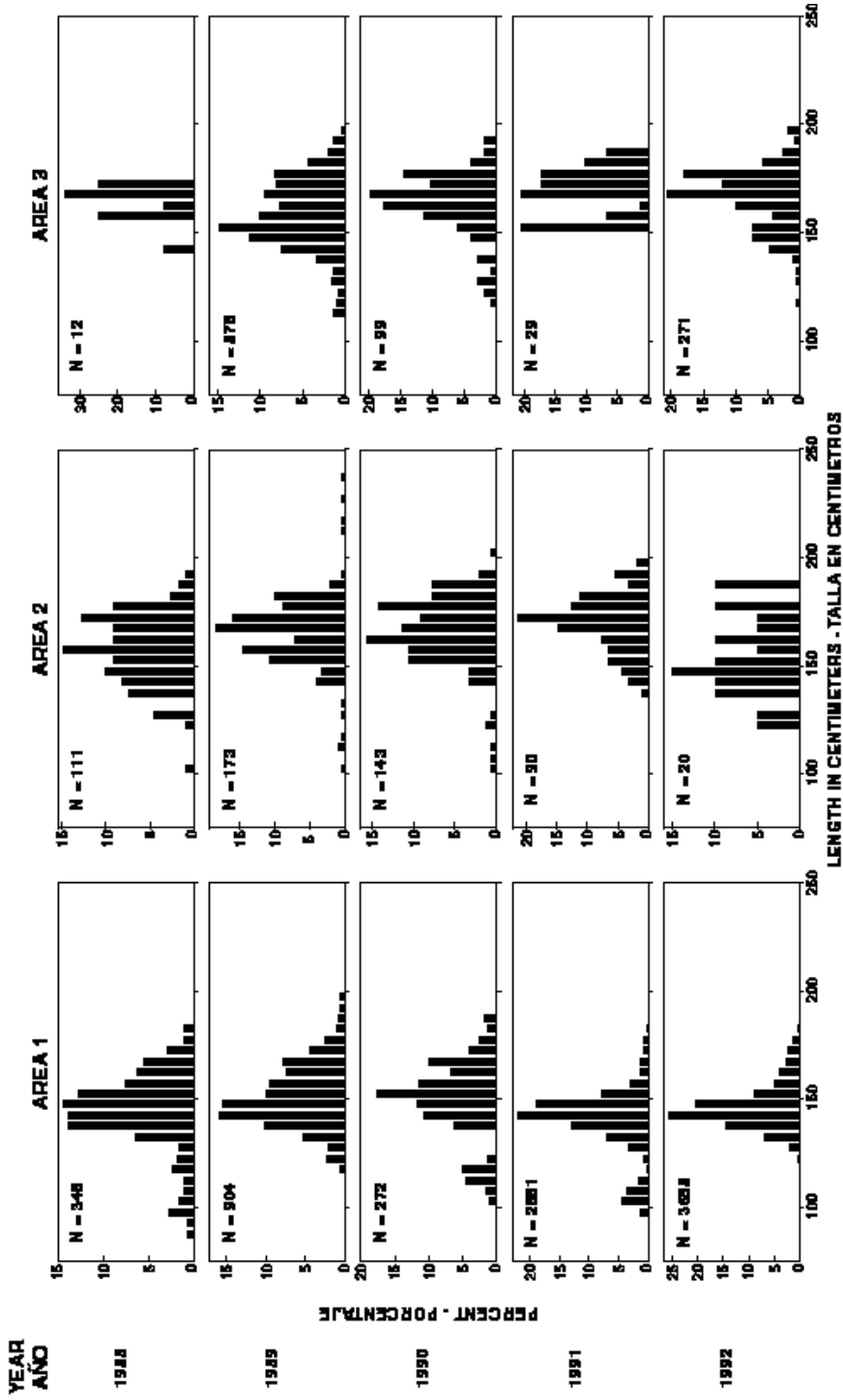


FIGURE 73. Annual length frequencies of striped marlin by area, 1988-1992.
FIGURA 73. Frecuencias de longitud anuales de marlín rayado por área, 1988-1992.

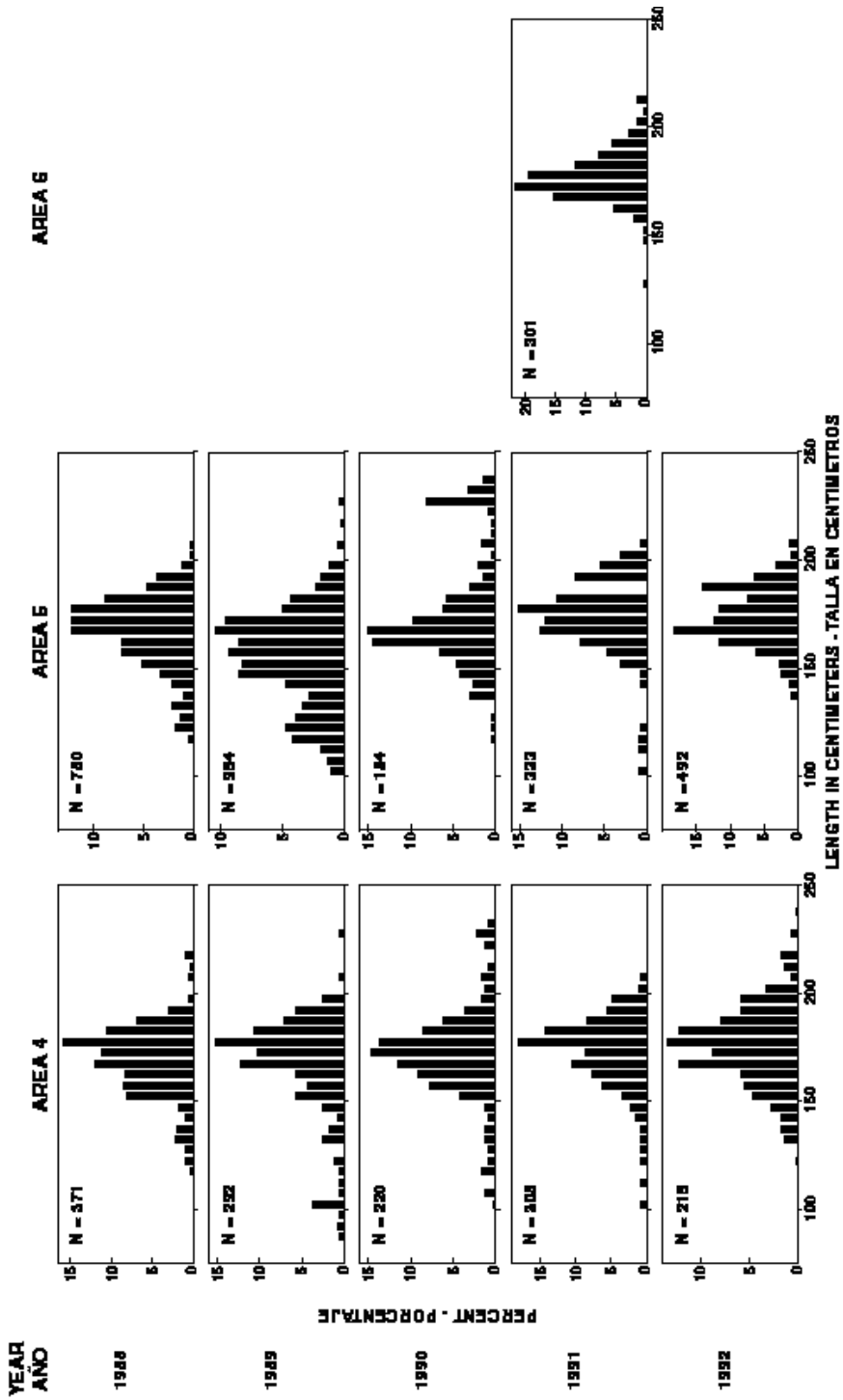


FIGURE 73. (continued)
 FIGURA 73. (continuación)

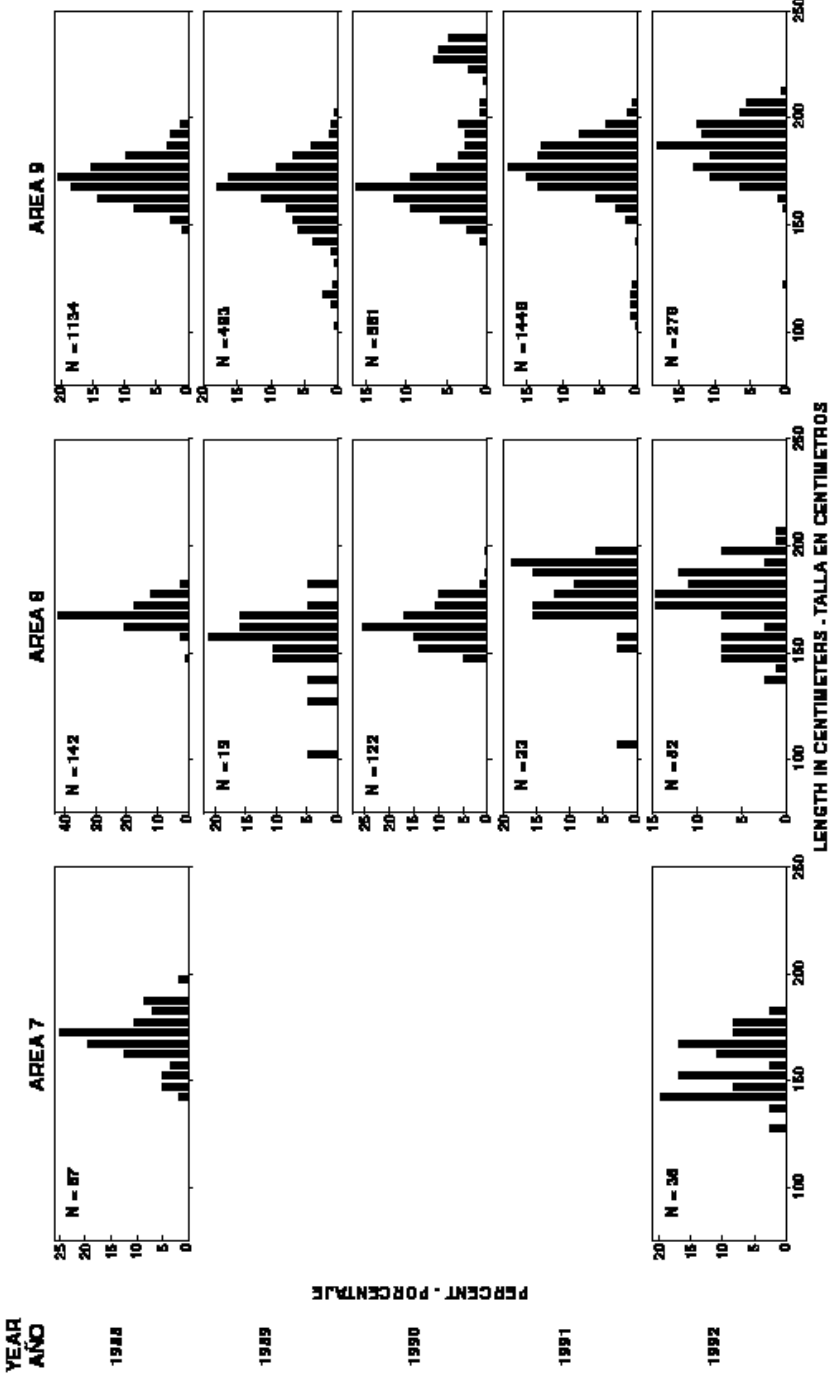


FIGURE 73. (continued)
FIGURA 73. (continuación)

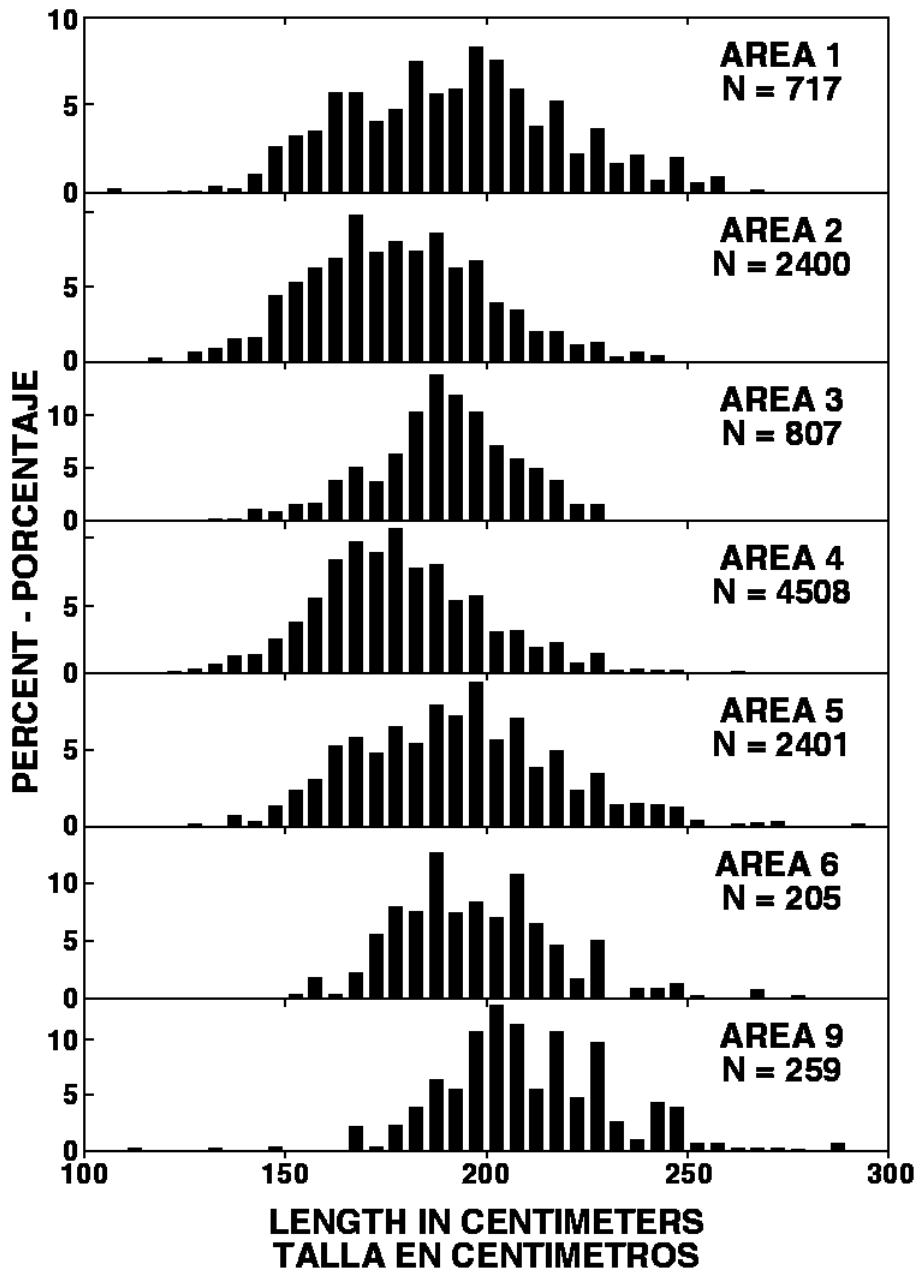


FIGURE 74. Length frequencies of blue marlin by area, 1988-1992.

FIGURA 74. Frecuencias de longitud de marlín azul por área, 1988-1992.

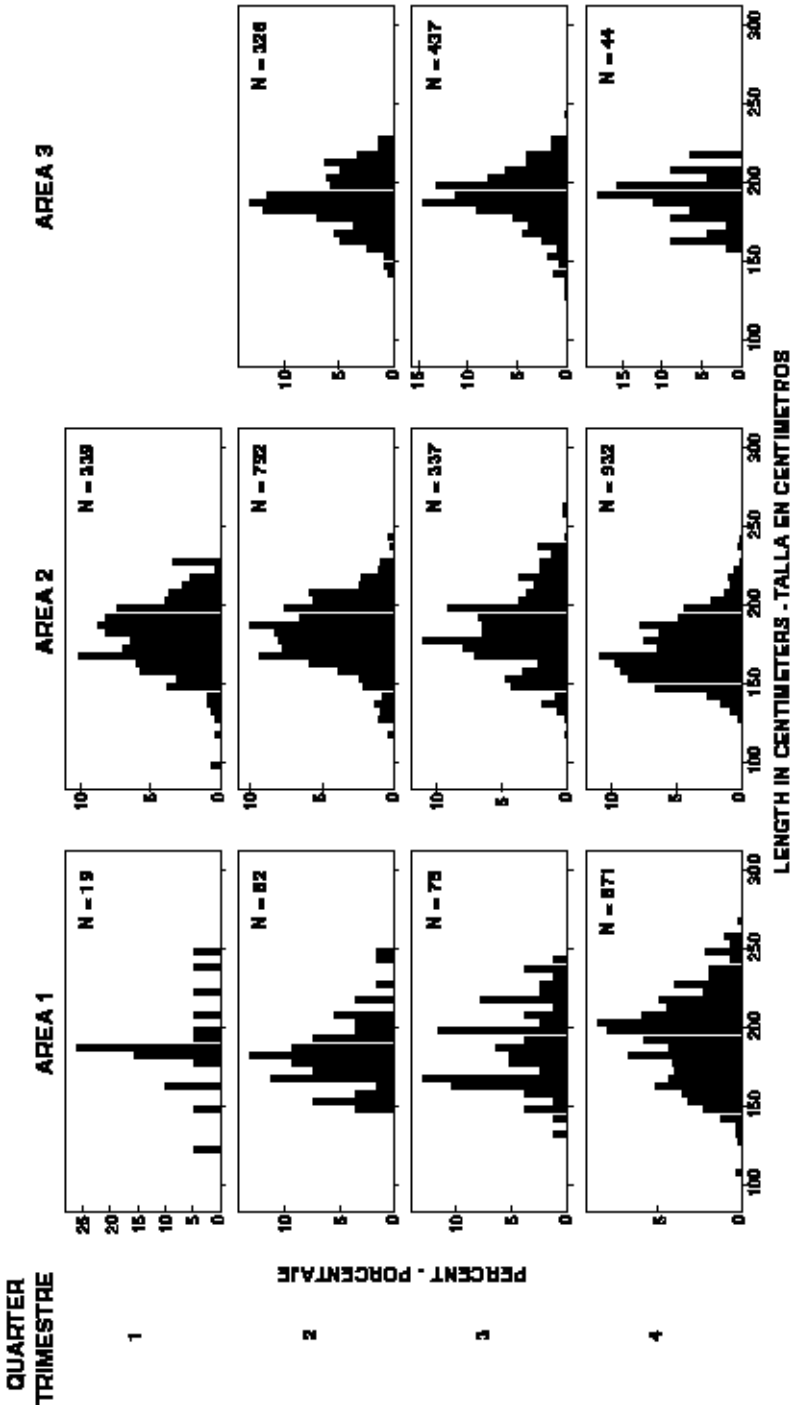


FIGURE 75. Quarterly length frequencies of blue marlin by area, 1988-1992.
FIGURA 75. Frecuencias de longitud trimestrales de marlín azul por área, 1988-1992.

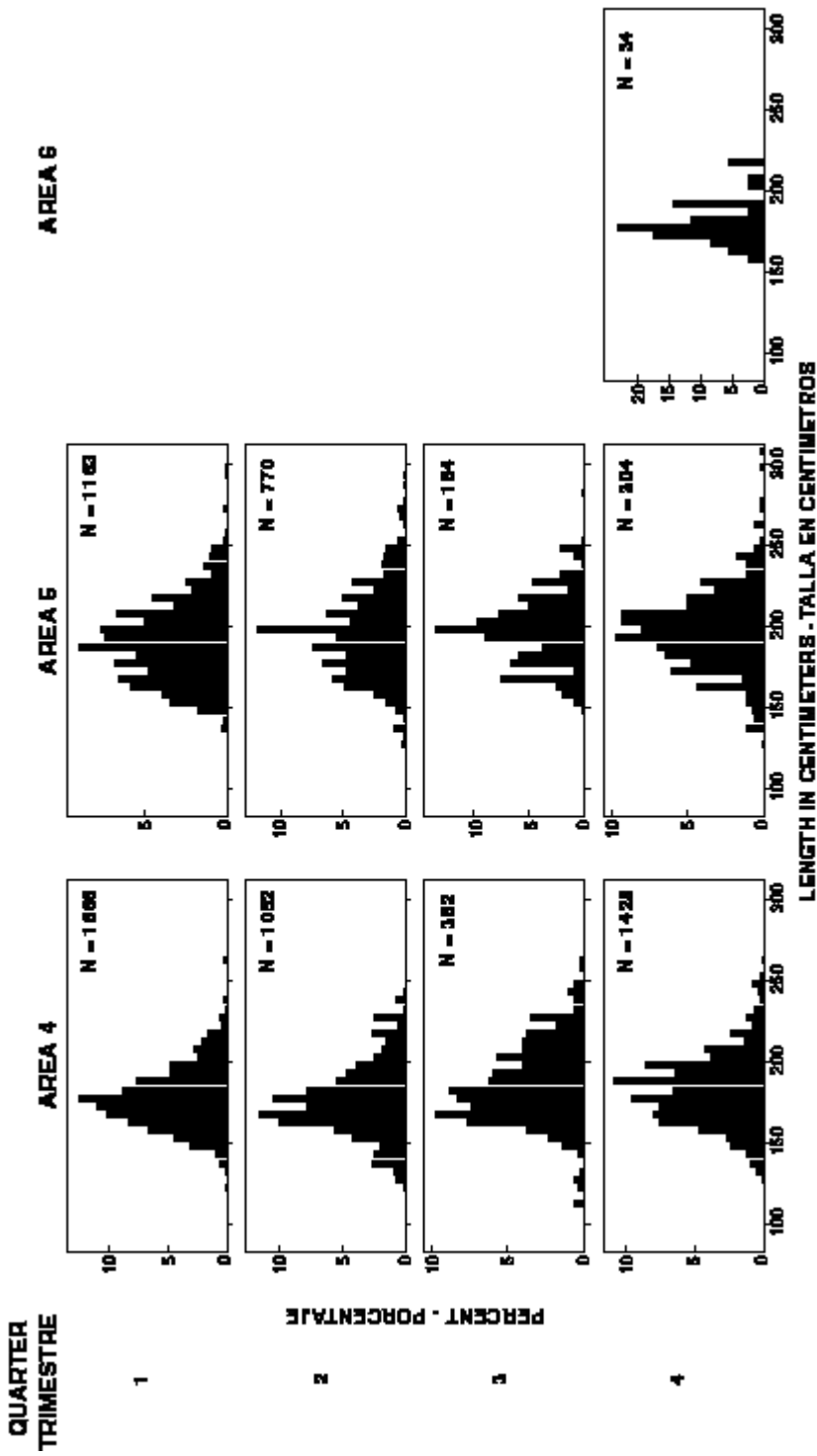


FIGURE 75. (continued)

FIGURA 75. (continuación)

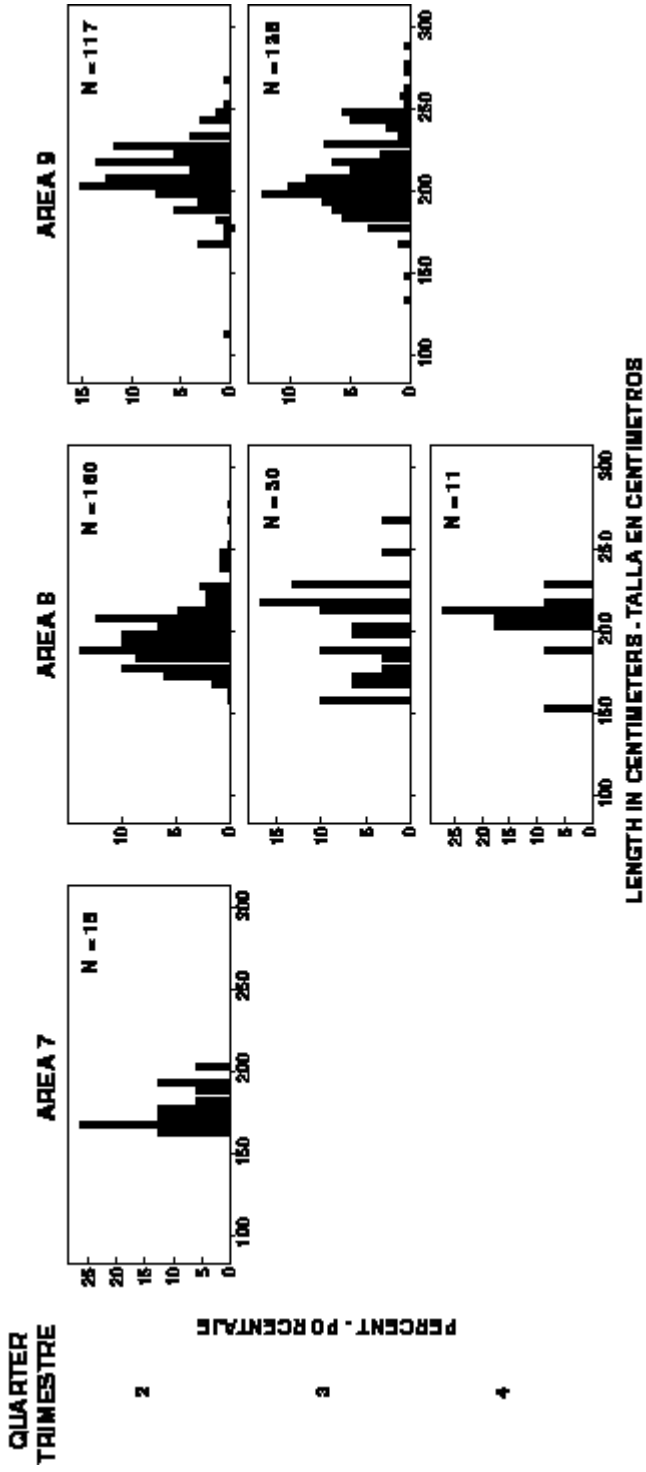


FIGURE 75. (continued)
FIGURA 75. (continuación)

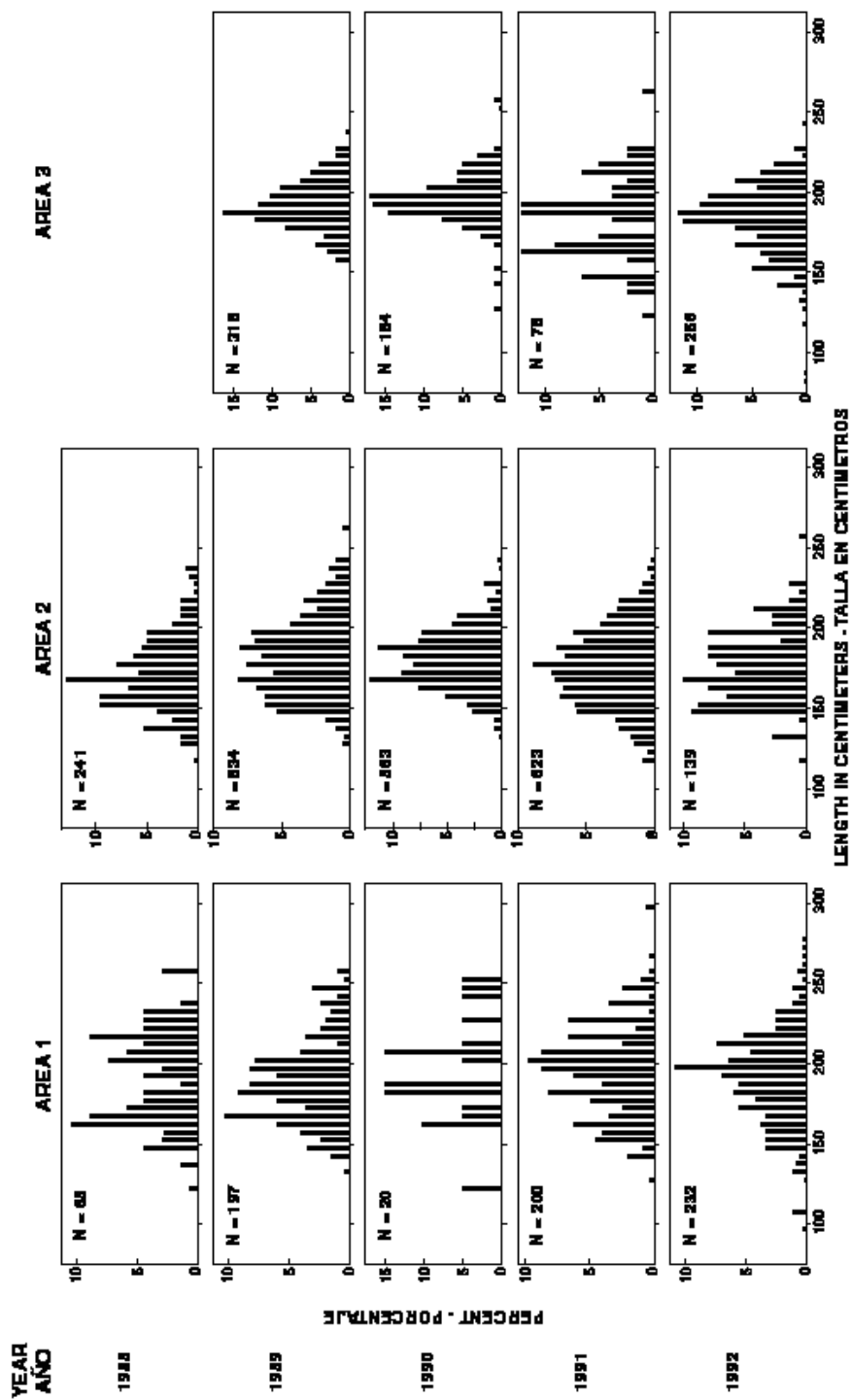


FIGURE 76. Annual length frequencies of blue marlin by area, 1988-1992.
FIGURA 76. Frecuencias de longitud anuales de marlín azul por área, 1988-1992.

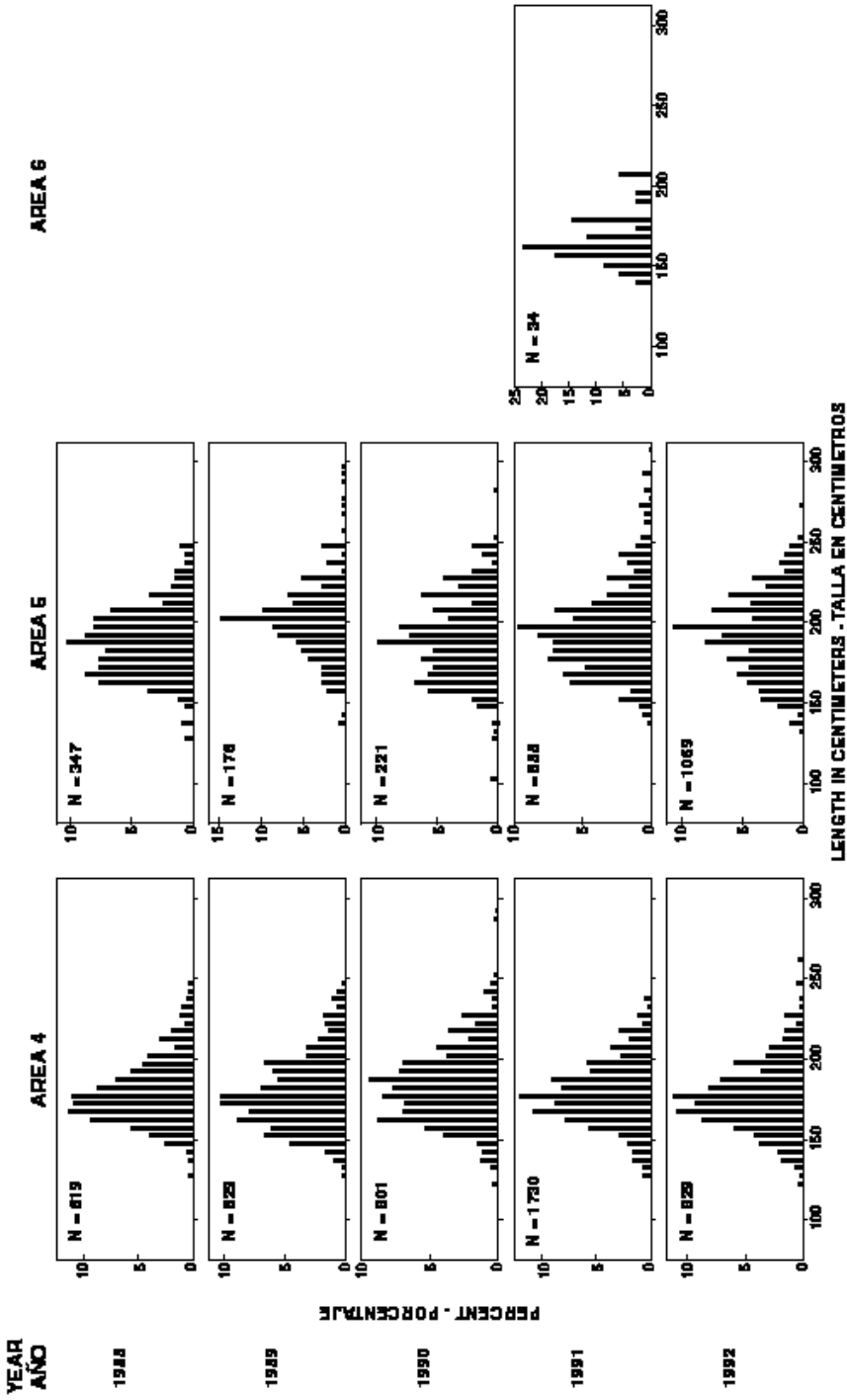


FIGURE 76. (continued)
FIGURA 76. (continuación)

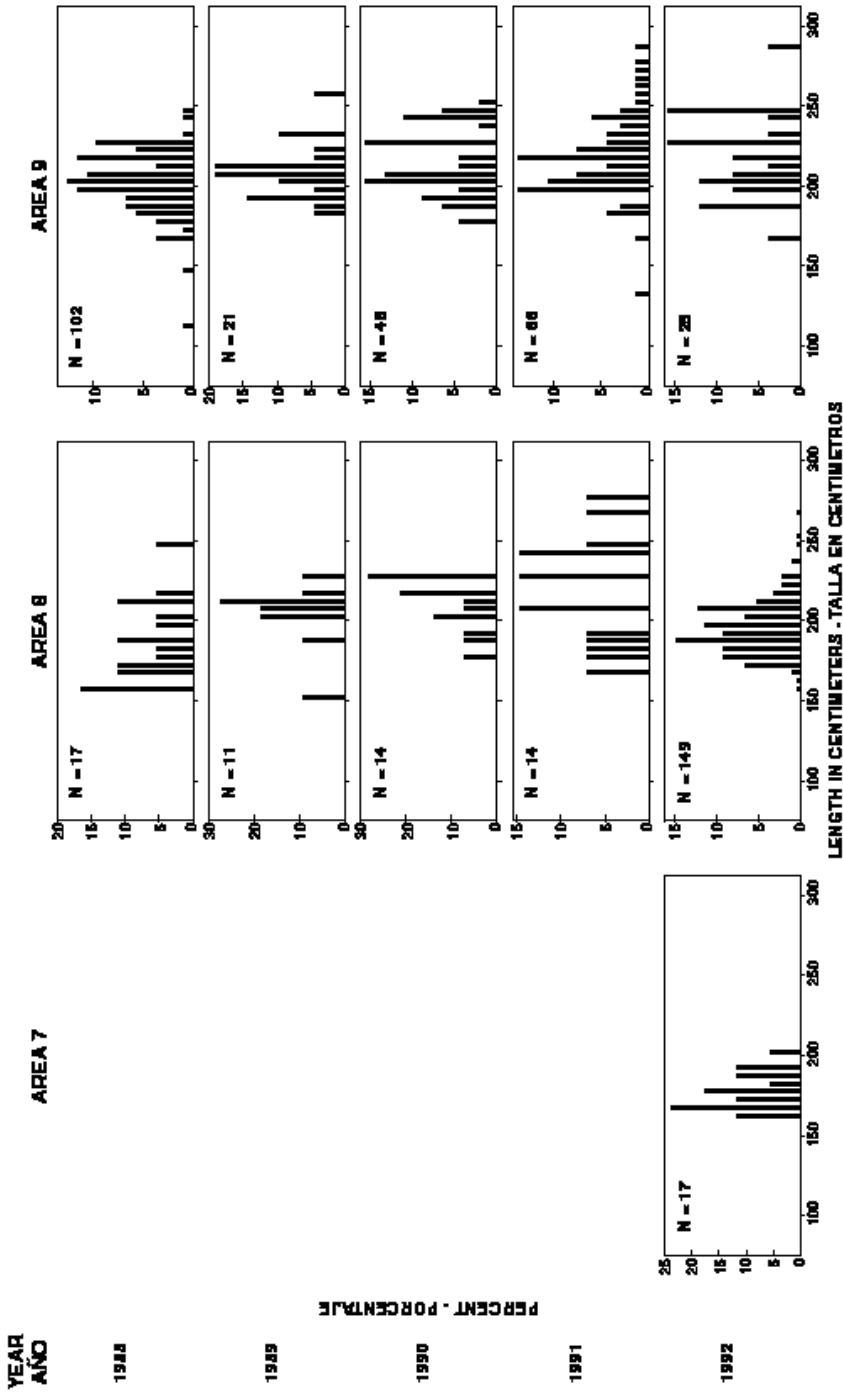


FIGURE 76. (continued)

FIGURA 76. (continuación)

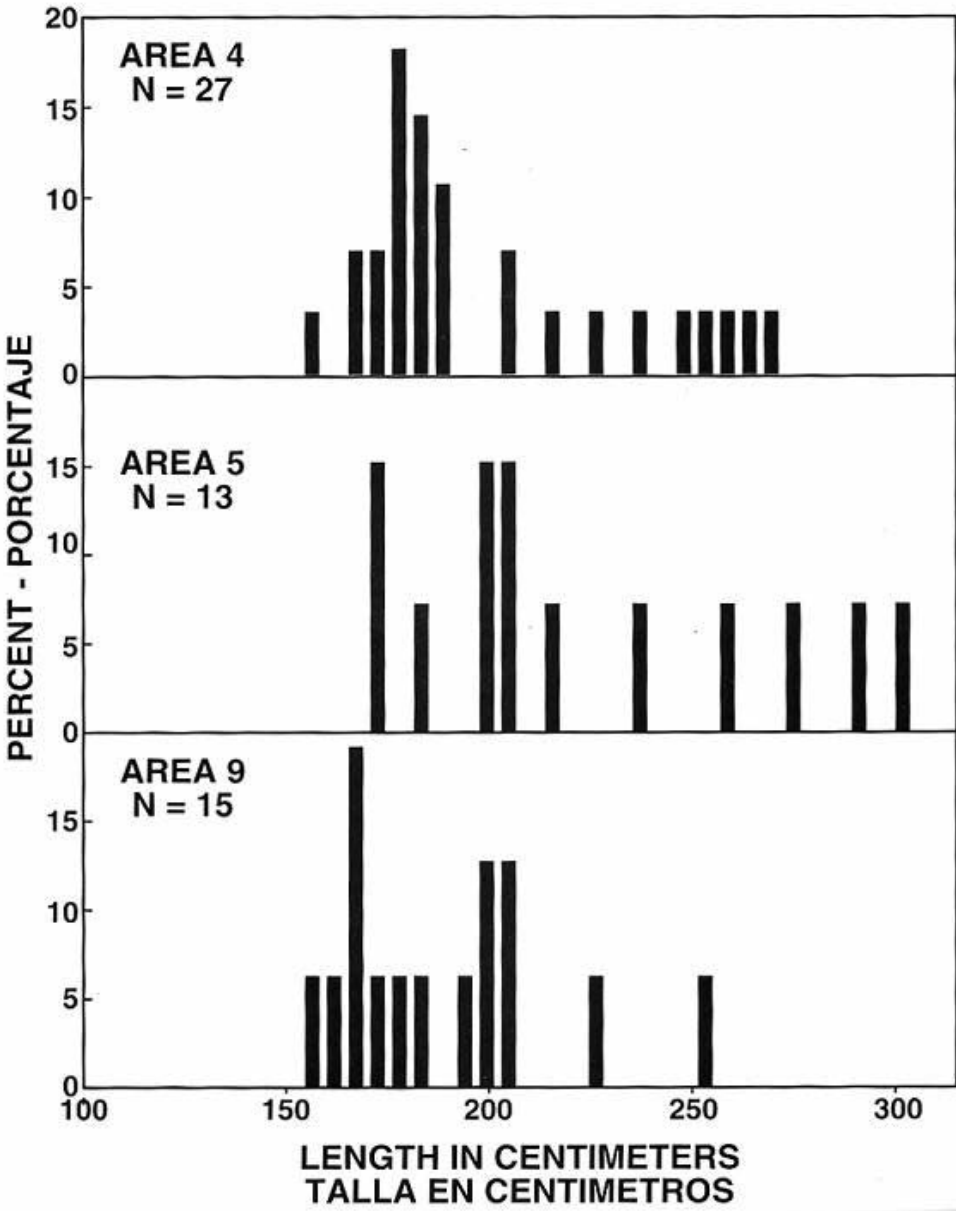


FIGURE 77. Length frequencies of black marlin by area, 1988-1992.

FIGURA 77. Frecuencias de longitud de marlín negro por área, 1988-1992.

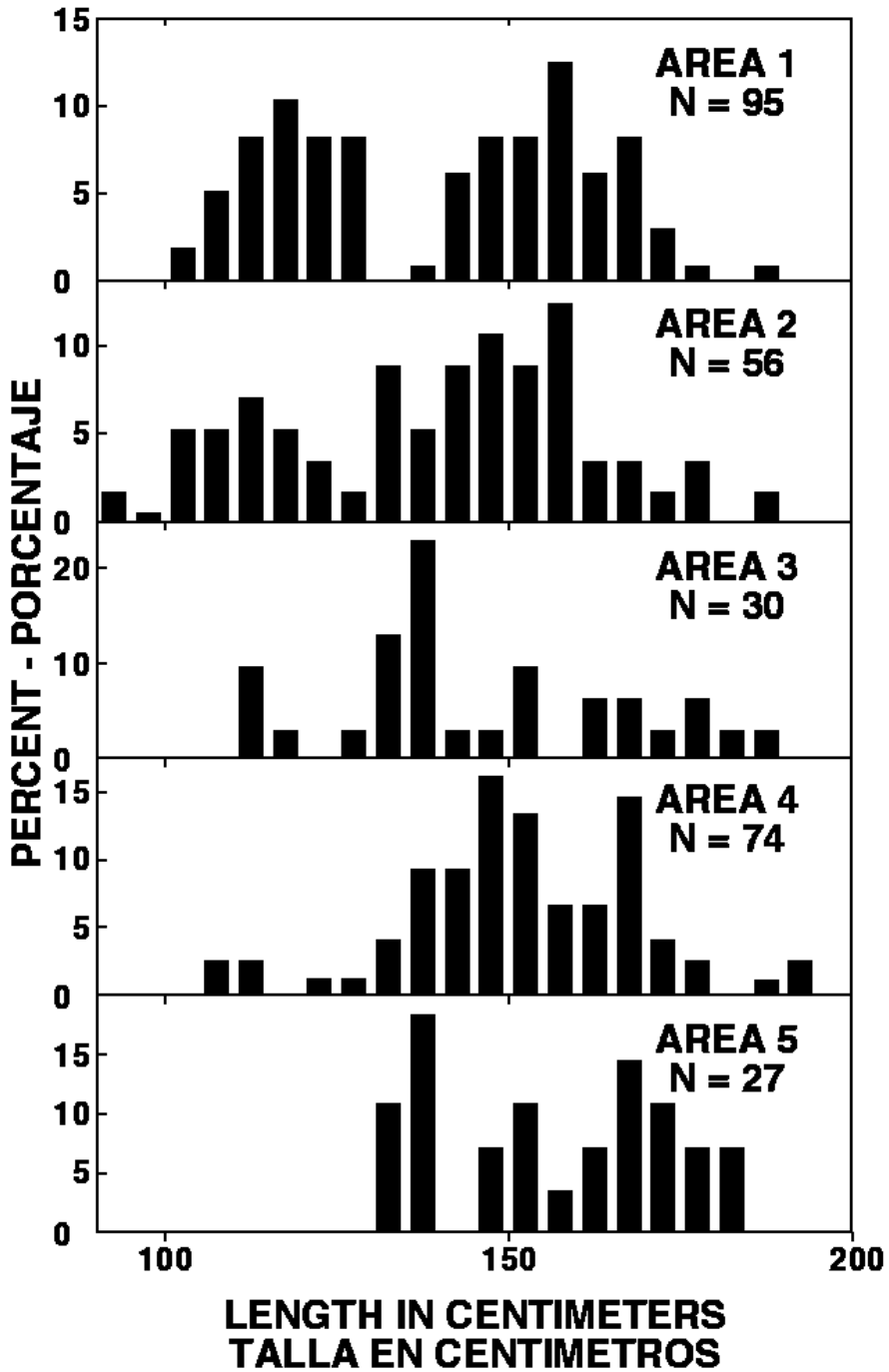


FIGURE 78. Length frequencies of sailfish by area, 1988-1992.

FIGURA 78. Frecuencias de longitud de pez vela por área, 1988-1992.

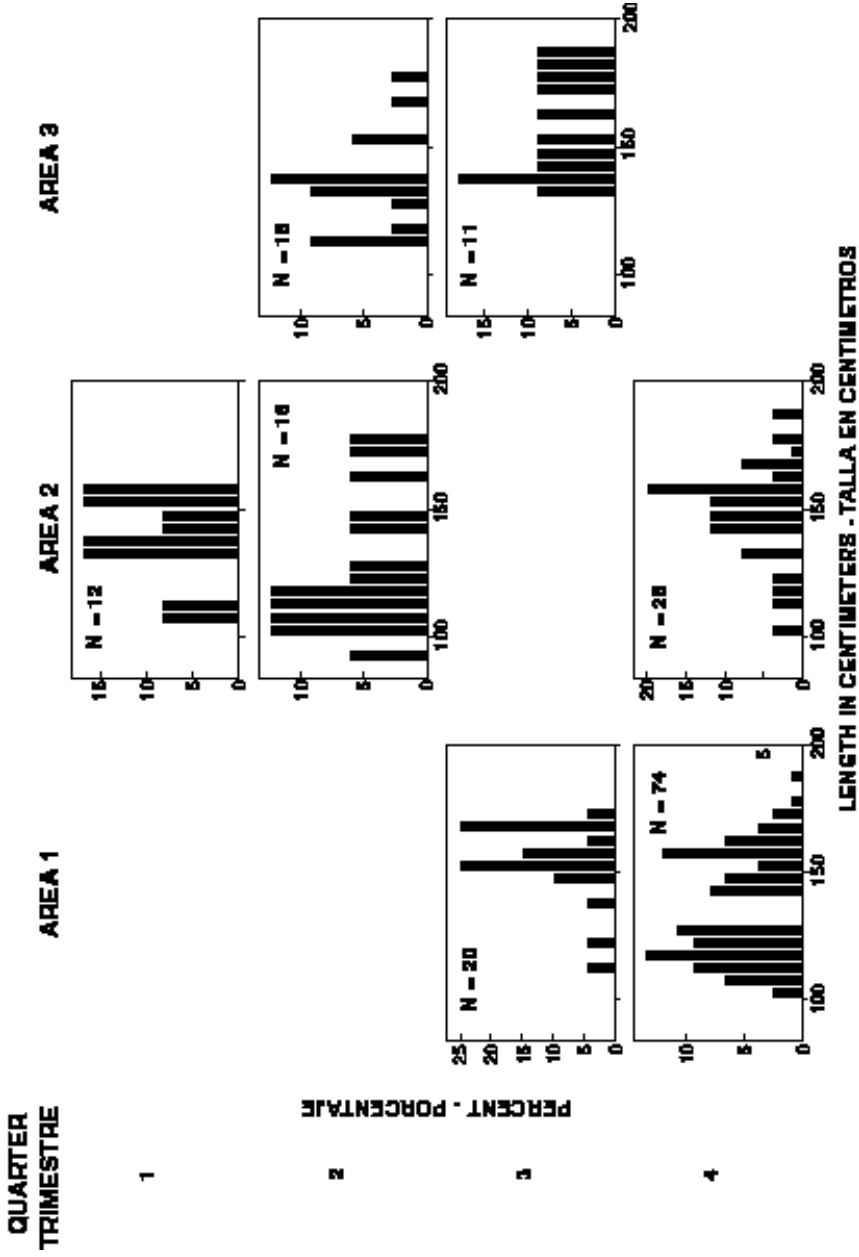


FIGURE 79. Quarterly length frequencies of sailfish by area, 1988-1992.
FIGURA 79. Frecuencias de longitud trimestrales de pez vela por área, 1988-1992.

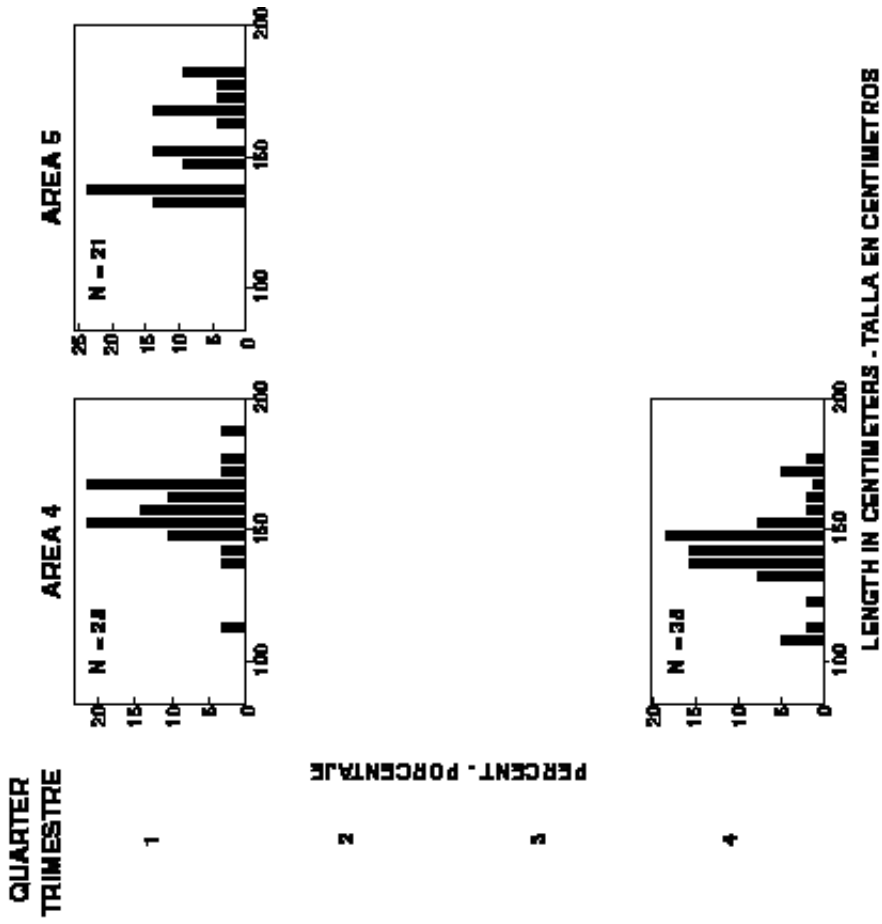


FIGURE 79. (continued)
 FIGURA 79. (continuación)

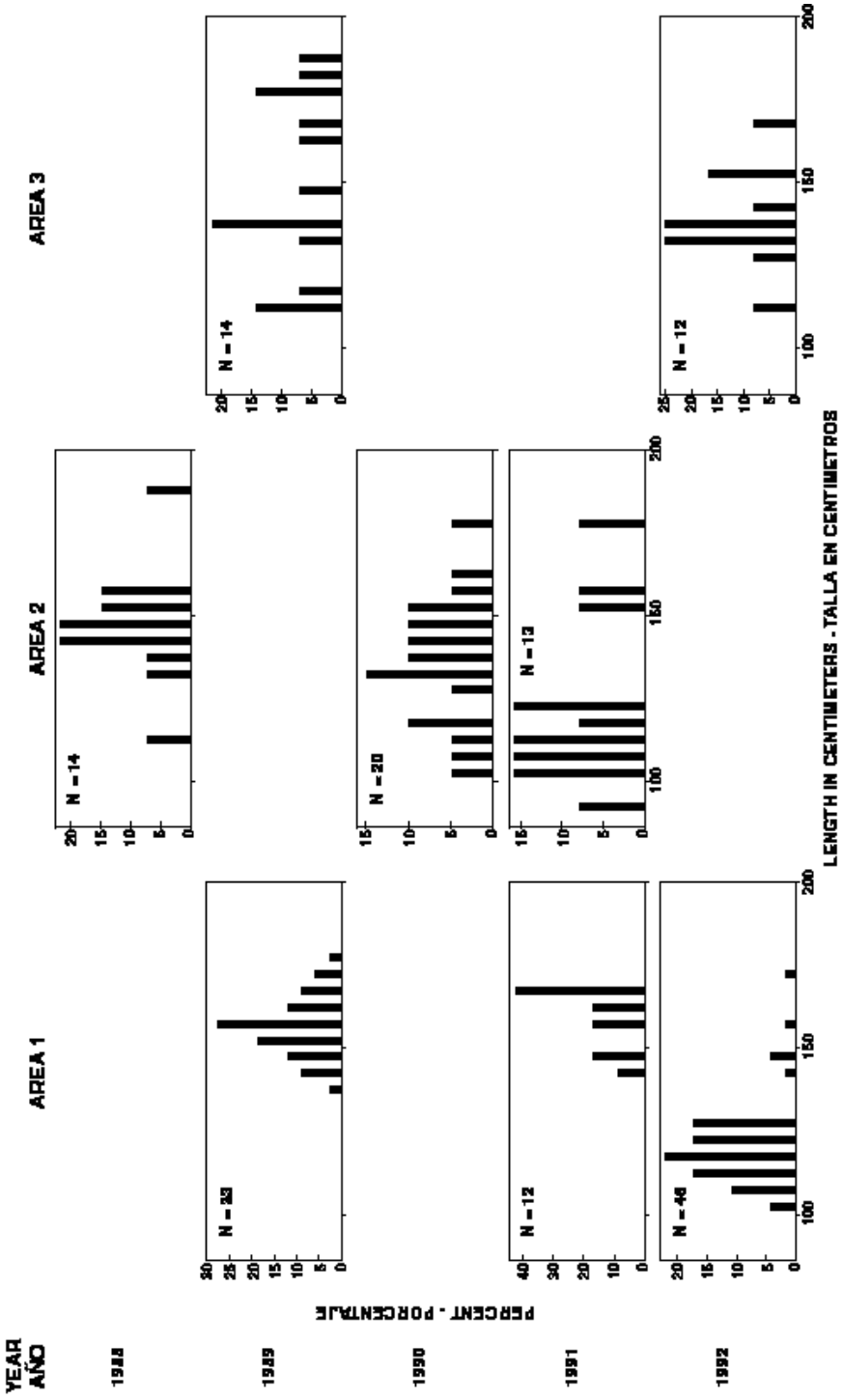


FIGURE 80. Annual length frequencies of sailfish by area, 1988-1992.
FIGURA 80. Frecuencias de longitud anuales de pez vela por área, 1988-1992.

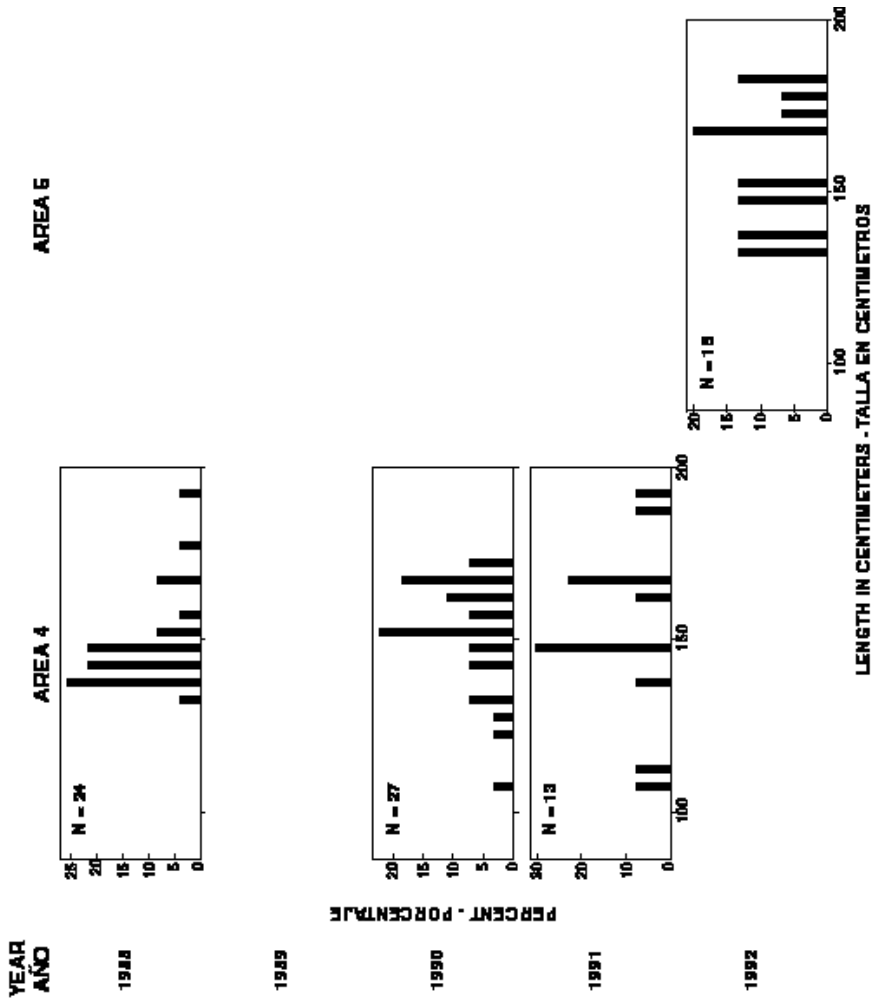


FIGURE 80. (continued)
 FIGURA 80. (continuación)

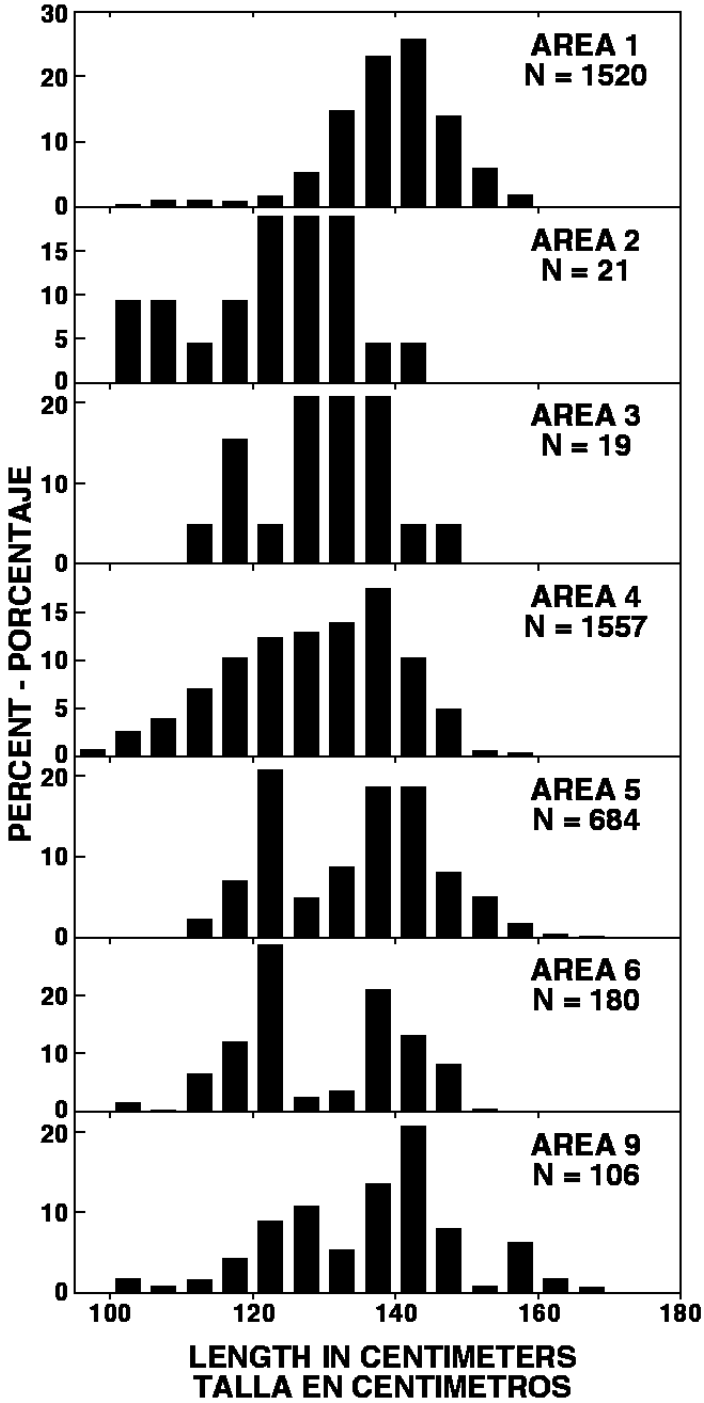


FIGURE 81. Length frequencies of shortbill spearfish by area, 1988-1992.

FIGURA 81. Frecuencias de longitud de marlín trompa corta por área, 1988-1992.

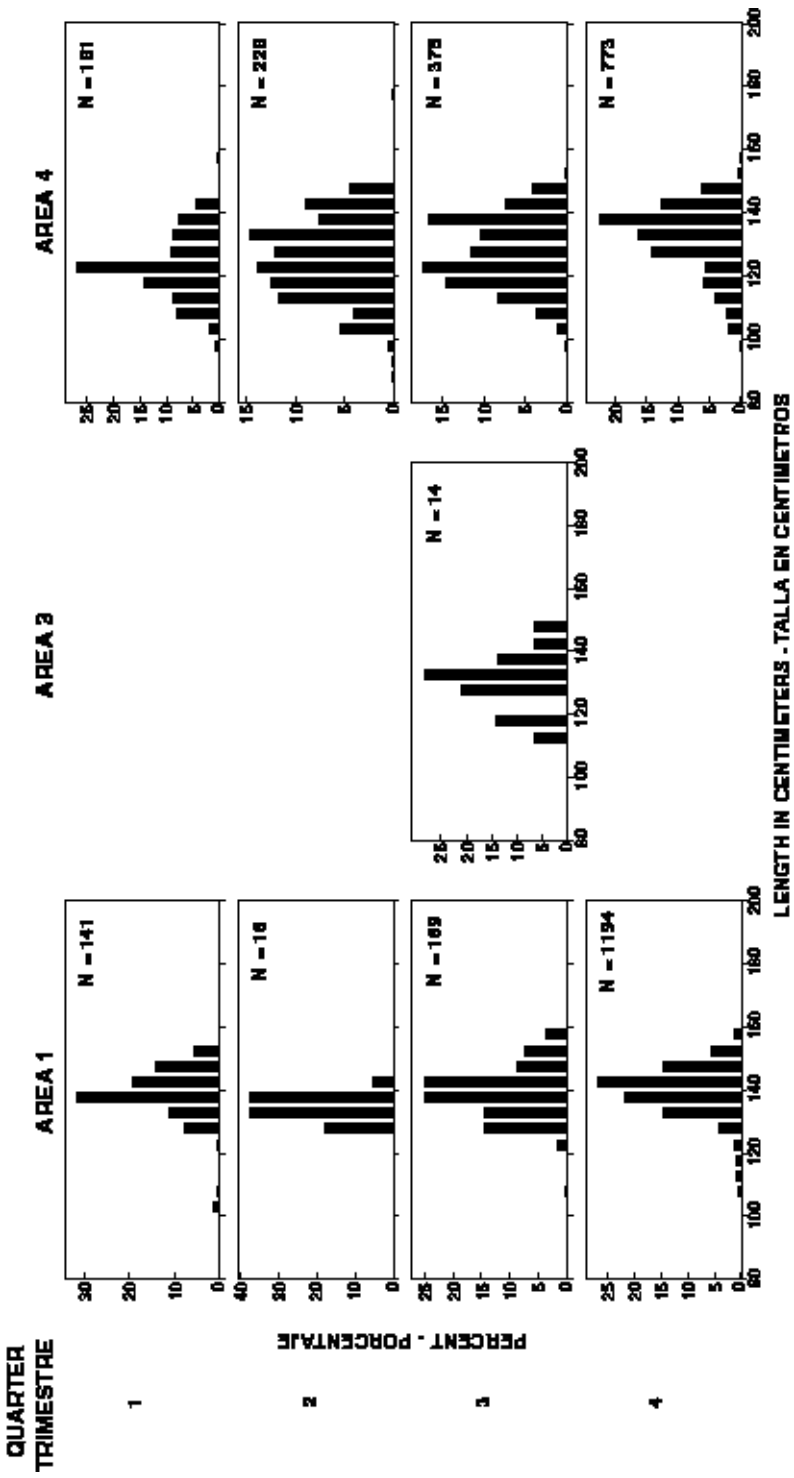


FIGURE 82. Quarterly length frequencies of shortbill spearfish by area, 1988-1992.

FIGURA 82. Frecuencias de longitud trimestrales de marlín trompa corta por área, 1988-1992.

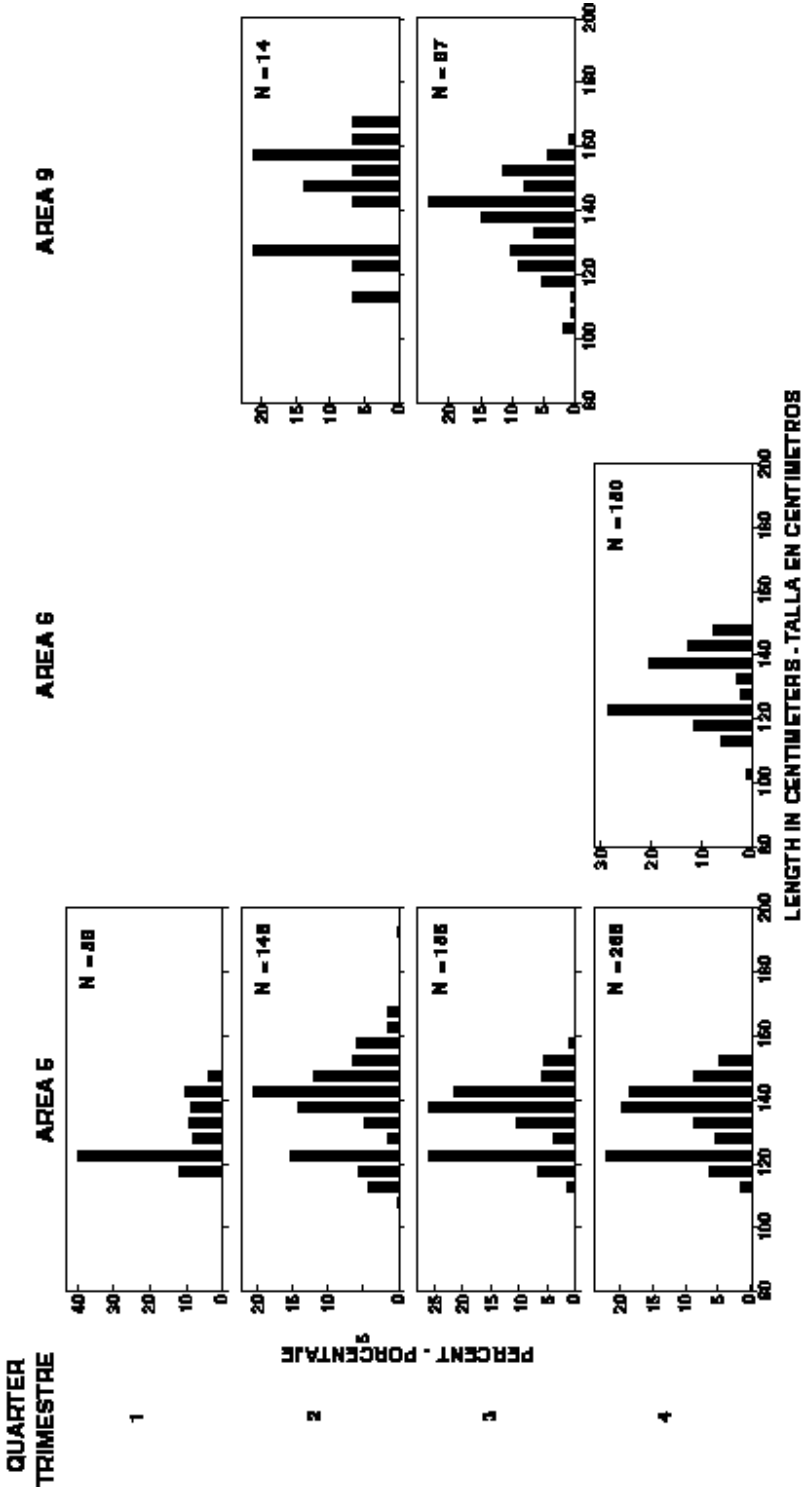


FIGURE 82. (continued)
FIGURA 82. (continuación)

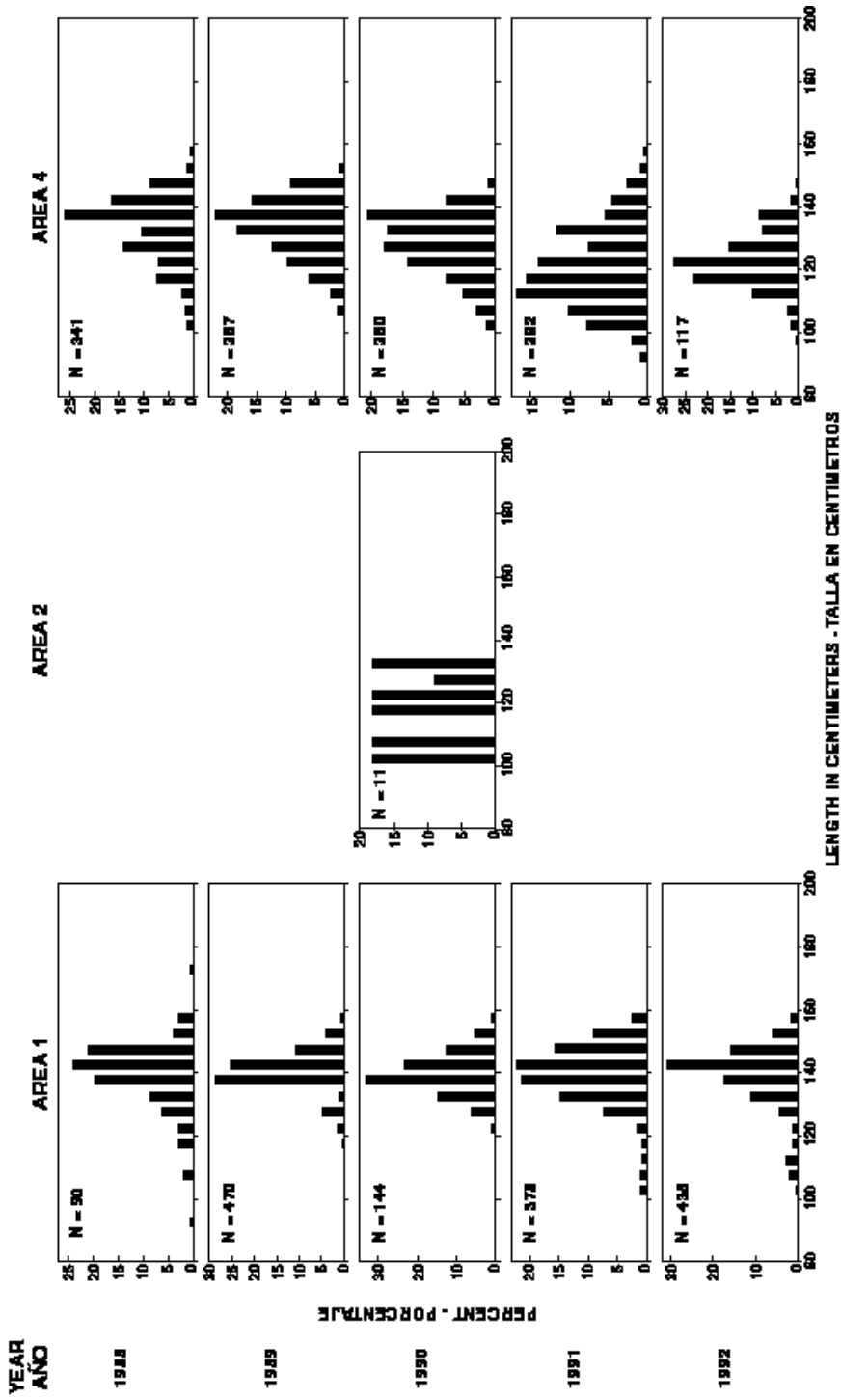


FIGURE 83. Annual length frequencies of shortbill spearfish by area, 1988-1992.
 FIGURA 83. Frecuencias de longitud anuales de marlín trompa corta por área, 1988-1992.

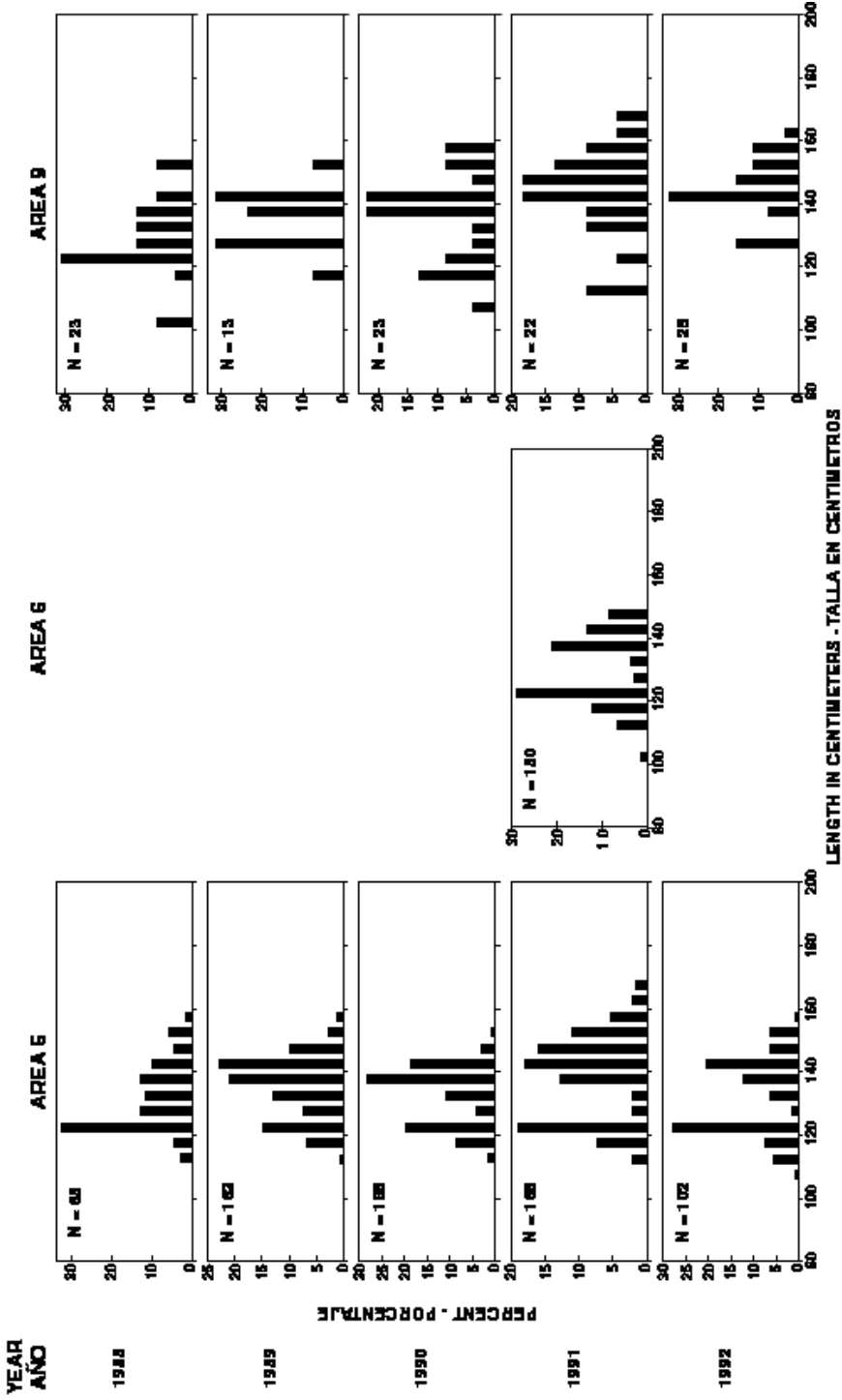


FIGURE 83. (continued)
FIGURA 83. (continuación)

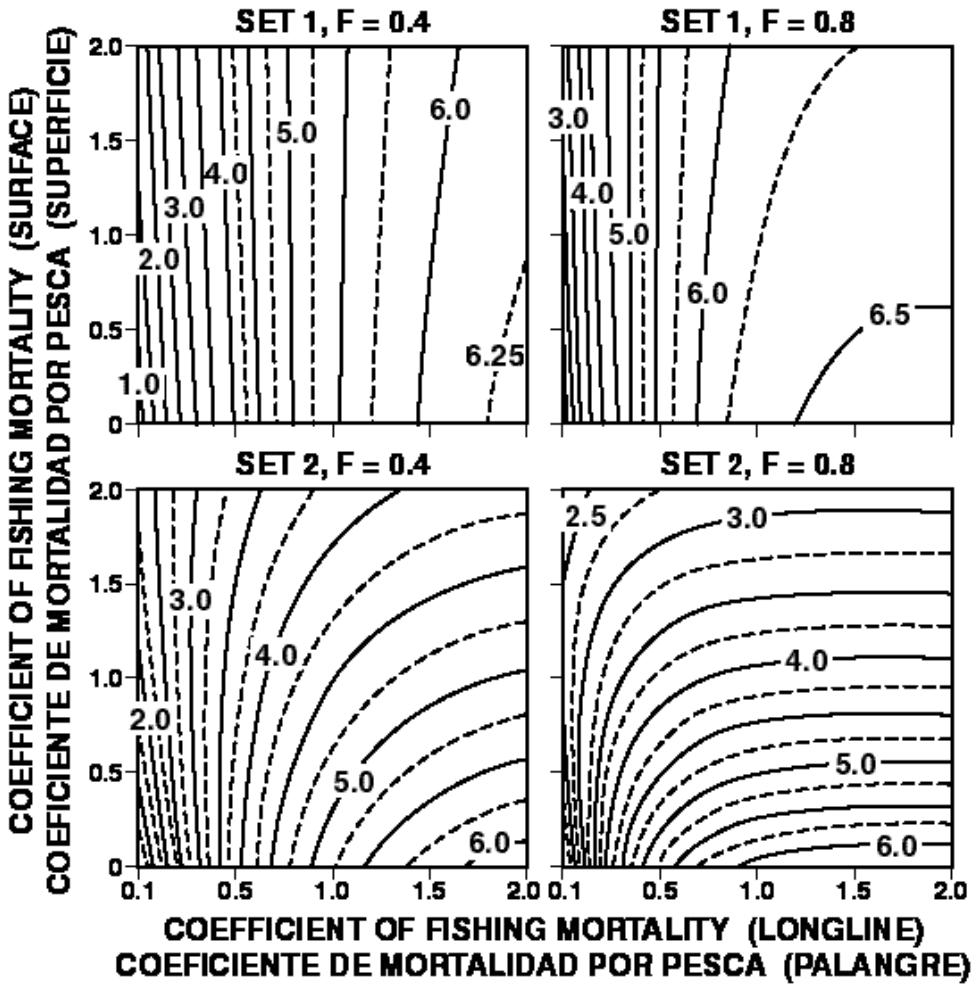


FIGURE 84. Results of a two-fishery yield-per-recruit analysis for bigeye in the Pacific Ocean (after Miyabe, 1994: Figure 3).

FIGURA 84. Resultados de un análisis del rendimiento por recluta de patudo en dos pesquerías en el Océano Pacífico (de Miyabe, 1994: Figura 3).

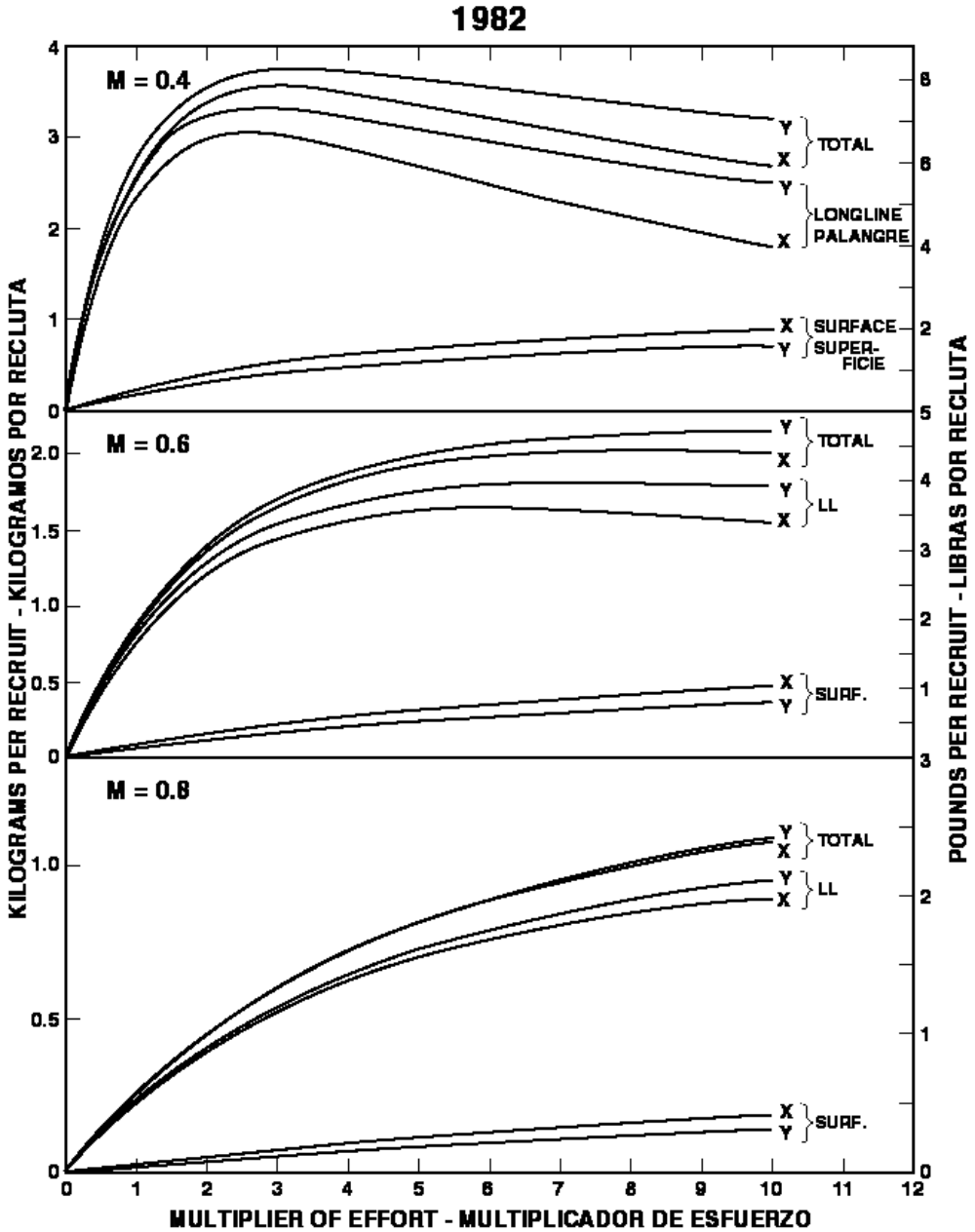


FIGURE 85. Estimated yields per recruit of bigeye in the EPO with various multiples of the fishing effort in 1982 and 1994 (after Tomlinson, 1998: Figure 15).

FIGURA 85. Rendimientos por recluta estimados de patudo en el OPO con varios múltiplos del esfuerzo de pesca en 1982 y 1994 (de Tomlinson, 1998: Figura 15).

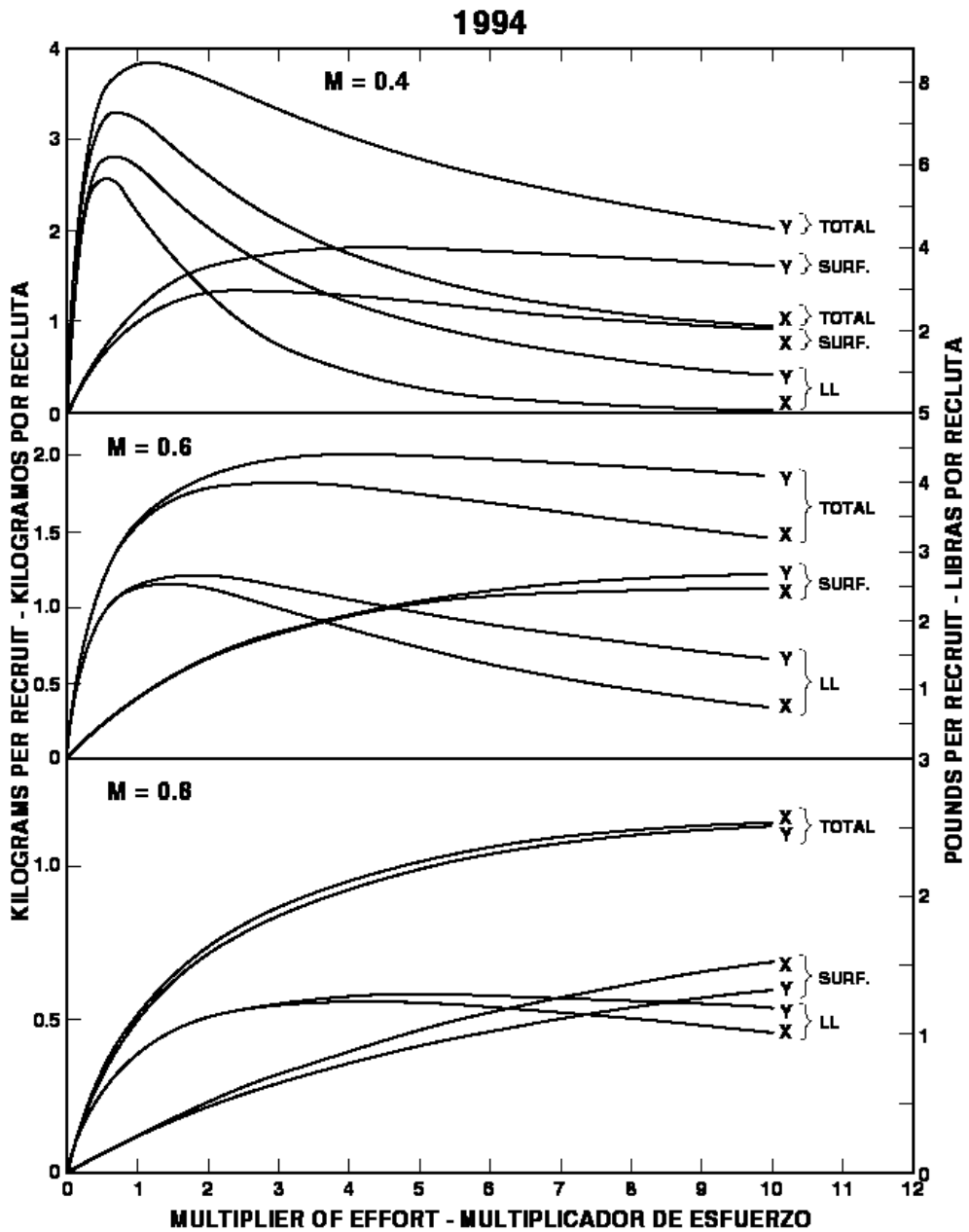


FIGURE 85. (continued)
 FIGURA 85. (continuación)

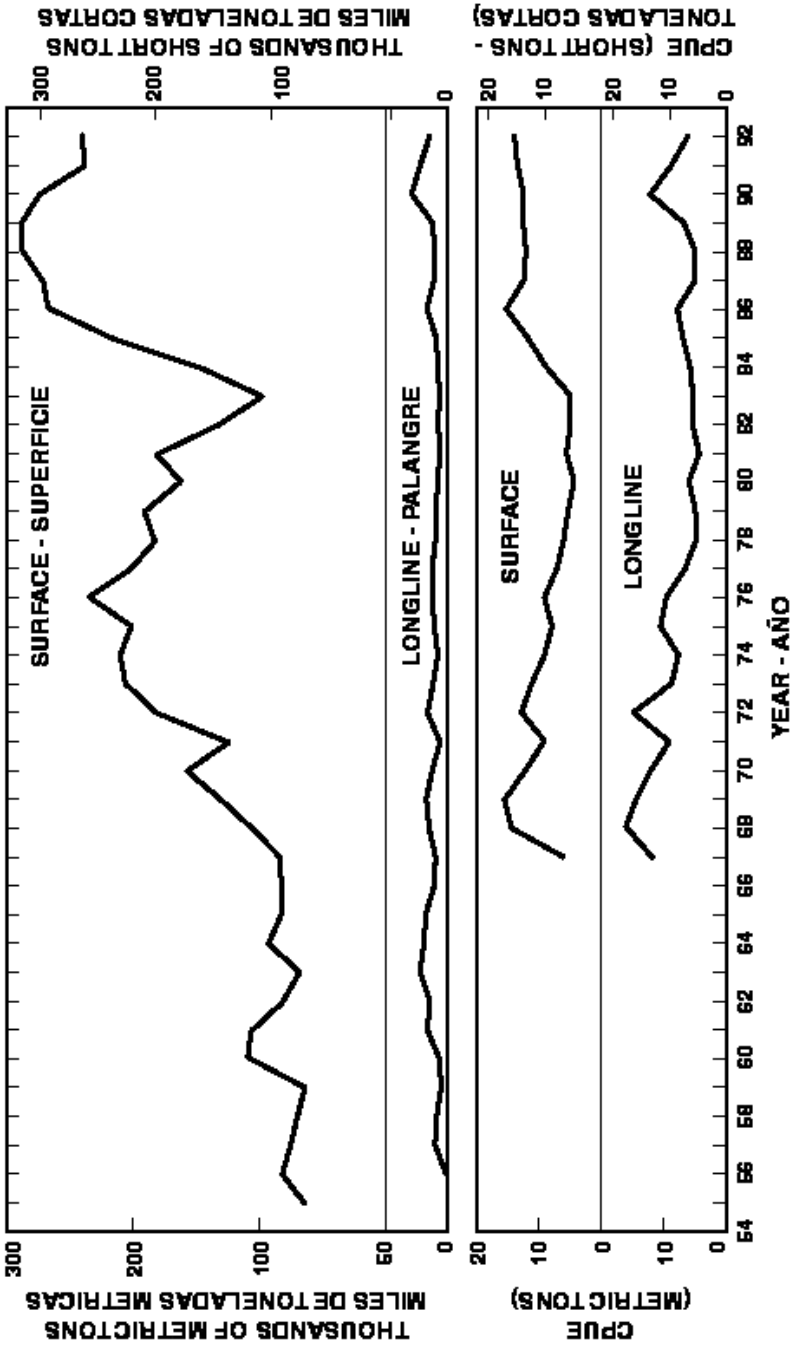


FIGURE 86. Catches and CPUEs for yellowfin in the EPO. The CPUE data for the surface fishery are expressed as catch per day by Class-6 vessels, and those for the longline fishery are expressed as catch per 73,800 hooks.

FIGURA 86. Capturas y CPUE de aleta amarilla en el OPO. Se expresan los datos de la pesquería de superficie como captura por día por barcos de la Clase 6, y los de la pesquería palangrera como captura por 73.800 anzuelos.

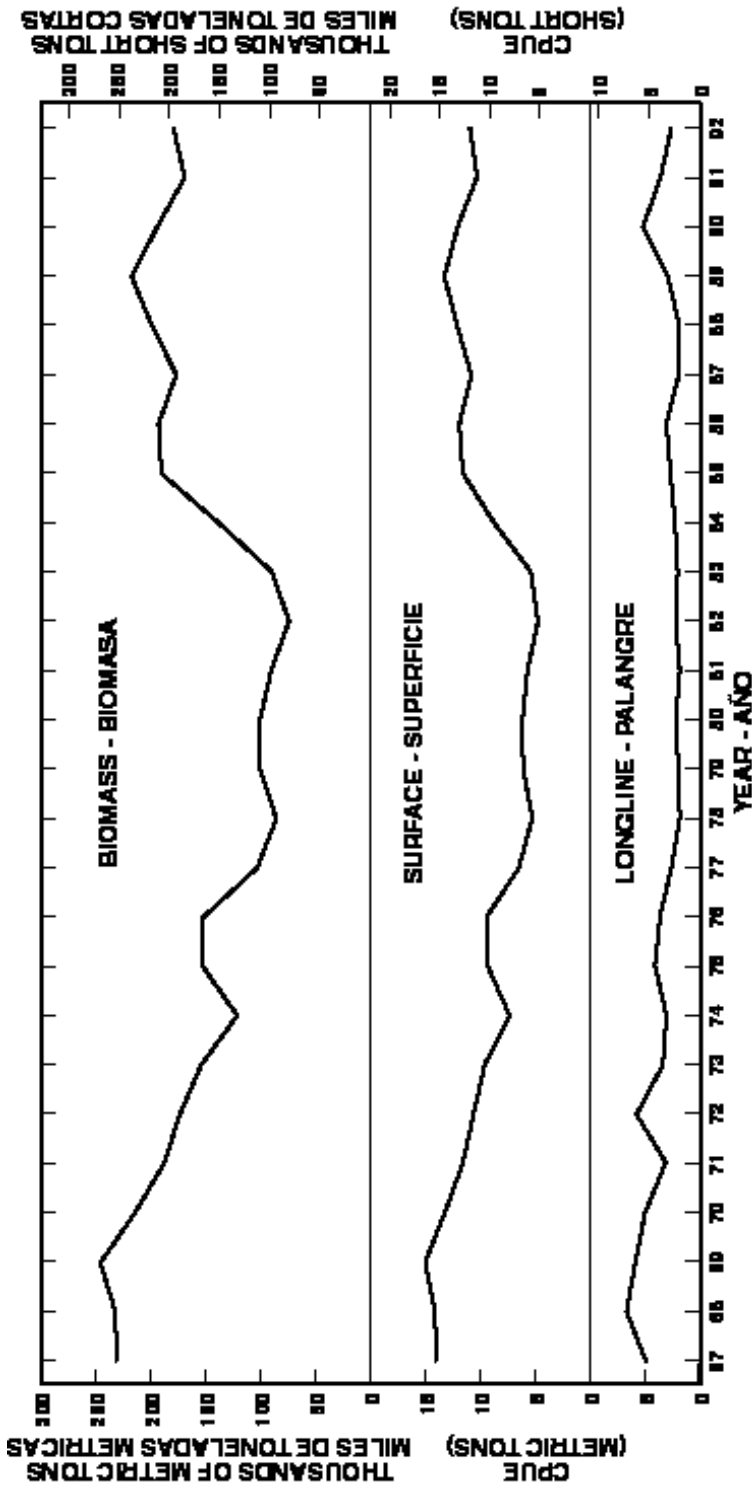


FIGURE 87. CPUEs of large yellowfin by surface and longline gear, compared to biomass estimates of large yellowfin in the EPO. The CPUE data for the surface fishery are expressed as catch per day by Class-6 vessels, and those for the longline fishery are expressed as catch per 30,550 hooks.

FIGURA 87. CPUE de aletas amarillas grandes por artes de superficie y palangre, comparadas con estimaciones de la biomasa de aletas amarillas grandes en el OPO. Se expresan los datos de CPUE de la pesquería de superficie como captura por día por barcos de la Clase 6, y los de la pesquería palangrera como captura por 30.550 anzuelos.

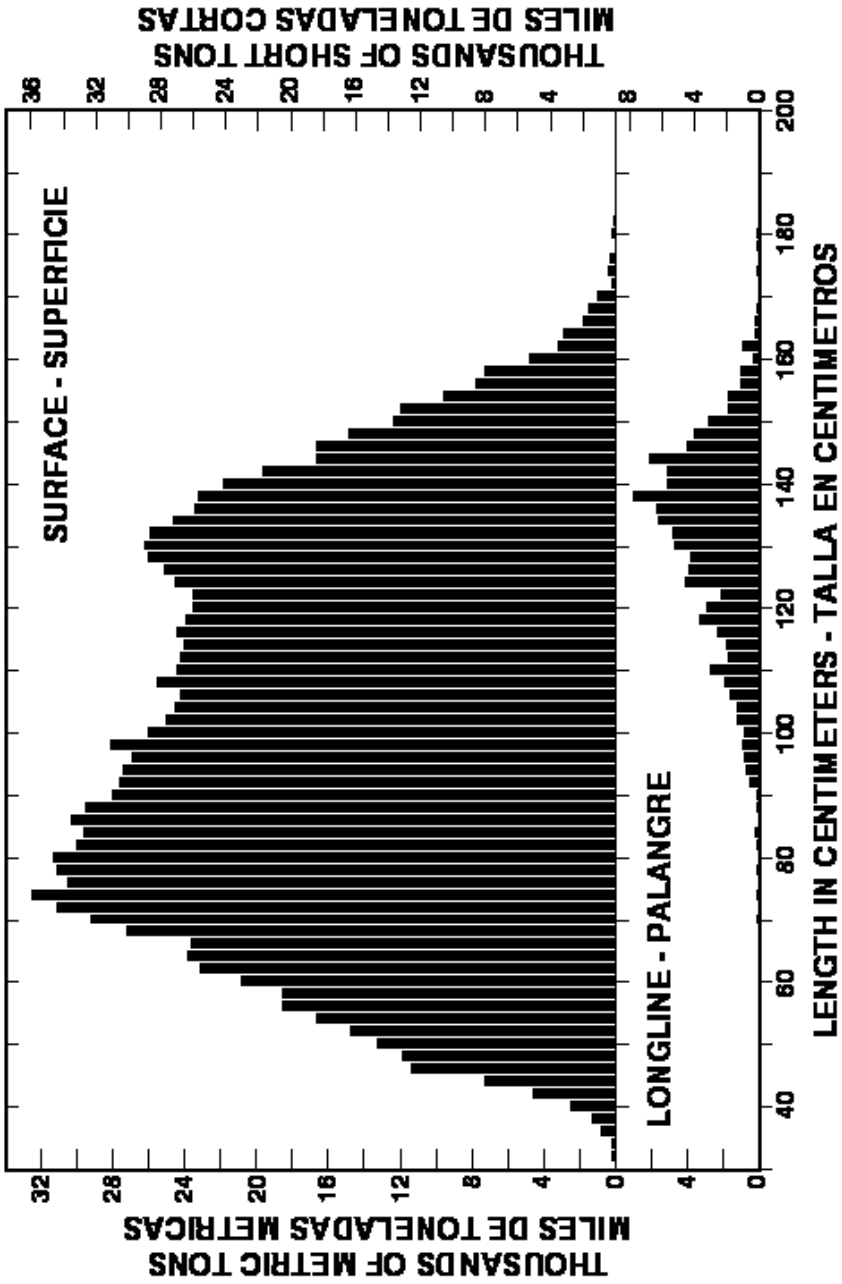


FIGURE 88. Estimated yellowfin catches, by lengths, in the EPO, by surface and longline gear, during 1988-1992.

FIGURA 88. Capturas estimadas de aleta amarilla, por longitud, en el OPO, por artes de superficie y palangre, durante 1988-1992.

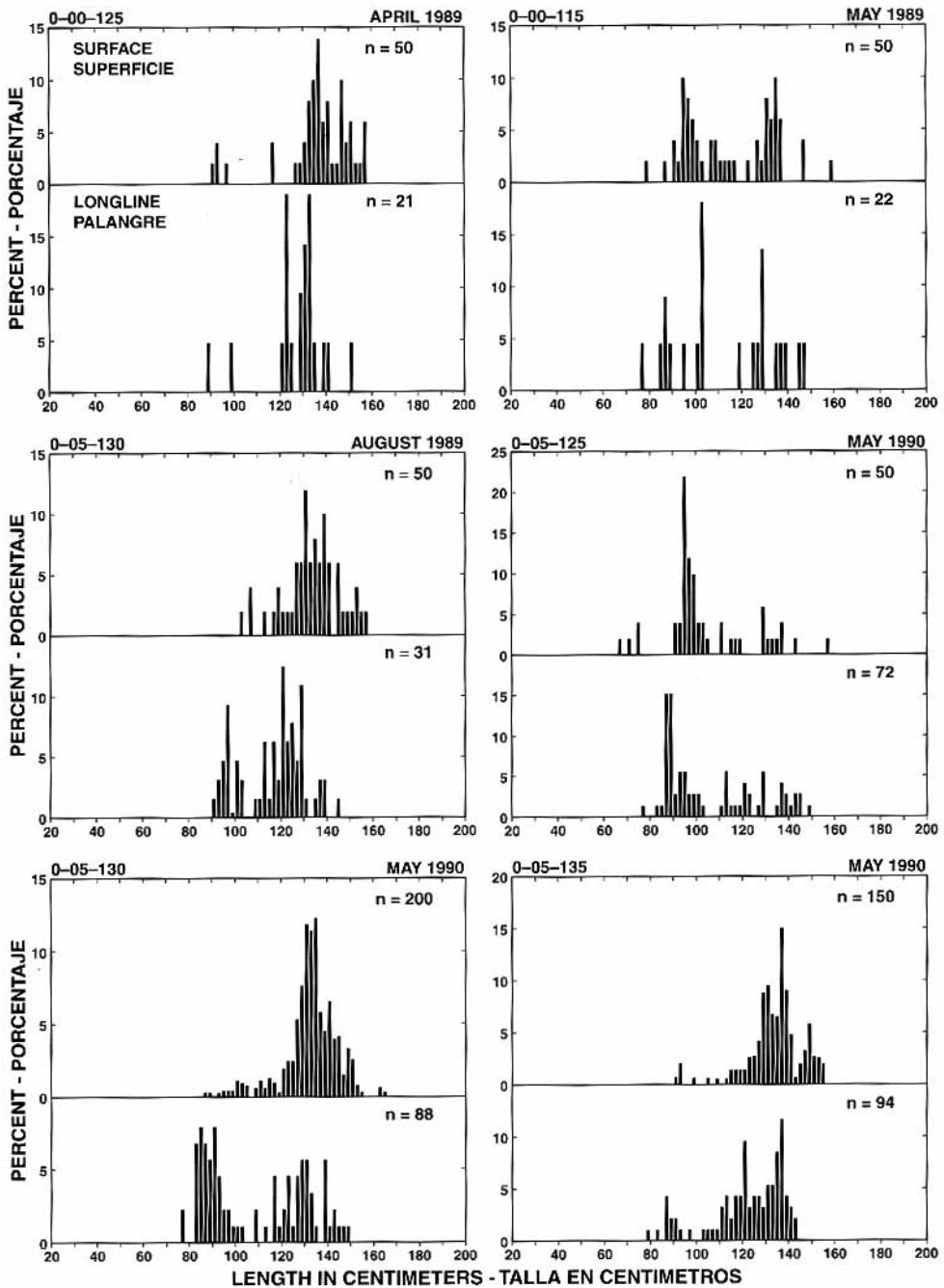


FIGURE 89. Length frequencies of yellowfin caught by surface and longline gear in the same area-time strata during 1988-1992.

FIGURA 89. Frecuencias de longitud de aleta amarilla capturado por artes de superficie y palangre en los mismos estratos de área-tiempo durante 1988-1992.

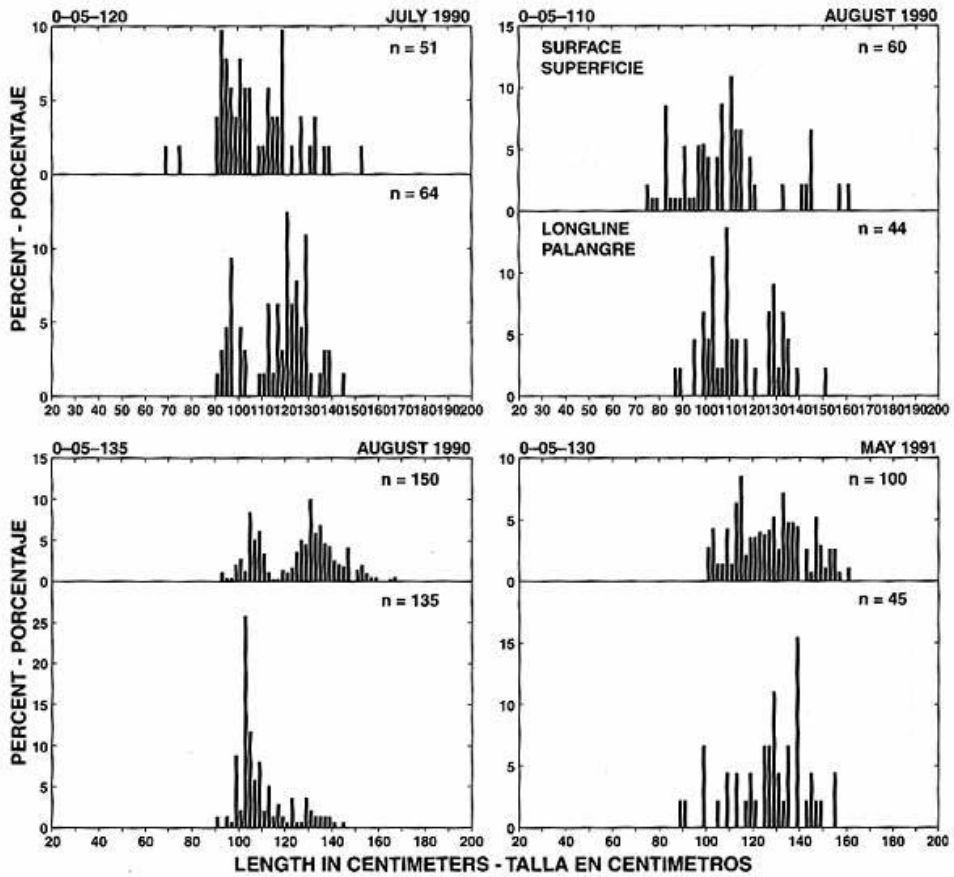


FIGURE 89. (continued)

FIGURA 89. (continuación)

TABLE 1. Annual estimates of Japanese longline effort and logbook coverage in the eastern Pacific Ocean (EPO).

TABLA 1. Estimaciones anuales del esfuerzo de barcos palangreros japoneses y cobertura de los cuadernos de bitácora en el Océano Pacífico oriental (OPO).

Year	Unit	Gross registered tonnage				Hooks per set	Logbook coverage (percent)
		50-100	100-200	200-500	Total		
Año	Unidad	Tonelaje bruto registrada				Anzuelos por calada	Cobertura de bitácoras (porcentaje)
		50-100	100-200	200-500	Total		
1988	Hooks—anzuelos	369,600	17,060,665	165,263,954	182,694,219	2605.9	95.6
	Sets—caladas	132	6,526	63,450	70,107		
	% of sets—de caladas	0.2	9.3	90.5			
1989	Hooks—anzuelos	57,600	18,910,573	151,404,922	170,373,095	2614.3	96.6
	Sets—caladas	18	7,252	57,900	65,170		
	% of sets—de caladas	0.0	11.1	88.8			
1990	Hooks—anzuelos	0	18,041,208	160,378,250	178,419,458	2607.9	96.7
	Sets—caladas	0	6,937	61,479	68,415		
	% of sets—de caladas	0.0	10.1	89.9			
1991	Hooks—anzuelos	2,145	15,246,471	185,116,085	200,364,701	2575.6	96.5
	Sets—caladas	1	6,059	71,732	77,792		
	% of sets—de caladas	0.0	7.8	92.2			
1992	Hooks—anzuelos	0	15,416,631	175,867,078	191,283,709	2508.9	93.9
	Sets—caladas	0	6,136	70,107	76,242		
	% of sets—de caladas	0.0	8.0	92.0			

TABLE 2. Data on weight-length relationships ($\log w = a + b \log l$) for tunas and billfishes. The abbreviations under "Area" are as follows: EPO, eastern Pacific Ocean; CPO, central Pacific Ocean; WPO, western Pacific Ocean. Those under "Length" and "Weight" are defined in the Appendix.

TABLE 2. Datos sobre relaciones peso-longitud ($\log w = a + b \log l$) para atunes y peces picudos. Bajo "Area," EPO = Océano Pacífico oriental, CPO = Océano Pacífico central, y WPO = Océano Pacífico occidental; en el Anexo se definen las siglas bajo "Longitud" y "Peso".

Species Especie	Area	Sample size Tamaño de muestra	Length range Rango de longitud		Length Longitud	Weight Peso		Units Unidades	a	b	Source Fuente
			mm	cm		mm, lb	cm, lb				
Albacore Albacora	EPO Hawaii and northern Pacific	1,073 200	380-1000	mm	SFL	round	round	mm, lb	-7.30662	2.99	Clemens, 1961
Bigeye Patudo	EPO CPO CPO	15 9,144 8,494	66-173 80-190	cm	SFL SFL SFL	round round GG	round round GG	cm, lb cm, lb cm, kg	-4.24241 -4.70349 -4.08305 -4.5425	2.9495 3.02163 2.90182 2.918	Nakamura and Uchiyama, 1966 Morita, 1973 Nakamura and Uchiyama, 1966 Kume and Shiohama, 1964
Yellowfin Aleta amarilla	EPO EPO CPO WPO	541 46 4,822 ca. 10,000	476-1149 63-148 70-180 101-150	mm	SFL SFL SFL SFL	round round round GG	round round round GG	mm, lb cm, kg cm, lb cm, g	-7.41 -4.45653 -4.48732 -2.17783	3.02 2.86807 3.05884 3.1878	Chatwin, 1959 Morita, 1973 Nakamura and Uchiyama, 1966 Kamimura and Homma, 1959
Bluefin Aleta azul	EPO	1,633	580-1280	mm	SFL	round	round	mm, lb	-6.71463	2.79464	Bayliff, 1991
Swordfish Pez espada	EPO EPO CPO Atlantic Atlantic Atlantic	5 10 7 2,569 761 761	131-229 75-231 145-324 80-253 60-280 75-300	cm	EFL EFL SFL LJFL EFL LJFL	round GG round round GG GG	round GG round round GG GG	cm, kg cm, kg cm, kg cm, kg cm, kg cm, kg	-4.6754 -4.802 -6.63272 -5.37644 -5.3398 -5.96218	2.9605 3.0304 3.5305 3.213 3.26327 3.46565	Kume and Joseph, 1969b Kume and Joseph, 1969b Skillman and Yong, 1974 Mejuto et al., 1988 Gouveia and Mejuto, 1995 Gouveia and Mejuto, 1995
Striped marlin Marlin rayado	EPO EPO EPO EPO CPO	51 111 1,982 535 53	108-211 132-222 110-215 153-271 142-310	cm	EFL EFL EFL SFL SFL	round GG round round round	round GG round round round	cm, kg cm, kg cm, kg cm, kg cm, kg	-5.2552 -4.9896 -5.157 -5.34 -6.24317	3.0888 2.9749 3.071 2.982 3.3756	Kume and Joseph, 1969b Kume and Joseph, 1969b Wares and Sakagawa, 1974 Wares and Sakagawa, 1974 Skillman and Yong, 1974

TABLE 2. (continued)
 TABLA 2. (continuación)

Species	Area	Sample size	Length range	Weight	Units	a	b	Source
Especie	Area	Tamaño de muestra	Rango de longitud	Peso	Unidades	a	b	Fuente
Blue marlin	EPO	11	167-270 cm	round	cm, kg	-4.4455	2.8223	Kume and Joseph, 1969b
Marlín azul	EPO	24	98-234 cm	GG	cm, kg	-6.2101	3.5644	Kume and Joseph, 1969b
	EPO	57	154-265 cm	round	cm, kg	-5.69	3.318	Wares and Sakagawa, 1974
	EPO	20	221-347 cm	round	cm, kg	-7.543	3.905	Wares and Sakagawa, 1974
	CPO	453	135-457 cm	round	cm, kg	-5.30061	3.0214	Skillman and Yong, 1974
Black marlin	CPO	24	214-373 cm	round	cm, kg	-5.62366	3.1654	Skillman and Yong, 1974
Marlín negro								
Sailfish	EPO	28	134-205 cm	round	cm, kg	-3.9357	2.4156	Kume and Joseph, 1969b
Pez vela	EPO	44	132-212 cm	GG	cm, kg	-4.8325	2.8202	Kume and Joseph, 1969b
	EPO	802	115-222 cm	round	cm, kg	-4.36	2.628	Wares and Sakagawa, 1974
	EPO	71	183-271 cm	round	cm, kg	-4.788	2.662	Wares and Sakagawa, 1974
	CPO	18	177-281 cm	round	cm, kg	-4.68321	2.6054	Skillman and Yong, 1974
Shortbill spearfish	EPO	19	128-156 cm	round	cm, kg	-6.8146	3.7242	Kume and Joseph, 1969b
Marlín trompa corta	EPO	89	102-167 cm	GG	cm, kg	-7.2239	3.9195	Kume and Joseph, 1969b
	CPO	16	140-180 cm	round	cm, kg	-7.30031	3.8338	Skillman and Yong, 1974

TABLE 3. Average weights of tunas and billfishes, in kilograms, caught by the Japanese longline fishery in the EPO. (Data on average weights of longline-caught tunas and billfishes in the central Pacific Ocean during 1965-1977 are given by Yong and Wetherall (1980: Table 4), and data on average weights of striped marlin caught by recreational fishermen in the EPO during 1945-1980 are given by Squire (1983).)

TABLA 3. Pesos promedios, en kilogramos, de atunes y picudos capturados por la pesquería palangrera japonesa en el OPO. (Yong y Wetherall (1980: Tabla 4) presentan datos sobre pesos promedios de atunes y picudos capturadas con palangre en el Océano Pacífico central durante 1965-1977, y Squire (1983) datos sobre pesos promedios de marlines rayados capturados por pescadores deportivos en el OPO durante 1945-1980.)

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul
1971	14.2	55.1	42.5	48.3	37.3	106.6
1972	15.4	54.4	37.6	48.9	39.7	96.4
1973	14.5	56.9	42.5	54.3	38.7	86.2
1974	13.5	53.6	40.6	54.0	37.2	88.7
1975	14.2	51.0	30.1	59.3	43.0	94.3
1976	14.0	53.9	40.9	59.7	45.1	90.0
1977	12.3	54.5	40.4	57.9	42.1	89.9
1978	13.8	53.5	39.2	61.6	39.6	90.3
1979	13.3	43.7	36.3	55.3	40.6	98.4
1980	13.2	54.7	41.2	63.9	40.5	99.5
1981	11.6	53.8	29.7	56.6	37.7	90.6
1982	13.4	49.1	36.3	54.8	30.4	90.4
1983	15.2	59.6	35.3	58.3	37.6	83.3
1984	13.0	62.5	33.3	67.3	41.8	83.3
1985	14.5	45.4	33.9	59.4	35.3	89.9
1986	13.3	49.8	40.1	49.7	38.0	84.7
1987	14.0	55.1	41.7	46.2	38.3	85.2
1988	15.2	55.8	36.6	52.4	39.1	85.8
1989	16.2	51.2	35.4	55.8	34.6	91.1
1990	13.8	54.3	40.8	51.3	44.4	86.8
1991	13.3	57.0	42.7	51.1	41.8	85.0
1992	14.0	57.4	41.3	58.0	38.8	91.8

TABLE 4. Effort, in thousands of hooks, and catch per unit of effort, in fish per 100 hooks, of tunas and billfishes caught in the EPO. Data for the following areas were used in these calculations: northern albacore, 1, southern albacore, 4-6 and 9; bigeye, 2-5 and 8-9; yellowfin, 1-9; bluefin, 1, swordfish, 1-9; striped marlin, 1, 3, and 5-9; blue marlin, 2-8; black marlin, 2-8; sailfish, 7-9; shortbill spearfish, 1-6.

TABLA 4. Esfuerzo (Effort), en miles de anzuelos, y captura por 100 anzuelos, para atunes y picudos capturados en el OPO, 1956-1992. En estos cálculos se usaron datos de las siguientes áreas: albacora del norte, 1; albacora del sur, 4-6 y 9; patudo, 2-5 y 8-9; aleta amarilla, 1-9; aleta azul, 1; pez espada, 1-9; marlin rayado, 1, 3, y 5-9; marlin azul, 2-8; marlin negro, 2-8; pez vela, 7-9; marlin trompa corta, 1-6.

Year	Northern albacore	Southern albacore	Bigeye	Yellowfin	Bluefin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Sailfish	Shortbill spearfish
Año	Albacora del norte	Albacora del sur	Patudo	Aleta amarilla	Aleta azul	Pez espada	Marlin rayado	Marlin azul	Marlin negro	Pez vela	Marlin trompa corta
1956	Effort 931	862	1,403	2,334	931	2,334	937	1,403	1,403	0	2,334
	CPUE 0.008	2,357	1,066	1,152	0	0.011	0.133	1,267	0.016		0.009
1957	Effort 629	5,164	8,137	8,988	629	8,988	2,007	8,359	8,359	0	8,988
	CPUE 0.005	0.895	2,029	1.811	0	0.025	0.058	0.467	0.02		0.012
1958	Effort 885	8,024	8,593	10,318	885	10,318	4,098	9,433	9,433	0	10,318
	CPUE 0.006	1.672	2.015	1.328	0	0.018	0.155	0.419	0.014		0.011
1959	Effort 1,268	6,109	8,295	10,197	1,268	10,197	3,344	8,928	8,928	0	10,197
	CPUE 0.007	2.83	2,244	0.937	0.003	0.013	0.22	0.357	0.013		0.012
1960	Effort 3,013	6,078	11,027	14,236	3,013	14,236	5,169	11,219	11,219	17	14,219
	CPUE 0.018	2,926	2,375	1.159	0.001	0.018	0.189	0.243	0.013		0.013
1961	Effort 1,562	14,905	32,693	34,333	1,562	34,333	11,447	32,093	32,093	3,228	31,105
	CPUE 0.003	1.26	2,868	1.012	0.003	0.031	0.388	0.202	0.01	0.084	0.022
1962	Effort 2,201	23,581	42,278	46,062	2,201	46,062	21,039	42,298	42,298	6,977	39,085
	CPUE 0.081	1.835	1.85	0.616	0	0.039	0.41	0.182	0.009	0.066	0.023
1963	Effort 6,579	53,429	79,325	92,272	6,579	92,272	47,742	81,862	81,862	13,832	78,440
	CPUE 0.057	1.696	1,359	0.572	0	0.038	0.356	0.153	0.009	0.118	0.046
1964	Effort 7,633	37,342	65,061	86,811	7,633	86,811	56,924	74,135	74,135	24,793	62,018
	CPUE 0.002	1.198	1.178	0.544	0	0.065	0.499	0.082	0.007	0.294	0.032
1965	Effort 4,677	31,023	51,822	71,687	4,677	71,687	40,299	63,811	63,811	20,889	50,798
	CPUE 0.013	0.911	0.881	0.606	0	0.044	0.601	0.072	0.007	1.907	0.062
1966	Effort 6,373	29,768	46,412	63,205	6,373	63,205	47,049	50,267	50,267	24,884	38,321
	CPUE 0.075	0.931	1.056	0.399	0	0.061	0.479	0.056	0.009	0.87	0.052
1967	Effort 12,508	25,164	42,623	66,607	12,508	66,607	50,890	50,261	50,261	18,696	47,911
	CPUE 0.084	0.893	0.979	0.371	0	0.044	0.496	0.067	0.009	1.419	0.058

TABLE 4. (continued)
 TABLA 4. (continuación)

Year	Northern albacore	Southern albacore	Bigeye	Yellowfin	Bluefin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Sailfish	Shorthill speartfish
Año	Albacora del norte	Albacora del sur	Patudo	Aleta amarilla	Aleta azul	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Marlín negro	Pez vela	Marlín trompa corta
1968	Effort CPUE	22,108 0.378	45,457 0.964	72,425 0.553	10,418 0	72,425 0.059	56,304 0.626	54,911 0.068	54,911 0.008	32,950 1.174	39,474 0.049
1969	Effort CPUE	34,147 0.212	71,428 1.078	92,196 0.454	11,847 0	92,196 0.129	69,859 0.313	69,782 0.067	69,782 0.006	40,034 0.451	52,162 0.036
1970	Effort CPUE	31,131 0.417	59,713 0.798	83,393 0.409	13,603 0.001	83,393 0.093	58,573 0.433	63,754 0.061	63,754 0.005	25,521 0.979	57,872 0.048
1971	Effort CPUE	23,320 0.182	49,004 0.849	66,759 0.26	9,399 0	66,759 0.06	43,202 0.555	53,650 0.045	53,650 0.004	18,678 0.776	48,080 0.038
1972	Effort CPUE	28,696 0.089	56,077 0.865	78,240 0.544	13,003 0	78,240 0.059	55,717 0.294	59,344 0.04	59,344 0.005	25,315 0.531	52,925 0.043
1973	Effort CPUE	43,623 0.105	81,828 0.937	107,225 0.26	15,311 0	107,225 0.064	79,026 0.151	81,579 0.047	81,579 0.006	38,627 0.381	68,598 0.055
1974	Effort CPUE	38,296 0.078	70,339 0.814	89,205 0.264	9,165 0	89,205 0.044	52,976 0.238	70,724 0.042	70,724 0.004	28,008 0.527	61,198 0.047
1975	Effort CPUE	38,930 0.11	72,965 0.951	86,043 0.407	7,951 0	86,043 0.045	54,974 0.212	69,053 0.032	69,053 0.003	31,379 0.31	54,664 0.053
1976	Effort CPUE	58,350 0.182	100,188 0.877	117,271 0.321	6,235 0	117,271 0.049	62,277 0.21	102,395 0.034	102,395 0.002	28,512 0.216	88,759 0.047
1977	Effort CPUE	72,095 0.167	123,639 0.973	132,875 0.209	5,980 0	132,875 0.054	75,890 0.079	114,974 0.027	114,974 0.003	36,785 0.149	96,089 0.029
1978	Effort CPUE	74,019 0.194	124,182 0.857	140,006 0.167	13,697 0	140,006 0.047	89,052 0.052	103,567 0.031	103,567 0.002	48,251 0.098	91,755 0.02
1979	Effort CPUE	66,057 0.139	124,300 0.911	137,769 0.216	12,197 0	137,769 0.034	75,957 0.117	111,546 0.038	111,546 0.002	33,346 0.067	104,423 0.015
1980	Effort CPUE	82,289 0.171	128,722 0.831	138,141 0.203	6,642 0	138,141 0.041	88,084 0.124	117,186 0.031	117,186 0.002	42,807 0.016	95,393 0.016
1981	Effort CPUE	85,448 0.113	120,035 0.743	131,271 0.181	9,597 0	131,271 0.038	74,552 0.132	101,809 0.04	101,809 0.002	33,830 0.023	97,441 0.014

TABLE 4. (continued)
TABLA 4. (continuación)

Year	Northern albacore	Southern albacore	Bigeye	Yellowfin	Bluefin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Sailfish	Shorthill spearfish
Año	Albacora del norte	Albacora del sur	Patudo	Aleta amarilla	Aleta azul	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Marlín negro	Pez vela	Marlín trompa corta
1982	Effort CPUE	63,991 0.699	103,110 0.907	116,200 0.233	8,460 0	116,200 0.039	73,564 0.18	94,611 0.05	94,611 0.002	28,927 0.085	87,273 0.014
1983	Effort CPUE	70,378 0.149	111,444 0.946	127,176 0.209	12,051 0	127,176 0.042	99,364 0.088	94,370 0.05	94,370 0.002	47,024 0.028	80,152 0.017
1984	Effort CPUE	79,369 1.135	101,429 0.856	119,621 0.229	16,252 0	119,621 0.033	74,142 0.065	81,617 0.068	81,617 0.002	30,945 0.006	88,676 0.019
1985	Effort CPUE	64,826 0.094	97,243 1.32	106,758 0.294	9,302 0	106,758 0.027	54,241 0.055	80,764 0.045	80,764 0.002	25,089 0.002	81,669 0.01
1986	Effort CPUE	113,237 0.091	145,165 1.17	160,553 0.275	13,457 0	160,553 0.033	92,408 0.065	122,775 0.042	122,775 0.002	39,978 0.002	120,574 0.011
1987	Effort CPUE	132,423 0.088	172,563 0.873	188,393 0.171	11,902 0	188,393 0.041	131,271 0.094	153,761 0.043	153,761 0.001	44,297 0.008	144,095 0.007
1988	Effort CPUE	134,738 0.15	164,928 0.641	182,694 0.186	14,946 0	182,694 0.038	89,062 0.075	145,447 0.038	145,447 0.001	36,003 0.007	146,691 0.009
1989	Effort CPUE	95,529 0.075	144,600 0.77	170,371 0.254	23,697 0	170,371 0.033	92,458 0.082	130,511 0.039	130,511 0.001	30,707 0.025	139,663 0.009
1990	Effort CPUE	114,046 0.085	165,011 0.911	178,419 0.402	12,953 0	178,419 0.033	86,320 0.063	138,029 0.036	138,029 0.001	41,417 0.002	137,003 0.008
1991	Effort CPUE	140,403 0.111	184,531 0.746	200,365 0.277	15,033 0	200,365 0.03	109,039 0.044	155,944 0.036	155,944 0.001	43,062 0.004	157,302 0.006
1992	Effort CPUE	127,470 0.114	170,157 0.679	191,284 0.194	21,017 0	191,284 0.028	124,760 0.034	149,131 0.036	149,131 0.001	43,036 0.002	148,248 0.006

TABLE 5. Prices, in yen per kilogram, paid for frozen tunas and billfishes at fish markets in ports of landing in Japan.**TABLA 5.** Precios, en yen por kilogramo, pagados por atunes y picudos congelados en mercados en puertos de descarga en Japón.

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue and black marlin	Sailfish and spearfish
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlines azul y negro	Pez vela y marlín trompa corta
1967	175	124	152	180	240	261	136
1968	179	153	142	287	286	286	166
1969	197	250	214	280	318	313	184
1970	253	347	296	279	383	327	181
1971	239	392	320	306	421	405	246
1972	216	414	318	334	485	381	197
1973	254	460	390	353	664	475	242
1974	226	573	482	394	615	503	233
1975	231	649	504	439	732	610	361
1976	396	712	482	607	844	676	316
1977	466	792	524	704	908	641	604
1978	292	719	479	595	612	514	391
1979	387	976	640	640	871	578	391
1980	396	831	519	760	663	481	394
1981	515	975	541	688	677	570	414
1982	401	933	474	803	866	610	407
1983	338	847	436	747	809	534	342
1984	363	1145	668	902	1106	494	262
1985	346	917	628	820	799	511	405
1986	248	872	526	791	719	451	275
1987	259	838	511	796	656	355	221
1988	243	1025	532	697	626	305	200
1989	265	1228	771	596	927	414	265
1990	279	1149	572	646	892	425	280
1991	258	1032	485	786	938	433	252
1992	320	1136	623	691	838	410	213
1993	267	1190	658	682	606	361	165

TABLE 6. Catches of tunas and billfishes, in numbers of fish, by the Japanese longline fishery in the EPO.
TABLA 6. Capturas de atunes y picudos, en número de peces, por la pesquería palangrera japonesa en el OPO.

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black shortbill spearfish	Sailfish and	Total
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez	Marlín rayado	Marlín azul	Marlín negro	Pez vela y marlín trompa corta	Total
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	29,876	5,812	325	590	3,006	116	418	40,143
1955	6,106	33,601	11,878	258	414	8,347	297	702	61,603
1956	20,411	44,687	26,884	252	1,699	18,325	237	201	112,596
1957	46,345	180,001	162,780	2,248	3,810	39,336	1,695	1,101	437,316
1958	134,203	196,594	137,020	1,815	8,307	39,858	1,361	1,178	520,336
1959	175,173	213,711	95,589	1,330	9,465	32,640	1,154	1,249	530,311
1960	178,571	328,924	165,030	2,562	13,497	28,379	1,454	1,898	720,315
1961	190,258	973,110	347,617	10,635	51,838	66,113	3,449	9,606	1,652,626
1962	437,360	836,119	283,950	18,190	94,790	78,696	4,104	13,666	1,766,875
1963	911,361	1,236,395	527,613	35,332	184,629	127,443	7,158	52,668	3,082,599
1964	450,462	858,715	471,861	56,523	292,225	64,466	5,330	93,112	2,292,694
1965	284,239	541,211	434,207	31,518	253,222	48,256	4,794	430,118	2,027,565
1966	283,128	645,201	252,106	38,618	230,992	30,562	4,937	236,391	1,721,935
1967	235,819	648,021	247,288	29,388	264,261	35,956	5,015	293,125	1,758,873
1968	104,945	640,559	400,439	42,810	360,284	39,256	4,541	406,494	1,999,328
1969	106,639	962,080	418,389	118,530	229,628	49,358	4,921	199,616	2,089,161
1970	161,432	603,576	341,309	77,272	279,167	43,234	3,571	277,404	1,786,965
1971	64,516	526,836	173,356	40,308	269,414	25,454	2,500	163,022	1,265,046
1972	52,509	650,240	425,868	46,154	175,855	24,750	3,155	156,993	1,535,524
1973	93,043	886,464	279,040	68,579	132,196	40,609	5,210	184,641	1,689,782
1974	40,767	678,216	235,173	39,114	140,177	30,571	3,332	176,187	1,343,537
1975	30,945	792,340	350,294	38,507	124,375	22,927	2,581	126,043	1,488,012
1976	62,016	974,674	375,896	56,882	141,509	35,437	2,014	103,001	1,751,429
1977	182,190	1,296,738	277,767	72,253	71,383	32,283	3,160	82,486	2,018,260
1978	196,988	1,261,057	234,369	65,596	54,662	33,775	2,023	65,534	1,914,004
1979	188,579	1,250,050	298,064	46,531	99,666	43,770	2,820	37,638	1,967,118
1980	151,235	1,122,300	280,992	56,848	118,101	37,859	2,892	21,977	1,792,204
1981	177,910	981,725	237,128	50,378	108,641	42,481	1,914	21,895	1,622,072
1982	94,491	1,061,288	270,690	44,844	136,903	48,265	1,821	37,364	1,695,666
1983	190,546	1,193,849	266,394	53,707	92,176	49,370	1,706	27,070	1,874,818
1984	266,045	1,027,340	274,289	39,059	54,784	56,359	1,994	18,536	1,738,406
1985	139,537	1,378,671	313,667	29,346	37,538	37,070	1,445	8,492	1,945,766
1986	140,282	1,865,733	440,936	52,424	66,701	52,987	2,285	13,709	2,635,057
1987	185,662	1,619,020	322,574	76,838	131,660	69,030	2,334	13,906	2,421,024
1988	254,837	1,187,317	340,072	69,338	87,033	58,499	1,853	16,222	2,015,171
1989	128,383	1,321,219	433,203	55,886	91,120	53,477	1,111	20,142	2,104,541
1990	180,116	1,604,247	717,045	58,666	63,183	52,441	1,100	10,945	2,687,464
1991	269,285	1,496,669	555,532	59,629	55,389	59,210	970	11,780	2,508,464
1992	230,150	1,304,131	370,354	53,771	51,705	57,010	1,342	9,628	2,078,091

TABLE 7. Average lengths and the corresponding weights of bigeye tuna in the Pacific Ocean used by Miyabe (1994). The lengths were obtained from the equation $l_t = 214.8(1 - e^{-0.2066(t - 0.0249)})$ (Suda and Kume, 1967) and the weights from the equation $\log w = -4.70349 + 3.02163 \log l$ (Morita, 1973).

TABLE 7. Longitudes medias y los pesos correspondientes de atunes patudo en el Océano Pacífico usados por Miyabe (1994). Se calcularon las longitudes con la ecuación $l_t = 214.8(1 - e^{-0.2066(t - 0.0249)})$ (Suda y Kume, 1967) y los pesos con la ecuación $\log w = -4.70349 + 3.02163 \log l$ (Morita, 1973).

Age in years	Length in centimeters	Weight in kilograms
Edad en años	Talla en centímetros	Peso en kilogramos
1	39.2	1.3
2	72.0	8.1
3	98.6	21.0
4	120.3	38.2
5	138.0	57.8
6	152.3	77.9
7	164.0	97.4
8	173.5	115.5
9	181.2	131.7
10	187.4	146.0

TABLE 8. Average lengths and the corresponding weights of bigeye tuna at various ages in the EPO (from Tomlinson, 1998: Table 7). The ages are expressed as months after recruitment, rather than as months after hatching.

TABLA 8. Longitudes medias y los pesos correspondientes de patudo de varias edades en el OPO (de Tomlinson, 1998: Tabla 7). Se expresan las edades en meses desde el reclutamiento, no desde la cría.

Month		Average length (cm)	Average weight (kg)	Age in months
X cohort	Y cohort			
Mes		Longitud media (cm)	Peso promedio (kg)	Edad en meses
Cohorte X	Cohorte Y			
Jul.	Jan.	32.7	0.9	0.5
Oct.	Apr.	42.4	1.9	3.5
Jan.	Jul.	48.4	2.8	6.5
Apr.	Oct.	54.7	4.0	9.5
Jul.	Jan.	60.3	5.4	12.5
Oct.	Apr.	66.1	7.0	15.5
Jan.	Jul.	73.1	9.4	18.5
Apr.	Oct.	80.4	12.4	21.5
Jul.	Jan.	88.2	16.2	24.5
Oct.	Apr.	96.0	20.7	27.5
Jan.	Jul.	103.6	25.8	30.5
Apr.	Oct.	110.4	31.1	33.5
Jul.	Jan.	117.1	36.8	36.5
Oct.	Apr.	123.0	42.4	39.5
Jan.	Jul.	128.5	48.3	42.5
Apr.	Oct.	133.5	53.9	45.5
Jul.	Jan.	138.1	59.5	48.5
Oct.	Apr.	141.9	64.3	51.5
Jan.	Jul.	145.6	69.3	54.5
Apr.	Oct.	148.7	73.7	57.5
Jul.	Jan.	151.8	78.3	60.5
Oct.	Apr.	154.9	82.9	63.5
Jan.	Jul.	158.0	87.8	66.5
Apr.	Oct.	160.9	92.6	69.5
Jul.	Jan.	163.8	97.6	72.5
Oct.	Apr.	166.5	102.3	75.5
Jan.	Jul.	168.9	106.5	78.5
Apr.	Oct.	171.2	110.9	81.5
Jul.	Jan.	173.5	115.2	84.5
Oct.	Apr.	175.7	119.6	87.5
Jan.	Jul.	178.0	124.0	90.5
Apr.	Oct.	180.3	128.9	93.5
Jul.	Jan.	182.3	133.0	96.5
Oct.	Apr.	184.4	137.5	99.5
Jan.	Jul.	186.3	141.7	102.5
Apr.	Oct.	188.3	146.0	105.5
Jul.	Jan.	192.5	155.8	108.5
Oct.	Apr.	195.0	161.8	111.5
Jan.	Jul.	196.7	165.9	114.5
Apr.	Oct.	198.1	169.2	117.5

TABLE 9. Catches of tunas and billfishes, in metric tons, by the Japanese longline fishery in the EPO.**TABLA 9.** Captura de atunes y picudos, en toneladas métricas, por la pesquería palangrera japonesa en OPO.

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul
1971	916	29,029	7,368	1,947	10,049	2,713
1972	809	35,373	16,013	2,257	6,981	2,386
1973	1,349	50,440	11,859	3,724	5,116	3,500
1974	550	36,352	9,548	2,112	5,215	2,712
1975	439	40,409	10,544	2,283	5,348	2,162
1976	869	52,535	15,374	3,396	6,382	3,189
1977	2,241	70,672	11,222	4,183	3,005	2,902
1978	2,718	67,467	9,187	4,041	2,165	3,050
1979	2,508	54,627	10,820	2,573	4,046	4,307
1980	1,996	61,390	11,577	3,633	4,783	3,767
1981	2,064	52,817	7,043	2,851	4,096	3,849
1982	1,266	49,900	9,826	2,457	4,162	4,363
1983	2,896	71,153	9,404	3,131	3,466	4,113
1984	3,459	64,209	9,134	2,629	2,290	4,695
1985	2,023	62,592	10,633	1,743	1,325	3,333
1986	1,866	92,914	17,682	2,605	2,535	4,488
1987	2,599	89,208	13,451	3,550	5,043	5,881
1988	3,874	66,252	12,447	3,633	3,403	5,019
1989	2,080	67,646	15,335	3,118	3,153	4,872
1990	2,486	87,111	29,255	3,010	2,805	4,552
1991	3,581	85,310	23,721	3,047	2,315	5,033
1992	3,222	74,857	15,296	3,119	2,006	5,234

TABLE 10. Numbers of tagged yellowfin released from purse-seine vessels which travelled various net distances (in nautical miles) during various periods at liberty.

TABLA 10. Número de aletas amarillas marcados y liberados de barcos cerqueros que recorrieron varias distancias netas (en millas náuticas) durante distintos períodos de libertad.

Days—Días	Distance (nm)—Distancia (mn)				
	0-100	101-200	210-500	501-1000	>1000
1-60	144	47	53	13	3
61-180	111	146	316	186	19
181-365	5	4	74	55	13
>365	3	15	23	19	6

TABLE 11. Release and recapture data for tagged surface-caught yellowfin recaptured by longline vessels (first six fish) and tagged longline-caught yellowfin recaptured by surface gear (last fish).

TABLA 11. Datos de liberación y recaptura correspondientes a aletas amarilla capturados con arte de superficie y recapturados por palangreros (seis primeros peces) y un aleta amarilla capturado con palangre y recapturado en la pesquería de superficie (último pez).

Release			Recapture		
Location	Date	Length (cm)	Location	Date	Length (cm)
Liberación			Recaptura		
Posición	Fecha	Longitud (cm)	Posición	Fecha	Longitud (cm)
7°12'N - 78°58'W	Apr. 22, 1959	52	1°40'N - 97°42'W	Apr. 15, 1962	128
9°19'N - 105°05'W	Nov. 21, 1971	103	4°36'N - 106°46'W	Jul. 31, 1972	ca. 100
14°30'N - 94°18'W	Jun. 19, 1971	80	1°54'N - 98°26'W	Nov. 8, 1972	111
16°52'N - 117°32'W	May 29, 1973	62	18°30'N - 111°10'W	Oct. 28, 1973	89
24°54'S - 130°03'W	Feb. 4, 1980	75	14°37'S - 90°50'W	Dec. 16, 1980	120
25°00'S - 130°07'W	Feb. 4, 1980	76	7°45'S - 121°50'W	Mar. 5, 1981	—
4°05'N - 159°15'W	Jul. 22, 1978	79	17°38'N - 117°48'W	Aug. 29, 1981	—

ANALISIS DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y PECES PICUDOS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1988-1992

por

Koji Uosaki¹ y William H. Bayliff

RESUMEN

En este informe se presenta un análisis de la actividad pesquera de barcos palangreros japoneses en el Océano Pacífico oriental durante el período de 1988-1992, extendiendo los estudios del período de 1956-1987 realizados por otros investigadores. Se examinan las distribuciones espacial y temporal del esfuerzo de pesca, la captura, la abundancia aparente, la madurez sexual, y la composición por longitud de las principales especies de atunes y picudos capturadas por dicha pesquería. Se describen las interacciones entre las pesquerías de superficie y palangrera.

Key words: APPARENT ABUNDANCE, BILLFISHES, CATCH, DISTRIBUTION, EASTERN PACIFIC OCEAN, FISHING EFFORT, INTERACTION, LONGLINE, MARLIN, MATURITY, SAILFISH, SHORTBILL SPEARFISH, SIZE COMPOSITION, SWORDFISH, TUNA

INTRODUCCION

El presente informe forma parte de una serie preparada por científicos del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; antes el Far Seas Fisheries Research Laboratory, y antes de eso el Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) sobre la pesquería palangrera japonesa en el Océano Pacífico oriental (OPO). Los informes anteriores (Suda y Schaefer, 1965a y 1965b; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1966, 1969a, y 1969b; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992) analizaron la pesquería y ciertos aspectos de la biología de los peces en el período de 1956-1987; el presente informe analiza datos similares del período de 1988-1992. En este estudio, al igual que en aquéllos de Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992), se usaron datos del área entre el litoral de las Américas y 150°O.

Embarcaciones de las Repúblicas de China y de Corea, y de varias naciones del hemisferio occidental, también pescan atunes y picudos con arte palangrera en el OPO (Lee *et al.*, 1979; Anónimo, 1993b; Gong *et al.*, 1993). Sin embargo, estas capturas son mucho menores que aquéllas de las embarcaciones japonesas. La mayoría del esfuerzo de las embarcaciones chinas y coreanas es dirigida hacia la albacora y el aleta amarilla, respectivamente, mientras que el patudo es el objetivo principal de las embarcaciones japonesas. De ahora en adelante en este informe la pesquería palangrera significará la pesquería palangrera japonesa en esa área.

El esfuerzo de pesca en el OPO siguió aumentando durante 1988-1992, alcanzando unos 200 millones de anzuelos en 1991. La captura total y las capturas de la mayoría de las especies permanecieron a más o menos el mismo nivel que a mediados de la década de los 80, pero la captura de marlín negro disminuyó.

Al igual que en los otros informes en esta serie, se resume para cada especie la distribución espacial y temporal del esfuerzo de pesca, la captura, la abundancia aparente, la madurez sexual, y la distribución de tamaños. Se comparan para las distintas especies las tasas de captura con distintos números de anzuelos entre flotadores. Se comentan también las interacciones de las pesquerías de superficie y palangrera.

¹ Ahora con el National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japón

FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

En el presente informe se tratan las siguientes especies de atunes y picudos:

Nombre español	Nombre japonés	Nombre inglés	Nombre científico
albacora	binnaga	albacore	<i>Thunnus alalunga</i>
patudo	mebachi	bigeye	<i>Thunnus obesus</i>
aleta amarilla	kihada	yellowfin	<i>Thunnus albacares</i>
aleta azul del norte	kuromaguro	northern bluefin	<i>Thunnus thynnus</i>
pez espada	mekajiki	swordfish	<i>Xiphias gladius</i>
marlín rayado	makajiki	striped marlin	<i>Tetrapturus audax</i>
marlín azul	kurokajiki	blue marlin	<i>Makaira mazara</i>
marlín negro	shirokajiki	black marlin	<i>Makaira indica</i>
pez vela	bashokajiki	sailfish	<i>Istiophorus platypterus</i>
marlín trompa corta	furaikajiki	shortbill spearfish	<i>Tetrapturus angustirostris</i>

Todos los datos sobre las capturas y el esfuerzo palangreros y la biología de peces capturados con palangre usados en este estudio fueron obtenidos de los registros de barcos palangreros comerciales y de investigación reunidos y tabulados por el NRIFSE. Los datos correspondientes sobre las pesquerías de superficie provinieron de los archivos de la CIAT.

Se expresan los datos de esfuerzo y captura palangrera en número de anzuelos y número de peces, respectivamente. Inicialmente fueron tabulados por áreas de 1° y meses. Ya que los palangres se extienden entre 60 y 75 millas náuticas, suelen pescar en dos o tres áreas de 1° en una sola calada. Se asigna todo el esfuerzo y captura de una sola calada al área de 1° que incluye el mayor número de anzuelos, pero no se cree que esto sea una fuente de error significativa, ya que para la mayoría de los análisis se combinaron los datos de muchas áreas de 1° para formar nueve o menos áreas principales (Figura 1). No se dispone de datos de esfuerzo y captura de toda la flota de embarcaciones que pescó en el OPO, y por lo tanto se ajustaron los datos de esfuerzo y captura dividiéndolos por las porciones de la flota de las cuales se obtuvieron datos para estimar el esfuerzo y las capturas totales. La cobertura de los libros de bitácora osciló entre 90 y 95% por año durante el período de 1988-1992 (Tabla 1).

Los datos de esfuerzo y captura casi siempre incluyeron información sobre el número de anzuelos por canasta, correlacionado directamente con la profundidad media a la cual descienden los anzuelos, para permitir segregar los datos de embarcaciones usando palangres profundos, intermedios, y convencionales y comparar los tres tipos de arte.

Se usaron dos índices gonadales para indicar la madurez de las hembras. El primero, $GI(1) = (W/L^3) \times 10^4$, donde $GI(1)$ = índice gonadal, W = peso de las gónadas en gramos, y L = longitud del pez en centímetros, usado en los trabajos anteriores en esta serie, fue usado para todas las especies excepto el pez espada. Para el pez espada se usó el segundo, $GI(2) = \ln(W)/\ln(L)$ (Hinton *et al.*, 1997).

Los datos de longitud de peces capturados con palangre usados en el presente informe fueron derivados de medidas de longitud de patudos y aletas amarillas y medidas de longitud más datos de peso convertidos a longitud de albacora y picudos. Se usaron datos de longitud, más datos de peso convertidos a longitud, para calcular estimaciones anuales del peso promedio para todas las especies. Los atunes fueron medidos al próximo intervalo de longitud de 2 cm desde la punta del hocico a la furca caudal, y los picudos al próximo intervalo de 5 cm desde el margen posterior de la órbita a la furca caudal. Las albacoras fueron pesadas enteras al próximo intervalo de 1 kg. Los patudos, aletas amarillas, y picudos, desagallados y destripados, fueron pesados

al próximo intervalo de 1 kg. Los datos de peso fueron convertidos a longitudes con las ecuaciones peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966) para albacora, Kume y Shiohama (1964) para patudo, Kamimura y Honma (1959) para aleta amarilla, y Kume y Joseph (1969b) para pez espada, marlín rayado, marlín azul, pez vela, y marlín trompa corta, prorrateando entre las longitudes correspondientes a los intervalos de peso para suavizar las distribuciones de frecuencia de longitud. (En la Tabla 2 se presentan estas y otras ecuaciones para convertir peso a longitud. En las Tablas 1 y 2 del Anexo se presentan ecuaciones para convertir entre varias longitudes y entre varios pesos.) No se convirtieron los datos de peso del marlín negro a longitudes porque no se dispone de una ecuación peso-longitud para convertir el peso de pescados desagallados y destripados a longitud.

Se obtuvieron los datos de peso promedio de albacora, patudo, aleta amarilla, pez espada, marlín rayado, y marlín azul (Tabla 3) convirtiendo cada intervalo de longitud a peso con las ecuaciones de peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966) para atunes y Kume y Joseph (1969b) para peces picudos (Tabla 2), y luego calculando los promedios de los mismos con un método de muestreo de dos etapas (Cochran, 1977; Tomlinson *et al.*, 1992). La primera etapa consiste de la captura total de pescado de una especie proveniente de un rectángulo de 10° de latitud por 20° de longitud (o 10° de longitud si de otro modo el rectángulo se extendería al oeste de 150°O) durante el trimestre en cuestión del año en cuestión, y la segunda de pescados individuales. Se supuso que el muestreo en ambas etapas fue un sencillo muestreo aleatorio. Se usaron distintas combinaciones de áreas (Figura 2), que no necesariamente coinciden con las áreas en la Figura 1, para las distintas especies. Si un estrato de área-año-trimestre comprendía menos de 50 peces, no fue usado en los análisis. Unos pocos estratos de albacora, patudo, y aleta amarilla no contuvieron datos, al igual que muchos de los estratos de pez espada, marlín rayado, y marlín azul. Cuando un estrato de área-año-trimestre no contenía datos, se substituyó un valor de peso promedio para el estrato de área-trimestre.

Los datos de longitud de aletas amarillas capturados con arte de superficie fueron obtenidos de peces medidos al milímetro más cercano desde la punta del hocico a la furca caudal y agrupados al intervalo de 2 cm previo (es decir, peces de entre 500 y 519 mm fueron incluidos en el grupo de 500 mm, y así sucesivamente). El número de aletas amarillas de cada intervalo de 2 cm capturado en viajes de embarcaciones de la flota de superficie para los cuales se obtuvieron datos de bitácora (un 90% de todos los viajes) fue estimado a partir de los datos de muestreo, estratificados por área de medición (Anónimo, 1997a: Figura 13) y trimestre. Para obtener los datos de peso promedio se añadió 9.5 mm a cada longitud, se convirtieron estos valores a peso con la ecuación peso-longitud de Chatwin (1959) (Tabla 2), y se calculó el promedio de los mismos, ponderando por el número de peces en cada intervalo.

RESULTADOS Y DISCUSION

TENDENCIAS EN EL ESFUERZO

En el recuadro superior de la Figura 3 se presentan estimaciones anuales del esfuerzo de pesca total de palangreros japoneses, expresado en número de anzuelos, correspondiente a todos los océanos, el Océano Pacífico entero, y el OPO. En las columnas de atún aleta amarilla y pez espada de la Tabla 4 se presentan también datos de esfuerzo correspondientes a las nueve áreas del OPO. No se hacen ajustes en este informe por ninguno de los factores que podrían afectar el éxito de la pesca, excepto que se eliminan los datos de áreas en las que no ocurren a menudo varias especies (Tabla 4). Barcos palangreros japoneses pescaron en el OPO por primera vez en 1954. Durante el resto de esa década el esfuerzo permaneció en menos de 15 millones de anzuelos, pero luego se

incrementó rápidamente a unos 34 millones de anzuelos en 1961 y a unos 92 millones de anzuelos en 1963. Permaneció en unos 70 a 100 millones de anzuelos entre 1963 y 1975, entonces aumentó y permaneció en unos 110 a 140 millones de anzuelos durante 1976-1985. Posteriormente subió a unos 190 millones de anzuelos en 1987. Durante 1988-1992 osciló entre unos 170 y 200 millones de anzuelos, con una máxima en 1991. Durante ese período el esfuerzo disminuyó en el Océano Pacífico entero y en todos los océanos combinados.

En el recuadro inferior de la Figura 2 se ilustra el esfuerzo palangrero en el OPO en relación a aquél del Océano Pacífico entero y a aquél de todos los océanos combinados. Históricamente, la razón del esfuerzo en el OPO a aquél del Pacífico entero y a aquél de todos los océanos aumentó velozmente durante los años 60, y paulatinamente desde fines de los años 60 hasta 1978. Tras disminuir durante 1978-1985, las razones aumentaron aún más, alcanzando 0,55 en relación al Pacífico entero y 0,39 en relación a todos los océanos combinados en 1992. Es aparente que la importancia relativa del OPO para la pesquería palangrera aumentó durante los años 80 y principios de los 90 y que el esfuerzo en el OPO fue mayor que en el Pacífico central y occidental durante 1991 y 1992.

La capacidad bruta de los palangreros japoneses que pescan en el OPO varía de un poco menos de 100 a unas 500 toneladas métricas. La porción del esfuerzo correspondiente a embarcaciones de entre 50 y 100 toneladas disminuyó precipitadamente durante 1988-1992 (Tabla 1). Durante dicho período embarcaciones de entre 50 y 100 toneladas generaron del 0 al 0,2% del esfuerzo, las de 100 a 200 toneladas del 7,8 al 11,1%, y las de 200 a 500 toneladas del 88,8 al 92,2%. Embarcaciones de entre 100 y 200 toneladas pescaron en esencialmente las mismas áreas que las de entre 200 y 500 toneladas, mientras que las de entre 50 y 100 toneladas pescaron solamente al oeste de 100°O.

Entre 1988 y 1989 disminuyó el número de caladas y aumentó el número de anzuelos por calada, y posteriormente ocurrió lo contrario (Tabla 1). El aumento en el número de caladas en el OPO coincidió con una disminución en el número de caladas en el Océano Pacífico central y occidental, y se cree que un traslado de embarcaciones de esas regiones al OPO fue en gran medida responsable del aumento del esfuerzo en el OPO.

Las zonas de pesca palangrera cubren una área extensa del OPO entre 40°N y 35°S (Figura 4). Existen tres zonas principales de pesca, (1) una franja horizontal entre el ecuador y 10°N que se extiende desde la costa de Ecuador a 150°O, (2) una franja horizontal entre el ecuador y 15°S y un área al este de 90°O entre 10°S y 35°S, y (3) el área entre 20°N y 35°N desde Baja California hasta 150°O. Cabe destacar que hubo poco esfuerzo de pesca a lo largo del ecuador, al sur de las Islas Galápagos (aproximadamente 0°-90°O), y especialmente en el área entre 10°N y 20°N, la zona de pesca principal de la pesquería cerquera de altura de aleta amarilla y barrilete (Anónimo, 1997a: Figuras 2 y 4). Suda *et al.* (1969) propusieron que la falta de esfuerzo palangrero en este área se debe a que la poca profundidad de la termoclina en el área resulta en bajas tasa de captura de patudo.

En la Figura 5 se ilustran las tendencias anuales en el esfuerzo por área (Figura 1). El esfuerzo tendió a aumentar en las Áreas 5 y 8 y a disminuir en las Áreas 4 y 7 durante el período de 1988-1992. No son evidentes tendencias en las demás áreas.

En la Figura 6 se grafican las tendencias trimestrales del esfuerzo en cada área. Por lo visto la abundancia aparente y la vulnerabilidad a la captura de las distintas especies varía relativamente poco entre años, y por lo tanto se combinaron los datos de esfuerzo del período de 1988-1992. En las Áreas 1 y 4 el esfuerzo fue mayor durante los trimestres primero y cuarto que durante el segundo y tercero, y en las Áreas 2, 3, y 9 ocurrió lo contrario. En las Áreas 7 y 8 el

esfuerzo fue casi constante durante todo el año. No hubo esfuerzo de pesca en el Area 6 durante los trimestres primero y segundo.

En la Figura 7 se ilustran las distribuciones trimestrales del esfuerzo. Se pueden ver áreas de esfuerzo concentrado en la franja horizontal entre el ecuador y 10°N durante los trimestres segundo y tercero, mientras que en la franja entre el ecuador y 15°S y la región al norte de 20°N ocurren durante los trimestres primero y cuarto. En el área al sur del ecuador el esfuerzo estuvo concentrado entre 5°S y 15°S durante el cuarto trimestre y entre 5°S y 10°S durante el primero. Durante los trimestres primero y cuarto hubo poco esfuerzo frente a Perú y el norte de Chile. En aguas costeras hubo esfuerzo a Baja California y frente a Ecuador y el norte de Perú durante todo el año.

Esfuerzo con palangre intermedio y profundo

La pesca con palangre profundo fue analizada por Saito (1973 y 1975), Suzuki *et al.* (1977), Suzuki y Kume (1982), Hanamoto (1987), Yang y Gong (1988), Rey y Muñoz Chápuli (1991), Miyabe (1994b), Nakano *et al.* (1997), y Miyabe y Bayliff (1998). Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992) describieron dicha pesca en el OPO durante 1975-1987. Este método de pesca fue introducido por pequeñas embarcaciones palangreras japonesas en el Pacífico ecuatorial occidental en 1974. Las artes palangreras convencional y profunda son esencialmente iguales, con la excepción de la cantidad de sedal principal por canasta y el número de anzuelos por canasta, es decir, entre dos flotadores. El número de anzuelos por canasta varía entre 4 y 15, pero Suzuki *et al.* (1977) y Suzuki y Kume (1982) consideraron que los palangreros convencionales y profundos eran aquéllos con 4 a 6 y con 10 o más anzuelos por canasta, respectivamente, y en el presente informe se sigue esta convención. El ángulo de suspensión del sedal principal de los flotadores es más o menos igual para ambas artes, de manera que los anzuelos cercanos a los flotadores pescan a más o menos la misma profundidad, pero los anzuelos centrales de los palangres profundos pescan a mayor profundidad que cualquiera de aquéllos de los palangres convencionales (Suzuki *et al.*, 1977: Figura 2). Hanamoto (1974) descubrió que el patudo es capturado con mayor frecuencia en los anzuelos más profundos de los palangres convencionales, y Saito (1975) informó que las tasas de captura de patudo con palangres verticales experimentales eran considerablemente mayores que aquéllas con palangre convencional. Suzuki *et al.* (1977: Tabla 5 y Figura 3) usaron información obtenida de registros de bitácora para comparar las tasas de captura de artes palangreras convencionales y profundas en embarcaciones basadas en el puerto de Yaizu. Observaron que las tasas de captura de palangres profundos eran mayores para el patudo y menores para la mayoría de los demás atunes y los picudos. Yang y Gong (1988: Tabla 1 y Figura 4) realizaron análisis similares con datos de 17 embarcaciones coreanas que pescaron en el Atlántico ecuatorial en 1985 y obtuvieron resultados similares. Rey y Muñoz-Chápuli (1991) usaron un palangre experimental con 33 anzuelos entre flotadores frente a Africa occidental, y descubrieron que las tasas de captura de pez espada eran máximas para los anzuelos 3 a 13. (A los anzuelos a menor profundidad a cada extremo de la canasta se les asignó el número 1, y al más profundo en medio de la canasta el número 17.) Se estimó que la profundidad máxima alcanzada por el anzuelo más profundo era de 370 a 460 m. Los anzuelos 3 y 13 pescaron probablemente alrededor de los 90 a 110 m y 335 a 430 m, respectivamente. Nakano *et al.* (1997), en un análisis de datos del Pacífico ecuatorial oriental y central, más la zona alrededor de Hawaii, reportaron que las tasas de captura aumentaron con la profundidad (entre 80 y 280 m) para albacora y patudo, disminuyeron con la profundidad para marlín rayado, marlín azul, pez vela, y marlín trompa corta, y no presentaron tendencias claras con la profundidad para aleta amarilla y pez espada. Suzuki y Kume (1982), Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Punsly y

Nakano (1992) compararon las tasas de captura de patudo de artes palangreras convencionales y profundas, usando datos de la pesquería palangrera en los Océanos Pacífico e Índico durante 1975-1979 y en el OPO durante 1975-1987. El primer informe incluye mapas que ilustran la distribución de zonas de pesca donde los palangres convencionales y profundos son más eficaces, y el segundo y tercero incluyen mapas ilustrando las áreas donde se pesca con palangre profundo. Suzuki y Kume (1982) formularon una hipótesis que explica porqué los palangres son más eficaces en ciertas áreas que en otras. Dijeron que el patudo prefiere temperaturas de unos 20°C, pero tolera temperaturas hasta 11° o 12°C. Temperaturas en este rango ocurren entre la superficie y 100 metros en regiones templadas, pero en aguas mucho más profundas en la zona ecuatorial. Por lo tanto es mucho más probable que se capture patudo con palangres profundos en los trópicos. Posteriormente Hanamoto (1987) demostró que se obtenían las tasas de captura máximas de patudo a temperaturas de unos 10° a 17°C.

La demanda de *sashimi* ha aumentado en los últimos años, y ya que desde 1978 el valor de patudo de calidad adecuada es mayor que el de las demás especies en la Tabla 5, no es de extrañar que se haya intensificado la pesca con palangre profundo.

Se dispone de datos sobre el número de anzuelos por canasta correspondientes a más del 90% del esfuerzo registrado durante cada año del período de 1975-1992. Para cada área de 5° se preparó una tabla detallando el número de anzuelos por canasta usado con mayor frecuencia por cada embarcación en cada mes. En Miyabe y Bayliff (1987: Figura 30), Nakano y Bayliff (1992: Figura 7), y la Figura 8 del presente informe se resumen estos datos para todas las áreas combinadas. El cambio de arte palangrera convencional a profunda, comenzado en 1975, continuó hasta 1987. Durante 1988-1992 no ocurrieron cambios marcados en la configuración de las artes. Hubo una moda predominante en 13 anzuelos por canasta y una menor en 8 anzuelos por canasta (excepto en 1988, cuando la moda menor estuvo en 7 anzuelos por canasta). El uso de palangres convencionales (4-6 anzuelos por canasta) casi desapareció, mientras que el uso de artes con 7 a 9 anzuelos por canasta se incrementó. Palangres con 7 a 9 anzuelos por canasta serán en lo sucesivo denominados palangres "intermedios".

En la Figura 9 se ilustran los porcentajes de esfuerzo ejercido con palangres convencionales, intermedios, y profundos durante 1975-1992. En las Areas 2-5, todas en aguas tropicales, la proporción de esfuerzo con palangres convencionales disminuyó precipitadamente durante los años 70 y principios de los 80, y fue reemplazada por esfuerzo con palangres profundos. En el Area 8, asimismo en aguas tropicales, el patrón fue similar, excepto que los porcentajes de esfuerzo con palangres intermedios fueron mayores durante los años 80 y principios de los 90. En las Areas 1 y 9, ambas en aguas subtropicales y templadas, a partir de principios de la década de los 80 los palangres convencionales fueron reemplazados en su mayor parte por palangres intermedios. En el Area 6, asimismo en aguas subtropicales y templadas, la tendencia fue similar a las de las Areas 2-5. En el Area 7, a diferencia de las demás, los palangres convencionales predominaron hasta 1992. No obstante, no se debe asignar mucho significado a las tendencias de las Areas 6 y 7, ya que el esfuerzo ha sido bajo en las mismas durante los años 80 y 90 (Figura 5).

En Miyabe y Bayliff (1987: Figura 31), Nakano y Bayliff (1992: Figura 8), y la Figura 10 de este informe se grafica el porcentaje del esfuerzo palangrero total formado por esfuerzo con palangre profundo, por área y año. La pesca con palangre profundo tuvo lugar principalmente en la parte occidental del OPO en aguas ecuatoriales a principios de la década de los 80 y se extendió hacia el este durante 1981-1987. Durante 1988-1992 el patrón en aguas ecuatoriales fue similar a aquél de mediados de las años 80. El uso de palangres profundos se incrementó al oeste de 120°O entre 10°N y 25°N a fines de los años 80 y principios de los 90. El predominio de palan-

gres convencionales e intermedios persistió en el área al norte de 20°N y al este de 120°O y frente a Perú y el norte de Chile. El agua es más fría y la formación de la termoclina es estacional en esas áreas.

TENDENCIAS EN LA CAPTURA

La captura total palangrera de atunes y picudos en el OPO superó los 3 millones de peces en 1963, el año de la mayor captura (Figura 11, recuadro superior; Tabla 6). A partir de ese año disminuyó paulatinamente, permaneciendo alrededor de 1,5 millones de peces hacia fines de los años 60 y principios de los 70; luego aumentó, como resultado de aumentos en el esfuerzo, alcanzando unos 2,6 millones de peces en 1986. Subsecuentemente las capturas disminuyeron a unos 2,0 millones de peces en 1988, aumentaron a unos 2,7 millones en 1990, y volvieron a disminuir a unos 2,1 millones en 1992.

La proporción de la captura de picudos a la captura total (Figura 9, recuadro inferior) fue bastante elevada desde 1964, el primer año en el cual tuvo lugar una pesca sustancial en el Area 7, donde los picudos parecen haber alcanzado su abundancia máxima, hasta aproximadamente 1975. Posteriormente dicha proporción disminuyó, y desde mediados de los años 80 los picudos han formado solamente un 10% de la captura total. Esta reducción se debe principalmente a una pesca menos intensa en el Area 7 y en el Area 8 entre 5°N y 10°N y al cambio a palangres profundos a partir de mediados de los años 70 (Miyabe y Bayliff, 1987).

El patudo ha sido el componente más importante de las capturas de atunes, seguido por el aleta amarilla y la albacora, en ese orden (Figura 12). La captura de patudo aumentó de un 50% a principios y mediados de la década de los 60 a un 70% desde fines de los años 70. Los porcentajes de aleta amarilla y albacora fueron aproximadamente iguales a principios de los años 60, pero desde entonces el porcentaje de albacora ha disminuido más que aquél de aleta amarilla. Los componentes principales de la captura de picudos fueron marlín azul más marlín negro desde mediados de los 50 hasta mediados de los 60, y marlín rayado y pez vela más marlín trompa corta desde mediados de los 60 hasta fines de los 70. Subsecuentemente el componente pez vela más marlín trompa corta disminuyó, y aumentaron pez espada y marlín azul más marlín negro. Los cuadernos de bitácora usados por las embarcaciones palangreras japonesas combinan peces vela y marlines trompa corta en la misma columna, de manera que resulta imposible separar las dos especies en las estadísticas. Sin embargo, un 85% de la captura de pez vela más marlín trompa corta es realizado en aguas costeras entre Baja California y Panamá, y ya que el pez vela predomina en ese área (Kume y Joseph, 1969a), se supone que la mayoría de la captura de pez vela más marlín trompa corta consistió de pez vela. En el OPO se captura más marlín azul que marlín negro; la captura de marlín negro jamás ha superado el 1.5% de la captura total de picudos.

En la Figura 13 se ilustran las capturas palangreras de las distintas especies en el OPO y el Pacífico entero. En el OPO las capturas de albacora disminuyeron durante mediados y fines de los años 60, y posteriormente siguieron más o menos constantes. Las capturas de patudo no mostraron ninguna tendencia durante los últimos años de la década de los 60 y principios de los 70, pero aumentaron posteriormente, debido probablemente al aumento en el uso de palangres profundos. Las capturas de aleta amarilla y pez espada han sido más o menos constantes desde principios de los años 60, aunque las de aleta amarilla en el OPO fueran algo mayores durante 1990 y 1991. Las capturas de marlín azul mostraron una ligera tendencia ascendiente durante los años 70 y 80, mientras que las de marlín negro mostraron una ligera tendencia descendiente durante ese período. Las capturas de marlín rayado y pez vela más marlín trompa corta disminuyeron marcadamente desde mediados de los años 1960s hasta fines de los 70, tras lo cual se estabilizaron.

En Miyabe y Bayliff (1987: Figura 10), Nakano y Bayliff (1992: Figura 12), y la Figura 14 de este informe se ilustra la composición por especie de las capturas del período de 1971-1992, por área. No son evidentes cambios conspicuos en la composición por especies para el período de 1971-1992. Durante 1988-1992 el patudo fue la especie más importante, excepto en el Area 7, donde predominaron los peces de pico. Las especie de importancia secundaria fueron albacora en el Area 1, aleta amarilla en las Areas 2, 4, 5, y 9, y peces de pico en las Areas 3 y 8.

DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES POR ZONA DE PESCA Y TRIMESTRE

Los informes previos en esta serie (Suda y Schaefer, 1965a; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1969a; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992) usaron mapas de las tasas de captura, expresadas como capturas por 1000 anzuelos o capturas por 100 anzuelos, para ilustrar la abundancia relativa de las distintas especies de atunes y picudos por área y temporada. Dichos mapas incluyen área y temporada, pero no las profundidades de los anzuelos. La tasa de captura no ajustada no es necesariamente un buen estimador de la abundancia relativa de una especie en particular en distintas áreas o trimestres. Además, no hay razones por creer que las distintas especies sean igualmente vulnerables a la captura con palangre, hasta en los mismos estratos de área-tiempo-profundidad, de manera que no se puede afirmar, con base en los datos de tasas de captura, que una especie sea más o menos abundante que otra. Se dijo anteriormente que los patudos pasan más tiempo a mayor profundidad que la mayoría de las otras especies, y por lo tanto la profundidad de los anzuelos puede afectar la composición por especies de las capturas. Dentro de las especies, la vulnerabilidad a la captura puede variar con área, año, temporada, profundidad de los anzuelos (Punsly y Nakano, 1992), tamaño de los peces, y otros factores. No obstante, se puede obtener información útil de los datos de tasas de captura, y se grafican éstos por trimestre en las Figuras 15-23. Cabe destacar que los valores correspondientes a los distintos tipos de sombreado no son los mismos para las distintas especies. Un examen de las Figuras 15-23 y las figuras equivalentes de informes anteriores en esta serie demuestra que las áreas y temporadas de las tasas de captura máximas y mínimas de las distintas especies suelen permanecer más o menos iguales, aunque han ocurrido algunos cambios menores, debidos probablemente a cambios en las condiciones oceanográficas y diferencias en las modas de operación de los palangres. En general, las diferencias en las distribuciones de las tasas de captura entre el período de 1956-1987 y el de 1988-1992 fueron mayores que las diferencias dentro del período de 1988-1992. Por lo tanto, se combinan los datos de todos los años del período de 1988-1992 en las Figuras 15-23.

Albacora

La distribución de las capturas de albacora, determinada a partir de las tasas de captura (Figura 15), fue algo restringida. La albacora no fue capturada a menudo en el área al norte de 20°N entre Baja California y 125°O, ni tampoco en el área entre 5°S y 20°N.

Se encontraron tasas de captura relativamente elevadas en el área al norte de 20°N y al oeste de 130°O durante los trimestres primero y cuarto. Este área de buena pesca de albacora está al extremo oriental de la "zona de pesca de albacora del Pacífico norte" (Suda, 1962), que se extiende hasta el sur del Japón durante el invierno septentrional. En el hemisferio sur las tasas de captura fueron máximas durante los trimestres tercero y cuarto. Las tasas de captura máximas de albacora ocurrieron en una franja que se extiende desde 10°S en 150°O a 15°S frente al Perú. Las dos franjas horizontales (16°S a 20°S y 25°S a 30°S) de tasas de captura relativamente elevadas descritas por Shingu *et al.* (1974: Figura 8a) para el período de 1967-1970 no fueron evi-

dentes en los datos de 1971-1987 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 11; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 13) ni en los de 1988-1992.

Patudo

Las tasas de captura de patudo (Figura 16) fueron relativamente elevadas en la mayor parte del OPO; la excepción fue el área al norte de 5°N y al este de 125°O. Las áreas de tasas de captura máximas fueron franjas horizontales entre 150°O y Ecuador y entre 10°S y 5°N durante todo el año, en el área entre 20°N y 30°N y entre 125°O y 150°O durante los trimestres primero y cuarto, y en el área entre 15°S y 25°S y entre 80°O y 95°O durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto.

En la región ecuatorial norteña, entre el ecuador y 8°N, las tasas de captura fueron relativamente altas durante todo el año, especialmente entre 90°O y 120°O. Es posible que la baja concentración de oxígeno en y debajo de la termoclina haya contribuido a las bajas tasas de captura cerca de 10°N (Hanamoto, 1975). En la región ecuatorial sureña, entre el ecuador y 15°S, las tasas de captura fueron relativamente altas al oeste de 90°O durante todo el año.

Las áreas de tasas de captura máximas de patudo no coincidieron bien con la distribución de esfuerzo, pese a que el patudo fue la especie más importante capturada por los palangreros. Son aparentes las mayores concentraciones de esfuerzo en el sur de la región ecuatorial durante los trimestres primero y cuarto, en la parte occidental del norte de esa región durante el segundo trimestre, y frente a Perú durante el tercer trimestre (Figura 7), pero las tasas de captura de patudo en esas áreas no fueron particularmente altas. Además, aunque las tasas de captura de patudo fueron bastante elevadas al noreste de Hawaii y frente al sur del Perú y el norte de Chile, no se ejerció mucho esfuerzo en esas áreas. Esto podría deberse a que en la región ecuatorial se podía capturar el patudo durante el año entero y los peces solían ser grandes, mientras que en las latitudes más altas la ocurrencia del patudo fue más estacional y los peces solían ser más pequeños (Kume, 1979).

Cantidades sustanciales de patudo fueron capturadas por buques cerqueros entre 5°N y 10°S durante 1994 y 1995 (Anónimo, 1997a: Figuras 7 y 8). En la sección titulada **INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERIAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ATUNES Y PECES DE PICO** se comentan los efectos potenciales de la pesquería cerquera sobre la palangrera.

Aleta amarilla

Las capturas de aleta amarilla, al igual que las de patudo, están ampliamente distribuidas en el OPO, pero las tasas de captura de aleta amarilla (Figura 17) solieron ser inferiores a las de patudo. Ocurrieron tasas de captura de aleta amarilla relativamente elevadas en el área al oeste de 100°O entre el ecuador y 10°S durante todo el año, al oeste de 120°O entre el ecuador y 10°N durante todo el año, y frente al Perú durante todos los trimestres excepto el primero. La zona de pesca frente al Perú está situada justo al norte de la zona de pesca de patudo que ocurre frente al sur del Perú y el norte de Chile durante esos tres trimestres (Figura 16).

Kume y Joseph (1969a: Figura 6c) y Shingu *et al.* (1974: Figura 8c) descubrieron que las tasas de captura de aleta amarilla fueron máximas en 10°N al oeste de 120°O durante 1964-1966 y en 10°N al este de 105°O durante 1967-1970. Hubo relativamente poco esfuerzo de pesca en 10°N durante 1971-1987 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 3; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 6) y durante 1988-1992 (Figura 4).

Grandes cantidades de aleta amarilla son capturadas por barcos cerqueros entre 5°N y 15°N (Anónimo, 1997a: Figura 2). En la sección titulada **INTERACCIONES ENTRE LAS PES-**

QUERIAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ATUNES Y PECES DE PICO se comentan los efectos posibles de la pesca con red de cerco sobre la pesquería palangrera.

Aleta azul del norte

El aleta azul del norte es capturado infrecuentemente en el OPO por embarcaciones palangreras. Ocurrieron tasas de captura relativamente elevadas entre 30°N y 35°N al oeste de 125°O durante los trimestres primero y cuarto (Figura 18). No se sabe que ocurra desove de aleta azul en ninguna parte del Océano Pacífico excepto cerca de Japón, pero muchos de los peces juveniles migran al OPO, donde son capturados por embarcaciones cerqueras frente a California y Baja California antes de regresar al Pacífico occidental (Bayliff *et al.*, 1991). Los peces capturados al norte de 25°N durante los trimestres primero y cuarto podrían haber sido peces en maduración sexual migrando del Pacífico oriental al occidental. Nakano y Bayliff (1992: Figura 16) descubrieron tasas de captura relativamente altas durante 1981-1987 a lo largo de 30°S entre 85°O y 95°O durante el tercer trimestre y justo al sur del ecuador entre 85°O y 105°O durante el cuarto trimestre, pero éste no fue el caso durante 1988-1992.

Pez espada

Ocurrieron tasas de captura relativamente elevadas en el área entre 30°N y 35°N al oeste de 130°O durante los trimestres primero y cuarto, frente a Baja California y cerca de la desembocadura del Mar de Cortés durante todo el año, frente al norte de Chile durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto, y en el área a lo largo de 5°N entre 95°O y 125°O durante los trimestres tercero y cuarto (Figura 19). No ocurrieron tasas de captura relativamente altas en esta última área durante años anteriores. Las distribuciones correspondientes al período de 1956-1980 (Joseph *et al.*, 1974; Figura 11; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 14) señalan tasas de captura de pez espada relativamente elevadas a lo largo de 10°N al oeste de 120°O durante los trimestres tercero y cuarto, pero éste no fue el caso durante los períodos de 1981-1987 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 17) y 1988-1992. Además, las tasas de captura relativamente elevadas que ocurrieron entre 10°S y 15°S y entre 95°O y 110°O durante los trimestres primero y cuarto de 1981-1987 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 17) son menos evidentes durante 1988-1992.

Marlín rayado

Las tasas de captura de marlín rayado del período de 1988-1992 (Figura 18) fueron máximas frente a Baja California, cerca de la desembocadura del Mar de Cortés, y al sur de Baja California hasta 15°N (Figura 20). Ocurrieron tasas de captura superiores al promedio también al noreste de Hawaii durante los trimestres primero, tercero, y cuarto y al sur del ecuador y este de 120°O durante todo el año. Las tasas de captura fueron relativamente altas frente al sur de México y América Central durante 1956-1987 (Joseph *et al.*, 1974; Figura 7; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 15; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 18), pero apenas hubo esfuerzo de pesca en esta área durante 1988-1992 (Figura 7).

Marlín azul

El marlín azul estuvo ampliamente distribuido en el OPO (Figura 21), pero las tasas de captura fueron bastante bajas. Se presentaron tasas de captura relativamente elevadas alrededor de las Islas Marquesas (aproximadamente 10°S-140°O) durante los trimestres primero y segundo, y en el área entre el ecuador y 10°N al oeste de 110°O durante los trimestres tercero y cuarto. Habían ocurrido tasas de captura relativamente altas en el Golfo de Panamá y frente

al norte de América del Sur y el área entre 20°S y 25°S y entre 115°O y 130°O durante años anteriores (Joseph *et al.*, 1974: Figura 8; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 16; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 19), pero hubo poco esfuerzo de pesca en esas áreas durante 1988-1992 (Figura 7).

Marlín negro

Las tasas de captura de marlín negro fueron bastante bajas en todas las áreas (Figura 22), al igual que en el período de 1956-1987 (Joseph *et al.*, 1974: Figura 9; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 17; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 20). No hubieron áreas con tasas de captura relativamente altas.

Pez vela y marlín trompa corta

Tal como se comentó previamente, no se separan el pez vela y el marlín trompa corta en las bitácoras de las embarcaciones palangreras, pero se supone que los peces capturados a menos de unos centenares de millas del litoral eran peces vela y los demás marlín trompa corta.

Las tasas de captura de pez vela (Figura 23) fueron máximas al sur y suroeste de Baja California y en el Golfo de Panamá y frente al norte de América del Sur durante el tercer trimestre. Joseph *et al.* (1974: Figura 10) y Miyabe y Bayliff (1987: Figura 18) reportaron tasas de captura relativamente altas en aguas costeras frente al sur de México y América Central durante 1956-1980, pero hubo poco esfuerzo de pesca en esa área durante 1981-1992 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 6; este informe, Figura 7).

Las mayores tasas de captura de marlín trompa corta (Figura 23) ocurrieron entre 15°N y 30°N al oeste de 135°O durante todos los trimestres excepto el segundo y entre 105°O y 140°O al sur de 5°S durante los trimestres tercero y cuarto.

TENDENCIAS EN LA ABUNDANCIA APARENTE RELATIVA

Los primeros en usar las tasas de captura como índices de abundancia de atunes y picudos en el OPO fueron Suda y Schaefer (1965a), quienes dijeron que “considerando las tendencias de la abundancia aparente en espacio y en el tiempo, las variaciones en la disponibilidad pueden ser promediadas hasta cierto grado, de modo que nos sea posible hacer deducciones razonables en cuanto a los cambios verdaderos en la abundancia de los peces.” En esta sección se usan las tendencias anuales en las tasas de captura por área correspondientes al período de 1954-1992 para medir las abundancias relativas de las distintas especies de peces. Se calcularon las tasas anuales de captura de todas o la mayoría de las áreas combinadas (Figuras 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, y 41) sumando los números de peces capturados en las áreas bajo consideración, sumando los números de anzuelos que pescaron en dichas áreas, y luego dividiendo la primera suma por la segunda. Adicionalmente, se examinan las tendencias trimestrales del período de 1988-1992 (Figura 24). En algunos casos se excluyen los datos de áreas con tasas de captura muy bajas de las figuras que ilustran las tendencias trimestrales.

Se puede ver en las Figuras 15-23 que las tasas de captura no fueron uniformes en áreas geográficas amplias, y que cambios modestos en la configuración del esfuerzo de pesca y/o la distribución de los peces podría afectar las tasas de captura suficientemente como para introducir sesgos significativos en las inferencias deducidas de los datos de tasas de captura. Esto es un problema especialmente con los picudos: sus zonas de pesca son de menor tamaño y suelen ocurrir de forma más estacional. Se intentó reducir los sesgos mediante la división de las Areas 7 y 8 en subáreas (inserción en la Figura 1) para el pez vela más marlín trompa corta. Los límites de estas subáreas fueron seleccionadas por Nakano y Bayliff (1992) con base en la información presentada

en su Figura 21. Existe también un problema con el cambio de la pesca convencional a la pesca con palangre profundo, comenzando en 1975, que ha causado que aumenten las tasas de captura de patudo y que disminuyan las de la mayoría de las otras especies en la mayoría de las áreas. En el presente informe se procura reducir los problemas ocasionados por la distribución no uniforme de los peces al incluir solamente los datos de las áreas en las cuales la abundancia de la especie en cuestión es máxima. Punsly y Nakano (1992) trataron estos problemas para el patudo y aleta amarilla mediante la estandarización de los datos por área, temporada, y profundidad con modelos lineales generalizados.

Es también posible que la mayor vulnerabilidad a las artes palangreras sea determinada genéticamente, y que las poblaciones de peces que fueron especialmente vulnerables a la captura con palangre fueron muy reducidas durante los primeros años de la pesquería palangrera, de manera que las porciones de estos peces en las poblaciones fueron menores en años posteriores. Esto causaría que las tasas de captura disminuyeran más rápidamente que la abundancia de los peces.

La condición de los distintos stocks de peces no puede ser evaluada únicamente mediante el examen de datos sobre las tasas de captura, por supuesto, ya que se debe también prestar atención a la composición por longitud de los peces. Se hace esto en una sección posterior de este informe.

Albacora

Las albacoras del Océano Pacífico Norte y el Océano Pacífico Sur son consideradas generalmente stocks separados. Nakamura (1969) declaró que "(1) no hay evidencia de que las albacoras migren a través del ecuador en ninguna época del año, y (2) las estructuras de las poblaciones de albacora en los dos hemisferios son más o menos simétricas, lo cual indica que es razonable suponer que las dos poblaciones son discretas." Generalmente, datos pertinentes a la evaluación de stocks han sido considerados por separado para las dos áreas (por ejemplo, Bartoo y Foreman (1994) y Murray (1994)), aunque Nakano y Bayliff (1992: Figura 24) combinaron datos de albacora del Pacífico Norte y Pacífico Sur en su análisis de datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Chow y Ushiana (1995) analizaron el ADN mitocondrial de albacoras capturadas en el Pacífico Norte y Sur, y concluyeron que existe flujo de genes entre las dos áreas. Sin embargo, hasta un intercambio limitado de material genético entre dos áreas basta para mantener la homogeneidad genética. En este informe se supone que existen stocks separados de albacora del norte y del sur, y que los peces del Area 1 pertenecen al stock norteño y aquéllos de las Areas 4, 5, 6, y 9 al stock sureño. Se seleccionaron estas combinaciones de áreas para el análisis de los datos porque incluyen las principales zonas de pesca de albacora, y se cree que incluir datos de otras áreas con grandes cantidades de esfuerzo y capturas bajas de albacora ocultaría las relaciones que pudieran existir entre el esfuerzo y la captura de albacora.

Las tasas de captura trimestrales de albacora solieron ser máximas durante los trimestres primero y cuarto en el Area 1 (Figura 24).

Ocurrió una tendencia ascendiente en las tasas de captura en el hemisferio norte durante la segunda mitad de la década de los 70 (Figura 25; Tabla 4). Las tasas de captura siguieron relativamente altas hasta 1985, y luego disminuyeron. Se cree que el aumento en las tasas de captura desde 1977 hasta 1985 resultó de un aumento en la abundancia de albacora en las zonas de pesca al norte de 25°N y un traslado del esfuerzo de pesca a esta parte del Area 1. Por contraste, en el hemisferio sur las tasas de captura disminuyeron precipitadamente durante los años 60 y principios de los 70. El hecho que las tendencias de las tasas de captura de albacora del norte y del sur hayan sido contrarias apoya la hipótesis de que existen stocks separados de albacora del

norte y del sur. Sin embargo, es posible que los pescadores operando en el hemisferio norte hayan pescado más en los estratos de área-tiempo-profundidad donde hay mayor probabilidad de encontrar albacora que los que pescaban en el hemisferio sur.

En la Figura 26 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de albacora correspondiente al período de 1955-1992 en el Area 1 y en las Areas 4, 5, 6 y 9, el esfuerzo aumentó durante 1955-1967, pero las tasas de captura permanecieron bajas (menos de 0,1 peces por 100 anzuelos) (Tabla 4). Durante 1968-1976 las tasas de captura fluctuaron entre unos 0,1 y 0,3 peces por 100 anzuelos, y durante cada año del período de 1977-1985 excepto 1978 superaron los 0,5 peces por 100 anzuelos. A partir de 1985 disminuyeron, fluctuando entre unos 0,2 y 0,8 peces por 100 anzuelos. Para la albacora del sur, las capturas aumentaron rápidamente durante 1956-1963, mientras que las tasas de captura fluctuaron entre unos 0,9 y 2,9 peces por 100 anzuelos. Durante el período de 1964-1971 las tasas de captura disminuyeron precipitadamente, debido posiblemente a que el esfuerzo fue dirigido más hacia otras especies. Durante el período de 1972-1992 el esfuerzo aumentó, pero las tasas de captura permanecieron, generalmente, entre 0,05 y 0,2 peces por 100 anzuelos.

Patudo

Kume y Joseph (1969a: Figura 9a) y Shingu *et al.* (1974: Figura 9b) notaron que las tasas de captura de patudo durante 1964-1970 fueron máximas en las áreas de altura durante los trimestres primero y segundo y máximas en las áreas costeras durante los trimestres tercero y cuarto, y manifestaron que esto podría ser debido a migraciones de los peces. Durante 1971-1987 las tasas de captura no demostraron mucha estacionalidad (Miyabe y Bayliff 1987: Figura 20; Nakano y Bayliff, Figura 22). Durante 1988-1992 tendieron a ser aun más uniformes que durante 1971-1987, especialmente en las Areas 1 y 3 (Figura 24). Fueron ligeramente más bajas en el Area 8 durante el tercer trimestre y en el Area 9 durante el primer trimestre.

Las tendencias anuales en las tasas de captura fueron descendientes en todas las áreas excepto 4 y 6 (Figura 27). Disminuyeron precipitadamente a principios de los años 60 a menos de la mitad de las tasas de fines de los años 50, pero a partir de mediados de los años 60 permanecieron relativamente constantes. Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992) propusieron que la disminución en las tasas de captura a fines de los años 50 y principios de los 60 podría ser debida a la extracción selectiva de la población de ejemplares especialmente vulnerables a los palangres durante los primeros años de la pesquería, y que la estabilidad subsecuente de las tasas de captura, acompañada por un incremento de las capturas (Figura 13; Tabla 6), podría ser debida a la adopción de palangres profundos. Las fluctuaciones anuales en las tasas de captura fueron relativamente leves a partir de mediados de los años 60 en las áreas ecuatoriales (excepto las Areas 3 y 8), pero mucho mayores en las Areas 1 y 9. Las fluctuaciones menores en las áreas ecuatoriales podrían deberse a que la representación de peces de mayor tamaño y edad fuese mayor en esas áreas, lo que tendería a moderar los efectos de fluctuaciones en el reclutamiento. Es sin embargo posible que los pescadores operaran más en los estratos de área-tiempo-profundidad donde hay mayor probabilidad de encontrar albacora cuando pescaban en latitudes bajas que cuando pescaban en latitudes más altas. Las tasas de captura se incrementaron en las Areas 3, 8, y 9 y, en menor grado, en las Areas 1, 2, 4, y 5 en 1985 ó 1986, y luego disminuyeron en 1988 ó 1989. Esto podría deberse a un reclutamiento mayor al promedio de peces de las edades que más contribuyeron a las capturas de 1985 y 1986.

En la Figura 28 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de patudo correspondiente al período de 1955-1992 en las Areas 2-5, 8, y 9. Se seleccionó esta combinación de áreas para el análisis de estos datos porque incluye las principales zonas de pesca de patudo, y se cree que la

inclusión de datos de otras áreas con grandes cantidades de esfuerzo y bajas capturas de patudo podría ocultar cualquier relación que existiera entre el esfuerzo y la captura de patudo. Durante 1957-1960 el esfuerzo y las capturas fueron bajas y las tasas de captura relativamente elevadas (Tablas 4 y 6). Durante 1961-1965 el esfuerzo y las capturas fueron mucho mayores que durante 1957-1960. La tasa de captura fue de unos 2,9 peces por 100 anzuelos en 1961, y disminuyó a menos de 0,9 peces por 100 anzuelos en 1965 (Tabla 4). Durante el período de 1966-1987 el esfuerzo osciló entre unos 40 y 160 millones de anzuelos y la captura entre unos 0,6 y 1,9 millones de peces, pero las tasas de captura permanecieron relativamente constantes en unos 0,7 a 1,3 peces por 100 anzuelos. Durante 1988-1992 el esfuerzo y las tasas de captura fluctuaron entre unos 140 y 180 millones de anzuelos y 0,6 y 0,9 peces por 100 anzuelos.

Aleta amarilla

Shingu *et al.* (1974: Figura 9c) y Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) notaron que las tasas de captura de aleta amarilla tendieron a ser máximas en las áreas norteñas durante los trimestres primero y segundo y en las áreas sureñas durante los trimestres tercero y cuarto. No obstante, Nakano y Bayliff (1992: Figura 22) no descubrieron estacionalidad fuerte, excepto en las Areas 2 y 9. En el presente estudio se observó estacionalidad fuerte solamente en las Areas 6 y 9 (Figura 24).

Las tasas de captura disminuyeron marcadamente en las Areas 2-5 hacia fines de los años 50 y principios de los 60 (Figura 29), al igual que con el patudo (Figura 27; Tabla 4). A mediados de la década de los 60 las tasas de captura de patudo se estabilizaron, pero las de aleta amarilla siguieron disminuyendo (excepto en el Area 9) hasta principios de los años 80. Las tasas de captura disminuyeron también en las Areas 6, 7, y 8 a principios de los años 60, pero menos precipitadamente que en las Areas 2-5. A partir de principios de los años 80 las tasas de captura aumentaron ligeramente en la mayoría de las áreas. Cabe destacar que en las Areas 3 y 8 las tasas de captura fueron mínimas hacia fines de los años 70 y principios de los 80. Estas son áreas de esfuerzo y captura particularmente elevadas para la pesquería de superficie (Anónimo, 1974a-1975a: Figura 3; 1976a-1997a: Figura 2). El esfuerzo de pesca en el Area 7 es dirigido principalmente hacia los picudos, de manera que no se debe asignar mucha importancia a la tendencia del aleta amarilla en este área. No son evidentes reducciones en las tasas de captura en las Areas 1 y 9, las áreas más al norte y al sur. Son evidentes tasas de captura relativamente elevadas en 1968, 1972, 1975, y 1990, particularmente en las Areas 8 y 9, pero también, en algunos casos, en las Areas 3, 4, y 5.

En la Figura 30 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de aleta amarilla en el OPO en el período de 1955-1992. Se decidió usar los datos de todas las áreas del OPO porque se capturan cantidades sustanciales de aleta amarilla en todas. El esfuerzo de pesca fue bajo (menos de 40 millones de anzuelos) durante 1955-1961, intermedio (unos 50 a 140 millones de anzuelos) durante 1962-1985, y alto (más de 160 millones de anzuelos) durante 1986-1992 (Tabla 4). Las capturas fueron mínimas durante 1955-1960 y máximas durante 1963-1964 y 1990-1991 (Tabla 6). Las tasas de captura fueron máximas (unos 0,9 a 1,8 peces por 100 anzuelos) durante 1956-1961 y mínimas (menos de 0,2 peces por 100 anzuelos) durante 1978, 1981, 1987-1988, y 1992 (Tabla 4). Las reducciones marcadas en las tasas de captura de aleta amarilla (Figura 29) podrían resultar de reducciones en la abundancia de los peces, extracción selectiva de los individuos más vulnerables a los palangres durante los primeros años de la pesquería, y/o concentración del esfuerzo en estratos de área-temporada-profundidad en los cuales el aleta amarilla fue menos abundante durante los años más recientes.

Pez espada

Joseph *et al.* (1974: Figura 11) demostraron que durante 1956-1970 las tasas de captura de pez espada frente a México fueron máximas durante los trimestres primero y cuarto y que aquéllas frente al norte de Sudamérica mostraron poca estacionalidad. Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) descubrieron lo mismo para el período de 1971-1980. Atribuyeron la falta de estacionalidad en el Area 8 a que los pescadores dirigieron su esfuerzo hacia otras especies. Nakano y Bayliff (1992: Figura 22) descubrieron diferencias estacionales en las tasas de captura en las Areas 1, 7, y 9, pero no en las Areas 5, 6, y 8, durante el período de 1981-1987. Durante 1988-1992 las tasas de captura demostraron poca estacionalidad excepto en el Area 1, donde fueron máximas durante el primer trimestre, y el Area 7, donde fueron máximas durante los trimestres primero y cuarto.

Las tasas de captura fueron bajas, siempre inferiores a los 0,1 peces por 100 anzuelos, excepto en las Areas 7 y 8 (Figura 31). Aumentaron paulatinamente en el Area 1 desde mediados de los años 70 hasta fines de los 80, y luego disminuyeron a partir de 1988. En el Area 8 ocurrieron reducciones precipitadas durante 1969-1971 y 1977-1981. Las tasas de captura disminuyeron también en las Areas 2 y 3 desde principios de los años 70 hasta 1984, y luego aumentaron. No son aparentes tendencias anuales en las Areas 4, 5, y 6 ni en el Area 9 (a partir de mediados de los años 70). Miyabe y Bayliff (1987) explicaron que las fluctuaciones anuales relativamente grandes en el Area 7 se debían a que habían zonas de pesca separadas para el pez espada y marlín rayado en este área, y que los pescadores han cambiado frecuentemente de una zona de pesca a la otra de acuerdo a la especie que preferían pescar en distintos momentos.

En la Figura 32 se presenta la relación entre el esfuerzo y la captura de pez espada en el OPO en el período de 1955-1992. Se decidió usar los datos de todas las áreas del OPO porque se capturan cantidades sustanciales de peces espada en todas áreas. El esfuerzo de pesca fue bajo (menos de 40 millones de anzuelos) durante 1955-1961, intermedio (unos 50 a 140 millones de anzuelos) durante 1962-1985, y alto (más de 160 millones de anzuelos) durante 1986-1992 (Tabla 4). Las capturas fluctuaron entre unos 29 mil y 77 mil peces durante 1963-1992, excepto 1969, cuando se capturaron unos 119 mil peces (Tabla 6). Las tasas de captura fueron da más de 0,4 peces por 100 anzuelos durante cada año del período de 1964-1978 y máximas durante 1969 (Tabla 4). Kume y Joseph (1969a) informaron que peces espada fueron capturados por pesca nocturna "con artes específicamente aparejadas para la pesca de peces espada" a mediados de los años 60, particularmente frente a Baja California. Esto fue probablemente la causa de las tasas de captura relativamente elevadas durante 1964-1978. Durante la década de los 80 las tasas de captura oscilaron entre 0,03 y 0,04 peces por 100 anzuelos.

Marlín rayado

Joseph *et al.* (1974: Figura 7) y Shingu *et al.* (1974: Figura 9e) informaron que durante el período de 1956-1970 las tasas de captura de marlín rayado tendieron a ser máximas al norte del ecuador durante el verano septentrional y máximas al sur del mismo durante el verano austral. Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) describieron fluctuaciones estacionales en las tasas de captura durante 1971-1980 en las Areas 7 y 9. Nakano y Bayliff (1992: Figura 22), empero, observaron fluctuaciones estacionales solamente en el Area 7 durante el período de 1981-1987. Durante 1988-1992 se observaron fluctuaciones estacionales en las Areas 7 y 9; las tasas de captura fueron máximas en el Area 7 durante los trimestre tercero y cuarto y en el Area 9 durante el primer trimestre (Figura 24).

Las tasas de captura disminuyeron a partir de principios de los años 70 en las Areas 1, 3, 5, 8, y 9, especialmente las dos últimas (Figura 33). No son evidentes tendencias para las Areas 2, 4, 6, ó 7. Las reducciones podrían ser parcialmente debidas al incremento en el uso de palangres profundos a partir de mediados de los años 70, ya que las tasas de captura no se redujeron en el Area 7, donde no se usan a menudo palangres profundos (Figura 9). No obstante, cabe mencionar dos puntos. En primer lugar, las reducciones en las tasas de captura comenzaron a principios de los años 70, antes de ser introducidos los palangres profundos en el OPO. En segundo lugar, las tasas de captura no disminuyeron en el Area 6, pese a que los palangres profundos desplazaron casi completamente a los palangres convencionales en esta área durante los años 70. Anónimo (1997b: Figura 1) mostró que las tasas de captura de marlín rayado por pescadores deportivos frente a Baja California disminuyeron de unos 0,7 a 0,3 peces por día de pescador entre 1969 y 1973, pero fueron relativamente constantes, entre unos 0,3 y 0,6 peces por día de pescador, entre 1973 y 1993. En el mismo período, las capturas por pescadores deportivos frente al sur de Alta California permanecieron casi constantes, en menos de 0,2 peces por día de pescador, con la excepción de capturas de unos 0,3 peces por día de pescador en 1985, mientras que aquéllas frente a Mazatlán (México) disminuyeron bruscamente de unos 0,6 peces por día de pescador en 1969 a 0,1 peces por día de pescador en 1976, y luego fluctuaron entre cero y unos 0,3 peces por día de pescador entre 1977 y 1993.

En la Figura 34 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín rayado en las Areas 1, 3, y 5-9 en el período de 1955-1992. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron mayores allí que en las demás áreas. Las tasas de captura fueron 0,3 a 0,6, 0,2, y 0,1 a 0,2 peces por 100 anzuelos durante los períodos de 1962-1972, 1973-1976, y 1977-1990, respectivamente (Tabla 4).

Marlín azul

Joseph *et al.* (1974: Figura 8) notaron que las tasas de captura del marlín azul durante el período de 1956-1970 solían ser mayores al norte de el ecuador durante el verano septentrional y al sur del ecuador durante el verano austral. Durante 1971-1987 las tasas de captura fueron máximas en las Areas 2 y 3 durante los trimestres tercero y cuarto y máximas en las Areas 4 y 5 durante los trimestres primero y segundo (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 20; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 22). Durante 1988-1992 las tasas de captura fueron máximas en el Area 2 durante los trimestres tercero y cuarto y máximas en el Area 4 durante los trimestres primero y segundo (Figura 24). Esto podría indicar migraciones estacionales de peces entre las Areas 2 y 4, y posiblemente entre las Areas 3 y 5.

Las tendencias anuales en las tasas de captura fueron descendientes en todas las áreas durante los últimos años de la década de los 50 y los primeros de la de los 60 (Figura 35). En las Areas 4 y 6 las tasas de captura fueron superiores a 1 pez por 100 anzuelos durante un breve período a fines de los años 50.

En la Figura 36 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín azul en el período de 1955-1992 en las Areas 2-8. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron mayores allí que en las demás áreas. El esfuerzo (Tabla 4) y las capturas (Tabla 6) aumentaron durante 1955-1963, y las tasas de captura (Tabla 4) disminuyeron de unos 1,3 a 0,2 peces por 100 anzuelos. Posteriormente siguieron disminuyendo, a menos de 0,06 peces por 100 anzuelos durante cada año del período de 1971-1992 excepto 1984.

Marlín negro

Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) observaron que las tasas de captura de marlín negro

fueron mayores en las Areas 3 y 8 durante los trimestres tercero y cuarto del período de 1976-1980. Nakano y Bayliff (1992: Figura 22) descubrieron que las tasas de captura fueron máximas en las Areas 3 y 7 durante los trimestres tercero y cuarto, en el Area 8 durante el tercer trimestre, en el Area 6 durante los trimestres primero y cuarto, y en el Area 9 durante los trimestres primero y segundo durante el período de 1981-1987. Durante 1988-1992 fueron aparentes fluctuaciones estacionales solamente en el Area 7, donde las tasas de captura fueron máximas durante los trimestres segundo y tercero (Figura 24). Estas fluctuaciones no indican necesariamente migraciones, ya que las tasas de captura fueron bastante bajas.

Las tasas de captura fueron bajas en todas áreas, y disminuyeron en todas las áreas excepto el Area 7 (Figura 37).

En la Figura 38 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín negro en el período de 1955-1992 en las Areas 2-8. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron mayores allí que en las demás áreas. El esfuerzo (Tabla 4) y las capturas (Tabla 6) aumentaron durante 1955-1963, mientras que las tasas de captura (Tabla 4) permanecieron en unos 0,01 peces por 100 anzuelos desde 1958 hasta 1970. Posteriormente siguieron disminuyendo, a menos de 0,06 peces por 100 anzuelos durante cada año del período de 1971-1992 excepto 1984.

Pez vela y marlín trompa corta

Tal como se comentó, no se distingue entre el pez vela y el marlín trompa corta en las bitácoras de las embarcaciones palangreras, pero se supone que los peces capturados a menos de varios centenares de millas del continente eran peces vela y los demás marlines trompa corta. Consecuentemente, en esta discusión se supondrá que los peces capturados en las Areas 7, 8, y 9 eran peces vela, y aquéllos capturados en las Areas 1-6 marlines trompa corta.

Kume (1973: Figura 8) y Shingu *et al.* (1974: Figura 9f) manifestaron que las tasas de captura de pez vela fueron máximas durante los trimestres primero y cuarto, particularmente el primero. Los datos de Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) y Nakano y Bayliff (1992: Figura 22) indican que las tasas de captura fueron máximas en el Area 7 durante los trimestres primero y segundo durante 1971-1987, mientras que durante 1988-1992 fueron máximas durante los trimestres tercero y cuarto (Figura 24). Esta diferencia se debe probablemente a la falta de esfuerzo de pesca frente al sur de México y el norte de América Central (al norte de 10°N y este de 105°O) durante 1988-1992 (Figuras 7 y 23).

Son aparentes reducciones en las tasas de captura a partir de mediados de los años 60 en las tres áreas costeras, excepto en el Area 7, donde fueron relativamente elevadas durante 1977-1979 (Figura 37). Las tasas de captura mayores en esos tres años fueron ocasionadas por un cambio en el esfuerzo de las zonas de marlín rayado en la parte noroccidental del Area 7 a las de pez vela en la parte suroriental de la misma (Miyabe y Bayliff, 1987). A fin de estudiar la pesquería del pez vela en mayor detalle, Nakano y Bayliff (1992) crearon cuatro nuevas áreas, 7-1, 7-2, 8-1, y 8-2 (Figura 1, inserción). Las tasas de captura fueron mucho mayores en las dos áreas cerca de la costa, 7-2 y 8-2, y son aparentes reducciones en las tasas de captura a partir de mediados o fines de los años 70 en ambas áreas. El esfuerzo ha disminuído mucho en el Area 7-2 desde mediados de los años 70 y en el Area 8-2 desde 1980, y es posible que las relativamente pocas embarcaciones que pescaron en esas áreas durante los años 80 hayan capturado menos peces vela por unidad de esfuerzo porque trasladaron sus operaciones a otras partes de las Areas 7-2 y 8-2 o comenzaron a pescar con palangres intermedios o profundos. Es posible que las embarcaciones hayan estado pescando un stock casi virgen durante los años 60 y 70. Esa pesca pudiera haber sido provechosa a raíz de lo elevado de las tasas de captura, y a pesar de que los precios pagados por el pez vela son relativamente bajos (Tabla 2). Más tarde, cuando las tasas de captura fueron

más bajas y la pesca del pez vela cesó de ser provechosa, es posible que los pescadores hayan trasladado sus operaciones a otras partes de las Areas 7-2 y 8-2 o cambiado a la pesca con palangres intermedios o profundos, causando que las tasas de captura de pez vela disminuyeran casi a cero. Macías-Zamora *et al.* (1993 y 1994) presentaron datos que señalaban que la CPUE de pez vela en torneos de pesca en Manzanillo (México) disminuyó desde 1954 hasta 1976, y luego permaneció al mismo nivel desde 1976 hasta 1989. Atribuyeron la disminución durante el primer período a la pesquería palangrera internacional y la estabilidad posterior a las restricciones impuestas sobre dicha pesquería durante el período subsiguiente. Anónimo (1997b: Figura 1) mostró que las tasas de captura de pez vela por pescadores deportivos frente a México (Area 7-2) permanecieron relativamente constantes en unos 0,2 peces por día de pescador entre 1969 y 1995 y aumentaron frente a Costa Rica y Panamá (Area 8-2) entre 1976 y 1995, lo cual parece indicar que la abundancia del pez vela no disminuyó durante este período.

En la Figura 40 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de pez vela en las Areas 7, 8, y 9 en el período de 1955-1992. Las tasas de captura (Tabla 4) fueron más de 0,2 peces por 100 anzuelos durante 1964-1976 e inferiores a ese nivel durante 1955-1963 y 1977-1992.

Nakano y Bayliff (1992) descubrieron que durante 1981-1987 las tasas de captura máximas de marlín trompa corta ocurrieron en el Area 1 durante el segundo trimestre y las Areas 5 y 6 durante los trimestres tercero y cuarto. Durante 1988-1992 las tasas de captura máximas fueron observadas en las Areas 1 y 5 durante el tercer trimestre y en el Area 6 durante el cuarto (Figura 24).

Las tasas de captura de marlín trompa corta disminuyeron durante los años 70 y, en algunos casos, hacia fines de los 60 y principios de los 80 (Figura 39: Areas 1-6). Es probable que una menor vulnerabilidad de esta especie a los palangres profundos sea parcialmente responsable de las reducciones.

En la Figura 41 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín trompa corta en las Areas 1-6 en el período de 1955-1992. Las tasas de captura (Tabla 4) fueron alrededor de los 0,03 a 0,06 peces por 100 anzuelos durante 1963-1977 e inferiores a ese nivel durante 1955-1962 y 1978-1992.

Indices de abundancia aparente obtenidos de palangres convencionales, intermedios, y profundos

La pesca con palangre profundo fue introducida al OPO a mediados de los años 70 (Miyabe y Bayliff, 1987). Durante el período de 1981-1987 se amplió el uso de palangres profundos, y fueron usados no sólo en áreas ecuatoriales sino que también en latitudes más elevadas (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 8). En las Areas 2-5 se han usado casi exclusivamente palangres profundos desde mediados de los años 80, mientras que en el Area 7 se han usado palangres convencionales casi exclusivamente, especialmente durante 1986-1991 (Figura 9). Es por lo tanto imposible hacer comparaciones significativas para esas áreas de las tasas de captura de palangres convencionales, intermedios, y profundos. En las Areas 1, 8, y 9, sin embargo, hubieron cantidades significativas de esfuerzo con palangres intermedios y profundos durante 1988-1992, y se comentan por lo tanto en esta sección. En la Figura 42 se muestran las tasas de captura anuales de palangres intermedios y profundos en las Areas 1, 8, y 9, y en la Figura 43 las distribuciones de las proporciones de palangres profundos e intermedios. En esta última figura se incluyen áreas de 5° con CPUE de atunes iguales a o mayores de 0,1 peces por 100 anzuelos y áreas de 5° con CPUE de peces de pico iguales a o mayores de 0,01 peces por 100 anzuelos.

Albacora

Para la albacora las tasas de captura fueron mayores para los palangres intermedios en el Area 1, pero casi iguales para las dos configuraciones del arte en el Area 9 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio fue variable en estas dos áreas (Figura 43). En el Area 9 solieron ser más altas al norte de 20°S.

Patudo

Para el patudo las tasas de captura fueron iguales o mayores con palangres profundos en las Areas 1 y 8 e iguales o mayores con palangres intermedios en el Area 9 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio fue generalmente elevada en las zonas norte y oeste del Area 1, pero variable en el resto de dicha área y en las Areas 8 y 9 (Figura 43).

Aleta amarilla

Para el aleta amarilla las tasas de captura fueron iguales o mayores con palangre intermedio en las Areas 1, 8, y 9 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio fue baja excepto al oeste de las Islas Galápagos y entre 20°S y 25°S (Figura 43). Punsly y Nakano (1992) usaron modelos lineales generalizados para eliminar los efectos de área, temporada, y profundidad de pesca sobre las tasas de captura de aleta amarilla, para permitir evaluar mejor los efectos anuales. Sus datos indican que las tasas de captura de aleta amarilla son mayores con palangres profundos e intermedios que con los convencionales, conclusión que no concuerda con las de otros investigadores, por ejemplo, Suzuki *et al.* (1977: Figura 5 y Tabla 3), Miyabe y Bayliff (1987: Figura 34), Yang y Gong (1988: Tabla 1 y Figura 4), y Nakano y Bayliff (1992: Figura 40).

Pez espada

Para el pez espada las tasas de captura fueron mayores con palangres intermedios en las Areas 1 y 9 y mayores con los profundos en el Area 8 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio fue variable en el Area 1 y generalmente alta en las Areas 8 y 9 (Figura 43).

Marlín rayado

Para el marlín rayado las tasas de captura fueron mayores con palangres profundos en las Areas 1 y 9, y altamente variables de año en año con las dos configuraciones del arte en el Area 8 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio fue generalmente alta en las Areas 1 y 9 y generalmente baja en el Area 8 (Figura 43).

Marlín azul

Para el marlín azul las tasas de captura fueron mucho mayores con palangres profundos en el Area 1, y algo mayores con palangres profundos en el Area 8 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio variable en el Area 1 y baja en el Area 8 (Figura 43).

Pez vela y marlín trompa corta

Tal como se mencionó, no se distingue entre el pez vela y el marlín trompa corta en las bitácoras de embarcaciones palangreras, pero se supone que los peces capturados a menos de unos centenares de millas del litoral continental fueron peces vela y los demás marlines trompa corta (Kume y Joseph, 1969a). Para estas especies las tasas de captura solieron ser iguales o mayores con palangres profundos en las Areas 1 y 8 (Figura 42). La proporción de las tasas de captura de marlín trompa corta con palangre profundo a aquéllas con palangre intermedio fue variable en el Area 1 (Figura 43).

En general, las tasas de captura de aleta amarilla fueron casi consistentemente mayores para los palangres intermedios, y las de marlín azul, pez vela, y marlín trompa corta casi consistentemente mayores para los palangres profundos durante 1988-1992 (Figura 42). Estos resultados son algo diferentes de los de Nakano *et al.* (1997), resumidos en la página 445. Ocurrió lo mismo durante 1975-1987 para el aleta amarilla, pero no para las demás especies (Miyabe y Bayliff, 1987: Figuras 32, 34, y 36; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 40).

MADUREZ

La mayoría de los investigadores que trabajan con atunes y picudos han incluido solamente hembras para estudios que usan índices gonadales, pero Shingu *et al.* (1974) y Suzuki *et al.* (1978) usaron datos de machos también (manteniendo separados los datos de los dos sexos). En el presente estudio se usaron solamente datos de hembras.

de Vlaming *et al.* (1982) evaluaron la validez de los índices gonadales de varias especies de peces, entre ellas los atunes patudo y aleta amarilla, como indicadores de la madurez, y concluyeron que "no es un indicador acertado de la actividad gonadal." En los últimos años se han usado datos histológicos para evaluar las actividades de desove del barrilete, *Katsuwonus pelamis* (Hunter *et al.* (1986), barrilete negro, *Euthynnus lineatus* (Schaefer, 1987), patudo (Nikaido *et al.*, 1991), y aleta amarilla (Schaefer, 1998). Datos histológicos son indudablemente superiores a los índices gonadales, pero éstos últimos son no obstante útiles para llegar a una idea general de las áreas y temporadas de desove, siempre que se disponga de muestras adecuadas.

Para este estudio se dispuso de pesos de gónadas de 17.621 atunes y peces picudos. Todos los peces fueron capturados al oeste de 120°O entre 35°N y 20°S, por lo que abarcan solamente las Areas 1, 2, y 4.

En la Figura 44 se ilustran las razones de hembras maduras a hembras totales, por área de 5°, correspondientes a seis especies. En las Figuras 45, 47, 49, 51, 52, 54, 55, y 57 se ilustra la relación entre índice gonadal y longitud. Ha sido demostrado para varias especies, por ejemplo el patudo y el aleta amarilla (Kikawa, 1961 y 1962), que la proporción de peces maduros a inmaduros aumenta marcadamente para peces de más de una cierta longitud. Es por consiguiente deseable eliminar los datos correspondientes a peces de longitud menor a esa longitud al intentar estimar las áreas y temporadas de desove. Con una sola excepción, los puntos de corte designados para este estudio son los mismos usados por Miyabe y Bayliff (1987): patudo y aleta amarilla, 120 cm; marlín rayado, 150 cm; marlín azul y marlín negro, 180 cm. No se designó un punto de corte para el pez espada porque Hinton *et al.* (1997) demostraron que la inclusión de todas las hembras de la especie en los cálculos, y no solamente las más grandes, produce resultados más precisos. No se designaron puntos de corte para el pez vela o marlín trompa corta porque casi todos los peces fueron considerados maduros (Figuras 55 y 57).

Albacora

La madurez de albacora en el OPO ha sido estudiada por Shingu *et al.* (1974). Descubrieron cuatro hembras con índices gonadales de más de 2,0, pero concluyeron que estos peces eran inmaduros. Nishikawa *et al.* (1985) notaron pequeñas cantidades de larvas de albacora en el OPO, y es por lo tanto seguro que ocurren albacoras maduras en esa área.

Patudo

Información sobre la madurez del patudo en el OPO fue resumida por Nakano y Bayliff (1992). Kikawa (1961) y la mayoría de los investigadores posteriores consideran madura toda hembra con índice gonadal de 3,1 o más, y en este informe se sigue esta convención.

El presente estudio se basa en 10.820 hembras, 3.980 de ellas de más de 120 cm de longitud. En la Figura 45 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. De las 3.980 hembras más grandes, 1.225 (30,8%) tenían un índice gonadal de 3,1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 71 y 80 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 17,12, en un pez de 138 cm con gónadas que pesaban 5,5 kg.

En las Figuras 44 y 46 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras en las distintas etapas medias de madurez. En el norte de la región ecuatorial se descubrieron altas concentraciones de peces maduros al sur de 20°N y oeste de 140°O durante los trimestres segundo y cuarto, pero la proporción de hembras maduras a hembras totales fue baja en esta región durante el primer trimestre. En el sur de la región ecuatorial se descubrieron las concentraciones máximas de peces maduros al norte de 15°S y al oeste de 125°O durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto.

Aleta amarilla

Información publicada hasta 1992 sobre la madurez del aleta amarilla en el OPO fue resumida por Nakano y Bayliff (1992). Información adicional fue publicada posteriormente por Anónimo (1994a: 221-222) y Schaefer (1998). Anónimo (1994a) definió el índice gonadal como la razón del peso de las gónadas al peso del cuerpo, y consideró un índice gonadal de 0,6% o más como indicación de que el pez era reproductivamente activo. Esto es equivalente a un índice gonadal, tal como se define en la sección de **FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS** de este informe, de alrededor de 1,2. Anónimo (1994a) comparó peces de más o menos el mismo tamaño capturados con red de cerco y palangre en aproximadamente la misma área y al mismo tiempo, y descubrió que todos los peces capturados con red de cerco, pero solamente 64% de aquéllos capturados con palangre, eran reproductivamente activos, y lo atribuyó a diferencias en el comportamiento de peces reproductivamente activos e inactivos. Schaefer (1998) descubrió que el desove era general entre 26°N y 14°S desde la costa hasta 140°O y que ocurría durante todo el año entre 20°N y el ecuador.

Kikawa (1962) y la mayoría de los investigadores subsecuentes que han analizado datos de la pesquería palangrera japonesa han considerado maduras hembras con índices gonadales de 2,1 o más, y en este informe se sigue esta convención.

El presente estudio se basa en 2.713 hembras, 1,210 de ellas de más de 120 cm de longitud. En la Figura 47 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. De estas 1,210 hembras más grandes, 95 (7,9%) tenían índices gonadales de 2,1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 71 y 80 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 7,95, correspondiente a un pez de 136 cm cuyas gónadas pesaban 2,36 kg.

En las Figuras 44 y 48 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Se descubrieron altas concentraciones de peces maduros al oeste de 145°O entre el ecuador y 15°N durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto y en el área de 5° lindada por el ecuador, 5°S, 135°O, y 140°O durante el segundo trimestre.

Aleta azul del norte

Se cree que el desove del aleta azul del norte está restringido al Océano Pacífico occidental (Bayliff, 1994b). No se ha muestreado en el OPO ningún aleta azul con gónadas en maduración.

Pez espada

Información sobre la madurez del pez espada en el OPO y la distribución de larvas y juveniles de la especie ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992). Hinton *et al.* (1997) compararon los resultados de análisis histológicos y varias metodologías de clasificación basadas en índices gonadales para determinar cuál índice gonadal producía los resultados más precisos para peces espada hembras. Descubrieron que el uso de la ecuación $GI = \ln(W)/\ln(L)$, donde W = peso de los ovarios en gramos y L = longitud del pez en centímetros, inclusión de hembras de todos tamaños, y un valor de $\geq 1,37$ para separar peces inmaduros y maduros, produjo los resultados más precisos. Su muestra consistió de 85 peces, 21 maduros y 64 en reposo. Todos los peces maduros fueron clasificados correctamente con este método, mientras que solamente 10 de los mismos fueron clasificados correctamente por el método de Miyabe y Bayliff (1987). El método de Hinton *et al.* clasificó correctamente 60 de los 64 peces en reposo, mientras que el de Miyabe y Bayliff clasificó correctamente todos los 27 peces de más de 150 cm de largo que eran en reposo. El método de Hinton *et al.* es claramente mejor, y se usa en este informe.

El presente estudio se basa en 170 hembras. En la Figura 49 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. De estas 170 hembras, 62 (36,5%) tenían índices gonadales de 1,37 o más. El pez maduro más pequeño medía entre 141 y 150 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 1,88, para un pez de 220 cm de longitud con gónadas que pesaban 25,0 kg.

En las Figuras 44 y 50 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de peces en las distintas etapas de madurez. Se descubrieron altas concentraciones de peces maduros peces al oeste de 125°O entre 15°N y 15°S, particularmente durante el cuarto trimestre.

Marlín rayado

Información sobre la madurez del marlín rayado en el OPO y la distribución de larvas y juveniles de la especie ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992). Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) consideraron madura toda hembra con índice gonadal de 3,1 o más, y en este informe se sigue esta convención.

El presente estudio se basa en 2.400 hembras, 832 de ellas de más de 150 cm de longitud. En la Figura 51 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. Ninguna de las 832 hembras más grandes tenía un índice gonadal de 3.1 o más. No obstante, tres peces más pequeños, de entre 142 y 149 cm de largo, tenían índices gonadales de 3,1 o más. El índice gonadal máximo encontrado fue 7,56, en un pez de 149 cm con gónadas que pesaban 2,5 kg. Los tres peces maduros fueron capturados en el Area 1 durante los trimestres primero y cuarto.

Marlín azul

Información sobre la madurez del marlín azul en el OPO y la distribución de larvas y juveniles de la especie ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992). Shiohama (1969) y Kume y

Joseph (1969b) consideraron madura toda hembra con índice gonadal de 3,1 o más, y en este informe se sigue esta convención.

El presente estudio se basa en 563 hembras, 428 de ellas de más de 180 cm de longitud. En la Figura 52 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. De estas 428 hembras más grandes, 3 (0,7%) tenían índices gonadales de 3,1 o más. El pez maduro más pequeño midió entre 171 y 180 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 6,00, en un pez de 180 cm con gónadas que pesaban 5,9 kg. Este pez fue el individuo maduro más pequeño que se encontró.

En las Figuras 44 y 53 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Los tres peces maduros fueron capturados entre 5°N y 10°N y entre 140°O y 150°O durante el cuarto trimestre.

Marlín negro

Información sobre la madurez del marlín negro en el OPO ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992). Se han encontrado pocos peces con índices gonadales de más de 2,0 en el OPO.

El presente estudio se basa en 8 hembras, 4 de ellas de más de 180 cm de longitud. En la Figura 54 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. Ninguna de estas 4 hembras más grandes tenía un índice gonadal de 2,0 o más. Sin embargo, un pez de 180 cm, cuyas gónadas pesaban 2,5 kg, tenía un índice gonadal de 4,2 (Figura 54). Este pez fue capturado en el Area 4 durante el cuarto trimestre.

Pez vela

Información sobre la madurez del pez vela en el OPO y la distribución de larvas y juveniles de la especie ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992). Shingu *et al.* (1974) consideraron madura toda hembra con índice gonadal de 3,1 o más, y en este informe se sigue esta convención.

El presente estudio se basa en 57 hembras. En la Figura 55 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. De las 57 hembras, 4 (7,1%) tenían índices gonadales de 3,1 o más. El pez maduro más pequeño medía entre 131 y 140 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 6,98, en un pez de 142 cm con gónadas que pesaban 2,0 kg.

En las Figuras 44 y 56 se ilustran las distribuciones por área de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Se encontraron peces en maduración sexual solamente en el área entre 5°S y 15°S y 135°O y 135°O durante el cuarto trimestre, a pesar de que se muestrearon bastantes peces durante los demás trimestres.

Marlín trompa corta

Información sobre la madurez del marlín trompa corta en el OPO y la distribución de larvas y juveniles de la especie ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992). Nakano y Bayliff (1992) consideraron madura toda hembra con índice gonadal de 4,1 o más, y en este informe se sigue esta convención.

El presente estudio se basa en 890 hembras. En la Figura 57 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la longitud. De las 890 hembras, 277 (31,1%) tenían índices gonadales de 4.1 o más. El pez maduro más pequeño medía entre 91 y 100 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 16,40, en un pez de 145 cm de longitud con gónadas que pesaban 5,0 kg.

En las Figuras 44 y 58 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Se descubrieron las concentraciones máximas de peces maduros al oeste de 140°O entre 10°N y 30°N (Figura 44). Se encontraron concentraciones elevadas de peces maduros en esa área durante los trimestres primero, tercero, y cuarto y en el área entre 5°S y 15°S y entre 120°O y 135°O durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto.

COMPOSICION POR TAMAÑO

Para este estudio se dispuso de grandes cantidades de datos para la albacora, patudo, aleta amarilla, marlín rayado, y marlín azul, pero los datos para el pez espada, marlín negro, pez vela, y marlín trompa corta fueron mucho más escasos. Muchos estratos de área-tiempo fueron insuficientemente muestreados, no sólo para las cuatro últimas especies, sino también para las cinco primeras. Peces anormalmente pequeños o grandes fueron designados atípicos y excluidos de los histogramas de frecuencia de longitud. Los límites superior e inferior, y el número de peces excluidos, fueron los siguientes: albacora, 40 y 130 cm, 7 peces; patudo, 60 y 200 cm, 103 peces; aleta amarilla, 60 y 200 cm, 21 peces; pez espada, 60 y 280 cm, 80 peces; marlín rayado, 80 y 240 cm, 30 peces; marlín azul, 80 y 320 cm, 5 peces; marlín negro, 80 y 320 cm, 1 pez; pez vela, 80 y 240 cm, 2 peces; marlín trompa corta, 80 y 200 cm, ninguno.

Un análisis completo de los datos de frecuencia de longitud de cada especie yace fuera del alcance de este informe. Shomura y Keala (1963), Otsu y Sumida (1968), y Murphy y Shomura (1972) demostraron que el número de machos suele ser mayor que el de hembras en las categorías de mayor longitud de patudo, albacora, y aleta amarilla, respectivamente, capturados con palangre. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) demostraron que sucede lo contrario con el pez espada, marlín rayado, marlín azul, marlín negro, y pez vela, y por lo tanto graficaron por separado los datos de los machos, las hembras, y los peces de sexo desconocido. No se dispuso de los datos sobre el sexo de los peces medidos o pesados para este estudio, de manera que fue imposible proceder de esta forma. Las nueve áreas en la Figura 1 no son necesariamente las más adecuadas para las especies bajo consideración. Un procedimiento similar a aquél usado por Punsly y Nakano (1992) para dividir el OPO en áreas para el análisis de los datos de CPUE correspondientes al patudo y aleta amarilla podría ser usado para seleccionar las áreas para la estratificación de los datos de frecuencia de longitud. Sería probablemente también apropiado considerar la profundidad de captura como una variable, aunque no se dispone siempre de ese dato. (Se sabe que los peces capturados en los anzuelos más cercanos a las boyas fueron capturados cerca de la superficie, pero aquellos capturados en los anzuelos más alejados de las boyas no fueron necesariamente capturados todos en las profundidades máximas a las cuales descendieron los anzuelos.) En el caso poco probable de que se encontrara que nueve áreas fuesen apropiadas para cada especie, se examinaría hasta un máximo de 540 histogramas de frecuencia de longitud (9 áreas x 5 años x 12 meses) para cada especie si se quisiera analizar los datos de la forma más completa posible. En los análisis siguientes se combinan los 12 meses en 4 trimestres. Adicionalmente, para la albacora, por ejemplo, se combinan los datos de años y trimestres en la Figura 59, los de años en la Figura 60, y los de trimestres en la Figura 61. Los datos de las demás especies fueron combinados de forma similar. En casos donde se combinaron datos de distintos estratos, se ponderaron los datos de cada estrato de acuerdo con el número de peces medido, aunque en la mayoría de los casos hubiera sido más apropiado ponderar los datos de cada estrato de acuerdo al número de peces capturado.

Albacora

Datos sobre las frecuencias de longitud de albacoras capturadas con palangre en el OPO han sido publicados por Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 55.213 peces del presente estudio varió entre unos 40 y 140 cm, pero la mayoría midió entre unos 60 y 120 cm (Figura 59).

La longitud de los peces fue máxima en el Area 1, intermedia en las Areas 4, 5, y 6, y mínima en el Area 9 (Figura 59). El rango de longitudes fue mucho mayor en el Area 1 que en las demás áreas.

Las frecuencias de longitud no cambiaron mucho entre trimestres en las Areas 4, 5, 6 y 9, pero es evidente un cambio considerable para el Area 1 (Figura 60). La temporada de pesca de albacora comienza en el hemisferio norte durante el tercer trimestre. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron la ocurrencia de peces pequeños en el Area 1 durante el tercer trimestre y en el Area 9 durante el primer trimestre en el período de 1971-1980, y comentaron que esto podría deberse a la ocurrencia de peces más pequeños al norte de 30°N y al sur de 32°S (Koto, 1964; Koto y Hisada, 1967), junto con la expansión de la pesquería hacia el norte en el verano septentrional y hacia el sur en el verano austral. Nakano y Bayliff (1992) reportaron que los peces más pequeños capturados en el Area 1 fueron capturados durante el primer trimestre, y no el tercero, y se descubrió que ocurrió lo mismo durante 1988-1992. Durante el tercer trimestre todos los peces capturados en el Area 1 fueron relativamente grandes. Durante los trimestres primero y cuarto se capturaron peces grandes y pequeños, con la mayor proporción de peces pequeños durante el primer trimestre. Este patrón es similar al que observó Suda (1962: Tabla 6) para peces capturados con palangre en la "zona de pesca de albacora del Pacífico norte."

En la Figura 61 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de longitud para cada área. En el Area 1 ocurrió una variación considerable entre años en la composición por longitud de las capturas durante 1988-1992. Se cree que esto se debe a cambios en las temporadas y zonas de pesca en el área. Las distribuciones anuales de la frecuencia de longitud en el Area 4 no cambiaron mucho entre años, al igual que los datos trimestrales de este área (Figura 60). En el Area 5 ocurrió lo mismo, excepto que la proporción de peces más grandes fue mayor durante 1990. En el Area 9 la mayoría de los peces capturados midieron entre unos 80 y 100 cm, pero proporciones variables de peces más pequeños y más grandes fueron capturadas durante los distintos años.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de longitud de albacoras capturadas por la pesquería palangrera durante 1971-1992 y la ecuación peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 11,6 kg en 1981 y 16,2 kg en 1989. El peso promedio disminuyó de 1971 a 1981, aumentó de 1981 a 1989, y luego volvió a disminuir.

Patudo

Datos sobre las frecuencias de longitud de patudos capturados con palangre en el OPO han sido publicados por Yukinawa (1958), Kikawa (1962), Kume y Joseph (1966 y 1969a), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Calkins *et al.* (1993). La longitud de los 41.822 peces del presente estudio varió entre unos 30 y 220 cm, pero la mayoría midió entre unos 80 y 180 cm (Figura 62). Según Kume y Joseph (1966), los machos y hembras crecen a más o menos el mismo paso hasta alcanzar los 150 cm, aproximadamente, y se supone por lo tanto que el crecimiento diferencial de los dos sexos no causa problemas en la interpretación de los datos de frecuencia de longitud de peces de menos de 150 cm.

Los peces más pequeños formaron una mayor porción de las capturas en las Areas 1 y 4 que en las demás áreas (Figura 62).

Son evidentes tres grupos modales en varios de los histogramas trimestrales (Figura 63), uno entre los 80 y 100 cm, otro entre los 100 y 130 cm, y el tercero entre los 130 y 150 cm. El primer grupo es bien aparente en las Areas 1 y 4 y, en menor grado, en las Areas 5 y 9. Los grupos segundo y tercero aparecen en todas las áreas, pero son mucho más prominentes como modas separadas durante el mismo trimestre en las Areas 1, 8, y 9. Peces de más de 150 cm de longitud fueron importantes en las Areas 2-5 y 8, pero no tanto en las Areas 1 y 9.

Se pueden seguir progresiones de modas dentro de años en el Area 1, y, posiblemente, en menor grado en algunas de las otras áreas (Figura 63). Si las modas representan grupos de edad, las progresiones del segundo y tercer grupo modal indican tasas de crecimiento de unos 30 y 23-24 cm por año, respectivamente, cercanas a los 34 y 23 cm por año estimadas por Kume y Joseph (1966 y 1969a). Las tasas de crecimiento estimadas por Suda y Kume (1967) y Tomlinson (1998: Tabla 7) son algo menores. Las estimaciones de Suda y Kume (Tabla 7) son 26,6 cm por año para peces de entre 2 y 3 años, 21,7 cm por año para peces de entre 3 y 4 años, y 17,7 cm por año para peces de entre 4 y 5 años. Las estimaciones de Tomlinson (Tabla 8) son 30,5 cm por año para peces de entre 2 y 3 años, 24,9 cm por año para peces de entre 3 y 4 años, y 17,1 cm por año para peces de entre 4 y 5 años (suponiendo que peces de 73,1 cm tienen dos años, ya que este valor es similar al valor de Suda y Kume de 72,0 para peces de 2 años). Ya que peces del primer grupo modal son prominentes principalmente en el Area 1, se infiere que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurre primordialmente en esa área.

En la Figura 64 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de longitud para cada área. Si es que existen clases anuales dominantes, podrían ser aparentes a partir de las progresiones de modas. Estas progresiones aparecen en algunos casos, por ejemplo en el Area 1 (1988-1989), Area 5 (1987 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 62) y 1988), y Area 9 (1990-1991), pero no tan frecuentemente como en años anteriores (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 56; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 62). La disminución aparente en la incidencia de clases anuales dominantes podría deberse a cambios en (1) el reclutamiento y/o mortalidad, (2) los desplazamientos de los peces, y/o (3) las estrategias de pesca. Considerando primero el reclutamiento y mortalidad, las porciones de peces de más de 140 cm disminuyó en algunas áreas durante los años anteriores a 1971 (Kikawa, 1962: Tablas 3 y 4; Kume y Joseph, 1966: Figura 7; Kume y Joseph, 1969a: Figura 21; Shingu *et al.*, 1974: Figura 26), debido posiblemente a un aumento de la mortalidad por pesca. Sin embargo, esta tendencia no continuó durante 1971-1992. Los datos de 1991-1992 para las Areas 1 y 2 brindan un ejemplo posible de desplazamiento. Los peces de 130 a 150 cm que aparecieron en el Area 1 en 1991 podrían haber aparecido como peces de 150 a 170 cm en el Area 2 en 1992. Casi cualquier cambio observado podría ser debido a cambios en las estrategias de pesca, pero un examen completo de éstos yace fuera del alcance de este informe.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados con datos de frecuencia de longitud de patudos capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1992 y la ecuación peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 43,7 kg en 1979 y 62,5 kg en 1984. El peso promedio disminuyó de 1973 a 1979, y aumentó de 1985 a 1992. Las tendencias de 1971-1987 fueron similares a aquéllas evidentes en la Tabla 3 de Nakano y Bayliff (1992), pese a que los métodos usados para estimar los pesos promedio no fueron los mismos.

Aleta amarilla

Datos sobre las frecuencias de longitud de aletas amarillas capturados con palangre en el OPO han sido publicados por Kikawa (1962), Suda y Schaefer (1965b), Kume y Schaefer (1966), Kume y Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Suzuki *et al.* (1978), Miyabe y Bayliff (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 41.822 peces del presente estudio varió entre unos 50 y 190 cm, pero la mayoría midió entre 80 y 160 cm (Figura 65).

Son aparentes diferencias en las longitudes de los peces entre áreas (Figura 65). Peces de más de 120 cm de longitud formaron una mayor proporción de las capturas en las Areas 2, 3, 5, y 8 que en las demás áreas. Peces de menos de 100 cm formaron una mayor porción de las capturas en el Area 1 y, en menor grado, el Area 9 que en las demás áreas.

Son aparentes variaciones trimestrales en la longitud de los peces capturados, especialmente aquéllos de las Areas 2, 4, 5, y 9 (Figura 66). Son evidentes progresiones modales intranuales para el Area 5. Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es aproximadamente 35 cm por año. Otros estudios, resumidos por Wild (1986: Tabla 10b), han producido estimaciones de 36 a 47 cm por año. Todos estos estudios incluyen datos de peces de menos de 100 cm de longitud, que crecen con mayor rapidez que los peces más grandes, por lo que 35 cm por año parece razonable para los peces más grandes. En el Area 1 el rango de longitudes fue amplio en los trimestres primero y cuarto. Las distribuciones de longitud fueron unimodales en unos pocos estratos de área-trimestre. El reclutamiento a la pesquería palangrera parece haber ocurrido principalmente en el Area 1 durante los trimestres primero y cuarto. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que el reclutamiento a la pesquería palangrera durante 1971-1980 parecía haber ocurrido principalmente durante los tres primeros trimestres en las áreas costeras (7-9) y durante el segundo trimestre en el Area 4, mientras que Nakano y Bayliff (1992) descubrieron que durante 1981-1987 parecía haber ocurrido principalmente en el Area 1 durante todos los trimestres y en las Areas 2 y 7 durante el primer trimestre.

En la Figura 67 se ilustra la distribución anual de frecuencias de longitud de cada área. Con la excepción del Area 9 durante 1988, peces de más de 100 cm de largo predominaron en las capturas en todas las áreas durante todos los años. En unas pocas áreas se puede seguir la progresión de modas, por ejemplo en las Areas 2 (113 cm en 1989 y 136 cm en 1990), 9 (95 cm en 1988 y 136 cm en 1989), y 9 (114 cm en 1989 y 146 cm en 1990). Kikawa (1962: Tablas 7 y 9), Kume y Schaefer (1966: Figura 9), Kume y Joseph (1969a: Figura 17), Shingu *et al.* (1974: Figura 30), Miyabe y Bayliff (1987: Figura 58), y Nakano y Bayliff (1992: Figura 65) descubrieron que la incidencia de peces de más de 140 cm de longitud disminuyó durante 1958-1987, pero no fue evidente esta tendencia para el período de 1988-1992.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados con datos de frecuencia de longitud de aletas amarillas capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1992 y la ecuación peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 29,7 kg en 1981 y 42,7 kg en 1991. El peso promedio disminuyó de 1971 a 1981, y luego aumentó, superando los 40 kg durante 1990, 1991, y 1992. Las tendencias de 1971-1987 fueron similares a aquéllas evidentes en la Tabla 3 de Nakano y Bayliff (1992), pese a que los métodos usados para estimar los pesos promedio no fueron los mismos.

Pez espada

Datos sobre las frecuencias de longitud de peces espada en el OPO han sido publicados por Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 6.814 peces del presente estudio varió entre 30 y 310 cm, pero la mayoría midió entre 60 y 240 cm (Figura 68).

Hubo una variación considerable entre áreas en las frecuencias de longitud (Figura 68). Peces de menos de 120 cm fueron más importantes en las Areas 1, 4, 5, y 9, y los de más de 200 cm en las Areas 4, 5, y 9. Es evidente una moda prominente en 70 cm en el Area 1.

Es evidente una variación considerable en la ocurrencia de modas en distintos trimestres en los datos del Area 1, pero no en los de las demás áreas (Figura 69). Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992) reportaron que "peces más pequeños" (80 a 95 cm) ocurrieron en muchos estratos de área-tiempo, e infirieron que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurre por todo un amplio rango espaciotemporal. La disponibilidad de datos de peces de menos de 80 cm capturados durante 1988-1992 permite un mejor examen del reclutamiento del pez espada a la pesquería palangrera. Peces de 60 a 70 cm formaron la mayor parte de las capturas del Area 1

durante los trimestres tercero y cuarto, pero ocurrieron pocos o ninguno en las capturas de las demás áreas y con menor frecuencia en las capturas del Area 1 durante los trimestres primero y segundo, por lo que parece que el reclutamiento ocurre principalmente en el Area 1 durante los trimestres tercero y cuarto.

En la Figura 70 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de longitud para cada área. La variación considerable en las frecuencias de longitud entre años para el Area 1 se debe a sesgo en el muestreo, ya que se dispuso de muestras de peces capturados en esta área durante el primer trimestre solamente para 1988 y 1992. Es aparente una progresión de modas, de 108 cm en 1988 a 143 cm en 1989 a 173 cm en 1990, en el Area 9. Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es aproximadamente 32,5 cm por año para peces en ese rango de longitudes. Esto es similar a la tasa de 35 cm por año estimada Kume y Joseph (1969b) para peces de 62 a 165 cm, pero Yabe *et al.* (1959: Figura 28) estimaron el crecimiento en solamente unos 24,3 cm por año para peces de entre 73 y 145 cm de longitud del cuerpo en Océano Pacífico noroccidental.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados con datos de frecuencia de longitud de peces espada capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1992 y la ecuación peso-longitud de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 46,2 kg en 1987 y 67,3 kg en 1984. El peso promedio aumentó de 1971 a 1984, disminuyó precipitadamente de 1984 a 1987, y luego aumentó.

Marlín rayado

Datos sobre las frecuencias de longitud de marlines rayados en el OPO han sido publicados por Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), Squire y Suzuki (1990), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 18.529 peces del presente estudio varió entre unos 60 y 280 cm, pero la mayoría midió entre 120 y 200 cm (Figura 71).

Los peces fueron más grandes en el Area 1 que en las demás áreas (Figura 71). Peces de menos de 155 cm de longitud estuvieron casi completamente ausentes en las muestras tomadas en el Area 6.

En la mayoría de los estratos de área-trimestre ocurrió solamente una moda; las excepciones principales fueron las Areas 1, 5, y 9, donde se capturaron a menudo peces más pequeños (Figura 72). Esto podría indicar que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurrió primordialmente en esas áreas. En el Area 1 se puede seguir una progresión modal desde el cuarto trimestre (aproximadamente 103 cm) al cuarto trimestre del año siguiente (aproximadamente 143 cm) y luego al segundo trimestre del año posterior (aproximadamente 157 cm). Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es aproximadamente 36 cm por año. Esto concuerda esencialmente con las tasas de 35 cm por año para peces de longitud del cuerpo entre 120 y 160 cm estimada por Koto (1963) y 36 cm por año para peces de entre 125 y 170 cm estimada por Nakano y Bayliff (1992), pero algo inferior a la tasa de 40 cm por año para peces de 100 to 170 cm estimada por Miyabe y Bayliff (1987). En el Area 4 se puede seguir una progresión modal desde el primer trimestre (aproximadamente 160 cm) hasta el tercero (aproximadamente 178 cm), a partir de la cual se estima una tasa de crecimiento de unos 24 cm por año. Esto es similar a la tasa de 27 cm por año para peces de longitud del cuerpo entre 160 y 185 cm estimada por Koto (1963).

En la Figura 73 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de longitud para cada área. Es evidente una bimodalidad en el Area 1 para 1990 y 1991, en el Area 5 para 1989 y 1990, y en el Area 9 para 1990. Ocurrieron cantidades considerables de peces de más de 220 cm en las Areas 4, 5, y 9 en 1990.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de longitud de marlines rayados capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1992 y la ecuación peso-longitud de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 30,4 kg en 1982 y 45,1 kg en 1976. No es aparente ninguna tendencia temporal.

Howard y Ueyanagi (1965) notaron que los peces en el OPO fueron más pequeños que aquéllos en el Pacífico central sur y suroccidental, e inferieron de esto que tiene lugar una migración desde el Pacífico oriental al central sur y suroccidental. Squire y Suzuki (1990) notaron que peces pequeños son más comunes en el Pacífico occidental que en el oriental, y afirmaron que “cantidades considerables de marlines rayados juveniles deben ... migrar a las áreas noreste y sureste [tropicales y subtropicales] del Pacífico.” Observaron también que los peces de longitud mayor de 200 cm son más comunes en el Pacífico occidental que en el oriental, y afirmaron que esto indicaba un desplazamiento de peces de mayor edad del Pacífico oriental al occidental.

Marlín azul

Datos sobre las frecuencias de longitud del marlín azul en el OPO han sido publicados por Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 11.353 peces del presente estudio varió entre unos 80 y 370 cm, pero la mayoría midió entre 130 y 250 cm (Figura 74).

El tamaño de los peces tendió a ser mínimo en las Areas 2 y 4, intermedio en las Areas 1, 3, 5, y 8, y máximo en el Area 9 (Figura 74).

Las distribuciones trimestrales de frecuencia de longitud (Figura 75) fueron generalmente unimodales; las excepciones principales fueron las Areas 1 (segundo trimestre, y posiblemente el tercero) y 2 (tercer trimestre). Kume y Joseph (1969b) comentaron que los peces fueron más grandes en el Area 8 durante los trimestre segundo y tercero, y sugirieron que esto pudiera ser debido a migración de peces al Area 8 de las Areas 3 y 5 durante el cuarto trimestre y lo contrario durante el segundo.

En la Figura 76 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de longitud para cada área. No es evidente mucha variación entre áreas o años; la excepción principal es que la distribución para el Area 1 fue marcadamente bimodal en 1988, pero no en los otros años.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de longitud de marlines azules capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1992 y la ecuación peso-longitud de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 83,3 kg en 1983 y 106,6 kg en 1971. El peso promedio disminuyó precipitadamente de 1971 a 1973, aumentó de 1973 a 1980, y posteriormente no mostró ninguna tendencia.

Marlín negro

Datos sobre las frecuencias de longitud del marlín negro en el OPO han sido publicados por Shiohama (1969), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff, (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 55 peces del presente estudio varió entre unos 150 y 290 cm (Figura 77). Estos datos son insuficientes para formar la base de una discusión.

Pez vela

Datos sobre las frecuencias de longitud del pez vela en el OPO han sido publicados por Howard y Ueyanagi (1965), Kume y Joseph (1969b), Yurov y Gonzalez (1971), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 292 peces del presente estudio varió entre unos 90 y 200 cm, pero la mayoría midió entre 100 y 190 cm (Figura 78).

Es evidente una bimodalidad en las frecuencias de longitud de los peces capturados en las Areas 1-4 (Figura 78). Peces de la moda de peces más pequeños formaron una gran proporción de las capturas en las Areas 1 y 2. La bimodalidad es particularmente evidente en el Area 1 durante el cuarto trimestre (Figura 79). Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es de aproximadamente 35 a 40 cm por año, similar a la tasa de 35 cm por año estimada por Koto y Kodama (1962) para peces de entre 140 y 175 cm de longitud de cuerpo.

En la Figura 80 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de longitud para cada área. En el Area 1 fueron muestreados solamente peces grandes en 1989 y 1991, pero en 1992 predominaron peces más pequeños.

Marlín trompa corta

Datos sobre las frecuencias de longitud del marlín trompa corta en el OPO han sido publicados por Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), y Nakano y Bayliff (1992). La longitud de los 4.094 peces del presente estudio varió entre unos 90 y 190 cm, pero la mayoría midió entre 100 y 160 cm (Figura 81).

Los peces fueron más pequeños en las Areas 2, 3, 4, y 6 que en las Areas 1, 5, y 9 (Figura 81).

Es evidente una moda en aproximadamente 140 cm en la mayoría de los estratos de área-trimestre (Figura 82), y ocurrió una moda adicional en aproximadamente 120 cm en las Areas 4, 5, y 6. En el Area 4 la proporción de peces más pequeños fue mayor durante los tres primeros trimestres que durante el cuarto.

En la Figura 83 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de longitud para cada área. La variación máxima entre años ocurrió en el Area 4. Predominaron peces más grandes durante 1988-1990, mientras que durante 1991-1992 predominaron los más pequeños. Durante 1971-1990 las capturas en el Area 4 consistieron de dos modas o a de una sola de peces más grandes (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 65; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 80; este informe: Figura 83), mientras que durante 1991-1992 consistieron de una sola moda de peces más pequeños.

INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERIAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ATUNES Y PECES DE PICO

Albacora

Tal como se comentó en la sección titulada **TENDENCIAS EN LA ABUNDANCIA APARENTE RELATIVA**, en este informe se considera a la albacora del Océano Pacífico Norte y a la del Océano Pacífico Sur ser stocks separados.

En las Tablas 6 y 9 de este informe y la Tabla 1 de Liu y Bartoo (1996) se presentan datos sobre las capturas de albacora en el OPO por la pesquería palangrera japonesa y las pesquerías de superficie de Canadá, México, y Estados Unidos.

La albacora del Océano Pacífico Norte es explotada principalmente por las pesquerías palangreras de Japón y otras naciones, la pesquería norteamericana con curricán, y la pesquería japonesa de carnada. La pesquería palangrera opera desde Asia hasta Norteamérica, la pesquería norteamericana con curricán frente a Estados Unidos y Canadá y, en menor grado, en aguas de altura entre 140°O y 180°, y la pesquería japonesa de carnada principalmente al oeste de 180° (Kleiber y Baker, 1987: Figura 3). Ocurre un intercambio considerable de peces entre el Océano Pacífico oriental y occidental (Otsu y Uchida, 1963). Kleiber y Baker (1987) realizaron un

estudio de simulación para estimar las interacciones entre las tres pesquerías. Estimaron que doblar el esfuerzo de la pesquería con curricán incrementaría la captura de esa pesquería en un 93,3% y reduciría la de la pesquería palangrera en un 2,5%. Reducir el esfuerzo de la pesquería con curricán en un 50% reduciría la captura de esa pesquería en un 49,1% y aumentaría la de la pesquería palangrera un 1,3%. Doblar y reducir en 50% el esfuerzo palangrero resultaría en aumentos y disminuciones de 98,4 y 49,8%, respectivamente, para las capturas de la pesquería palangrera y de 0.1% para la pesquería con curricán. Evidentemente, la interacción entre las pesquerías con curricán y palangrera es mínima.

Pequeñas cantidades de albacora son capturadas por las pesquerías de superficie de Chile (Barbieri *et al.*, 1987; Anónimo, 1995b). No se dispone de información sobre la interacción entre estas pesquerías y la pesquería palangrera pero, a juzgar por la información arriba resumida para el Pacífico Norte, las interacciones entre las pesquerías de superficie y palangrera de albacora en el Pacífico Sur son probablemente mínimas.

Patudo

En las Tablas 6 y 9 de este informe y la Tabla 1 de Anónimo (1997a) se presentan datos sobre las capturas de patudo en el OPO por la pesquería palangrera japonesa y las pesquerías de superficie. Durante 1961-1992 las capturas palangreras de patudo en el OPO oscilaron entre 28,6 y 110,6 mil toneladas métricas (Anónimo, 1997a: Tabla 21), mientras que las de las artes de superficie oscilaron entre 68 y 15.421 toneladas. Las capturas de patudo con artes de superficie aumentaron a 29.375 toneladas en 1994, 36.941 toneladas en 1995, y 52.132 toneladas in 1996. Estos aumentos en las capturas fueron aparentemente debidas al descubrimiento de que patudos asociados con objetos flotantes, pero a profundidades bastante grandes, pueden ser detectados con equipo de sonar y capturados con red de cerco. Muchos de estos objetos flotantes eran balsas para agregar peces ("plantados") colocados en el agua por los pescadores. La mayor parte de estas capturas de patudo provino de entre 5°N y 5°S. Cualquier captura de patudo por una pesquería reduciría la captura de esa especie por la otra pesquería, por supuesto, a menos que las dos pesquerías explotasen stocks de peces separados, en cual caso ninguna de las dos afectaría a la otra. (Un patudo capturado por un barco de carnada marcado y liberado en 3°20'N-90°50'O el 12 de mayo de 1967 fue recapturado por un buque palangrero japonés en 4°32'N-107°50'O el 18 de junio de 1969, lo cual indica que las dos pesquerías no explotan stocks completamente separados.) Los peces capturados con artes de superficie (Tomlinson, 1998: Figura 1) suelen ser más pequeños que aquéllos capturados con palangre (Tomlinson, 1998: Figura 5), por lo que el impacto de la pesquería de superficie sobre la palangrera es probablemente mayor que el impacto de la pesquería palangrera sobre la de superficie. Recientemente se llevaron a cabo dos estudios para estimar el grado de interacción entre las pesquerías palangrera y de superficie de atún patudo en el Océano Pacífico. A continuación se resumen los resultados de los mismos.

El primer estudio, realizado por Miyabe (1994), se basó en el supuesto de que hay solamente un stock de patudo en el Océano Pacífico. Notó que se debería verificar este supuesto, y también que son necesarias mejores estadísticas de captura y esfuerzo y una ecuación de crecimiento aplicable al Océano Pacífico entero. Usó los siguientes conjuntos de datos de captura:

	Captura palangrera (toneladas métricas) (toneladas métricas)	Captura de superficie (toneladas métricas)
Conjunto 1	132.700	8.000
Conjunto 2	132.700	34.100

Combinó datos de captura en peso, datos de frecuencia de longitud, una ecuación de crecimiento en longitud de Suda y Kume (1967), y una ecuación peso-longitud de Morita (1973) para estimar las capturas, en número de peces en cada edad, de las pesquerías palangrera y de superficie. En la Tabla 7 se detallan la longitud y peso de los peces a edades 1 a 10. Usó un valor de 0,4 para el coeficiente anual de mortalidad natural (M), “ya que este valor es cercano a la estimación anterior [de 0,361] de Suda y Kume (1967) y parece ser un valor razonable considerando el crecimiento y longevidad de esta especie.” Realizó análisis de rendimiento por recluta con valores de 0,4 y 0,8 como coeficientes anuales de mortalidad por pesca (F) para las artes palangrera y de superficie combinadas. En la Figura 84 se presentan los resultados. Se obtienen los rendimientos por recluta máximos cuando una gran proporción del esfuerzo de pesca es ejercida por palangreros. La edad crítica (la edad a la cual el peso de los peces del mismo grupo de edad en la población está en su punto máximo cuando $F = 0$) ocurre entre edad 4 (cuando el peso de un pez promedio es 38 kg) y 5 (cuando el peso de un pez promedio es 58 kg) (Tabla 7). El peso promedio de los patudos capturados por la pesquería palangrera varía de 44 a 62 kg (Tabla 3), indicando que los estaban cerca de la edad crítica. En vista de esto, no nos sorprende que los cálculos indiquen que se obtienen los rendimientos por recluta máximos cuando los palangreros responden de la mayor parte del esfuerzo de pesca.

El segundo estudio, realizado por Tomlinson (1998), supuso que el patudo del OPO constituía un stock separado. Se notó en su informe que “estos análisis deben ser considerados preliminares, ya que se sabe poco acerca de las tasas de intercambio de peces entre el OPO y el Pacífico central y occidental. También hay una insuficiencia de información sobre los parámetros importantes, tales como crecimiento y mortalidad natural por edad y sexo, tamaño al cual los peces alcanzan la madurez sexual, etc. Además, hay problemas con la estratificación espaciotemporal de los datos de tamaño y la estandarización de los datos de esfuerzo y CPUE palangreros.” Se realizaron análisis de cohortes para estimar los efectos de distintas combinaciones de esfuerzo de pesca por buques de superficie y palangreros. Tal como se nota arriba, se supuso que no ocurre intercambio de peces entre el OPO y el Pacífico central y occidental. Se supuso que el reclutamiento a la pesquería de superficie ocurre a los 30 cm. En la Tabla 8 se presentan las estimaciones de la longitud y peso de los peces de varias edades usadas en los análisis. La longitud a edad fue estimada a partir de progresiones modales, y fue convertida a peso con la ecuación peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966). Se usaron valores de M de 0,4, 0,6, y 0,8. (Es posible que las tasas de crecimiento sean distintas para machos y hembras. Es probable también que M sea mayor para los peces más jóvenes y más viejos que para los de edad intermedia, y posiblemente no sea igual para ambos sexos. Sin embargo, no se dispone de suficiente información para poder estimar tasas de crecimiento por sexo ni tasas de M por edad o sexo.) Se realizaron los análisis con varios múltiplos del esfuerzo de pesca ejercido durante 1982 y 1994. (El número de lances cerqueros sobre objetos flotantes en 1982 fue más del doble del valor de 1994 (Anónimo, 1997a: Tabla 4), pero el coeficiente de capturabilidad de patudo a las redes de cerco fue mucho mayor en 1994 que en 1982, por lo que el esfuerzo de pesca efectivo fue mayor en 1994.) En la Figura 85 se resumen los resultados de los análisis. Con $M = 0,4$ múltiplos de esfuerzo igual o superior a unos 3 (esfuerzo de pesca de 1982) o 1 (esfuerzo de pesca de 1994) reducen la captura total. Con $M = 0,6$ el efecto es mucho menos pronunciado, aunque las capturas totales disminuyen ligeramente con múltiplos de esfuerzo iguales o superiores a unos 3 ó 4 con el esfuerzo de pesca de 1994. Con $M = 0,8$ las capturas totales no disminuyen con aumentos en el esfuerzo. Análisis del modelo de producción indican que es más probable que M sea de 0,6 a 0,8 que 0,4, en cual caso el aumento de las capturas cerqueras no han sido suficientes para reducir la captura total.

Aleta amarilla

La interacción entre las pesquerías de superficie y palangrera de aleta amarilla en el OPO fue comentada por Suda y Schaefer (1965a), Kume y Schaefer (1966), Kume y Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Suzuki *et al.* (1978), Lenarz y Zweifel (1979), Miyabe y Bayliff (1987), Anónimo (1987a: 21-22), Suzuki (1988), Hilborn (1989), Nakano y Bayliff (1992), y Wild (1994).

En las Tablas 6 y 9 de este informe y Tablas 1 y 20 de Anónimo (1997a) se presentan datos sobre las capturas de aleta amarilla en el OPO por la pesquería palangrera japonesa y las pesquerías de superficie.

Suzuki *et al.* (1978: 298), basándose en datos sobre la madurez sexual y desove, distribución horizontal y vertical de las capturas, CPUE de la flota palangrera japonesa, composición por tamaño, y desplazamientos del aleta amarilla, concluyeron provisionalmente que existen tres "stocks 'semi-independientes'" de esta especie que ocupan el Océano Pacífico occidental, central, y oriental, respectivamente. Se creía que la distribución geográfica de el último de éstos correspondía bastante bien con el Area de Reglamentación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA), ilustrada en la Figura 1. Estudios subsecuentes señalaron que los peces dentro y fuera del ARCAA eran afectados de forma diferente por la pesca, lo cual tiende a apoyar esta hipótesis. "Sin embargo, desde 1978 la distribución del esfuerzo de pesca y de las capturas [de superficie] se ha hecho mucho más continua ..., y es ahora aparente que desde el principio de la década de los 70 la talla media de los peces en la captura ha mostrado tendencias similares en las dos áreas ... y que la captura por día de pesca también ha sido similar en las dos áreas " (Anónimo, 1991a: 48). Por lo tanto, los análisis más recientes de la condición del aleta amarilla en el OPO han sido realizados con datos correspondientes al área al este de 150°O, con la excepción de las aguas alrededor de la Polinesia Francesa. En esta sección se supone que los peces que ocurren al este de 150°O pertenecen a un solo stock y que el límite occidental del mismo es 150°O.

Las pesquerías de superficie y palangrera no ocurren en exactamente las mismas áreas. No hubo pesca de superficie en el OPO al oeste del ARCAA antes de 1968 (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971). La pesquería palangrera comenzó en la parte occidental del OPO en los años 50, pero no se extendió a la zona donde había pesca de superficie hasta aproximadamente 1961 (Suda y Schaefer, 1965a: Figura 1). En el Area 7 son capturadas grandes cantidades de aleta amarilla por las pesquerías de superficie (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971; Calkins, 1975; Orange y Calkins, 1981; Anónimo, 1989a-1997a: Figura 2), pero pocos por la pesquería palangrera (Figura 17). Durante 1988-1992 hubo relativamente poco esfuerzo palangrero al oeste de 95°O entre 8°N y 18°N (Figura 4), pese a que, tal como se comentó antes, ésta ha sido una zona importante para la pesquería de superficie, especialmente la que opera fuera del ARCAA. La separación por área no sería importante si ocurriera intercambio rápido de peces entre las distintas partes del OPO. En la Tabla 10 se presentan algunos datos sobre los desplazamientos netos de aletas amarillas marcados liberados de buques cerqueros durante 1968-1978. Se incluyen en la tabla solamente datos de liberaciones de buques cerqueros porque estos peces solieron ser más grandes que aquéllos liberados de barcos de carnada y porque los buques cerqueros suelen pescar a mayor distancia de la costa. Estos peces son por lo tanto probablemente más similares a los que captura la pesquería palangrera que aquéllos liberados de barcos de carnada. Son comunes desplazamientos de varios centenares de millas, pero no son tan extensos como para hacer que sea probable una mezcla rápida de peces de todas partes del Océano Pacífico. Solamente seis marcas de peces capturados con artes de superficie han sido devueltas por pescadores palangreros, y solamente una marca de un pez capturado originalmente con palangre ha sido devuelta por un pescador de superficie (Tabla 11).

En la Figura 86 se presentan datos sobre las capturas y CPUE de aleta amarilla por las pesquerías de superficie y palangrera del OPO. Los datos de captura y CPUE para la pesquería de superficie, convertidas a toneladas métricas, provienen de Anónimo (1997a: Tablas 1 y 20). Se obtuvieron los datos de captura de la pesquería palangrera multiplicando los pesos promedio (Tabla 3) por las capturas, en números de peces (Tabla 6), y luego dividiendo los productos por 1.000 (Tabla 9). Se obtuvieron las CPUE de esa pesquería dividiendo las capturas, en toneladas métricas, por el esfuerzo, en miles de anzuelos (Tabla 4), y luego multiplicando el cociente por 73,8. Se usó este procedimiento porque Anónimo (1987a: 189-190) demostró que, para el aleta amarilla, un día de esfuerzo por un buque cerquero de la Clase 6 era equivalente a 73.800 anzuelos palangreros durante 1968-1983. Las capturas por artes de superficie han sido mucho mayores que las palangreras. Las capturas de superficie mostraron una tendencia ascendiente durante 1957-1992, pero las palangreras no. Las tendencias en las CPUE para las dos pesquerías fueron bastante parecidas durante 1967-1992, fenómeno sorprendente, "...particularmente si se considera las grandes diferencias entre la distribución espacial del esfuerzo, los métodos de pesca y la composición de talla de los peces" (Anónimo, 1987a: 189). El aumento en la CPUE durante 1983-1992 fue considerablemente mayor para las artes de superficie que para los palangres, sin embargo. Esto podría ser debido al cambio de palangres convencionales a profundos comenzado a mediados de los años 70 (Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992), ya que las CPUE palangreras disminuyeron entre mediados y fines de los años 70 y siguieron bajas durante los 80. Punsly y Nakano (1992) compararon las CPUE de aleta amarilla palangrera y cerquera, y descubrieron una correlación significativa para palangres con 10-12 anzuelos por canasta, pero no para aquéllos con 3-4, 5-9, ó 13-15 anzuelos por canasta. Sería de esperar que se obtendría la correlación máxima con la CPUE cerquera con los datos de 3-4 ó 5-9 anzuelos por canasta, ya que Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992) demostraron que las CPUE de aleta amarilla suelen ser mayores para palangres someros (4-6 anzuelos por canasta) que para los profundos (10 o más anzuelos por canasta).

En la Figura 87 se presentan estimaciones de la biomasa de aletas amarillas grandes (de más de 83 cm de longitud), la CPUE de aletas amarillas grandes por la pesquería de superficie, y la CPUE de aleta amarilla por la pesquería palangrera, todos en el OPO. Se expresa la CPUE de la pesquería de superficie en días cerqueros de la Clase 6, y la de la pesquería palangrera en captura por 30.550 anzuelos, ya que el Sr. Patrick K. Tomlinson, del personal de la CIAT, estimó a partir de datos del período de 1959-1987 que estos dos índices de esfuerzo son equivalentes para peces grandes. Los datos en los recuadros superior y medio fueron tomados de Anónimo (1997a: Figuras 43 y 44, respectivamente). Los datos en el recuadro inferior corresponden a aquéllos en el recuadro inferior de la Figura 43 de Anónimo (1997a). A partir de 1982 la tendencia en la CPUE de la pesquería de superficie correspondió mucho más estrechamente a la tendencia de la biomasa que la tendencia de la pesquería palangrera. Estos resultados concuerdan con aquéllos correspondientes a la CPUE de peces de todos tamaños, comentados en el párrafo anterior. El Sr. Richard G. Punsly, del personal de la CIAT, calculó la CPUE por área de 5° para las pesquerías cerquera y palangrera, y descubrió que los aumentos en las CPUE cerqueras durante los años 80 no fueron, en la mayoría de los casos, acompañados por aumentos en las CPUE palangreras (comunicación personal).

Suzuki (1988: Figura 35) comparó la población de peces grandes peces en 1968-1983, derivada de Anónimo (1985a: Tabla 19), y la CPUE palangrera de 1962-1983, ambos para el ARCAA, y descubrió tendencias descendientes en ambas que correspondían bastante estrechamente.

Suda y Schaefer (1965b: Tabla 6), Kume y Joseph (1969b: Tabla 8), Shingu *et al.* (1974:

Tabla 4), Suzuki *et al.* (1978: Figura 22), Miyabe y Bayliff (1987: Figura 67), Nakano y Bayliff (1992: Figura 83), y en la Figura 88 del presente informe se presentan datos sobre las composiciones por longitud de peces capturados por artes de superficie y palangreras. Los datos no son completamente comparables, ya que se consideraron áreas diferentes y los intervalos de longitud y métodos usados para medir los peces y ponderar los datos no fueron iguales. No obstante, es aparente que una porción mucho mayor de la captura de la pesquería de superficie consiste de peces pequeños y medianos. Además, se puede ver que durante 1988-1992 las capturas de superficie superaron las palangreras en cada clase de longitud.

En la Figura 89 se presentan las distribuciones de frecuencia de longitud correspondientes a todas las muestras de estratos de mes-área (5° de latitud por 5° de longitud) en las cuales se tomaron muestras de al menos 20 peces de cada arte (superficie y palangre) durante 1988-1992. La posición del área es designada por un número inicial que define el hemisferio (0 = norte; 2 = sur) seguido por el paralelo y meridiano que forman los límites sur y este, respectivamente; 0-05-130, por ejemplo, designa el área entre 5°N y 10°N y 130°O y 135°O. La longitud de los peces capturados con arte de superficie y palangre fue aproximadamente igual en cada caso. Esto no es lo que se esperaría a partir de la Figura 88, ni tampoco concuerda con los resultados de Miyabe y Bayliff (1987: Figura 68) y Nakano y Bayliff (1992: Figura 84), que descubrieron que los peces capturados con palangre solían ser más grandes que aquéllos capturados con red de cerco. No se debería dar demasiada importancia a los datos de 1988-1992, ya que las muestras cubren solamente unos pocos estratos, y el número de peces medidos en la mayoría de los mismos fue pequeño.

En vista de la información en la Figura 88, se esperaría que la pesquería de superficie ejercería un efecto directo mayor sobre la pesquería palangrera que viceversa, y por lo tanto se considerará inicialmente el efecto de la pesquería de superficie sobre la palangrera. Se debe tener en cuenta que las capturas y tasas de captura palangreras no son necesariamente indicadores fidedignos de la abundancia de los peces, ya que la pesquería palangrera es multiespecífica, y los pescadores podrían decidir pescar en áreas donde abunda menos el aleta amarilla porque desean concentrar su esfuerzo en otras especies, o podrían usar artes menos eficaces para el aleta amarilla, aun en buenas áreas de pesca de aleta amarilla, por el mismo motivo. Las capturas de aleta amarilla en el OPO por artes de superficie artes permanecieron más o menos constantes en unas 100 mil toneladas anuales desde 1955 hasta 1967 (Figura 86). Posteriormente comenzaron a incrementarse, y el promedio de 1970-1981 fue aproximadamente el doble del de 1955-1967. Después de tres años (1982-1984) de capturas decrecientes, durante 1985-1992 las capturas alcanzaron niveles récord o casi récord. Las CPUE disminuyeron desde 1968 hasta 1980, aumentaron desde 1983 hasta 1986, disminuyeron desde 1986 hasta 1987, y luego aumentaron lentamente hasta 1992. Las capturas en el OPO por buques palangreros permanecieron más o menos constantes en unos 200 mil a 500 mil peces por año desde 1961 hasta 1992 (Tabla 6). Las CPUE palangreras siguieron la misma tendencia que las de las artes de superficie en el período de 1967-1983, pero aumentaron menos durante 1984-1992 que las CPUE de las artes de superficie. La reducción en las tasas de captura palangreras a partir de 1974 puede ser atribuida, al menos parcialmente, a la adopción de palangres profundos por una gran porción de la flota, tal como se nota en la sección titulada **Índices de abundancia aparente obtenidos de palangres convencionales, intermedios, y profundos.**

Con respecto al efecto de la pesquería palangrera sobre la de superficie, es evidente a partir de la Figura 86 que la captura de aleta amarilla en el OPO por la pesquería de superficie es mucho mayor que la de la palangrera. Los aletas amarillas capturados con artes de superficie son más pequeños, en promedio, que los que se capturan con palangre (Figura 88), aunque los

tamaños se sobreponen considerablemente, por lo que la introducción de palangres en el OPO ha reducido ligeramente la cantidad de peces disponibles a la pesquería de superficie.

Ambas pesquerías han reducido el número de reproductores, lo que a su vez podría afectar el reclutamiento. Anónimo (1997a: Tabla 18) presenta datos sobre el reclutamiento de aleta amarilla en el OPO durante 1967-1995; fue superior al promedio en la mayoría de los años del período de 1984-1995, por lo que parece que el aumento en las capturas totales de esos años no ha reducido el reclutamiento.

En resumen, el efecto de la pesquería cerquera sobre la pesquería palangrera es casi seguramente mayor que el efecto de la pesquería palangrera sobre la cerquera, pero no es posible medir los efectos con precisión debido a la falta de conocimientos sobre las tasas de desplazamiento de los peces, la vulnerabilidad de peces de distintos tamaños a las distintas artes, etcétera.

Aleta azul del norte

En la Tabla 1 de Anónimo (1997a) se presentan datos sobre las capturas de aleta azul del norte en el OPO por las pesquerías comerciales de superficie.

No se sabe que ocurra desove de aleta azul del norte en ningún lugar en el Pacífico Océano excepto en las cercanías del Japón, y se cree que todos los peces que se capturan en el OPO son migrantes del Pacífico occidental que, si sobreviven, regresarán a esa área para desovar (Bayliff, 1994a y 1994b). Aletas azules son capturados en la superficie por pesquerías de varios tipos en el Pacífico occidental y central y por redes de cerco y, en grado mucho menor, por artes deportivas en el OPO. Además, son capturados por palangres desde Asia hasta Norteamérica, pero principalmente al oeste de 150°O (Anónimo, 1997a: Figura 91). Anónimo (1997a: Figura 94) demostró que incrementar la edad de ingreso de aletas azules a las pesquerías a 3 ó 4 años aumentaría los rendimientos por recluta. Ya que la pesquería palangrera captura principalmente peces más grandes de mayor edad, le convendría probablemente una restricción de la captura de peces de edades 0, 1, y 2. Tomlinson (1998) demostró que las capturas de la pesquería palangrera japonesa habían disminuido de un promedio de 23.522 peces durante 1952-1955 a un promedio de 609 peces durante 1983-1986.

Pez espada

En la Tablas 6 y 9 de este informe se presentan datos sobre las capturas de pez espada en el OPO por la pesquería palangrera japonesa, y en la Tabla 39 de Anónimo (1997a) se presentan datos sobre las capturas palangreras y de superficie por buques de todas naciones.

Se sabe poco acerca de la estructura de los stocks y los desplazamientos del pez espada en the Océano Pacífico (Joseph *et al.*, 1994; Hinton y Deriso, en prensa), y es por lo tanto difícil hacer inferencias sobre las interacciones entre las pesquerías de superficie y la pesquería palangrera de la especie. Es capturado principalmente con palangres y redes agalleras. Las distribuciones de longitud de peces espada capturados con palangre en el OPO (Figuras 68 y 69) y con redes agalleras frente al sur de California (Hanan *et al.*, 1993) son similares, y los efectos de una pesquería sobre la otra son por lo tanto probablemente más o menos iguales.

Marlines, pez vela, y marlín trompa corta

En la Tablas 6 y 9 de este informe se presentan datos sobre las capturas de marlines, pez vela, y marlín trompa corta en el OPO por la pesquería palangrera japonesa. La pesca deportiva responde de la mayoría de las capturas de superficie de estas especies, y han sido publicados solamente datos fragmentarios de captura para estas pesquerías.

Se ha promulgado legislación para proteger las pesquerías deportivas de competición de otras pesquerías. Está prohibida la pesca comercial de peces de pico aparte del pez espada a menos de 50 millas náuticas (mn) de la costa del Pacífico de México y en dos áreas a más de 50 nm de la costa, y peces de pico aparte del pez espada capturados por pescadores comerciales con licencias de pesca de California no pueden ser retenidos para venta ni consumo (Joseph *et al.*, 1994).

Se sabe poco acerca de la estructura de los stocks de estas especies en the Océano Pacífico, aunque Shaklee *et al.* (1983) descubrieron heterogeneidad genética entre marlines azules muestreados en Hawaii y Graves y McDowell (1994) mostraron diferencias genéticas entre marlines rayados muestreados en Cabo San Lucas (México), Manta (Ecuador), Kona (Hawaii), y Port Stephens (Australia). No se ha publicado mucho sobre las capturas, el esfuerzo, y las CPUE de las pesquerías deportivas del OPO.

Anónimo (1997b: Figura 1) presenta datos de la CPUE deportiva de marlín rayado frente al sur de California, Baja California, y Mazatlán (México), durante 1969-1995. Las CPUE no cambiaron mucho durante dicho período, pese a las reducciones concurrentes en las capturas de la pesquería palangrera (Figura 13), lo que podría indicar que no hay mucha interacción entre las dos pesquerías. Sin embargo, no se puede evaluar esta situación sin información sobre los cambios (si es que existen) en los métodos de pesca usados por los pescadores deportivos y sus efectos sobre las capturas de marlín rayado por día de pescador. No se ha publicado ninguna información sobre las composiciones por tamaño de marlines rayados capturados para la pesquería deportiva del OPO excepto alguna sobre las frecuencias de peso de peces capturados frente al sur de California durante 1963 y datos de peso promedio de peces capturados en esa misma área durante cada año del período de 1945-1980 (Squire, 1983). Es por lo tanto imposible llevar a cabo una evaluación completa de las interacciones entre las pesquerías palangrera y deportiva, aunque Squire y Au (1990) manifestaron que “cuando la pesca comercial fue prohibida [frente a México], durante 1977-1980, las CPUE [de marlín rayado por la pesquería deportiva] aumentaron de un largo período de disminución a niveles cercanos a los de antes de la explotación.”

Macías-Zamora *et al.* (1993 y 1994) estudiaron datos de CPUE de pez vela y la interacción entre las pesquerías palangrera y deportiva. La CPUE de pez vela en torneos de pesca en Manzanillo (México) disminuyó desde 1954 hasta 1976, y luego permaneció en aproximadamente el mismo nivel desde 1976 hasta 1989. Atribuyeron la reducción durante el primer período a la pesquería palangrera internacional y la estabilización durante el segundo período a las restricciones sobre dicha pesquería que estuvieron en vigor durante ese período.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Hiroshi Hatanaka, Director del NRIFSF al realizarse el estudio, Dr. Ziro Suzuki, Jefe de División, y Sr. Yuji Uozumi, Jefe de Sección, por permitir al primer autor incorporarse al personal de la CIAT como científico en visita y por permitir a los autores trabajar con datos reunidos por el NRIFSF. Se gozó de la ayuda considerable de las Sres. Toshio Shiohama y Naozumi Miyabe, del NRIFSF, con los datos estadísticos. Se agradece también al Dr. James Joseph, Director de la CIAT, la ayuda económica y apoyo entusiasta del proyecto. El Dr. Richard B. Deriso, Científico Jefe del Programa Atún-Picudo de la CIAT, supervisó la ejecución del trabajo, y el Dr. Michael G. Hinton y Sres. Edward F. Everett y Patrick K. Tomlinson proporcionaron datos sobre la pesquería de superficie, ayudaron con el procesamiento de los datos, y ayudaron en muchas otras formas. El manuscrito fue revisado por los Dres. Joseph, Deriso, Hinton, Suzuki, Robin L. Allen, Hideki Nakano, y Sachiko Tsuji, Sres. Miyabe, Tomlinson, y Uozumi, y Srta. Jeanne B. Wexler, y todos hicieron sugerencias útiles para mejorarlo. El Sr. Nicolás Webb tradujo el manuscrito del inglés al castellano.

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA

- Amorin, A., C. Arfelli, A. Garcés, and J. C. Rey. 1979. Estudio comparativo sobre la biología y pesca del pez espada, *Xiphias gladius* L. (1758) obtenidos por las flotas española y brasileña. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 8 (2): 496-503.
- Anonymous—Anónimo. 1973a-1997a. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1972-1995.
- Anonymous—Anónimo. 1993b. Annual catch statistics of Taiwanese tuna longline fishery 1992. Tuna Res. Center, Inst. Ocean., Nat. Taiwan Univ., Rep. China.
- Anonymous—Anónimo. 1995b. Anuario estadístico de pesca 1994. Chile, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Servicio Nacional de Pesca: 239 pp.
- Anonymous—Anónimo. 1997b. 1997 Billfish Newsletter. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Southwest Fish. Sci. Center: 12 pp.
- Barbieri, M. A., F. Naranjo, E. Yañez, M. Farías, G. Danneri, and P. Rojas. 1987. La pesquería artesanal del atún aleta larga en la zona de Valparaiso y el satélite NOAA. Inves. Mar., Valparaiso, 15: 41-61.
- Bartoo, N., and T. J. Foreman. 1994. A review of the biology and fisheries for North Pacific albacore (*Thunnus alalunga*). FAO, Fish. Tech. Pap., 336 (2): 173-187.
- Bayliff, W. H. 1994a. Interactions among fisheries for northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean. FAO, Fish. Tech. Pap., 336 (1): 249-263.
- Bayliff, W. H. 1994b. A review of the biology and fisheries for northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean. FAO, Fish. Tech. Pap., 336 (2): 244-295.
- Bayliff, W. H., Y. Ishizuka, and R. B. Deriso. 1991. Growth, movement, and attrition of northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean, as determined by tagging. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (1): 1-94.
- Calkins, T. P. 1975. Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1971-1974. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17 (1): 1-116.
- Calkins, T. P., and B. M. Chatwin. 1967. Geographical distribution of yellowfin tuna and skipjack catches in the eastern Pacific Ocean, by quarters of the year, 1963-1966. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 12 (6): 433-508.
- Calkins, T. P., and B. M. Chatwin. 1971. Geographical catch distribution of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970, and fleet and total catch statistics, 1962-1970. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15 (3): 283-377.
- Calkins, T. P., M. Yamaguchi, and N. Miyabe. 1993. Some observations on bigeye tuna (*Thunnus obesus*) caught by the surface and longline fisheries for tunas in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (8): 441-499.
- Chatwin, B. M. 1959. The relationships between length and weight of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 3 (7): 305-352.

- Chow, S., and H. Ushiyama. 1995. Global population structure of albacore (*Thunnus alalunga*) inferred by RFLP analysis of the mitochondrial ATPase gene. *Mar. Biol.*, 123 (1): 39-45.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling Techniques*, Third Edition. John Wiley and Sons, New York: xvi, 428 pp.
- Gong, Y., J. U. Lee, Y. C. Park, D. Y. Moon, W. S. Yang, T. I. Kim, J. N. Kwon, J. B. Kim, H. S. Jo, and Y. J. Lee. 1993. Fishery statistics and fishing grounds for the Korean tuna longline fishery, 1988-1992. *Nat. Fish. Res. Develop. Agency, Tech. Rep.*, 106: 465 pp.
- Gouveia, L., and J. Mejuto. 1994. Notes on biological and biometric data of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the areas off Madeira. *Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap.*, 42 (1): 274-280.
- Gouveia, L., and J. Mejuto. 1995. Some biometric data from the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the areas off Madeira. *Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap.*, 44 (3): 132-134.
- Graves, J. E., and J. R. McDowell. 1994. Genetic analysis of striped marlin (*Tetrapturus audax*) population structure in the Pacific Ocean. *Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci.*, 51 (8): 1762-1768.
- Hanamoto, E. 1974. Fishery oceanography of bigeye tuna—I. Depth of capture by tuna longline gear in the eastern tropical Pacific Ocean. *La Mer*, 12 (3): 128-136.
- Hanamoto, E. 1975. Fishery oceanography of bigeye tuna—II. Thermocline and dissolved oxygen content in relation to tuna longline fishing grounds in the eastern tropical Pacific Ocean. *La Mer*, 13 (2): 58-71.
- Hanamoto, E. 1987. Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. *Japan. Soc. Fish. Ocean., Bull.* 51 (3): 203-216.
- Hanan, D. A., D. B. Holts, and A. L. Coan, Jr. 1993. The California drift gill net fishery for sharks and swordfish, 1981-82 through 1990-91. *Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull.*, 175: 95 pp.
- Hilborn, R. 1989. Yield estimation for spatially connected populations: an example of surface and longline fisheries for yellowfin tuna. *North Amer. Jour. Fish. Manag.*, 9 (4): 402-410.
- Hinton, M. G., and R. B. Deriso. in press. Distribution and stock assessment of swordfish in the eastern Pacific Ocean from catch and effort data standardized using biological and environmental parameters. *NOAA Tech. Memo., NMFS-142*.
- Hinton, M. G., R. G. Taylor, and M. D. Murphy. 1997. Use of gonad indices to estimate the status of reproductive activity of female swordfish, *Xiphias gladius*: a validated classification method. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 95 (1): 80-84.
- Howard, J. K., and S. Ueyanagi. 1965. Distribution and relative abundance of billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean. *Univ. Miami, Inst. Mar. Sci., Studies in Tropical Oceanography*, 2: 134 pp.
- Hunter, J. R., B. J. Maciewicz, and J. R. Sibert. 1986. The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv.*, 84 (4): 895-903.
- Joseph, J., W. H. Bayliff, and M. G. Hinton. 1994. A review of information on the biology, fisheries, marketing and utilization, fishing regulations, and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Internal Rep.*, 24: 81 pp.

- Joseph, J., W. L. Klawe, and C. J. Orange. 1974. A review of the longline fishery for billfishes in the eastern Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 309-331.
- Kamimura, T., and M. Honma. 1959. The relationships between length and weight of the landings of yellowfin from the Pacific Ocean. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 11: 88-107
- Kikawa, S. 1961. The group maturity of bigeye tuna *Parathunnus mebachi* (Kishinouye) in the spawning areas of the Pacific. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 13: 35-46.
- Kikawa, S. 1962. Studies on the spawning activity of the Pacific tunas, *Parathunnus mebachi* and *Neothunnus macropterus*, by the gonad index examination. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Occas. Rep., 1: 43-56.
- Kleiber, P., and B. Baker. 1987. Assessment of interaction between north Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, fisheries by use of a simulation model. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 85 (4): 703-711.
- Koto, T. 1963. Some considerations on the growth of marlins, using size frequencies in commercial catches. III. Attempts to estimate the growth of striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi) in the western north Pacific Ocean. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 17: 63-85.
- Koto, T. 1964. Studies on the albacore. X. The length frequency distribution of albacore in the central north Pacific longline ground. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 20: 17-25.
- Koto, T., and K. Hisada. 1967. Studies on the albacore. XIII. Size composition of south Pacific albacore caught by longline. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 25: 37-47.
- Koto, T., and K. Kodama. 1962. Some considerations on the growth of marlins, using size-frequencies in commercial catches. I. Attempts to estimate the growth of sailfish. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 15: 97-108.
- Kume, S. 1973. Catch variation of the sailfish caught by the longline fishery in the eastern Pacific Ocean, 1963-1970. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 8: 25-33.
- Kume, S. 1979. Fishery biology of the bigeye tuna resource in the Pacific Ocean. Suisan Kenkyu Sousho, 32:
- Kume, S., and J. Joseph. 1966. Size composition, growth and sexual maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), from the Japanese long-line fishery in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 11 (2): 45-99.
- Kume, S., and J. Joseph. 1969a. The Japanese longline fishery for tunas and billfish in the eastern Pacific Ocean east of 130°W, 1964-1966. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 13 (2): 275-418.
- Kume, S., and J. Joseph. 1969b. Size composition and sexual maturity of billfishes caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 2: 115-162.
- Kume, S., and M. B. Schaefer. 1966. Studies of the Japanese long-line fishery for tuna and marlin in the eastern tropical Pacific Ocean during 1963. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 11 (3): 101-170.

- Kume, S., and T. Shiohama. 1964. On the conversion between length and weight of bigeye tuna landings in the Pacific Ocean (preliminary report). Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 20: 59-67.
- Lee, J. U., J. S. Hue, W. S. Yang, and J. P. Hong. 1979. A note of some status of fishing effort of Korean longline fishery by ocean. Korea, Nat. Fish. Res. Devel. Agency, Bull., 21: 43-56.
- Lenarz, W. H., and J. R. Zweifel. 1979. A theoretical examination of some aspects of the interaction between longline and surface fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 76 (4): 807-825.
- Liu, H.-C., and N. Bartoo. 1996. Report of the Fourteenth North Pacific Albacore Workshop. (National Taiwan University, Taipei, Taiwan, Republic of China): ii, 39 pp.
- Macías-Zamora, R., N. A. Venegas-Galindo, and A. L. Vidaurri-Sotelo. 1993. La pesca deportiva del pez vela (*Istiophorus platypterus*) y su relación con la pesca comercial. CICIMAR [Mexico], Inves. Mar., 8 (2): 87-93.
- Macías-Zamora, R., A. L. Vidaurri-Sotelo, and H. Santana-Hernández. 1994. Análisis de la tendencia de captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del pez vela en el Pacífico mexicano. Ciencias Marinas, 20 (3): 393-408.
- Miyabe, N. 1994. A brief analysis of fishery interaction for bigeye tuna in the Pacific Ocean. FAO, Fish. Tech. Pap., 336 (1): 239-248.
- Miyabe, N., and W. H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 19 (1): 1-163.
- Miyabe, N., and W. H. Bayliff. 1998. A review of the biology and fisheries for bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep., 9: 129-170.
- Miyake, M. 1990. Field Manual for Statistics and Sampling of Atlantic Tunas and Tuna-like Fishes, Third Edition. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas: 184 pp.
- Morita, Y. 1973. Conversion factors for estimating live weight from gill-and-gutted weight of bigeye and yellowfin tunas. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 9: 109-121.
- Murphy, G. I., and R. S. Shomura. 1972. Pre-exploitation abundance of tunas in the equatorial central Pacific. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 70 (3): 875-913.
- Murray, T. 1994. A review of the biology and fisheries for albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean. FAO, Fish. Tech. Pap., 336 (2): 188-206.
- Nakamura, E. L., and J. H. Uchiyama. 1966. Length-weight relations of Pacific tunas. In Manar, T. A. (editor), Proc. Governor's [Hawaii] Conf. Cent. Pacif. Fish. Resources: 197-201.
- Nakamura, H. 1969. Tuna Distribution and Migration. Fishing News (Books) Ltd., London: 76 pp.
- Nakano, H., and W. H. Bayliff. 1992. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (5): 183-355.

- Nakano, H., M. Okazaki, and H. Okamoto. 1997. Analysis of catch depth by species for tuna longline fishery based on catch by branch lines. *Nat. Res. Inst. Far Seas Fish., Bull.*, 34: 43-62.
- Nikaido, H., N. Miyabe, and S. Ueyanagi. 1991. Spawning time and frequency of bigeye tuna, *Thunnus obesus*. *Nat. Res. Inst. Far Seas Fish., Bull.*, 28: 47-73.
- Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi, and S. Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956-1981. *Far Seas Fish. Res. Lab., S Series*, 12: 99 pp.
- Orange, C. J., and T. P. Calkins. 1981. Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1975-1978. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 18 (1): 1-120.
- Otsu, T., and R. F. Sumida. 1968. Distribution, apparent abundance, and size composition of albacore (*Thunnus alalunga*) taken in the longline fishery based in American Samoa, 1964-65. *U.S. Bur. Comm. Fish., Fish. Bull.*, 67 (1): 47-69.
- Otsu, T., and R. N. Uchida. 1963. Model of the migration of albacore in the north Pacific Ocean. *U.S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull.*, 63 (1): 33-44.
- Punsly, R., and H. Nakano. 1992. Analysis of variance and standardization of longline hook rates of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin (*Thunnus albacares*) tunas in the eastern Pacific Ocean during 1975-1987. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 20 (4): 165-184.
- Rey, J. C., and R. Muñoz-Chápuli. 1991. Relation between hook depth and fishing efficiency in surface longline gear. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 89 (4): 729-732.
- Royce, W. F. 1957. Observations on the spearfishes of the central Pacific. *U.S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull.*, 57 (124): 497-554.
- Saito, S. 1973. Studies on fishing of albacore, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre) by experimental deep-sea tuna long-line. *Hokkaido Univ., Mem. Fac. Fish.*, 21 (2): 107-184.
- Saito, S. 1975. On the depth of capture of bigeye tuna by further improved vertical long-line in the tropical Pacific. *Jap. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 41 (8): 831-841.
- Schaefer, K. M. 1987. Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific tuna. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 19 (2): 165-260.
- Schaefer, K. M. 1998. Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 21 (5): 201-272.
- Shaklee, J. B., R. W. Brill, and R. Acerra. 1983. Biochemical genetics of Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*, from Hawaiian waters. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Bull.*, 81 (1): 85-90.
- Shingu, C., P. K. Tomlinson, and C. L. Peterson. 1974. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 16 (2): 65-230.
- Shiohama, T. 1969. A note on the marlins caught by the tuna longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 1: 5-34.
- Shomura, R. S., and B. A. Keala. 1973. Growth and sexual dimorphism in growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) a preliminary report. *FAO, Fish. Rep.*, 6 (3): 1409-1417.

- Squire, J. L., Jr. 1983. Weight frequencies for striped marlin, *Tetrapturus audax*, caught off Southern California. *Mar. Fish. Rev.*, 45 (7-9): 63-67.
- Squire, J. L., and D. W. K. Au. 1990. Striped marlin in the northeast Pacific—a case for local depletion and core area management. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 199-214.
- Squire, J. L., and Z. Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin *Tetrapturus audax* in the Pacific Ocean. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 67-80.
- Suda, A. 1962. Studies on the population structure and catch variation of the North Pacific albacore. *Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, 15: 1-37.
- Suda, A., and S. Kume. 1967. Survival and recruit of bigeye tuna in the Pacific Ocean, estimated by the data of tuna longline catch. *Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep.*, 25: 91-103.
- Suda, A., S. Kume, and T. Shiohama. 1969. An indicative note on the role of permanent thermocline as a factor controlling the longline fishing ground for bigeye tuna. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 1: 99-114.
- Suda, A., and M. B. Schaefer. 1965a. General review of the Japanese tuna long-line fishery in the eastern tropical Pacific Ocean 1956-1962. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 9 (6): 305-462.
- Suda, A., and M. B. Schaefer. 1965b. Size-composition of catches of yellowfin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific east of 130°W. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 10 (4): 265:331.
- Suzuki, Z. 1988. Study of interaction between longline and purse seine fisheries on yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre). *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 25: 73-144.
- Suzuki, Z., and S. Kume. 1982. Fishing efficiency of deep longline for bigeye tuna in the Atlantic as inferred from the operations in the Pacific and Indian Oceans. *Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap.*, 17 (2): 471-486.
- Suzuki, Z., P. K. Tomlinson, and M. Honma. 1978. Population structure of Pacific yellowfin tuna. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 17 (5): 273-441.
- Suzuki, Z., Y. Warashina, and M. Kishida. 1977. The comparison of catches by regular and deep longline gears in the western and central equatorial Pacific. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 15: 51-89.
- Tomlinson, P. K. 1996. Movement of large bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the north Pacific Ocean, as determined from the Japanese longline fishery, and implications regarding interactions between the fisheries of the western and eastern Pacific Ocean. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 365: 425-459.
- Tomlinson, P. K. 1998. Assessment studies of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep.*, 9: 250-290.

- Tomlinson, P. K., S. Tsuji, and T. P. Calkins. 1992. Length-frequency estimation for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught by commercial fishing gear in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 20 (6): 357-398.
- de Vlaming, V., G. Grossman, and F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73A (1): 31-39.
- Wild, A. 1986. Growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 18 (6): 421-482.
- Wild, A. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean. *FAO, Fish. Tech. Pap.*, 336 (2): 52-107.
- Yabe, H., S. Ueyanagi, S. Kikawa, and H. Watanabe. 1959. Study of the life-history of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. *Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep.*, 10: 107-150.
- Yang, W. S., and Y. Gong. 1988. The vertical distribution of tunas and billfishes, and fishing efficiency between Korean regular and deep longlines in the Atlantic Ocean. *Korea, Nat. Fish. Res. Devel. Agency, Bull.*, 42: 39-42.
- Yong, M. Y. Y., and J. A. Wetherall. 1980. Estimates of the catch and effort by foreign tuna longliners and baitboats in the fishery conservation zone of the central and western Pacific, 1965-77. *NOAA Tech. Mem., NMFS-SWFC-2*: 103 pp.
- Yukinawa, M. 1958. Size frequency of the bigeye tuna caught in the equatorial Pacific. *Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep.*, 8: 22-30.
- Yurov, V. G., and J. C. Gonzalez. 1971. Posibles capturas del *Histiophorus gladius* en la región oriental del Océano Pacífico (in Russian with summary in Spanish). *Sovetsko-Kubinskie Rybokhoziaistvennyye Issledovaniya*, 3: 104-110 (translated by W. L. Klawe, Inter-American Tropical Tuna Commission).

APPENDIX—ANEXO

The lengths and weights of tunas and billfishes are measured in several ways. Sometimes the lengths, but not the weights, are measured, and sometimes the reverse is the case. Such being the case, it is often necessary to convert from one length or weight measurement to another or from lengths to weights. Accordingly, for convenience, information on the various measurements has been assembled in this appendix. Most of the conversion factors have been derived from fish caught in the Pacific Ocean, but a few from Atlantic-caught fish are included for species for which there is little or no information for Pacific-caught fish. (Additional information for Atlantic-caught fish is given by Miyake (1990: Appendix 6). No data for length-weight relationships, which would be used for conversion of weights to lengths, have been published.

The following measurements are included in this appendix:

snout-fork length (SFL) — anterior tip of bill to fork of tail;
 eye-fork length (EFL) — posterior edge of orbit to fork of tail;
 lower jaw-fork length (LJFL) — anterior tip of lower jaw to fork of tail;
 body length — “posterior end of the upper jaw to the end of the hypural bone” (Yabe *et al.*, 1959);
 round weight (RW) — weight of intact fish;
 gilled-and-gutted weight (GGW) — weight of fish with gills and internal organs removed;
 dressed weight (DW) — weight of fish with gills, internal organs, fins, and part of head removed.

Another measurement, alternate length, was used by Hanan *et al.* (1993) for swordfish caught with gillnets in the eastern Pacific Ocean. This is defined as the distance “from the anterior edge of the cleithrum to the fork of the tail.” They employed this measurement because the fish they were studying had had their heads removed. No equations for conversion of alternate lengths to SFL, LJFL, or EFL, or for conversion of any of these to alternate lengths, have been published. In addition, Royce (1957) used “tip snout to upper tail notch” and “naris to fork of tail” in his Appendix Table 1. “Fork length” in his Appendix Table 3 is apparently the same as “tip snout to fork tail” in his Appendix Table 1.

ANEXO

Se mide la longitud y el peso de atunes y peces picudos de varias maneras. A veces se mide la longitud pero no el peso, y en otras ocasiones ocurre lo contrario. Bajo estas circunstancias, es a menudo necesario convertir de una medida de longitud o peso a otra o de longitud a peso. Se reúne en este anexo información sobre varias medidas. La mayoría de los factores de conversión fueron derivados de peces capturados en el Océano Pacífico, pero se incluyen algunos de peces capturados en el Atlántico para especies para las cuales hay poca o ninguna información proveniente de peces capturados en el Pacífico. (Miyake (1990: Anexo 6) presenta información adicional sobre peces capturados en el Atlántico). No se han publicado datos sobre relaciones longitud-peso, con las que se podría convertir peso a longitud.

En este anexo se incluyen las medidas siguientes:

longitud hocico-furca (SFL) — punta anterior del pico a la furca caudal;
 longitud ojo-furca (EFL) — borde posterior de la órbita a la furca caudal;
 longitud mandíbula inferior-furca (LJFL) — punta anterior de la mandíbula inferior a la furca caudal;
 longitud del cuerpo — “extremo posterior de la mandíbula superior al extremo del hueso hipural” (Yabe *et al.*, 1959);
 peso redondo (RW) — peso del pez intacto;
 peso desagallado y destripado (GGW) — peso del pez sin agallas ni órganos internos;
 peso preparado (DW) — peso del pez sin agallas, órganos internos, aletas, y parte de la cabeza.

Otra medida, longitud alterna, fue usada por Hanan *et al.* (1993) para peces espada capturados con redes agalleras en el Océano Pacífico oriental. Se define como la distancia “desde el borde anterior del cleitro hasta la furca caudal.” Usaron esta medida porque se había cortado la cabeza de los peces que estudiaban. No se han publicado ecuaciones para convertir longitud alterna a SFL, LJFL, o EFL, ni para convertir ninguno de éstos a longitud alterna. Además, Royce (1957) usó “punta hocico a muesca superior de la cola” y “abertura nasal a furca caudal” en su Tabla Anexo 1. “Longitud furcal” en su Tabla Anexo 3 es aparentemente lo mismo que “punta hocico a furca caudal” en su Tabla Anexo 1.

APPENDIX TABLE 1. Equations for conversions between various length measurements.
TABLA ANEXO 1. Ecuaciones para conversiones entre varias medidas de longitud.

Species	Area	Sample size		Range of lengths		Equations	Sources of data
		Tamaño de muestra	longitud	Rango de longitud	longitud		
Swordfish Pez espada	Atlantic	802 163	75-300 cm (LJFL)	75-300 cm (LJFL)		$EFL = -5.5489 + 0.9158LJFL$ $LJFL = 7.26354 + 1.07623EFL$	Gouveia and Mejuto, 1995 Gouveia and Mejuto, 1994
Striped marlin Marlín rayado	Central Pacific	11	1423-3101 mm (SFL)	1423-3101 mm (SFL)		$EFL = -92.9 + 0.778SFL$ $SFL = 133.0 + 1.28EFL$	Royce, 1957: Appendix Table 1-D
Blue marlin Marlín azul	Central Pacific	28	1350-4012 mm (SFL)	1350-4012 mm (SFL)		$EFL = 46.0 + 0.736SFL$ $SFL = -47.1 + 1.35EFL$	Royce, 1957: Appendix Table 1-E
Black marlin Marlín negro	Central Pacific	8	2379-3467 mm (SFL)	2379-3467 mm (SFL)		$EFL = -24.3 + 0.753SFL$ $SFL = 49.9 + 1.32EFL$	Royce, 1957: Appendix Table 1-C
Sailfish Pez vela	Central Pacific	1	2232 mm (SFL)	2232 mm (SFL)		$EFL = 0.746SFL$ $SFL = 1.34EFL$	Royce, 1957: Appendix Table 1-B
Shortbill spearfish Marlín trompa corta	Central Pacific	4	1470-1791 mm (SFL)	1470-1791 mm (SFL)		$EFL = -43.9 + 0.902SFL$ $SFL = 60.0 + 1.10EFL$	Royce, 1957: Appendix Table 1-A

APPENDIX TABLE 2. Equations for conversions between various weight measurements.
TABLA ANEXO 2. Ecuaciones para conversiones entre varias medidas de peso.

Species	Area	Sample size	Range of lengths		Equations	Sources of data
			Tamaño de muestra	Rango de longitud		
Bigeye Patudo	worldwide		80-160 cm (EFL)		$RW = 1.16GGW$	Morita, 1973: Table 9
	Pacific				$RW = 1.16DW$	Yong and Wetherall, 1980: 4
Yellowfin Aleta amarilla	worldwide		70-150 cm (EFL)		$RW = (1.51 - 0.00285L)/GGW$	Morita, 1973: Table 10
	Pacific				$RW = 1.15DW$	Yong and Wetherall, 1980: 4
BluefinAtlantic Aleta azul					$RW = 1.16GGW$	Miyake, 1990: Appendix 6
Swordfish Pez espada	Atlantic				$RW = 1.3333DW$	Miyake, 1990: Appendix 6
	Atlantic				$RW = 1.3158DW$	Miyake, 1990: Appendix 6
	Atlantic				$RW = 1.140GGW$	Miyake, 1990: Appendix 6
	Atlantic	17			$RW = 0.18234 + 1.1028GGW$	Gouveia and Mejuto, 1994
	Atlantic	17			$RW = 1.107735GGW$	Gouveia and Mejuto, 1994
	Brazil	127			$GGW = 0.8009RW^{0.015}$	Amorin <i>et al.</i> , 1979
Billfishes Picudos	Spain	40			$GGW = 0.75RW^{0.04}$	Amorin <i>et al.</i> , 1979
	Pacific				$RW = 1.2DW$	Yong and Wetherall, 1980: 4
	Atlantic				$RW = 1.20DW$	Miyake, 1990: Appendix 6

An important part of the work of the Inter-American Tropical Tuna Commission is the prompt publication and wide distribution of its research results. The Commission publishes its results in its Bulletin and Special Report series. The Bulletins contain reports of original research carried out by members of its staff and other scientists. These are reviewed by scientists of other organizations before being accepted for publication. They are issued on an irregular basis, and the volumes are closed when they reach about 500 to 600 pages. The Special Reports contain material other than original scientific research, which is nevertheless of interest to a wide segment of the scientific community.

The Commission also publishes Annual Reports and Quarterly Reports, which include policy actions of the Commission, information on the fishery, and reviews of the year's or quarter's work carried out by the staff. The Annual Reports also contain financial statements and a roster of the IATTC staff.

The Bulletins, Special Reports, and Annual Reports are distributed on an exchange basis to a selected list of governmental organizations, libraries, laboratories, and universities. A nominal cost is set for individuals desiring the publications. Remittances must be in advance, payable in U.S. funds to the order of the Inter-American Tropical Tuna Commission. The distribution of the Quarterly Reports is much more restricted than those of the Bulletins, Special Reports, and Annual Reports, but these may also be purchased. Requests for these publications, as well as a list of all publications, may be directed to the editor.

Some recent publications in the Bulletin series are:

Vol. 21, No. 3—\$2.00

Distribution and abundance of larval Scombridae in relation to the physical environment in the northwestern Panama Bight, by Robert R. Lauth and Robert J. Olson, 1996
Distribución y abundancia de escombridos larvales en relación al ambiente físico en el noroeste del recodo de Panamá, por Robert R. Lauth y Robert J. Olson, 1996

Vol. 21, No. 4—\$2.00

Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological, or behavioral constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific, by Michael G. Hinton and Hideki Nakano, 1996
Estandarización de estadísticas de captura y esfuerzo usando restricciones fisiológicas, ecológicas, o de comportamiento y datos ambientales, con aplicación a datos de captura y esfuerzo del marlín azul (*Makaira nigricans*) de las pesquerías palangreras japonesas en el Pacífico, por Michael G. Hinton y Hideki Nakano, 1996

Vol. 21, No. 5—\$2.00

Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean, by Kurt M. Schaefer, 1998
Biología reproductora del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental, por Kurt M. Schaefer, 1998

Editor—Redactor
William H. Bayliff

Inter-American Tropical Tuna Commission
Comisión Interamericana del Atún Tropical
Scripps Institution of Oceanography
La Jolla, California 92037-1508, U.S.A.

Price per copy—\$5.00—Precio del ejemplar

La pronta publicación y amplia distribución de los resultados de investigación forman un aspecto importante de las labores de la Comisión, la cual publica los resultados en su serie de Boletines e Informes Especiales. Los Boletines incluyen informes sobre la investigación original emprendida por los miembros del personal y otros científicos; son revisados por científicos de otras organizaciones antes de ser aceptados para la publicación. Se concluye cada volumen al llegar a unas 500 o 600 páginas, y se publican a intervalos irregulares. Los Informes Especiales contienen material aparte de investigación científica original, que es sin embargo de interés para una gran parte de la comunidad científica.

La Comisión publica también Informes Anuales e Informes Trimestrales; éstos incluyen información sobre las labores de la Comisión, la pesquería, y las investigaciones realizadas en el año o trimestre correspondiente. Los Informes Anuales incluyen también un resumen financiero y una lista del personal de la CIAT.

Los Boletines, Informes Especiales, e Informes Anuales se envían a base de intercambio a entidades gubernamentales, bibliotecas, laboratorios, y universidades seleccionadas. Se ha fijado un costo nominal para individuos que desean estas publicaciones. Se debe pagar por adelantado en moneda de los EE.UU., remitido a la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La repartición de los Informes Trimestrales es más limitada que la de los Boletines, Informes Especiales, e Informes Anuales, pero también se pueden comprar. Se deben dirigir al Redactor los pedidos tanto de estas publicaciones como de la lista de las mismas.

Las publicaciones recientes en la serie de Boletines son: