

ISSN: 0074-0993

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL**

Bulletin—Boletín

Vol. 22, No. 4

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1993-1997**

**ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1993-1997**

by—por

Hiroaki Okamoto and—y William H. Bayliff

La Jolla, California

2003

The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas 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 1992, El Salvador in 1997, Guatemala in 2000, Peru in 2002, and Spain in 2003. Canada withdrew from the Commission in 1984.

Additional information about the IATTC and its publications can be found on the inside back cover of this report.

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) funciona bajo la autoridad y dirección de una convención establecida originalmente por Costa Rica y los Estados Unidos. La Convención, vigente desde 1950, está abierta 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, El Salvador en 1997, Guatemala en 2000, Perú en 2002, y España en 2003. Canadá se retiró de la Comisión en 1984.

Información adicional sobre la CIAT y sus publicaciones puede ser encontrada en la parte interna posterior de la cubierta de este informe.

COMMISSIONERS—COMISIONADOS

COSTA RICA

Ligia Castro
George Heigold
Asdrubal Vásquez

ECUADOR

Lucía Fernández de De Genna
Luis Torres Navarrete

EL SALVADOR

Manuel Calvo Benavides
Mario González Recinos
Jorge López Mendoza
José Emilio Suadi Hasbun

ESPAÑA—SPAIN

FRANCE—FRANCIA

Didier Ortolland
Daniel Silvestre
Sven-Erik Sjöden
Xavier Vant

GUATEMALA

Pablo Girón Muñoz
Fraterno Díaz Monge

JAPAN—JAPÓN

Katsuma Hanafusa
Yoshiaki Ito
Yamato Ueda

MÉXICO

María Teresa Bandala Medina
Guillermo Compeán Jiménez
Michel Dreyfus León
Jerónimo Ramos Sáenz-Pardo

NICARAGUA

Miguel Angel Marengo Urcuyo
Sergio Martínez Casco

PANAMÁ

Arnulfo Franco Rodríguez

PERÚ

Leoncio Alvarez
Gladys Cárdenas
Alberto Hart

USA—EE.UU.

Scott Burns
Robert Fletcher
Rodney McGinnis
Patrick Rose

VANUATU

John Roosen
Anthony N. Tillett
Edward E. Weissman

VENEZUELA

Daniel Novoa Raffalli
Nancy Tablante

Director—Directór
Robin Allen

Headquarters and Main Laboratory—Oficina y Laboratorio Principal
8604 La Jolla Shores Drive
La Jolla, California 92037-1508, USA
www.iattc.org

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL**

Bulletin—Boletín

Vol. 22, No. 4

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1993-1997**

**ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1993-1997**

by—por

Hiroaki Okamoto and—y William H. Bayliff

La Jolla, California

2003

CONTENTS—INDICE
ENGLISH VERSION—VERSIÓN EN INGLES

	Page
ABSTRACT	221
INTRODUCTION	221
SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA.....	222
RESULTS AND DISCUSSION	224
Trends in effort.....	224
Intermediate and deep longlining effort	225
Trends in catch.....	227
Distribution of the various species by fishing grounds and quarters	228
Trends in relative apparent abundance	231
Indices of apparent abundance obtained from conventional, intermediate, and deep longline gear	237
Maturity.....	239
Size composition.....	244
Catches of sharks by longline gear	250
Interactions between the surface and longline fisheries for tunas.....	251
ACKNOWLEDGEMENTS	253
<hr/>	
FIGURES—FIGURAS	254
<hr/>	
TABLES—TABLAS	375

VERSIÓN EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
RESUMEN	389
INTRODUCCIÓN	389
FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	390
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	392
Tendencias en el esfuerzo	392
Esfuerzo con palangre intermedio y profundo.....	393
Tendencias en la captura.....	395
Distribución de las especies por zona de pesca y trimestre	396
Tendencias en la abundancia aparente relativa	400
Indices de abundancia aparente obtenidos de palangres convencionales, intermedios, y profundos	406
Madurez.....	409
Composición por tamaño	413
Capturas de tiburones con palangre.....	420
Interacciones entre las pesquerías atuneras de superficie y palangrera	421
RECONOCIMIENTOS	423
<hr/>	
LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFÍA CITADA	424

A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1993-1997

by

Hiroaki Okamoto¹ and William H. Bayliff

ABSTRACT

This report reviews the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean during the 1993-1997 period, extending the studies for the 1956-1992 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. Some information on the catches of sharks by the Japanese longline fishery is given. 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, SHARKS, 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; Uosaki and Bayliff, 1999) analyzed the fishery and certain aspects of the biology of the fish for the 1956-1992 period; the present report analyzes similar data for 1993-1997. In this study, as in those of Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999), data for the area from the mainland of North and South America westward to 150°W were used.

The limitations as to where the Japanese longline fishery could operate in the Pacific Ocean that were imposed after World War II were eliminated in 1952, and the fishery expanded eastward, nearly reaching the coast of the Americas by the early 1960s (Suda and Schaefer, 1965a). At that time the fish caught were used mainly for canning and the production of tuna sausage. Eventually the demand for sashimi increased, and bigeye became the principal target for the Japanese longline fisheries in the most parts of the EPO.

The total catch of bigeye in the Pacific Ocean has fluctuated between about 120 and 160 thousand metric tons (mt) in recent years (Anonymous, 2002a). The catch of bigeye in the EPO made up about 50 percent of the total catch of this species in the Pacific Ocean until 1994, after which it increased to about 60 to 70 percent of the total Pacific catch. Previous to 1994 the catch of bigeye in the EPO by surface gear rarely exceeded 10 thousand mt. Since then, however, the purse-seine catches of bigeye have increased markedly, while those by longliners have decreased, and in 1996, for the first time, the catch of the purse-seine fishery exceeded that of the longline fishery.

The annual catches of bigeye in the EPO by the Japanese longline fishery averaged about 90 thousand mt during 1986 and 1987, but decreased to an average of about 39 thousand mt in 1996 and 1997.

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

The other species caught, in order of importance during 1993-1997, were yellowfin tuna, blue marlin, albacore tuna, swordfish, striped marlin, shortbill spearfish, black marlin, and sailfish. The catches of all of these were considerably less than those of bigeye.

In addition to Japan, the Republic of Korea (Lee *et al.*, 1979; Gong *et al.*, 1993) and Taiwan (Anonymous, 1993b) are major participants in the longline fishery of the EPO. Most of the effort of the Korean vessels is directed toward yellowfin, and most of that of the Taiwanese vessels is directed toward albacore, but their combined catches of both yellowfin and albacore were considerably less than those of Japanese vessels. Their combined catches of bigeye in the EPO have amounted to less than 8 thousand mt in recent years.

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, some information on the catches of sharks by the Japanese longline fishery is given, and interactions between the surface and longline fisheries are discussed.

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>
Pacific bluefin	kuromaguro	aleta azul del Pacifico	<i>Thunnus orientalis</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 nigricans</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 used in this study were obtained from records of commercial longline fishing vessels collected and tabulated by the NRIFSF. The data on maturity of the fish caught were obtained from research and training longline vessels, and those on the sizes of fish caught were obtained from both commercial and research and training longline vessels. The corresponding data for the surface fisheries were obtained from the files of the IATTC.

The catches of sailfish and shortbill spearfish were combined in the vessels' logbooks until 1993, after which they were recorded separately. Therefore, in the discussions of catch, catch per unit of effort (CPUE), and average weight, they were analyzed separately, using data from 1994 to 1997, while the combined catch data were used for the discussions of long-term yearly observations.

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 that 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. These areas were first defined by Miyabe and Bayliff (1987), and subsequently used by Nakano and Bayliff (1992) and Uosaki and Bayliff (1999). Data on the effort and catches are not available for the entire fleet of vessels that 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 92.0 to 97.8 percent per year during 1995-1997 (Table 1). The extent of logbook coverage during 1993 and 1994 was not estimated because the format of logbook was changed in 1993, and not all the logbook data were included in these statistics during those years.

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 conventional, intermediate, and deep 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, $GI(2) = \ln(W)/\ln(L)$ was found to be superior to the first index for swordfish by Hinton *et al.* (1997), who compared the results of histological analyses and various classification methodologies based on gonad indices. This index was used for swordfish by Uosaki and Bayliff (1999) and in the present study.

The length data for longline-caught fish used in this report included length measurements and lengths estimated from weight data and equations for converting weights to lengths. 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 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 length measurements and between various weight measurements are given by Uosaki and Bayliff (1999: Appendix Tables 1 and 2).

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 strata for albacore, bigeye, and yellowfin, and many of those for swordfish, striped marlin, and blue marlin strata, contained no data. When an area-year-quarter stratum contained no data, an average weight value for the area-quarter stratum was substituted for it.

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, and for the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans, in Figure 3a, and for the entire Pacific Ocean and the EPO in Figure 3b. 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 Figure 3c. 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 that 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. The effort increased rapidly, reaching 14 million hooks in 1960 and 92 million hooks in 1963. It then increased more slowly, reaching 200 million hooks in 1992. After that the effort decreased precipitously to 100 million hooks in 1997. That decline was partially due to a decrease in the number of active vessels, but mainly to a shift of effort to the western Pacific and to the Atlantic and Indian Oceans (Figure 3a).

Historically, the ratios of effort in the EPO to that in the entire Pacific Ocean and to that in all oceans combined increased rapidly during the 1950s and early 1960s, and then increased gradually from the mid-1960s to 1978 (Figure 3c). After a decline during 1978-1985, the ratios increased further, reaching 0.55 relative to the entire Pacific Ocean and 0.39 relative to all oceans combined by 1992. After that the ratios declined sharply, to about 0.43 relative to the entire Pacific Ocean and about 0.22 relative to all oceans combined in 1997.

The Japanese longliners that fish in the EPO range in size from a little less than 100 to about 500 gross mt. The proportion of the effort by vessels of 50 to 100 mt decreased markedly during 1988-1989 (Uosaki and Bayliff, 1999: Table 1), and vessels of this size no longer fish in the EPO. Between 3.2 and 6.1 percent of the effort was generated by vessels of 100 to 200 mt, and between 93.9 and 96.8 percent by vessels of 200 to 500 mt during 1993-1997 (Table 1). The proportion of effort by vessels of 100 to 200 mt decreased steadily during 1993-1997. Vessels of 100 to 200 mt fished in virtually the same areas as those of 200 to 500 mt, but the proportion of the effort exerted between 140°W and 150°W was greater for the vessels of 100 to 200 mt (Figure 4). The average number of hooks per set was about 2,400 throughout the 1993-1997 period (Table 1).

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 125°W to 150°W. It is interesting to note that during 1993-1997 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 (Anonymous, 2002a: Figure 3). The same was the case during 1971-1992 (Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff, 1992; Uosaki and Bayliff, 1999). Hanamoto (1975) stated that in the region east of 135°W at about 10°N, including the Costa Rica Dome, the depth of the thermocline is less than 50 m and the concentration of dissolved oxygen below the thermocline is less than 1 ml/l. These conditions are not favorable for bigeye, which spend most of their time below the thermocline (Holland *et al.*, 1992), but have fairly high oxygen requirements.

Annual trends in effort by area (Figure 1) are shown in Figure 5. The effort declined in all the areas in which there was substantial effort during 1993-1997 except Area 5.

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 1993-1997 have been combined. In Areas 1, 4, and 5 the effort was greater during the first and fourth quarters than during the second and third quarters, whereas the effort was greater in Area 2 during the second quarter and in Areas 3 and 9 during the third quarter. In Area 8 the effort was at nearly the same level in all quarters. There was very little fishing effort in Areas 6 and 7 throughout the year.

The quarterly distributions of effort are shown in Figure 7. There was a high concentration of effort along the horizontal band between the equator and 10°N, but relatively little effort along this band east of 120°W during the first and fourth quarters, and east of 115°W during the second quarter. There was also a high concentration of effort along the horizontal band between the equator and 15°S, but relatively little effort along this band east of 100°W during the first and fourth quarters. There was considerable effort between 20°N and 35°N west of 125°W during the first and fourth quarters, and offshore off Peru and northern Chile during the second and third quarters.

Intermediate and deep longlining effort

Before the mid-1970s most Japanese longline vessels used gear with 4 to 7 hooks per basket (HPB) (Hinton and Nakano, 1996). At that time some of the vessels fishing in the central and western Pacific Ocean began to use gear with 9 to 13 HPB, and this shift soon spread to the EPO. These were referred to as “deep longlines.”

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). 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. Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999) described deep longlining in the EPO during 1975-1992, during which time the number of hooks per basket ranged from 4 to 15. 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 CPUEs (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 that 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 3rd and 13th 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 shortbill

spearfish, and showed no clear trends with depth for yellowfin and swordfish. Suzuki and Kume (1982), Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), Punsly and Nakano (1992), and Uosaki and Bayliff (1999) 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 1975-1979 and in the EPO during 1975-1992. The first report includes maps showing the distributions of fishing grounds where conventional and deep longlines are more effective, and the third, fourth, and fifth include maps showing the areas where deep longlining takes place. Suzuki and Kume (1982) formulated a hypothesis that 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.)

Historical changes in the numbers of hooks per basket used in the EPO from 1975 to 1992 are summarized, for all areas combined, by Miyabe and Bayliff (1987: Figure 30), Nakano and Bayliff (1992: Figure 7), and Uosaki and Bayliff (1999: Figure 8). As stated above, the shift from conventional to deep longline gear began during the mid-1970s. During 1975 and 1976 the most common numbers of HPB were 5 and 6. During 1977 there were two roughly equal modes, one at 6 and one at 10 HPB. After that deep longlines predominated, with the mode gradually increasing from 10 HPB during 1978-1982 to 13 HPB during 1986-1992. The lesser mode gradually increased from 6 HPB during 1978-1982 to 8 HPB during 1988-1992. The use of conventional longline gear (4-6 HPB) had nearly disappeared by the mid-1980s, while the use of gear with 7 to 9 HPB (henceforth called "intermediate" longline gear) had increased. During 1993-1997 there were further changes in the configuration of the gear (Figure 8). During 1993 the configuration was similar to that of 1988-1992, with most of the values between 12 and 15 HPB and a mode at 13 HPB. After that there was an increase in values of 15 to 18 HPB and a decrease in values of 12 to 14 HPB. The mode was at 17 HPB during 1995-1997. The reason for the recent shift to even greater numbers of hooks per basket is not clear. During the late 1980s monofilament and braided nylon replaced nylon fiber for both the main and branch lines, which may have made it feasible, for the first time, to use greater numbers of hooks per basket.

The percentages of effort exerted with conventional, intermediate, and deep longline gear during 1993-1997 are shown in Figure 9. However, in order to express the recent shift in frequencies of hooks per basket, deep longlines are divided into two categories, deep-A (10 to 14 HPB) and deep-B (more than 14 HPB). In Areas 2-5, all in tropical waters, the proportions of conventional longlining effort decreased abruptly during the 1970s and early 1980s, being replaced by deep-A effort, which, in turn, was rapidly replaced by deep-B effort after 1994. In Areas 6 and 8, which are also in tropical waters, the pattern was similar, except that there was considerable use of conventional and intermediate longline gear in Area 6 during 1992-1994 and the percentages of intermediate longlining effort were greater during the 1980s and early 1990s in Area 8 than in Areas 2-5. In Areas 1 and 9, both in subtropical and temperate waters, conventional longline gear was replaced mostly by intermediate longline gear during the early 1980s. In Area 1 the proportion of deep-longline gear increased steadily after 1975, reaching about 60 percent in 1997. In Area 9 the use of deep longline gear increased rapidly after 1991, reaching more than 90 percent in 1994. In Area 7, in contrast to the other areas, conventional longline gear has been predominant in every year except 1992 and 1993.

Deep longlining took place mostly in the western part of the EPO in equatorial waters

during the early 1980s and expanded eastward during 1981-1992 (Miyabe and Bayliff, 1987, Nakano and Bayliff, 1992, and Uosaki and Bayliff, 1999). The geographical distribution of the proportion of the total longline effort that is deep-B effort is shown in Figure 10. Instead of expanding gradually eastward, however, its use was adopted almost simultaneously over the tropical region of the EPO from 10°N to 15°S, except the area off central and southern Peru to 95°W.

TRENDS IN CATCH

Data on the catches of tunas and billfishes, in numbers of fish, are shown in Table 5 and Figures 11-14. Data on the catches of tunas and billfishes, converted to total weights with the data in Tables 3 and 5, are shown in Table 6. (The average weights in Table 3 are slightly different from those in Table 3 of Uosaki and Bayliff (1999) because the data for the years previous to 1993 have been reviewed and revised when necessary.)

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 5). 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 sharply to 1.3 million fish in 1996 and 1997, the lowest catch level since 1971.

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 catches of tunas by longlines, followed by yellowfin and albacore in that order (Figure 12; Table 6). The catch of bigeye increased from about 50 percent in the early and mid-1960s to about 70 percent from the late 1970s to the late 1980s, after which it decreased to 54 percent of the catch in 1997. 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 combined sailfish and shortbill spearfish in the same column until 1994, so it is impossible to observe the historical trend in either of these two species separately. About 10 percent of the combined catches of sailfish and shortbill spearfish during 1994-1997 was sailfish. The catches of black marlin have been quite low, making up less than 1.7 percent of the total catch of billfish since 1964 (Table 5).

The longline catches of tunas and billfishes in the EPO and in 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 constant or increased slightly. The catches of bigeye showed no trend during the late 1960s and early 1970s, but increased after that, probably due to increased effort and the increased use of deep longline gear. The catches were at a high level until 1992, after which they decreased sharply, and the catch in 1997 was less than half the average of 1985-1992. 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 1994, and swordfish declined after 1989. The catches of blue marlin showed a slight upward trend from the 1970s to 1992, 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 1971-1992, by area, are shown by Miyabe and Bayliff (1987: Figure 10), Nakano and Bayliff (1992: Figure 12), Uosaki and Bayliff (1999: Figure 14), and those for 1993-1997 are shown in Figure 14 of this report. No conspicuous changes in species composition are evident for 1971-1992. During 1993-1997 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.

DISTRIBUTIONS OF THE VARIOUS SPECIES BY FISHING GROUNDS AND QUARTERS

The quarterly distributions of the hook rates (catches in numbers of fish per 1000 hooks) for each species of tuna and billfish, averaged for 1993-1997, are shown in Figures 15-24. The unadjusted hook rate is not necessarily a good estimator of the 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; Hinton and Nakano, 1996), size of the fish, and other factors. Nevertheless, the distribution of hook rates yields useful information on the distributions of the various species.

Albacore

The distribution of the catches of albacore during 1993-1997, as determined from hook rates (Figure 15), was confined, for the most part, to the area north of 20°N and west of 125°W and the area south of 5°S. 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 second, third, and fourth quarters. The greatest hook rates 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 1967-1970 were not evident in either the 1971-1992 data (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 11; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 13; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 15) or the 1993-1997 data in this report. It should be noted, however, that there was not much fishing effort south of 15°S (Figure 7).

Bigeye

During 1993-1997 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.

Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999) all noted that 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. During 1993-1997, however, the greatest hook rates coincided rather well with the distribution of effort, perhaps due to the use of deeper longlines during 1995-1997. Nevertheless, there were some exceptions. The heaviest concentrations of effort are apparent in the south equatorial region during the first and fourth quarters and off Peru during the second and third quarters (Figure 7), but the hook rates of bigeye in these areas were not particularly high. Furthermore, although the hook rates were fairly high northeast of Hawaii during the third quarter, east and west of the Galapagos Islands during all four quarters, and off southern Peru and northern Chile during the fourth quarter, not much effort was exerted in those area-quarter strata. The average hook rates for sets during 1994-1997 in which the average weights of the fish, after processing, were less than 35 kg are shown in Figure 17. Fish of that weight are about 4 years old. Since bigeye are estimated to reach to maturity at about 3 years (Watters and Maunder, 2002), most of these fish are presumed to be immature. The areas of high hook rates for relatively small fish (Figure 17) coincide well with those with high hook rates for fish of all sizes (Figure 16), but less with those with large amounts of effort (Figure 7). This may indicate that high hook rates in these regions (northeast of Hawaii, east and west off the Galapagos Islands, and off southern Peru and northern Chile) are the result of greater catches of smaller fish. The fishermen direct their effort more at larger bigeye, for which the catch rates are lower than those for small bigeye, and this might explain the relatively high catch rates in areas where the effort is relatively low.

Substantial amounts of bigeye were taken by purse seiners between 5°N and 10°S during 1994-1997 (Anonymous, 1999a: 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

During 1993-1997 the catches of yellowfin, like those of bigeye, were widely distributed in the EPO, but the hook rates for yellowfin (Figure 18) tended to be less than those for 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 that occurs off southern Peru and northern Chile during the second, third, and fourth quarters (Figure 18).

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 1964-1966 and along 10°N east of 105°W during 1967-1970. This was not the case after 1970 (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 13; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 15; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 17; this report, Figure 18), but it should be noted that there was relatively little fishing effort in these areas.

Large amounts of yellowfin are taken by purse seiners between 5°N and 15°N (Anonymous, 1999a: Figures 3 and 4). The possible effects of the purse-seine fishery on the longline fishery are discussed in the section entitled **INTERACTIONS BETWEEN THE SURFACE AND LONG-LINE FISHERIES FOR TUNAS AND BILLFISHES**.

Pacific bluefin

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 during 1993-1997 (Figure 19). In addition, the hook rates were relatively high off northern Chile during the third quarter and between 10°N and 15°S west of 120°W during the fourth quarter. Although the spawning of bluefin in the Pacific Ocean is apparently restricted to the vicinity of Japan, many of the juvenile fish migrate to the EPO, where some of them are caught by purse-seine or recreational fishing vessels off California and Baja California and others die of natural causes there. The survivors return to the western Pacific (Bayliff *et al.*, 1991; Itoh *et al.*, submitted). 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.

Swordfish

Swordfish were caught almost everywhere where longline fishing took place during 1993-1997, although the hook rates east, west, and south of the Galapagos Islands were relatively low throughout the year (Figure 20). The hook rates were relatively high off Peru and northern Chile, especially during the third quarter, and west of 135°W between 10°N and 10°S throughout the year. The hook rates were relatively high offshore off Baja California during 1971-1992 (Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff, 1992; Uosaki and Bayliff, 1999), but such was not the case during 1993-1997. It should be noted, however, that the effort in this area was low during 1993-1997 (Figure 7). Also, the hook rates were relatively high west of 130°W between 30°N and 35°N during the first and fourth quarters of 1981-1992 (Nakano and Bayliff, 1992; Uosaki and Bayliff, 1999), but not during 1993-1997.

Striped marlin

Historically, the hook rates for striped marlin have been greatest off Baja California, near the mouth of the Gulf of California, and south of Baja California to about 15°N. Though the effort was low, high hook rates were observed in these areas during the first, third, and fourth quarters of 1993-1997 (Figure 21). Above-average hook rates also occurred northeast of Hawaii during the first, third, and fourth quarters, off Peru during the first and second quarters, south of the equator between 80°W and 105°W during the second quarter, and south of the equator between 90°W and 120°W during the third and fourth quarters. The hook rates were relatively high off southern Mexico and Central America during 1956-1987 (Joseph *et al.*, 1974; Figure 7; Miyabe and Bayliff, 1987; Figure 15; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 18), but since then there has been virtually no fishing effort in this area (Figure 7).

Blue marlin

Blue marlin were widely caught in the EPO between 30°N and 25°S during 1993-1997 (Figure 22). The catch rates were greatest in two equatorial bands, one west of 90°W between the equator and 10°N and the other west of 90°W between the equator and 15°S. Also, the catch rates were relatively high west of 140°W between 10°N and 20°N during the second and third 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 previous to 1988 (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 after that (Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 7; this report, Figure 7).

Black marlin

Black marlin were caught in most of the longline fishing areas in the EPO, but the hook rates were quite low in all areas (Figure 23), as was the case during 1956-1992 (Joseph *et al.*, 1974: Figure 9; Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 17; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 20, Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 22). There were no areas where the hook rates were relatively high.

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish had not been separated in the logbooks of the longline vessels until 1994. In previous reports (Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff 1992; Uosaki and Bayliff, 1999) it was assumed in the analyses of hook rates for these species 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). In this study only catch rate data for 1994-1997 were used for analyses of these two species because those are the only years for which the catches of these were recorded separately in the logbooks. The catches of sailfish and shortbill spearfish in each area are shown in Table 7. Sailfish predominated in Areas 2 and 8, and shortbill spearfish in Areas 1, 4, 5, and 9.

The distributions of the hook rates of sailfish during 1994-1997 are shown in Figure 24. The hook rates were greatest in the equatorial EPO between about 10°N and 15°S throughout the year and west of 130°W between 30°N and 15°N during the third and fourth quarters. The hook rates were relatively high in inshore waters off Colombia and Ecuador throughout the year.

The distributions of the hook rates of shortbill spearfish during 1994-1997 are shown in Figure 25. The hook rates were greatest west of 90°W between the equator and 15°S throughout the year and west of 125°W between 35°N and 15°N during the first, third, and fourth quarters. In contrast to sailfish, the hook rates were relatively low in inshore waters.

Joseph *et al.* (1974: Figure 10) and Miyabe and Bayliff (1987: Figure 18) reported relatively high hook rates for sailfish in coastal waters off southern Mexico and Central America during 1956-1980, but there was little fishing effort in this area during 1981-1997 (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 6; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 7; this report, Figure 7), and the hook rates were low.

TRENDS IN RELATIVE APPARENT ABUNDANCE

In this section annual trends in the unstandardized CPUEs (hook rates) by area for 1954-1997 are used to measure the relative abundances of the various species of tuna and billfish. The annual hook rates for all or most areas (Figures 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, and 49) were calculated by summing the numbers of fish caught in each area, summing the numbers of hooks that fished in those areas, and then dividing the first sum by the second. The relationships between the effort and catches, in numbers of fish, are shown in Figures 28, 31, 34, 37, 40, 43, and 46. In addition, the quarterly trends for 1993-1997 (Figures 26, 29, 32, 35, 38, 41, 26, 29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, and 48) 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 15-24 that the hook rates were not uniform over wide geograph-

ical areas, so even 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. 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 are most abundant.

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 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 were greatest during the first and fourth quarters in Area 1, fourth quarter in Area 6, and second and third quarters in Area 9 (Figure 26).

There was an upward trend in the hook rates in the Northern Hemisphere during the latter half of the 1970s (Figure 27; Table 4). The hook rates remained relatively high through 1985, were lower during 1986-1989, and then increased, with some fluctuations. The increased hook rates from 1977 through 1985 are considered to have been partially due to a shift in fishing effort to this part of Area 1. In contrast, in the Southern Hemisphere the hook rates declined steeply 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.

The relationships between effort and catch of albacore during 1955-1997 in Area 1 and in Areas 4, 5, 6, and 9 are shown in Figure 28. For northern albacore, the effort increased from 0.09 to 13 million hooks during 1955-1967, while the hook rates remained low (less than 1 fish per 1000 hooks) (Table 4). During 1968-1976 the effort ranged from 6 to 15 million hooks and the hook rates fluctuated between about 1 and 3 fish per 1000 hooks. During 1977-1985 the effort ranged from 6 to 16 million hooks, and the hook rates during every year of that period except 1978

were greater than 5 fish per 1000 hooks. During 1986-1997 the effort ranged from 7 to 24 million hooks. During 1986-1989 the hook rates ranged from about 2 and 6 fish per 1000 hooks, but after that they increased, ranging from about 4 to 11 fish per 1000 hooks. For southern albacore, the effort increased rapidly, from 0.2 to 53 million hooks, during 1952-1963, while the hook rates fluctuated between about 9 and 29 fish per 1000 hooks (Table 4). During 1964-1971 the effort ranged from 22 to 37 million hooks, while the hook rates decreased precipitously, possibly because the effort was directed more toward other species. During 1972-1997 the effort ranged from 28 to 140 million hooks and the hook rates from about 0.5 and 1.9 fish per 1000 hooks.

Bigeye

Kume and Joseph (1969a: Figure 9a) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9b) noted that the hook rates for bigeye during 1964-1970 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 movements of the fish. During 1971-1992 the hook rates did not show much seasonality (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 20; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 22; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 24). During 1993-1997 the hook rates in Areas 6 and 9 were greater during the third and fourth and the first and fourth quarters, respectively, while there was little or no seasonality in the other areas (Figure 29).

The trends in the hook rates for the various areas were relatively similar, which suggests that there is only one stock of bigeye in the EPO. The hook rates, which dropped sharply during the early 1960s to less than half the rates of the late 1950s, remained relatively constant after the mid-1960s, and the trends were more or less similar in all areas (Figure 30). 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 from the population of individuals that were especially vulnerable to longline gear during the early years of the fishery, and that the subsequent leveling off of the hook rates, while the catches increased (Figure 13; Table 5), 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 offshore equatorial areas (except for Area 3), but much greater in coastal areas (Areas 1, 8, and 9). It was suggested by Kume (1979) that the bigeye at high latitudes are mainly immature or mature, but sexually inactive, fish, and by Hisada (1979) that in the tropics mature fish occur mainly between 110°W and 160°W and that immature individuals predominate east of 110°W. The lesser fluctuations in the equatorial areas might be due to the fact that larger, older fish were dominant there, which would tend to dampen the effects of fluctuations in recruitment.

The hook rates were greater in Areas 3, 8, and 9 and, to a lesser extent, in Areas 1, 2, 4, and 5 during 1985 or 1986 than during the previous two decades (Figure 30). The hook rates then decreased, and remained at a low level after 1990 (Table 4), although the hook rates in Areas 1 and 3 increased in 1997. The greater hook rates during 1985 and 1986 could be due to greater-than-average recruitment of fish of the ages that contributed most to the catches of those years.

The relationship between effort and catch of bigeye for 1955-1997 in Areas 2-5, and 8-9 is shown in Figure 31. This combination of areas was selected for examination of these data because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is considered 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 1957-1960 the effort ranged from 8 to 11 million hooks, the catches (in all nine areas) from 180 to 329 thousand fish, and the hook rates from about 20 to 24 fish per 1000 hooks (Tables 4 and 5). During 1961-1965 the effort ranged from 33 to 79 million hooks and the catches from 541 to 1,236 thousand fish, while the

hook rates declined from about 29 fish per 1000 hooks in 1961 to about 9 fish per 1000 hooks in 1965. During 1966-1991 the effort ranged from 43 to 185 million hooks and the catches from 527 to 1,866 thousand fish, while the hook rates were relatively constant at about 6 to 11 fish per 1000 hooks, although the hook rates in 1985 and 1986, 13 and 12 fish per 1000 hooks, respectively, were exceptionally high. During 1992-1997 the effort decreased from 170 million to less than 90 million hooks and the catches ranged from 316 to 604 million fish, while the hook rates were nearly constant, at about 6 to 7 fish per 1000 hooks.

Yellowfin

There was little seasonality in the hook rates in most of the areas, the principal exceptions being Area 2, where the hook rate was higher in the fourth quarter, Area 4, where it was lower in the first quarter, and Area 9, where it was lower in the second quarter (Figure 32). 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, but that was not the case for 1993-1997.

The hook rates declined sharply in Areas 2-5 during the late 1950s and early 1960s and in Area 9 during the early 1960s (Figure 33; Table 4), as was the case for bigeye (Figure 30; Table 4). During the mid-1960s the bigeye hook rates leveled off, but those for yellowfin continued to decline (except in Areas 4 and 9) until the early 1980s. The hook rates also declined in Areas 6, 7, and 8 during the early 1960s, but not as markedly as in Areas 2-5. Declines in hook rates are not evident in Areas 1 and 9, the northernmost and southernmost areas, after the mid-1960s. After the early 1980s the hook rates were more or less stable in most areas, although there were relatively large fluctuations in Area 9 during 1985-1990.

The relationship between effort and catch of yellowfin in the EPO during 1955-1997 is shown in Figure 34. The data of all areas of the EPO were used, as substantial quantities of yellowfin are caught in all areas. The fishing effort was low (1 to 34 million hooks) during 1954-1961, intermediate (46 to 138 million hooks) during 1962-1985, and high (160 to 200 million hooks) during 1986-1994, and then decreased to less than 130 million hooks after 1994 (Table 4). The catches were least during 1954-1960 (6 to 165 thousand fish) and greatest during 1963-1964 (472 to 528 thousand fish) and 1989-1994 (370 to 717 thousand fish) (Table 5). The hook rates ranged from about 5 to 18 fish per 1000 hooks during 1954-1965 and about 2 to 6 fish per 1000 hooks after 1965 (Table 4). The hook rates were greatest (about 9 to 18 fish per 1000 hooks) during 1956-1961 and least (less than 2 fish per 1000 hooks) during 1978, 1981, 1987-1988, and 1992.

Swordfish

Joseph *et al.* (1974: Figure 11) showed that during 1956-1970 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 true for 1971-1980. 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 1981-1987. Uosaki and Bayliff (1999: Figure 24) remarked that during 1988-1992 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. There was no obvious seasonality during 1993-1997 except in Area 7, where the hook rate was quite high during the first quarter (Figure 35).

The hook rates were low, never exceeding 1 fish per 1000 hooks, except in Areas 7 and 8 (Figure 36). Although there were no clear trends in hook rates in most areas, that for Area 1 seems to be opposite to those for Areas 2 and 3. The hook rates in Area 1 were greatest from the mid-1970s to the late 1980s, and then decreased after 1988, while those in Areas 2 and 3 were greater until the early 1970s, after which they gradually decreased till 1984. In Area 8 precipitous decreases occurred during 1969-1971 and 1977-1981. The hook rates in Area 7 fluctuated greatly, but there is no trend. Miyabe and Bayliff (1987) stated 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 in the EPO during 1955-1997 is shown in Figure 37. The data for all areas of the EPO were used, as substantial quantities of swordfish are caught in all areas. The catches fluctuated between about 29 thousand and 77 thousand fish during 1963-1997, except for 1969, when about 119 thousand fish were caught (Table 5). The effort ranged from 1 to 46 thousand hooks during 1955-1962, 63 to 107 thousand hooks during 1963-1975, and 96 to 200 thousand hooks during 1976-1997 (Table 4). The hook rates were greater than 0.4 fish per 1000 hooks during every year of the 1964-1978 period and greatest of all during 1969. 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 1964-1978. During 1993-1997 the hook rates ranged from about 0.3 to 0.4 fish per 1000 hooks.

Striped marlin

Joseph *et al.* (1974: Figure 7) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9e) reported that during 1956-1970 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. During 1993-1997 the hook rates were greater in Areas 1 and 3 during the third and fourth quarters, in Area 6 during the first and fourth quarters, and in Area 9 during the first, second, and fourth quarters (Figure 38). There are thus seasonal differences between the northern and southern areas. The hook rates were quite high in the Area 7, off Baja California, during the first, third, and fourth quarters. No effort was exerted in this area during the second quarter, so it cannot be determined whether there was a seasonal trend in the hook rates in this area. During 1971-1992 the hook rates were greatest during the third and fourth quarters (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 20; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 22; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 24).

The hook rates for striped marlin were relatively high during the 1950s and 1960s in Areas 1, 3, and 5, and then declined (Figure 39). The hook rates were quite high in Areas 8 and 9 during the early 1960s, but declined abruptly during that decade. There was no trend, but considerable fluctuation, in Area 6. In the Area 7, the principal fishing ground for this species, the hook rates averaged about 10 fish per 1000 hooks from 1963 through 1991. In 1992, the hook rate in Area 7 dropped to 2.3 fish per 1000 hooks, and in the next two years no effort was exerted in this area. During 1995, 1996, and 1997 the hook rates in Area 7 increased sharply from 18.5 in 1995 to 44.0 in 1997, although there was little effort in 1996 and 1997 (75 and 49 thousand hooks, respectively).

The relationship between effort and catch of striped marlin in Areas 1, 3, and 5-9 during 1955-1997 is shown in Figure 40. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The hook rates ranged from about 3.0 to 6.0, 1.0 to 2.0, and 0.3 to

0.9 fish per 1000 hooks during the 1962-1972, 1973-1982 (except for 1977 and 1978), and 1983-1997 periods, respectively (Table 4).

Blue marlin

Joseph *et al.* (1974: Figure 8) noted that the hook rates for blue marlin during 1956-1970 tended to be greater north of the equator during the northern summer and greater south of the equator during the southern summer. During 1971-1992 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, 1992: Figure 22; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 24). The same tendency was observed in the hook rates during 1993-1997 (Figure 41). This might indicate seasonal movements of fish between the northern areas (2 and 3) and the southern areas (4 and 5). It should be noted, however, that the hook rates were relatively high during the second quarter in Area 1, a northern area, during 1981-1987 (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 22) and during 1993-1997 (Figure 41).

The annual trends in hook rates were downward in all areas except Area 7 during the late 1950s and early 1960s (Figure 42). In Areas 4 and 6 the hook rates were greater than 10.0 fish per 1000 hooks for a brief period during the 1950s. After 1970 the hook rates were less than 1.0 in all areas except Area 6.

The relationship between effort and catch of blue marlin in Areas 2-8 during 1955-1997 is shown in Figure 43. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The effort (Table 4) and catches (Table 5) increased during 1955-1963, and the hook rates (Table 4) declined from about 13 to less than 2 fish per 1000 hooks. During 1964-1997 the effort ranged from 50 to 156 thousand hooks, the catches (in all nine areas) from 23 to 80 thousand fish, and the hook rates from 0.3 to 0.8 fish per 1000 hooks. The hook rates were lower (0.3 to 0.4 fish per 1000 hooks) during 1975-1981, when the effort ranged from 69 to 117 thousand hooks, than during 1986-1994 (0.4 to 0.6 fish per 1000 hooks), when the effort ranged from 123 to 156 thousand hooks.

Black marlin

The seasonality of the hook rates for black marlin has not varied greatly from period to period. 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 1971-1980. 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 1981-1987. Uosaki and Bayliff (1999: Figure 24) observed that the hook rates were greatest in Areas 2 and 3 during the third and fourth quarters and in Area 7 during the second and third quarters of 1988-1992. During 1993-1997 the hook rates were greatest in Area 2 during the third quarter, Areas 3 and 7 during the third and fourth quarters, Area 4 during the second, third, and fourth quarters, and Area 6 during the fourth quarter (Figure 44). These seasonal fluctuations do not necessarily indicate movements, as the numbers of fish caught were low, and small changes in the numbers of fish caught could cause large changes in the hook rates.

The hook rates are low in all areas, and they have declined in all areas except 6 and 7 (Figure 45).

The relationship between effort and catch of black marlin in Areas 2-8 during 1955-1997 is shown in Figure 46. Those areas were selected because the hook rates were greater there than

in the other areas. The effort (Table 4) and catches (Table 5) increased during 1955-1963. The hook rates (Table 4) ranged from about 0.05 to 0.14 fish per 1000 hooks from 1958 through 1970. After that they declined further, averaging about 0.02 and 0.01 fish per 1000 hooks during 1978-1986 and 1987-1997, respectively.

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish were not separated in the log-books of the longline vessels until 1994. In previous reports it was assumed that the fish caught within a few hundred miles of the mainland (Areas 7-9) were sailfish and that the others (Areas 1-6) were shortbill spearfish. The catch rates were greatest in Areas 7 and 8, which might indicate that the catches of sailfish for all areas combined exceeded those of shortbill spearfish. During 1994-1997, however, the distributions of the catches of the two species (Figures 24 and 25) were similar, although shortbill spearfish were not often caught within about 200 miles of the coast of the Americas. There was little fishing effort exerted in Area 7, presumably primarily a sailfish area, during 1994-1997 (Figure 7), and the catches of shortbill spearfish in all areas combined were about 6 to 10 times those of sailfish during those years (Table 7). The greatest catches of these two species during 1994-1997 were made in Areas 1, 2, 4, and 5, and in all of these except Area 2 the catches of shortbill spearfish exceeded those of sailfish. These results indicate that the assumption used in previous reports of this series is not adequate for estimating the trends in abundance of these two species.

During 1994-1997 the hook rates for sailfish were greatest during the first quarter in Area 4, the third quarter in Areas 1 and 7, the third and fourth quarters in Areas 3 and 8, and the fourth quarter in Area 2 (Figure 47). For shortbill spearfish the hook rates were greatest in Areas 1, 4, and 5 during the third and fourth quarters and in Area 9 during the fourth quarter (Figure 48).

The hook rates for sailfish and shortbill spearfish combined for 1955-1997 are shown in the Figure 49. The hook rates were greatest in Areas 7 and 8 during the 1960s and 1970s.

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

Deep longlining was introduced into the equatorial EPO during the mid-1970s (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 31). During 1981-1987 the use of deep longlines became more common, and this gear was used not only in equatorial areas, but in higher 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 1986-1991 and 1994-1997 (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. Furthermore, as stated previously, the numbers of hooks per basket (HPB) increased from about 12 to 14 during 1986-1992 to about 16 or 17 during 1994-1997. In order to express the recent shift of frequencies of hooks per basket, deep longlines are divided into two categories, deep-A (10 to 14 HPB) and deep-B (more than 14 HPB). During 1994-1997 more than 90 percent of the deep longlining effort in Areas 2, 3, 4, 5 and 8, in which bigeye is the principal target species, was deep-B effort.

The catch rates of all species except bluefin by intermediate, deep-A, and deep-B longline gear in four to six areas are shown in Figure 50. The requirements for inclusion of a species-area stratum were that: (1) there were more than 100 thousand hooks of at least two categories of longline during each year of the 1994-1997 period; (2) the analyzed species was caught during each

year of that period. Only data for 1994-1997 are included for sailfish and shortbill spearfish.

Albacore

For albacore the hook rates for intermediate longlines were greater than those for deep-A longlines in Area 1, but less than those for both deep-A and deep-B longlines in Area 9 (Figure 50). The hook rates for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 4, 5, and 9, although the hook rates for deep-A longlines exceeded those for deep-B longlines during 1996 and 1997 in Area 4.

Bigeye

For bigeye the hook rates for deep-A longlines were greater than those for intermediate longlines in Area 1, whereas they were at almost same level (except in 1995) in Area 9 (Figure 50). The hook rates for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 2, 4, 5, and 8, but the hook rates for deep-B longlines exceeded those for deep-A longlines in Area 9 during 1995, 1996, and 1997.

Yellowfin

For yellowfin the hook rates for intermediate and deep-A longlines were about equal in Area 1, but greater for intermediate longlines in Area 9 during 1993-1995 (Figure 50). The hook rates for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 2, 4, 5, and 8, whereas the hook rates for deep-A longlines were greater than those for deep-B longlines in Area 9 during 1994-1997. 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 intermediate and deep longlines than for conventional ones, which is contrary to the findings of other investigators, *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). Uosaki and Bayliff (1999: Figure 42) found that the hook rates were about equal for intermediate and deep-A longlines in Area 1 and greater for intermediate longlines in Areas 8 and 9.

Swordfish

For swordfish the hook rates for intermediate longlines were greater than those for deep-A longlines in Area 1 (Figure 50). Uosaki and Bayliff (1999: Figure 42) reported that the hook rates of intermediate longlines were also greater in Area 9, but such was not the case for this study. The hook rates in Area 2 were greater for deep-B than for deep-A longlines, but the hook rates for the two categories of deep longlines were about equal for Areas 4, 5, 8, and 9.

Striped marlin

For striped marlin the hook rates for deep-A longlines were greater than those for intermediate longlines in Area 1, but not Area 9 (Figure 50). The hook rates for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 2, 4, 5, and 8. The hook rates were greater for deep-B longlines in Area 9 during 1994-1997.

Blue marlin

For blue marlin the hook rates for deep-A longlines were greater than those for interme-

diated longlines in Area 1, whereas the reverse was the case in Area 9 during 1994 and 1996 (Figure 50). The hook rates were about equal for deep-A and deep-B longlines in Areas 4, 5, and 8, but somewhat greater for deep-A longlines in Area 2 during 1997 and for deep-B longlines in Area 9 during 1994-1997.

Black marlin

For black marlin the hook rates for deep-A longlines were greater than those for intermediate longlines in Area 1 (Figure 50). The hook rates were about equal for deep-A and deep-B longlines in Areas 5 and 8, but somewhat greater for deep-B longlines in Areas 2, 4, and 9.

Sailfish

For sailfish the hook rates were about equal for intermediate and deep-A longlines in Area 1 and for intermediate, deep-A, and deep-B longlines in Area 9, and those for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 2, 4, 5, and 8 (Figure 50).

Shortbill spearfish

For shortbill spearfish the hook rates for deep longlines were greater than those for intermediate longlines in Area 1 and, to a lesser extent, Area 9 (Figure 50). The hook rates for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 2, 4, 8, and 9, but in Area 5 the hook rates of deep-B longlines were greater than those of deep-A longlines.

As mentioned previously, deep longlining was developed to increase the catches of bigeye. Indeed, 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. It might be assumed that the increase in the numbers of hooks per basket that took place during the mid-1990s would increase the hook rates for bigeye, at least, but in most species-area strata the hook rates are about the same for deep-A and deep-B longlines. During the late 1980s monofilament and braided nylon replaced nylon fiber for both the main and branch lines, which may have made it feasible, for the first time, to use greater numbers of hooks per basket. The new materials are lighter than the traditional ones, so the depths at which the gear fished were presumably more affected by currents. Such being the case, it would be necessary to use data loggers, such as the micro-bathymographs described by Mizuno *et al.* (1996), to collect data on the depths of the hooks.

MATURITY

Most investigators working with tunas and billfishes have used only females for studies involving gonad indices (GIs), 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 16,419 tunas and billfishes, sampled aboard research and training longlining vessels during 1993-1997, 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 (Table 8). Such being the case, caution must be exercised in interpreting the geographical distributions of the fish at various stages of maturity.

The relationships between gonad indices and lengths are shown in Figures 51, 54, 57, 60, 63, 66, 67, and 68. The ratios of mature females to total females for 1993-1997, by 5-degree areas, are shown for all quarters combined in Figures 52, 55, 58, 61, 64, and 69, and each quarter separately in Figures 53, 56, 59, 62, 65, and 70. 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 two exceptions, the cutoff points designated for this study are same as those designated by Miyabe and Bayliff (1987): bigeye and yellowfin, 120 cm (tip of snout to fork of tail: SFL); striped marlin, 150 cm (posterior edge of orbit to fork of tail: EFL); blue marlin, 180 cm (EFL); black marlin, 200 cm (EFL). 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. The cutoff point for black marlin is based on information published by Ueyanagi (1960: Table 2). No cutoff points were designated for sailfish or shortbill spearfish because almost all of the fish were considered to be mature.

Albacore

The maturity of albacore in the EPO has been studied by Brock (1943), Partlo (1955), Otsu and Uchida (1959), and Shingu *et al.* (1974). Shingu *et al.* found four females with GIs 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. Albacore are not gilled and gutted at sea, so no new data on maturity of albacore were available for this study.

Bigeye

Information on the maturity of bigeye in the EPO has been summarized by Nakano and Bayliff (1992), and additional information is given by Uosaki and Bayliff (1999). Kikawa (1961) and most subsequent workers have considered females with GIs of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

Gonad weights for 9,977 bigeye were available for this study. Of these, 6,204 (62.2 percent) were from fish caught in Area 1 during the fourth quarter (Table 8). The relationship between the GIs and lengths is shown in Figure 51. The smallest individual whose GI exceeded 3.1 was a 74-cm fish with a GI of 3.2. The average GI started to increase at about 80 cm, and GIs greater than 3.1 occurred frequently in fish exceeding that length. This is in agreement with the results of Nakano and Bayliff (1992) and Uosaki and Bayliff (1999). Although, as stated above, it is risky to estimate the spawning status by GIs alone, it seems likely that female bigeye start spawning at around 75 cm in length in the western EPO (Areas 1, 2, and 4).

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 2,849 (28.6 percent)

were greater than 120 cm in length. Of these larger fish, 349 (12.2 percent) had GIs of 3.1 or greater. The greatest GI encountered was 14.87, for a 122-cm fish.

The distributions of the ratios of larger females with GIs of 3.1 or more to all larger females are shown in Figures 52 and 53. High concentrations of mature fish were found between 20°N and the equator west of 130°W during the second quarter, and between 5°S and 15°S west of 125°W during the first and fourth quarters.

Yellowfin

Information on the maturity of yellowfin in the EPO up to 1992 was summarized by Nakano and Bayliff (1992), and additional information has subsequently been published by Anonymous (1994a: 30-31), Román-Reyes *et al.* (1997), Schaefer (1998), and Uosaki and Bayliff (1999). 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 GIs of 2.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

Gonad weights for 2,737 yellowfin were available for this study. Of these, 1,052 (38.4 percent) were from fish caught in Area 4 during the second quarter (Table 8). The relationship between the GIs and lengths is shown in Figure 54. The smallest individual whose GI exceeded 2.1 was a 57-cm fish with a GI of 3.2. The average GI started to increase at about 95 cm, and GIs greater than 2.1 occurred frequently in fish exceeding 100 cm. Nakano and Bayliff (1992) and Uosaki and Bayliff (1999) reported that the smallest mature fish were in the 71- to 80-cm length class. Schaefer (1998) estimated that the minimum length at sexual maturity of females in the EPO, based on histological information, was 59 cm, and that the predicted length at 50-percent maturity was 92 cm.

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 1,327 (48.5 percent) were greater than 120 cm in length. Of these larger fish, 63 (4.7 percent), had GIs of 2.1 or greater. The greatest GI encountered was 8.10, for a 134-cm fish.

The distributions of the ratios of larger females with GIs of 2.1 or more to all larger females are shown in Figures 55 and 56. High concentrations of mature fish were found west of 140°W between the equator and 15°N during the second and third quarters and in the area bounded by 5°S, 125°W, 15°S, and 135°W during the first quarter.

Pacific bluefin

The spawning of Pacific bluefin is believed to be confined to the western Pacific Ocean (Bayliff, 1994). Gonad weights were obtained for two individuals caught in Area 1 during 1993-1997. The lengths of these fish were 168 and 175 cm, and their GIs were 0.78 and 0.93, respectively.

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), and additional information is given by Uosaki and Bayliff (1999) and DeMartini *et al.* (2000). Hinton *et al.* (1997) compared the 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 (EFL) 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. A comparison of the methods of Miyabe and Bayliff (1987) and Hinton *et al.* (1997) (Uosaki and Bayliff, 1999) indicated that the latter is superior, so it is used in this report.

The present study is based upon 157 females. Of these, 126 (80.3 percent) were caught in Areas 1 and 4 during the second and fourth quarters (Table 8). The relationship between GIs and lengths is shown in Figure 57. Of the 157 females, 59 (37.6 percent) had GIs of 1.37 or greater. The smallest individual whose GI exceeded 1.37 was a 152-cm fish with GI of 1.40. The average GI started to increase at about 80 cm, and GIs greater than 1.37 occurred frequently in fish exceeding 155 cm. The greatest GI encountered was 1.82, for a 255-cm fish.

The distributions of the ratios of females with GIs of 1.37 or more to all females are shown in Figures 58 and 59. The greatest concentrations of mature fish were found west of 130°W between 25°N and 15°S.

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), and additional information is given by González Armas *et al.* (1993 and 1999) and Uosaki and Bayliff (1999). Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) considered females with GIs of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 2,337 females. Of these, 1,961 (83.9 percent) were caught in Area 1 during the fourth quarter (Table 8). The relationship between GIs and lengths is shown in Figure 60. The average GI started to increase at about 140 cm.

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 744 (31.8 percent) were greater than 150 cm in length. Only three of these had GIs exceeding 3.1; the smallest of these was 138 cm long and had a GI of 3.80. The greatest GI encountered was 7.53, for a 162-cm fish.

The three mature fish were caught in Area 1 during the second quarter (Figures 61 and 62). González Armas *et al.* (1993 and 1999) found larvae of striped marlin in Area 7, however, so mature fish presumably occur there too.

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), and additional information is given by Hopper (1990) and Uosaki and Bayliff (1999). Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) considered females with GIs of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based on 438 females. Of these, 268 (61.2 percent) were caught in Area 1 during the fourth quarter (Table 8). The relationship between GIs and lengths is shown

in Figure 63. The average GI started to increase at about 160 cm, and GIs greater than 3.1 were occurred frequently in individuals exceeding 195 cm. The smallest individual whose GI exceeded 3.1 was a 196-cm fish with a GI of 3.7. The greatest GI encountered was 6.21, for a 213-cm fish.

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 343 (78.3 percent) were greater than 180 cm in length. Of the 343 larger females, only 9 (2.6 percent) had GIs exceeding 3.1.

The distributions of the ratios of larger females with GIs of 3.1 or more to all larger females are shown in Figures 64 and 65. The nine mature fish were caught between 20°N and 15°S west of 125°W.

Black marlin

Ueyanagi (1960) stated that intensive spawning of black marlin occurs in the Coral Sea, especially during October and November. He suggested that the lengths at first maturity are about 140 cm and 200 cm for males and females, respectively, that most of the fish greater than 230 cm in length are females, and that mature ovaries probably weigh more than 1 kg. Information on the maturity of black marlin in the EPO has been summarized by Nakano and Bayliff (1992), and additional information is given by Uosaki and Bayliff (1999).

The present study is based upon 11 females, of which 4 were greater than 200 cm in length. The gonads of two of the four fish weighed 1.1 kg, and those of the other two weighed less than 1 kg. The relationship between GIs and lengths is shown in Figure 66. The greatest GI encountered was 1.07, for a 215-cm fish.

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), and additional information is given by Vidaurri Sotelo *et al.* (1997), Hernández H. and Ramírez R. (1998), Uosaki and Bayliff (1999), and Hernández-Herrera *et al.* (2000). Shingu *et al.* (1974) considered all females with GIs of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 23 females. The relationship between GIs and lengths is shown in Figure 67. All of the fish had GIs of less than 3.1.

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), and additional information is given by Uosaki and Bayliff (1999). Nakano and Bayliff (1992) considered all females with GIs of 4.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report.

The present study is based upon 739 females. Of these, 512 (69.3 percent) were caught in Area 1 during the fourth quarter (Table 8). The relationship between GIs and lengths is shown in Figure 68. The average GI started to increase at about 115 cm, and GIs greater than 4.1 occurred frequently in individuals exceeding 125 cm. The smallest individual whose GI exceeded 4.1 was a 102-cm fish with a GI of 6.1. The greatest GI encountered was 11.7, for a 144-cm fish.

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 147 (19.9 percent) had GIs of 4.1 or greater.

The distributions of the ratios of females with GIs of 4.1 or more to all females are shown in Figures 69 and 70. The greatest concentrations of mature fish were found west of 125°W

between 35°N and 15°S (Figure 69). High concentrations of mature fish were found in that area north of 5°N during the second, third, and fourth quarters and south of 10°S during the first, third, and fourth quarters (Figure 70).

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 sampled during 1993-1997. Many area-time strata were insufficiently sampled, not only for the last four species, but for the first five as well. Figures 71-96 are length-frequency histograms for each species, aggregated in various combinations of area and time. In the figures showing annual or quarterly length frequencies by area, the strata in which there were less than 10 fish are not shown. In the figures showing length frequencies for areas with all years combined the areas with less than 20 tuna, swordfish, striped marlin, blue marlin, or shortbill spearfish, or less than 10 black marlin or sailfish, are not shown.

The length measurements are collected mainly on commercial longliners and longline research vessels, most of which are training vessels of prefectural high schools. In most cases only fish that are retained are measured aboard commercial vessels, whereas nearly all fish caught, regardless of their size, are measured aboard longline research vessels. The longline research vessels concentrate their operations in Areas 1 and 4, which makes it appear that small fish are rarely caught in the other areas, although that is not necessarily the case. This bias is probably most serious for swordfish because the catch rates of small fish are greatest for swordfish.

Males tend to outnumber females in the larger length categories of longline-caught albacore (Otsu and Sumida, 1968), yellowfin (Murphy and Shomura, 1972), and bigeye (Shomura and Keala, 1973). Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) have demonstrated that the opposite is the case for swordfish, striped marlin, blue marlin, black marlin, and sailfish, so they plotted the data for males, females, and fish for which the sex was unknown separately. Data on the sexes of the fish that 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. 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 that follow the data for January-March, April-June, July-September, and October-December are combined. In addition, for albacore, for example, the data for years and quarters are combined in Figure 71, the data for years are combined in Figure 72, and the data for quarters are combined in Figure 73. 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), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and

Bayliff (1999). The 61,894 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 71).

The ranges of lengths of the fish were rather wide in Areas 1 and 9, with most of them being 70 to 120 cm long in Area 1 and 70 to 110 cm long in Area 9 (Figure 71). In contrast, the ranges of lengths for Areas 4 and 5 were relatively narrow, with most of the fish being 85 to 105 cm long.

The length frequencies did not differ much among quarters in Areas 4, 5, or 9, but considerable differences are evident for Area 1 (Figure 71). 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 1988-1992 (Uosaki and Bayliff, 1999) and also for 1993-1997 in the present study. During the second and third quarters all the fish caught in Area 1 were relatively large, most of them exceeding 90 cm. During the first and fourth quarters both large and small fish were caught, with the proportion of small fish being considerably greater during the first quarter. This pattern is similar to that observed by Suda (1962: Table 6) for longline-caught fish in the northwestern Pacific Ocean.

The annual length-frequency distributions for each area during 1993-1997 are shown in Figure 73. In Areas 1 and 9 there was considerable year-to-year variation in the length compositions of the catches. In Area 1 the lengths ranged widely from about 60 to 120 cm in 1993, 1994, and 1995, whereas in 1996 and 1997 they ranged from about 90 to 115 cm. In Area 9 substantial amounts of 60- to 70-cm fish were caught in 1993, but not in subsequent years. There were predominant modes at about 100, 75, and 85 cm during 1993, 1995, and 1996, respectively (Figure 73).

Average weight data, calculated from length-frequency data for albacore caught by the longline fishery during 1971-1997 and the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. The average weights ranged from 12.1 kg in 1981 to 17.7 kg in 1996.

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), Calkins *et al.* (1993), Uosaki and Bayliff (1999), and Watters and Maunder (2002). The 235,570 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 74). According to Kume and Joseph (1966) the males and females grow at about the same rate until they reach approximately 150 cm, and Sun *et al.* (2001) stated that there is no difference in the growth rates of males and females in the length range of 46 to 189 cm, so it is assumed that differential growth of the two sexes, if it exists, does not introduce problems into the interpretation of the length-frequency data.

Fish less than 110 cm long made up 55 percent (in numbers of fish) of the catches in Area 1 and 22 to 24 percent of those in Areas 4, 8, and 9 (Figure 74). Fish more than 140 cm long made up 50 to 64 percent of the catches in Areas 2, 4, and 5.

Three modal groups, one between about 80 and 100 cm, one between about 100 and 130 cm, and one between about 130 and 150 cm, are evident in several of the quarterly histograms

(Figure 75). The first group is readily apparent in Areas 1 and 4 and, to a lesser extent, in Area 5. In Area 1 the first group is conspicuous in the first and fourth quarters, but less so in the second and third quarters. In Area 4 the first group is conspicuous in the second, third, and fourth quarters. In Areas 4 and 5 fish between 140 and 180 cm were caught throughout the year.

The progressions of modes within years are not very clear, but they can be followed to some extent in Area 1 and, possibly, but to a lesser extent, in some of the other areas (Figure 75). If the modes represent age groups, the progressions between the first and second modes and between the second and third modes indicate growth rates of about 25 and 20 cm per year, respectively, as compared to estimates of 33.8 and 23.1 cm per year by Kume and Joseph (1966), 30.5 and 24.9 cm by Tomlinson (1998), 26.6 and 21.7 cm by Uosaki and Bayliff (1999), and 31.9 and 21.9 cm by Sun *et al.* (2001) (Table 9).

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 76. If dominant year classes exist, they might be apparent from progressions of the modes. Such progressions appear in some cases, *e.g.* Area 1 (1992 (Uosaki and Bayliff, 1999) and 1993, 1994-1995, and 1996-1997), Area 4 (1996-1997), and Area 9 (1992 (Uosaki and Bayliff, 1999) and 1993). In many cases, as mentioned by Miyabe and Bayliff (1987), a prominent mode in one year was not followed the next year by another prominent mode of fish presumably of the same year class. The apparent decrease in the incidence of fish of dominant year classes could be due to changes in (1) recruitment and/or mortality, (2) movements of the fish, and/or (3) fishing strategies. A possible example of movement is afforded by the 1995-1996 data for Areas 1 and 2. The 130- to 150-cm fish, which made up a large portion of the catch in Area 1 during 1995, may have appeared as 150- to 170-cm fish in Area 2 in 1996. Almost any change observed could be due to changes in fishing strategies, but a thorough examination of these is beyond the scope of this report.

Average weight data, calculated from length-frequency data for bigeye caught by the long-line fishery during 1971-1997 and the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 43.4 kg in 1984 to 64.2 kg in 1997. The average weight decreased from 1973 to 1979, and increased from 1984 to 1997.

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), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999). The 120,493 fish of the present study ranged from about 20 to 200 cm in length, but most of them were between 90 and 170 cm long (Figure 77).

Although there were differences in the length compositions of the fish among areas (Figure 77), they are not as pronounced as those for bigeye (Figure 74). Fish greater than 130 cm in length were caught in all areas, but their incidence was highest in Areas 3, 5, and 8, where they comprised 65 to 71 percent of the catches. Fish less than 90 cm in length made up 10 percent of the catch in Area 1 and less than that in the other areas.

Quarterly variations in the lengths of fish caught are apparent, especially those from Areas 1, 2, 4, 5, and 9 (Figure 78). Modal progressions are evident for Areas 4 and 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, from 60 to 170 cm, during the first and fourth quarters, whereas during the second and third quarters most of the fish were between 120 and 150 cm long.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 79. Fish greater than 100 cm in length predominated in the catches of all areas during all years. Possible progressions of modes are apparent in a few areas, *e.g.* Areas 1, 2, 4, and 9 in 1996 and 1997 and Area 2 in 1995 and 1996. 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 1958-1987, but no such trend is evident for 1988-1992 (Uosaki and Bayliff, 1999) or 1993-1997 (this study).

Average weight data, calculated from length-frequency data for yellowfin caught by the longline fishery during 1971-1997 and the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 29.4 kg in 1974 and 1975 to 43.0 kg in 1994. The average weights were relatively low from 1972 to 1989, ranging from 29 to 42 kg, but higher thereafter, ranging from 40 to 43 kg.

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), Nakano and Bayliff (1992), Hanan *et al.* (1993), Coan *et al.* (1998), Vojkovich and Barsky (1998), Uosaki and Bayliff (1999), DeMartini *et al.* (2000), and Hinton and Bayliff (2002). The 6,554 fish of the present study ranged from about 30 to 290 cm in length, but most of them were between 60 and 240 cm long (Figure 80).

There was considerable variation among areas in the length frequencies (Figure 80). Fish less than 120 cm in length were more important in Areas 1, 4, 5, and 9, and fish greater than 200 cm were more important in Areas 4, 5, and 9. A prominent mode at 70 cm is evident in Area 1, and a few of these small fish were also caught in Area 4. As mentioned previously, the length measurements are collected mainly on commercial longliners and longline research vessels, and the measurements taken aboard the research vessels are more representative of the fish caught, whereas the measurements taken aboard the commercial vessels are more representative of the fish retained. In Area 1, where 250 swordfish were measured, 241 of them had been caught by longline research vessels, and 84 of these (34.9 percent) were smaller than 70 cm. In Area 4, of 245 swordfish measured aboard longline research vessels, 47 (19.2 percent) were smaller than 70 cm, whereas only 22 (1.2 percent) of 1,772 fish measured aboard commercial vessels were smaller than 70 cm. (The lengths of 309 fish are shown in the panel corresponding to Area 1 in Figure 80, but 59 of these lengths were estimated from the weights of the fish. The same applies to Area 4, for which 114 of the lengths were estimated from the weights of the fish.)

Variation in the occurrences of modes in different quarters is evident in the data for Area 1 and, to a lesser extent, those for Area 4 (Figure 81).

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 82. Uosaki and Bayliff (1999) reported that progression of modes, from 108 cm in 1988 to 143 cm in 1989 to 173 cm in 1990, was apparent in Area 9, and suggested that the growth rate is approximately 32.5 cm per year for fish in that length range. Their estimate of the growth rate 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. Clear progression of modes is not evident in the length-frequency data for 1993-1997.

Average weight data, calculated from length-frequency data for swordfish caught by the longline fishery during 1971-1997 and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b)

(Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 46.5 kg in 1987 to 67.2 kg in 1984. The average weight increased from 1971 to 1984, decreased precipitously from 1984 to 1987, ranged from 51.2 to 56.5 kg during 1988-1991, and then was relatively high, from 54.4 to 60.4 kg, from 1992 to 1997.

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), Ponce Díaz *et al.* (1991), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999). The 18,486 fish of the present study ranged from about 60 to 300 cm in length, but most of them were between 120 and 210 cm long (Figure 83).

The fish caught in Area 1 were smaller than those caught in the other areas (Figure 83). In Area 1 there was one mode, at about 140 cm, and in Areas 3-9 there was also one mode, at about 170-180 cm. In Area 2 the range of lengths was greater, including fish of the lengths caught in both Area 1 and Areas 3-9.

Quarterly variations in the lengths of fish caught are apparent, especially those from Areas 1, 2, and 8 (Figure 84). In most area-quarter strata there was only one mode, the major exceptions being Areas 1 and 2, where smaller fish were often caught. Fish less than 130 cm in length occurred mainly in the first and fourth quarters in Area 1, and in the third quarter in Area 2.

Modal progressions are not clear in any area, but there are two modes, one at about 105 cm and the other at about 140 cm, in Area 1 in the fourth quarter. If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 35 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), the rate of 36 cm per year estimated by Nakano and Bayliff (1992) for 125- to 170-cm fish and Uosaki and Bayliff (1999) for 103- to 157 cm fish, but a little less than the rate of 40 cm per year estimated by Miyabe and Bayliff (1987) for 100- to 170-cm fish.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 85. Bimodality is evident in Area 1 for 1994 and 1995. Small fish were apparently more abundant in Area 1 in 1994, 1995, and 1997 than during 1993 and 1996.

Average weight data, calculated from length-frequency data for striped marlin caught by the longline fishery during 1971-1997 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 45.3 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 movement 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), Nakano and Bayliff (1992), Uosaki and Bayliff (1999), and Hinton (2001). The

15,365 fish of the present study ranged from about 70 to 350 cm in length, but most of them were between 130 and 260 cm long (Figure 86).

The fish tended to be smallest in Areas 1, 2, 3, and 4, intermediate in Areas 5 and 8, and largest in Area 9 (Figure 86).

The quarterly length-frequency distributions (Figure 87) were mostly unimodal, the principal exceptions being Area 1 (second and third quarters) and Area 2 (first 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 movement of smaller fish into Area 8 from Areas 3 and 5 during the fourth quarter and the reverse during the second quarter. The data for 1993-1997 do not suggest movements among areas within the EPO.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 88. Little variation among areas or years is evident.

Average weight data, calculated from length-frequency data for blue marlin caught by the longline fishery during 1971-1997 and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), are listed in Table 3. The average weights ranged from 83.1 kg in 1984 to 106.6 kg in 1971. The average weights were lowest, ranging from 83.1 to 85.5, during 1983 through 1988.

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), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999). The 216 fish of the present study ranged from about 130 to 350 cm in length (Figure 89). These data are insufficient to form the basis for a discussion, except to note that small individuals were dominant in Area 1 and that larger ones occurred most often in Areas 4 and 5.

The quarterly and annual length-frequency distributions for several areas are shown in Figures 90 and 91, respectively. The sample sizes are too small to detect any trends that might exist.

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), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999). The 112 fish of the present study ranged from about 100 to 210 cm in length, but most of them were between 110 and 205 cm long (Figure 92).

Bimodality is not evident in the length frequencies for any of the areas (Figure 92). Smaller fish made up greater proportions of the catches in Areas 1 and 2.

The quarterly and annual length-frequency distributions for each area are shown in Figures 93 and 94, respectively.

Average weight data, calculated from length-frequency data for sailfish caught by the longline fishery during 1994-1997 and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), are listed in Table 3. The weights ranged from 19.2 kg in 1994 to 21.1 kg in 1997.

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), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999). The 3,435 fish of the present study ranged from about 70

to 200 cm in length, but most of them were between 100 and 160 cm long (Figure 95).

Most of available length data for this species were taken from Areas 1, 4, 5, and 9. Uosaki and Bayliff (1999) suggested that "a mode at about 140 cm is evident in most of area-quarter strata ..., and an additional mode occurred at about 120 cm in Areas 4, 5, and 6." In this study, however, the length-frequency distributions were unimodal, with modes at 145, 135, 125, and 130 cm in Areas 1, 4, 5, and 9, respectively (Figure 95). The mode was at about 125 cm, however, in Area 1 during the first quarter, Area 4 during the third quarter, and Area 5 during the fourth quarter (Figure 96).

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 97. There was little variation among years in any of the areas.

Average weight data, calculated from length-frequency data for shortbill spearfish caught by the longline fishery during 1994-1997 and the weight-length equation of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 10.5 kg in 1996 to 12.0 kg in 1994 and 1997.

CATCHES OF SHARKS BY LONGLINE GEAR

The principal species of sharks caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean are:

English name	Japanese name	Spanish name	Scientific name
blue shark	yoshikiri zame	tiburón azul	<i>Prionace glauca</i>
silky shark	kurotogari zame	tiburón jaquetón	<i>Carcharhinus falciformis</i>
oceanic whitetip shark	yogore	tiburón oceánico	<i>Carcharhinus longimanus</i>
crocodile shark	mizuwani	tiburón cocodrilo	<i>Pseudocarcharias kamoharai</i>
shortfin mako shark	ao zame	marrajo dientuso	<i>Isurus oxyrinchus</i>
longfin mako shark	bakeao	marrajo carite	<i>Isurus brasiliensis</i>
salmon shark	nezumi zame	marrajo salmón	<i>Lamna ditropis</i>
bigeye thresher shark	hachiware	zorro ojón	<i>Alopias superciliosus</i>
pelagic thresher shark	nitari	zorro pelágico	<i>Alopias pelagicus</i>

A resolution on bycatch passed at the 66th meeting of the IATTC in June 2000 stated that there is a need for information on the bycatches by longliners and other tuna fishing vessels. Due to their long life spans, slow growth, and low fecundity (Holden, 1973 and 1974; Hoenig and Gruber, 1990; Smith *et al.*, 1998; Walker, 1998; Frisk *et al.*, 2001; Nakano and Seki, 2003), sharks are generally thought to be particularly vulnerable to overexploitation. Therefore it is important that the effects of the longline fishery and other fisheries that take sharks be investigated.

The annual longline fishing effort and the reported catches of sharks by the Japanese longline fishery in the EPO during 1971-1997 are shown in Table 10. The catches were less than 90 thousand fish during every year of the 1971-1979 period except 1973. During 1980-1995 the catches exceeded 90 thousand fish in every year except 1985 and 1986. The maximum catch, 139.2 thousand fish, was taken in 1987. In 1996 and 1997, coincident with a decrease in fishing effort, the annual catches decreased to less than 80 thousand fish.

The quarterly distributions of the reported catches of sharks during 1993-1997 are shown in Figure 98. Sharks were caught mostly in (1) a north equatorial band extending from about 5°N at 150°W to about the equator off the coast of northern South America and (2) a south equatorial band extending from about 150°W to about 20°S off the coast of South America. The catches of

sharks in the south equatorial band east of 100°W were taken mostly during the second and third quarters. In addition, sharks were taken off the tip of the Baja California peninsula during the third and fourth quarters and north of 20°N and west of 125°W during the first and fourth quarters. These shifts of the catches of sharks seem to reflect the shifts in effort shown in Figure 7.

The quarterly distributions of the hook rates for sharks during 1993-1997 are shown in Figure 99. The hook rates off the tip of the Baja California peninsula during the third and fourth quarters were remarkably high and concentrated. High hook rates also occurred, but to a lesser extent, east and west of the Galapagos Islands during all four quarters.

The catches of sharks, in numbers of fish, were entered into the Japanese longline data base from 1971 through 1993 as "sharks." After that they were entered into the data base as blue shark, shortfin mako shark, salmon shark, or "other sharks." However, sharks are of much less commercial value than are tunas and billfishes, and not all of them are retained. For some species, such as shortfin mako and salmon shark, the flesh may be retained. For others, such as blue and silky sharks, only the fins may be retained. Others are entirely discarded. Some vessels report the numbers of sharks caught if either the flesh or the fins are retained, and some report only those for which the flesh is retained. Few of them, other than research and training vessels, report the sharks that are entirely discarded. Hence the catches reported are minimal. There are also problems with species identification. The reported catches and the corresponding CPUEs of "salmon shark," are shown in Figure 100. This species occurs only in the North Pacific Ocean, and seldom south of 30°N (Compagno, 1984; Nakano, 1996), however, so the great majority of the sharks reported as salmon sharks were almost certainly not that species. Such being the case, it is not possible to obtain realistic estimates of the abundance of sharks from data obtained from the logbooks of all commercial longliners.

The best estimates of the relative abundance of sharks in the EPO could be obtained from the results of research and training vessels and of commercial vessels for which the data on the catches of sharks are believed to be complete and accurate. Matsunaga and Nakano (1999) and Simpfendorfer *et al.* (2002) used data obtained from research and training vessels in the western Pacific and western North Atlantic Oceans, respectively, for this purpose. Nakano and Honma (1997), Kiyota and Nakano (2001), Matsunaga and Nakano (2001), and Nakano (2001) estimated the relative abundance of sharks in the Atlantic Ocean with data obtained from commercial longline vessels whose logbooks were believed, on the basis of comparison with data collected by observers, to be complete and accurate. It might be possible to do the same thing with data for the EPO, but such a study is beyond the scope of the present report.

INTERACTIONS BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR TUNAS

Bigeye

Data on the catches of bigeye in the EPO by the Japanese longline fishery are given in Tables 5 and 6 of this report and data on those by the surface fisheries are given in Table 8c of Anonymous (2002a). During the 1971-1997 period the catches of bigeye in the EPO by Japanese longline gear ranged from 28.9 to 92.0 thousand metric tons (mt). The catches in the EPO by surface gear ranged from 0.8 to 15.4 thousand mt from 1971 to 1993, and then increased to 29.4 thousand metric tons in 1994, and eventually to 51.6 thousand metric tons in 1997. 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. Most of these floating objects are fish-aggregating devices (FADs) placed in the water by the fishermen. This fishery

takes place mainly between about 10°N and 10°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. Four tagged pole-and-line- and handline-caught bigeye have been recaptured by Japanese longline vessels and two tagged longline-caught bigeye have been recaptured by purse seiners (Table 11), which indicates that the surface and longline fisheries do not exploit completely separate stocks. (All of the handline-caught fish were originally caught under FADs, and were vulnerable to capture by purse-seiner vessels at that time.) The fish caught by surface gear tend to be smaller than those caught by longline gear (Watters and Maunder, 2002: Figure 4.3), so the impact of the surface fishery on the longline fishery is probably greater than that of the longline fishery on the surface fishery.

Yellowfin

Data on the catches of yellowfin in the EPO by the Japanese longline fishery are given in Tables 5 and 6 of this report and data on those of the surface fisheries are given in Table 8a of Anonymous (2002a). 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 Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) (Figure 1) 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; Anonymous, 1998a-2002a: Figure 3), but, since there was little longline effort in Area 7, few are caught there by that fishery (Figure 7). During 1993-1997 there was relatively little longline effort between about 8°N and 19°N (Figure 4), and yet 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 12. Only data for releases from purse-seine vessels are shown in that table because these fish tended to be larger than fish released from pole-and-line vessels 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 pole-and-line vessels. 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 yellowfin originally 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). The fish caught by surface gear tend to be smaller than those caught by longline gear (Maunder and Watters, 2002: Figure 4.2), so the impact of the surface fishery on the longline fishery is probably greater than that of the longline fishery on the surface fishery.

Computer simulations

Watters and Maunder (2002) and Maunder and Watters (2002) carried out simulations for the surface and longline fisheries to predict the effects of (1) reducing the surface fishing effort in the EPO to 75 percent of its 1999-2000 level, (2) maintaining the surface fishing effort at the 1999-2000 level with discards, (3) maintaining the surface fishing effort at the 1999-2000 level, but without discards, and (4) increasing the surface fishing effort to 125 percent of its 1999-2000 level on (1) the spawning biomass ratio during the fourth quarter of 2005, (2) the average weight of the

fish in the combined catches during 2001-2005, (3) the median of the quarterly catches in the EPO by the surface fleet during 2001-2005, and (4) the median of the quarterly catches by the longline fleet in the EPO during 2001-2005. (The spawning biomass ratio is the ratio of spawning biomass during periods of exploitation to that which might accumulate in the absence of fishing.) (Some bigeye that are caught are discarded at sea, and all, or virtually all, of these are dead or dying. The discarded fish are not considered to be catches in these simulations (or in most catch statistical data). In the second scenario above the normal situation is assumed to be in existence. In the third scenario it is assumed that none of the fish that would normally be discarded would be caught, or, equivalently, that all of the discarded fish would survive.) In every case the longline effort during 2001-2005 would be the same as it was during 1999. As stated by both Watters and Maunder (2001) and Maunder and Watters (2001), "the results from simulation studies should be interpreted with caution because these studies are conducted under a set of assumptions that, in the future, may prove to be false. Readers should look for general patterns and trends in the results from a set of simulations, rather than the values predicted by a single simulation. For example, rather than considering the predicted level of future biomass from a single simulation, it is more appropriate to consider whether multiple simulations (*e.g.* conducted under multiple recruitment scenarios) tend to predict that future biomasses will be less than or greater than some level."

Bigeye

The results of the simulations of Watters and Maunder (2002) are summarized in Table 13. Reduction of the surface effort to 75 percent of its 1999-2000 level reduced the surface catch by 18 percent and increased the longline catch by 11 percent, while increasing the surface effort to 125 percent of that level increased the surface catch by 15 percent and reduced the longline catch by 9 percent.

Yellowfin

The results of the simulations of Maunder and Watters (2002) are summarized in Table 13. Reduction of the surface effort to 75 percent of its 1999-2000 level reduced the surface catch by 10 percent and increased the longline catch by 32 percent, while increasing the surface effort to 125 percent of that level increased the surface catch by 2 percent and reduced the longline catch by 24 percent.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Dr. Shimazu Yasuhiko, Director of the NRIFSF at the time of the study, Dr. Ziro Suzuki, Division Chief, and Mr. Naozumi Miyabe, 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 Mr. Koji Uosaki of the NRIFSF. Gratitude is also expressed to Dr. Robin Allen, 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, Drs. Michael G. Hinton and Ashley J. Mullen and Mr. Patrick K. Tomlinson provided data on the surface fishery, assisted with the processing of the data, and helped in numerous other ways, and Mr. Kurt M. Schaefer provided data on the results of a tagging experiment initiated in 2000. The manuscript was reviewed by Drs. Allen, Deriso, Hinton, Suzuki, and Hideki Nakano, Mr. Miyabe, and Ms. Jenny M. Suter, all of whom made useful suggestions for its improvement. Mr. Nicholas J. Webb translated the manuscript from English to Spanish.

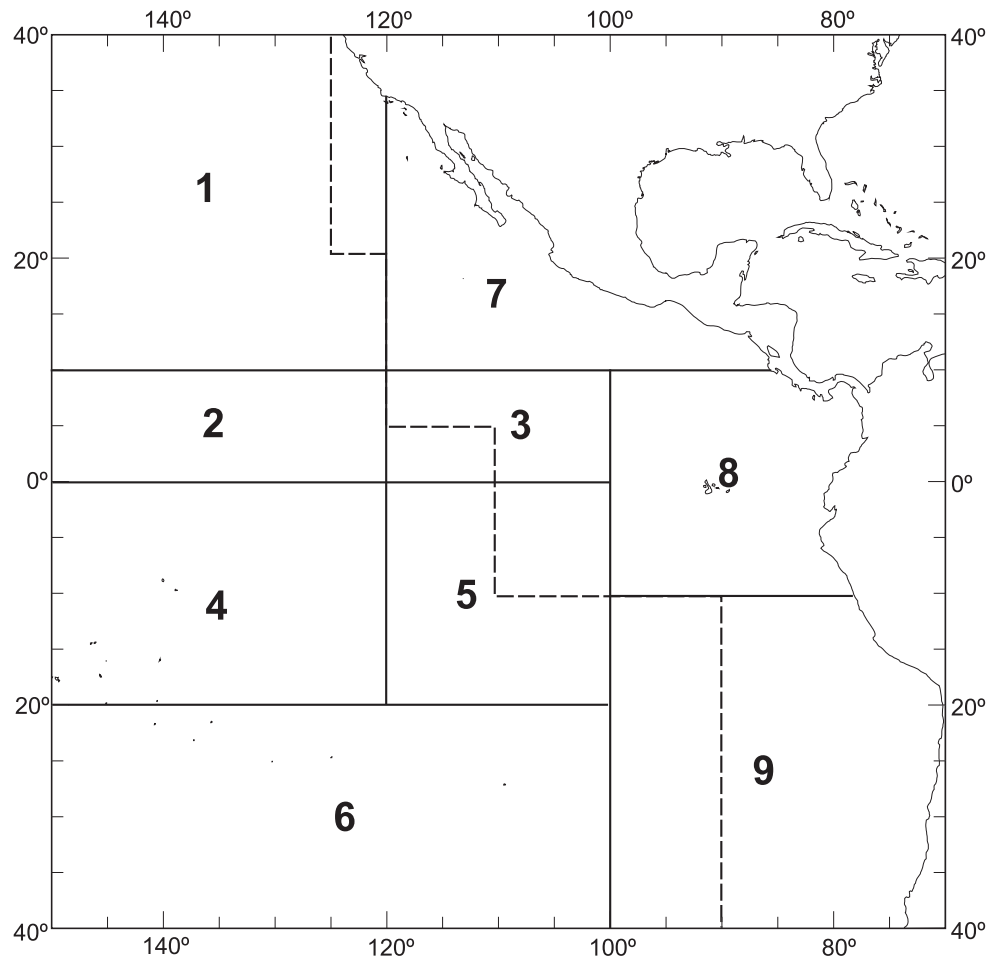


FIGURE 1. Areas of the eastern Pacific Ocean (EPO) designated for this study. The area to the east and north of the dashed line is the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

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),

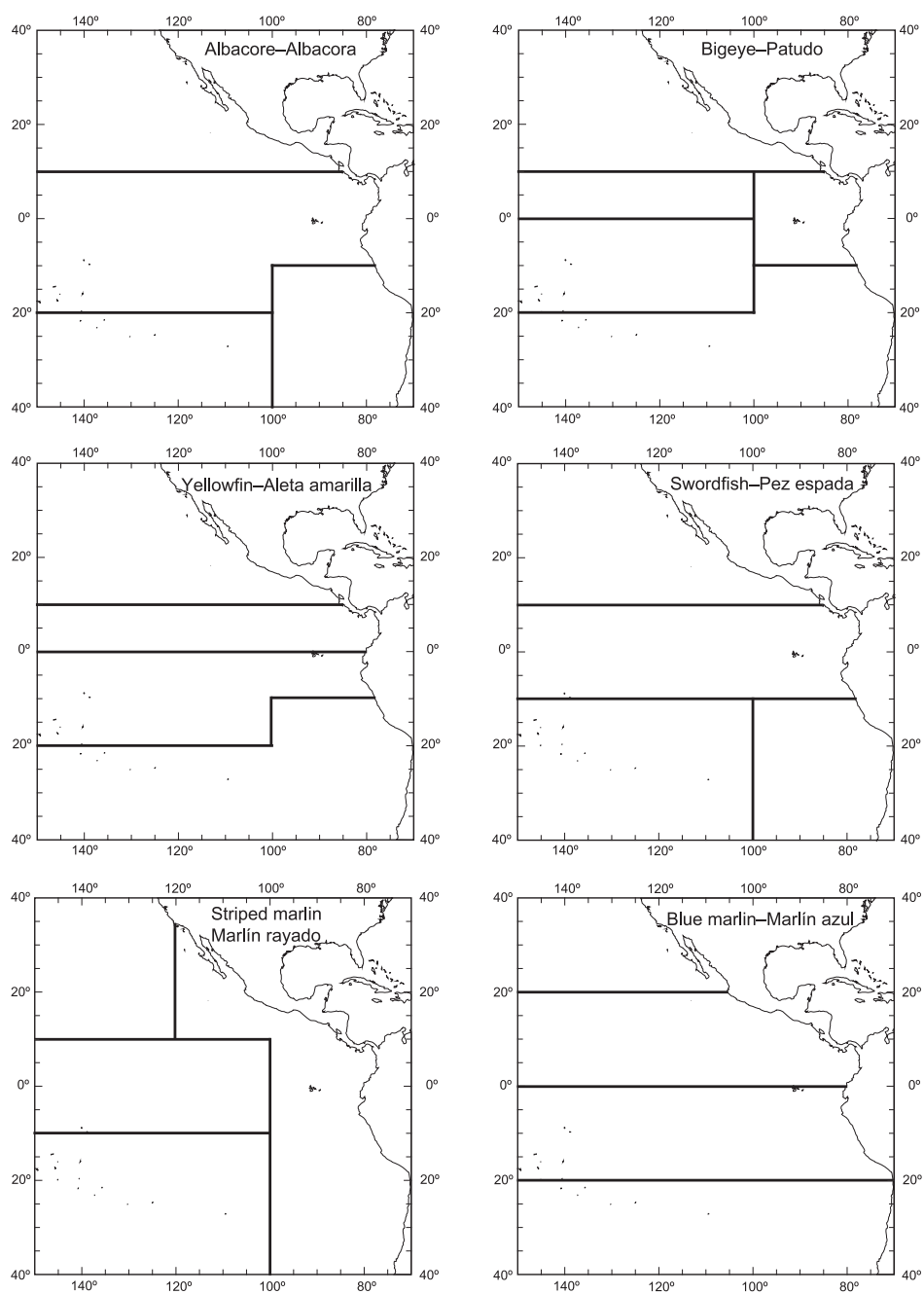


FIGURE 2. Area strata used for estimation of the average weights of tunas and billfishes.

FIGURA 2. Estratos de área usados para la estimación de pesos promedios de atunes y peces picudos.

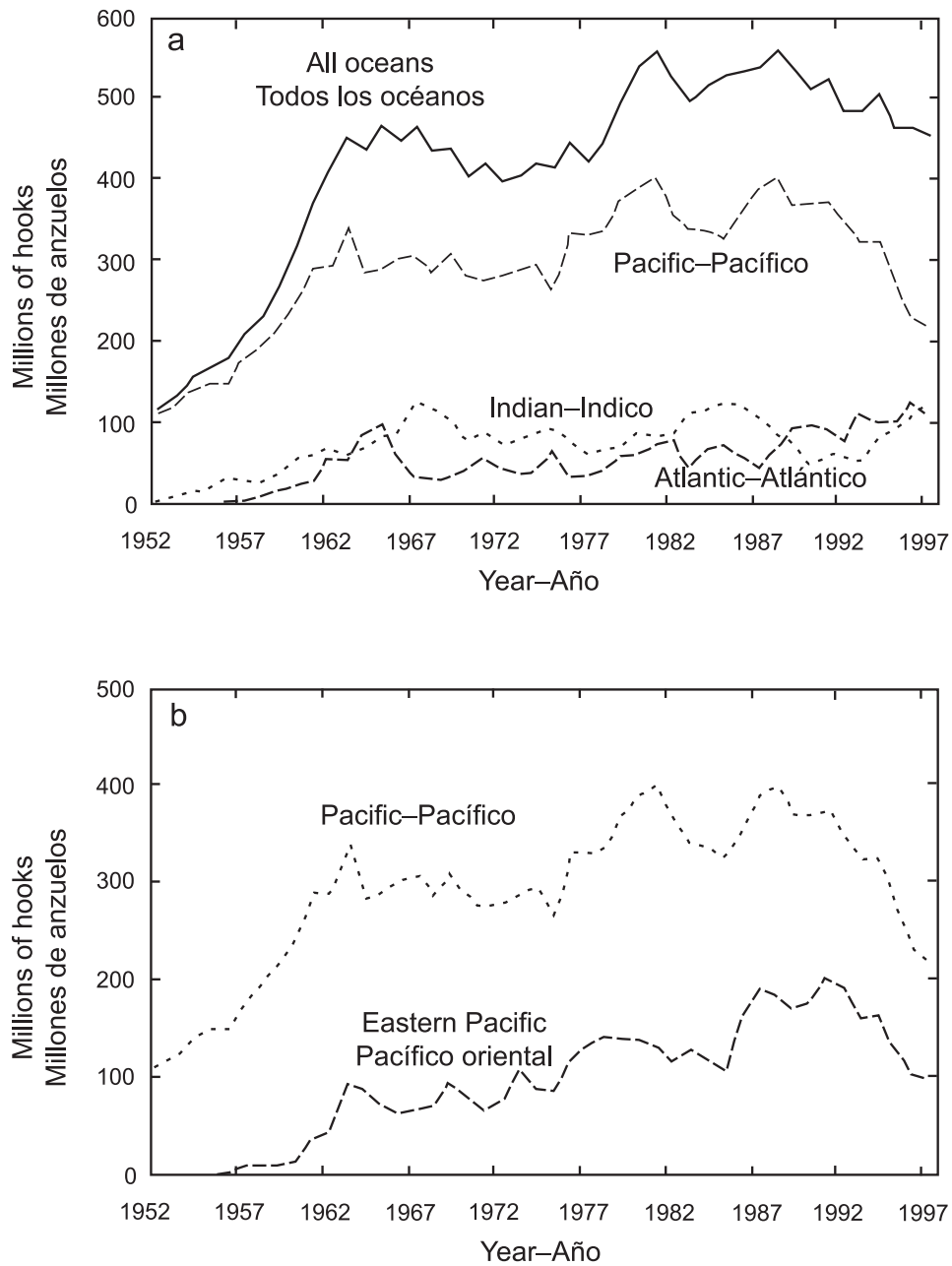


FIGURE 3. Japanese longline effort in all oceans and each individual ocean (a) and entire Pacific Ocean and EPO (b).

FIGURA 3. Esfuerzo por palangreros japoneses en todos los océanos y cada océano individual (recuadro superior) y aquél del Océano Pacífico entero y del OPO (recuadro inferior).

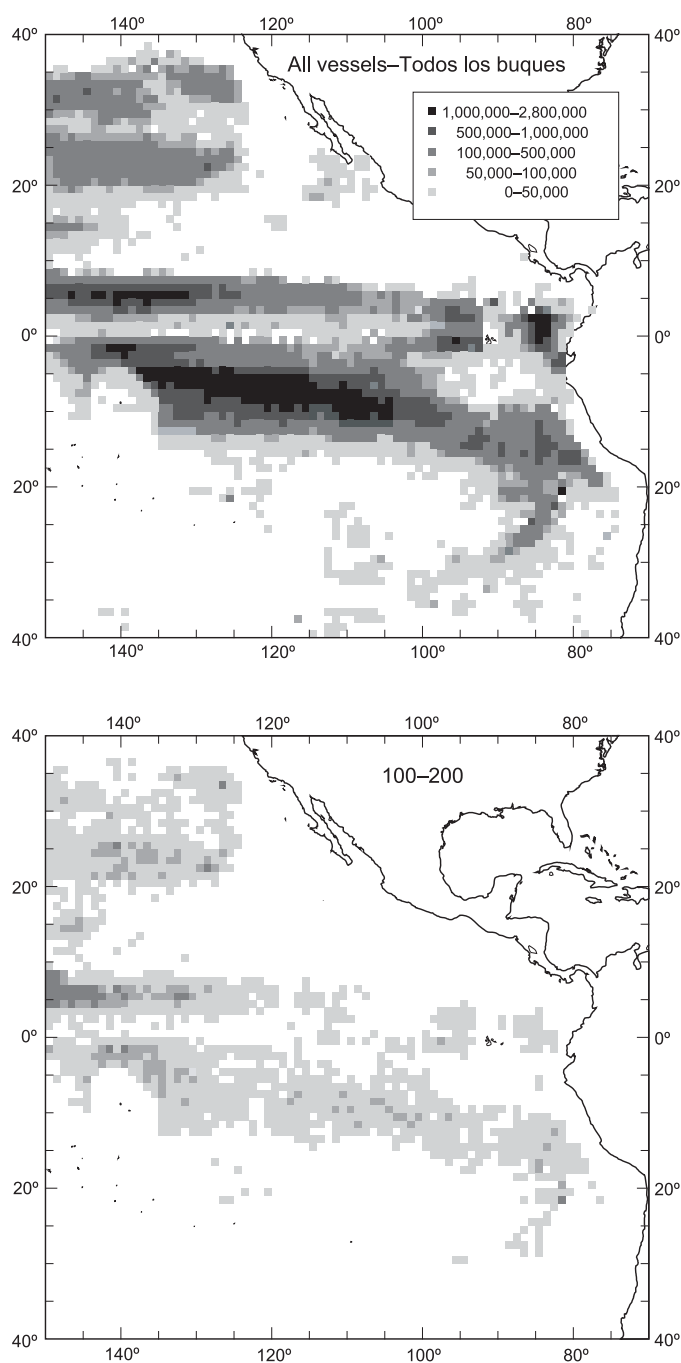


FIGURE 4. Distributions of fishing effort in the EPO by Japanese longline vessels of different size classes (in gross metric tons) during 1993-1997.

FIGURA 4. Distribuciones del esfuerzo de pesca en el OPO por palangreros japoneses de distintas clases de tamaño (en toneladas métricas brutas) durante 1993-1997.

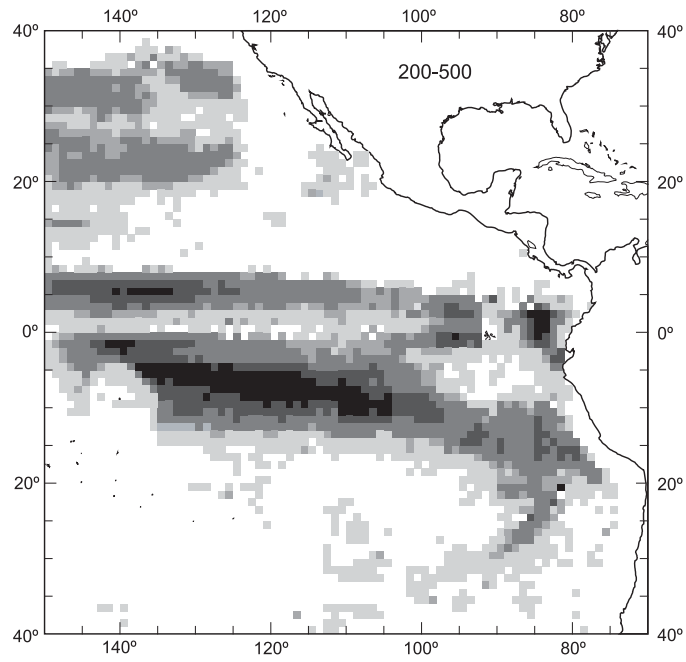


FIGURE 4. (continued)

FIGURA 4. (continuación)

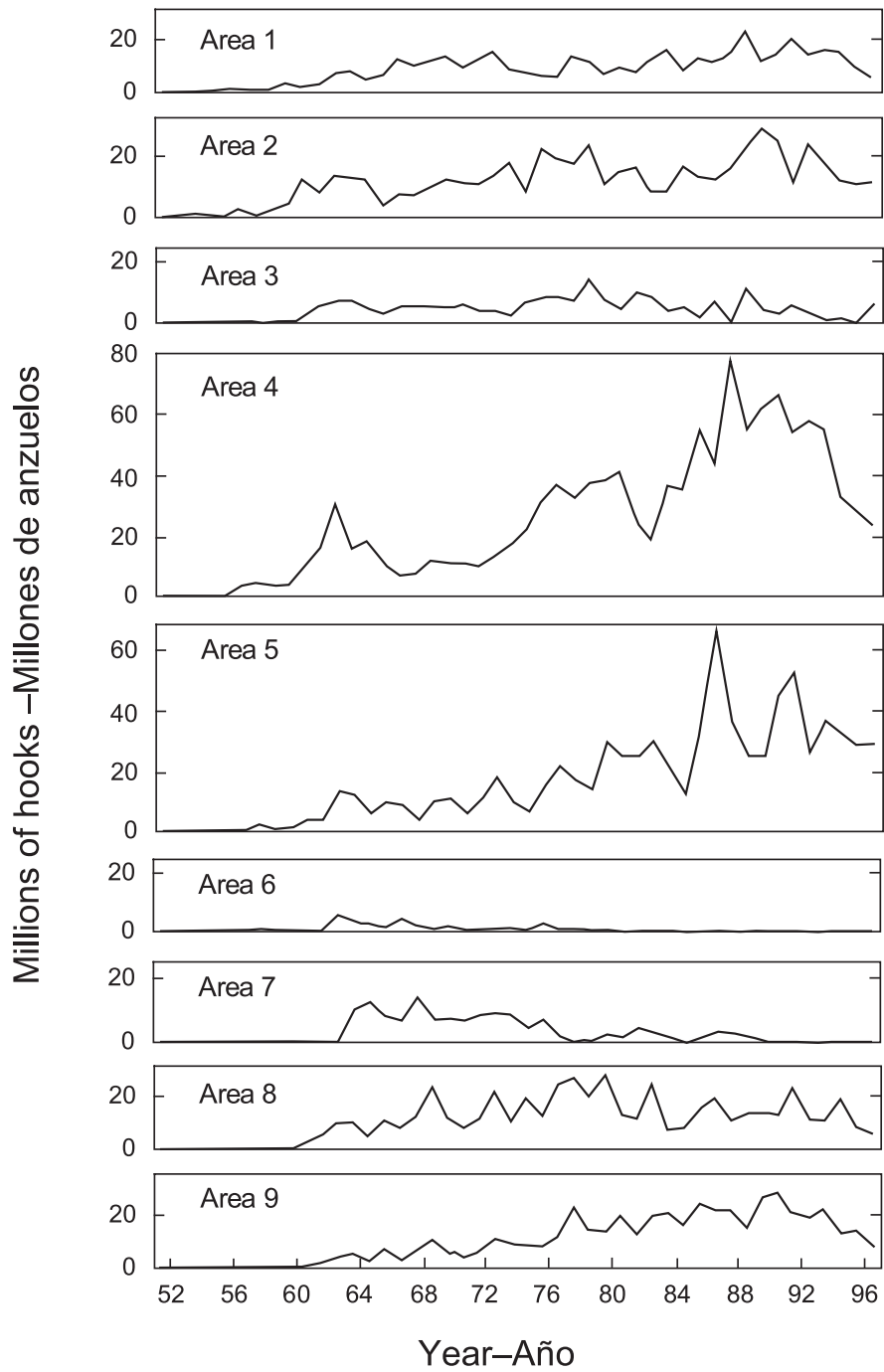


FIGURE 5. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO.

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

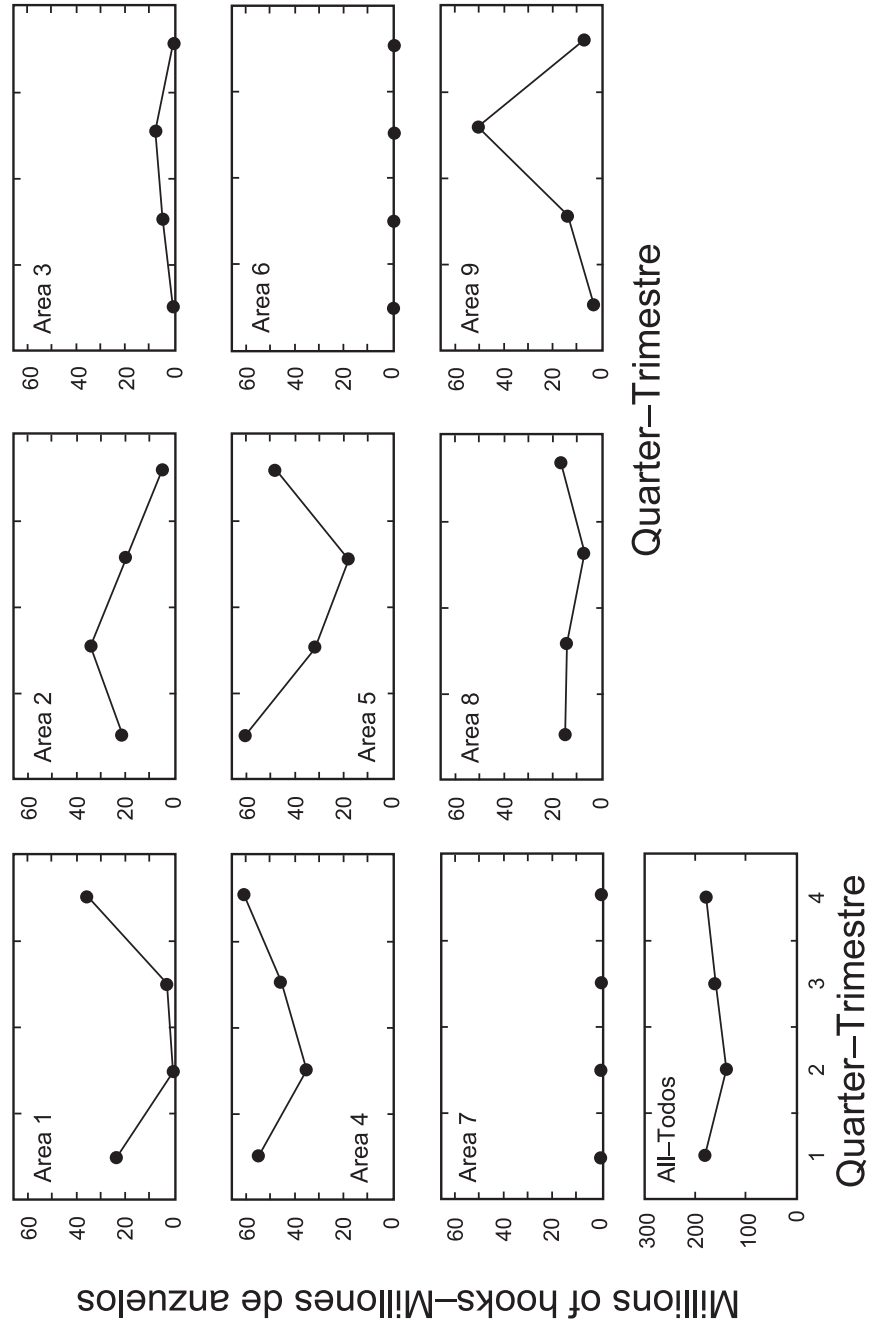


FIGURE 6. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO by quarters, 1993-1997.
FIGURA 6. Esfuerzo por palangeros japoneses en las áreas designadas del OPO por trimestre, 1993-1997.

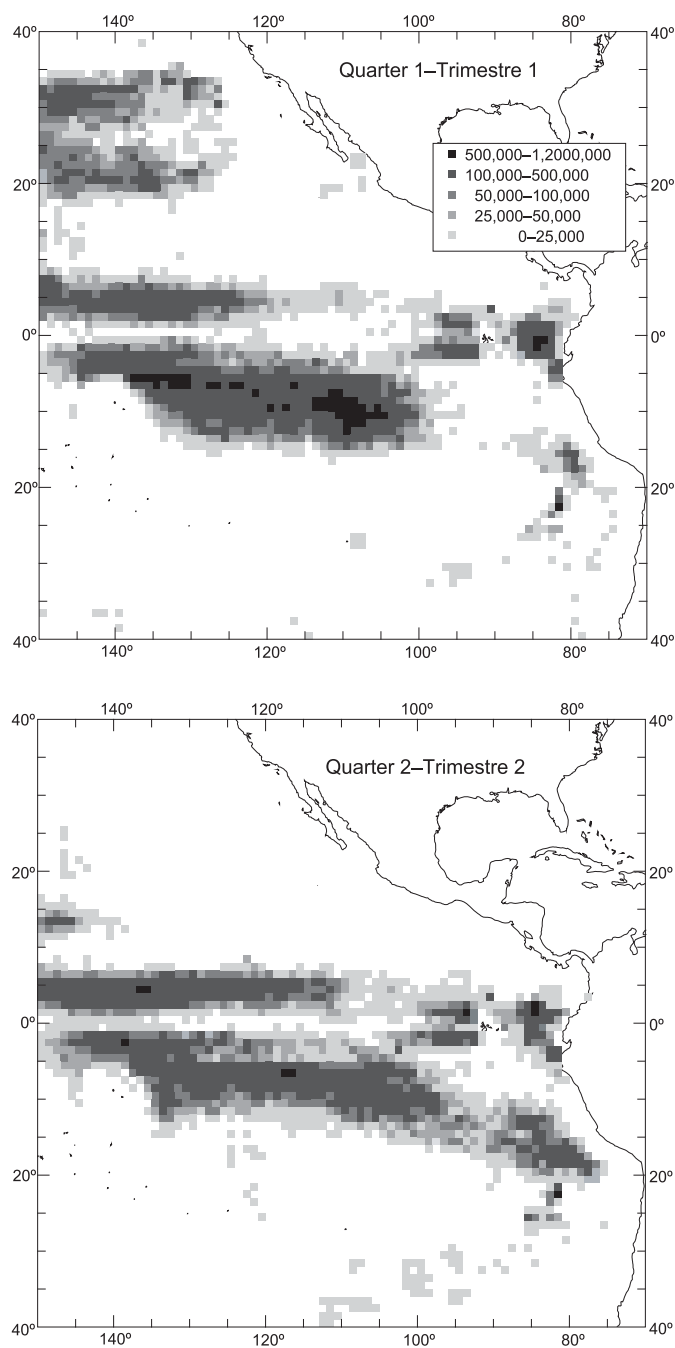


FIGURE 7. Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longliners in the EPO during 1993-1997.

FIGURA 7. Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, por palangreros japoneses en el OPO durante 1993-1997.

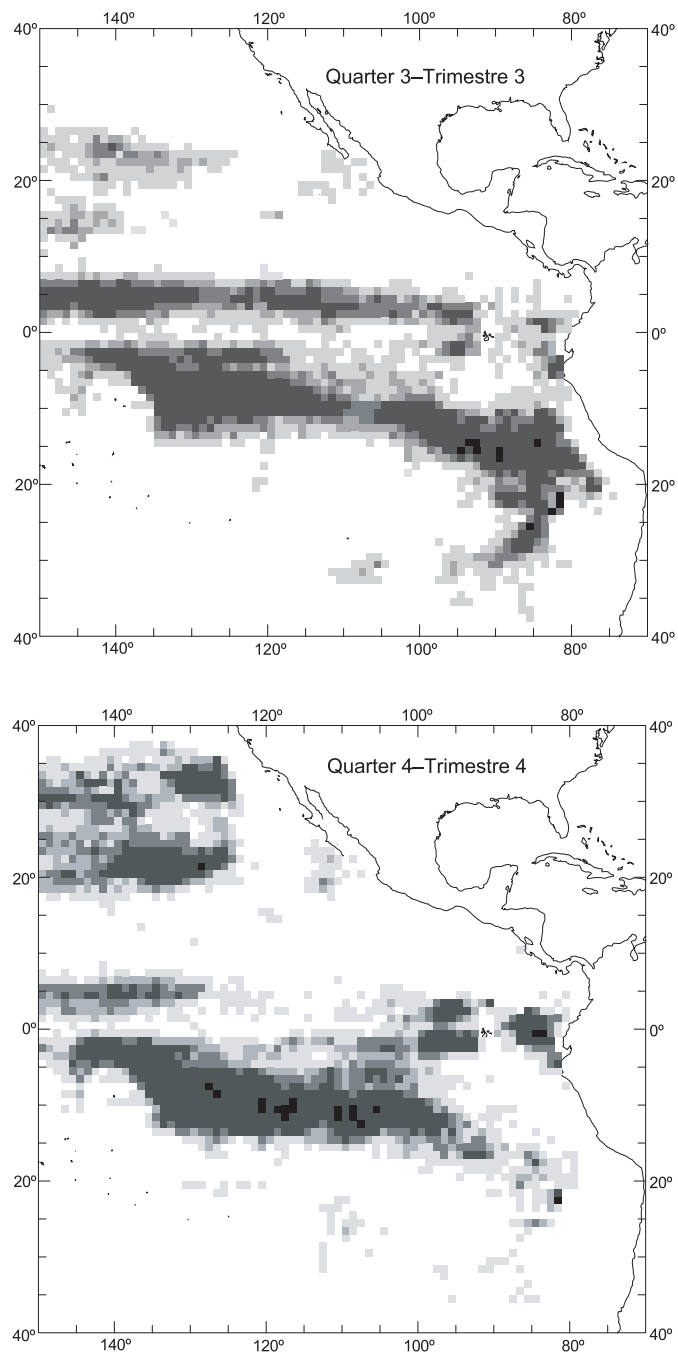


FIGURE 7. (continued)

FIGURA 7. (continuación)

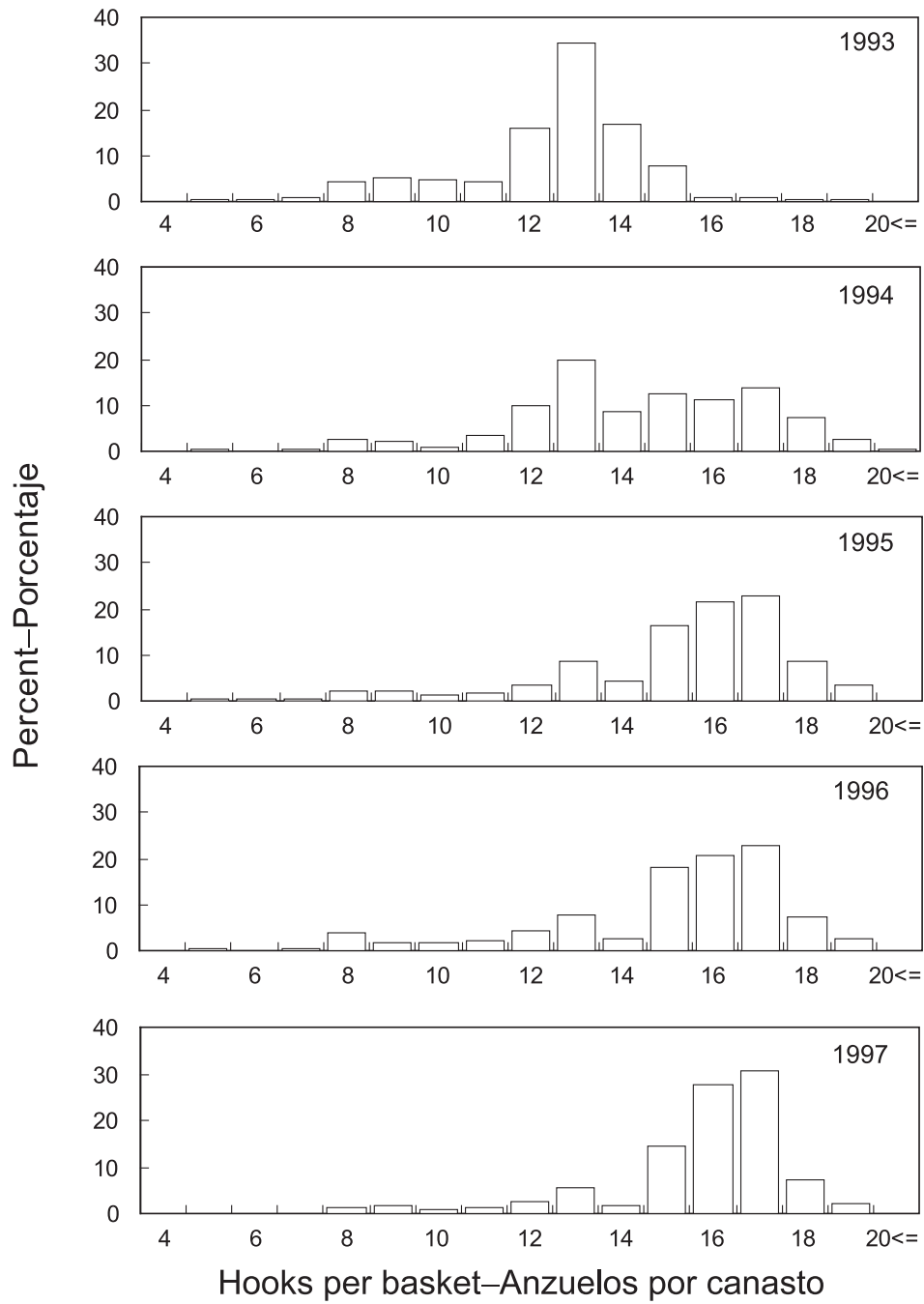


FIGURE 8. Percentages of the Japanese longline effort in the EPO, by numbers of hooks per basket, 1993-1997.
FIGURA 8. Porcentajes del esfuerzo palangrero japonés en el OPO, en número de anzuelos por canasto, 1993-1997.

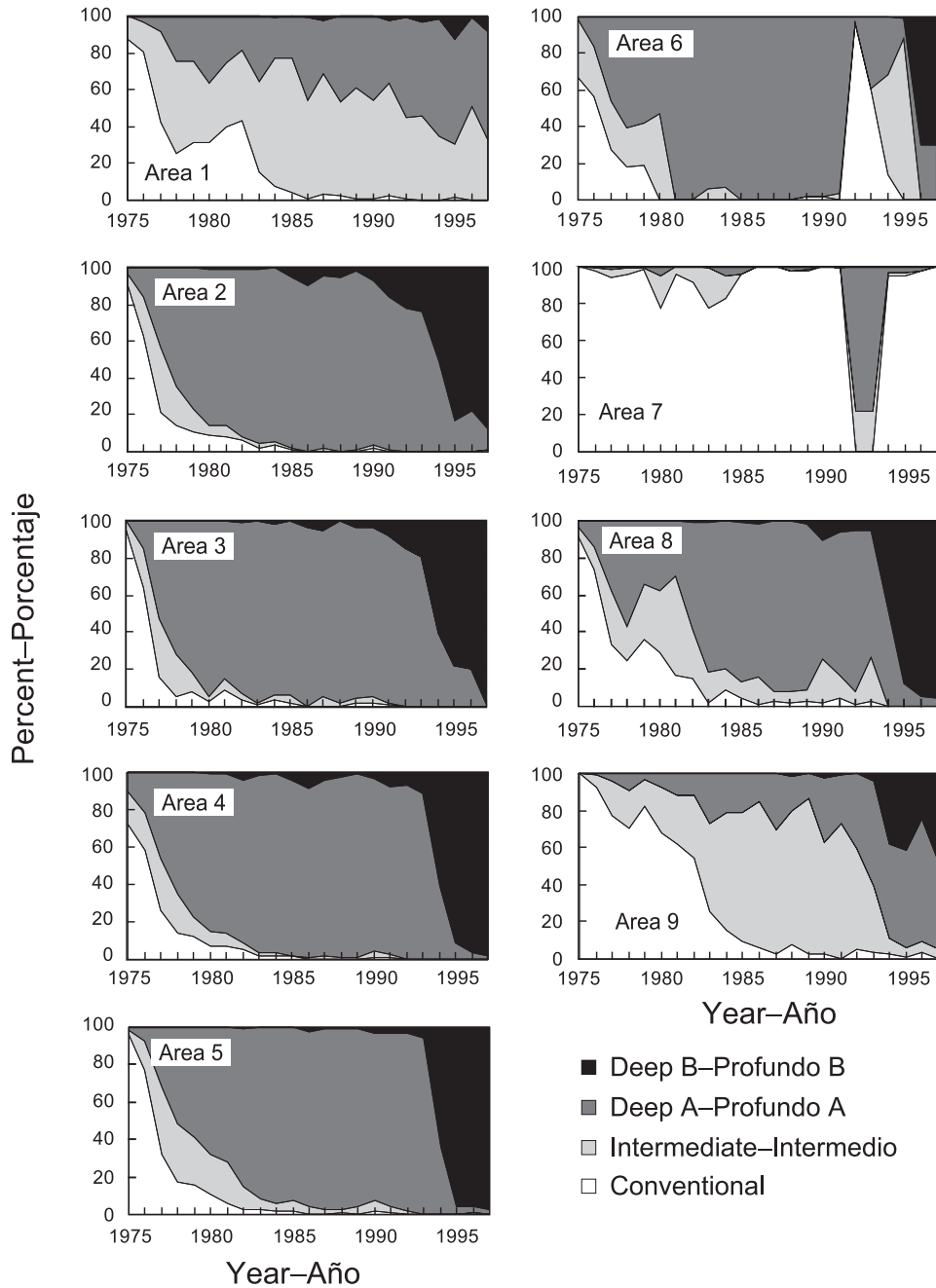


FIGURE 9. Percentages of the Japanese longline effort in the EPO exerted with conventional, intermediate, deep-A, and deep-B longline gear during 1975-1997.

FIGURA 9. Porcentaje del esfuerzo palangrero japonés en el EPO ejercido con palangres convencionales, intermedios, y profundos durante 1975-1997.

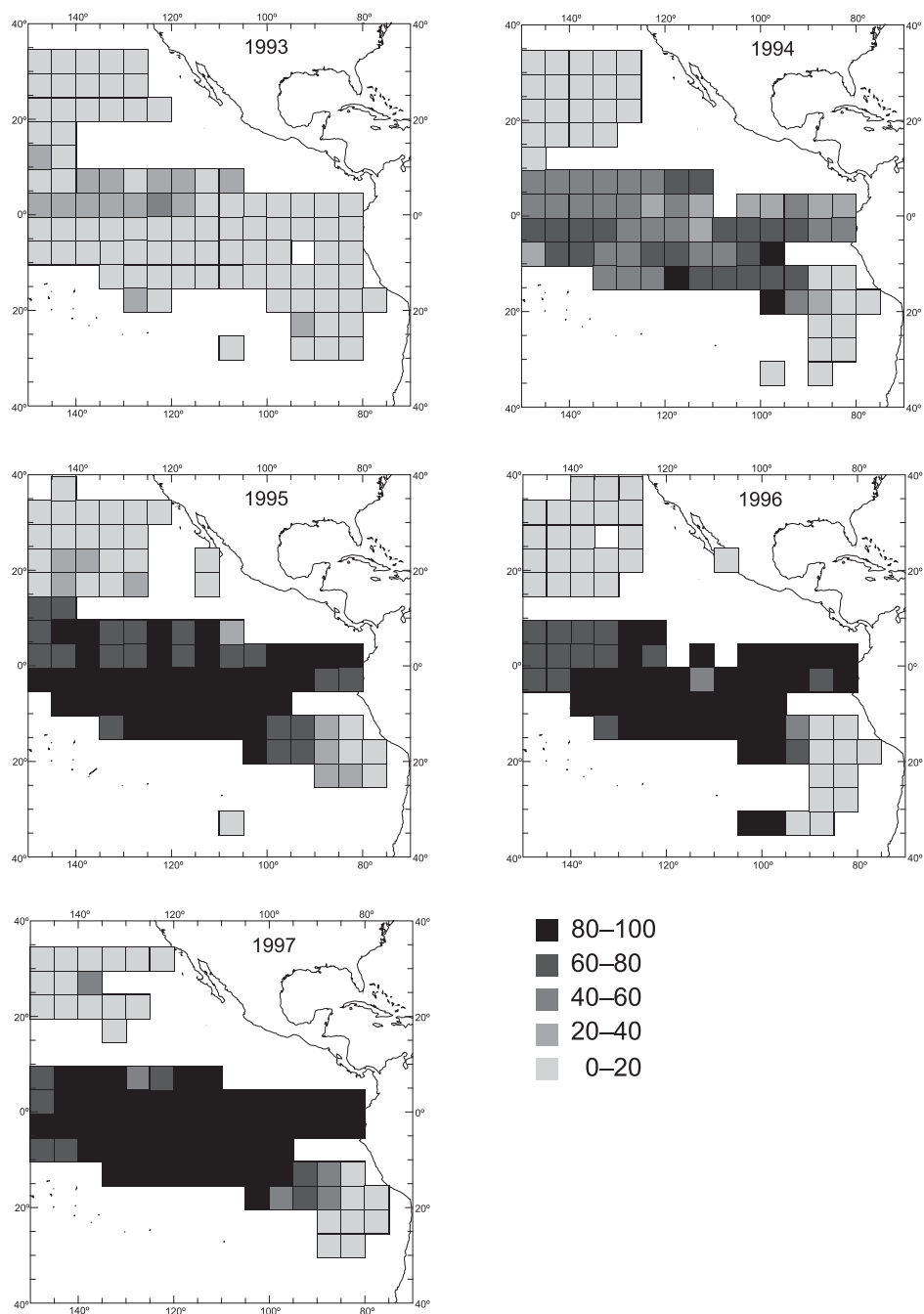


FIGURE 10. Distribution of the percentages of deep-B longlining effort by Japanese longliners during 1993-1997. Only area-time strata with effort of at least 50,000 hooks are included.

FIGURA 10. Distribución de los porcentajes de esfuerzo con palangre profundo de palangreros japoneses durante 1993-1997. Se incluyen solamente estratos de área-tiempo con esfuerzo de al menos 50.000 anzuelos.

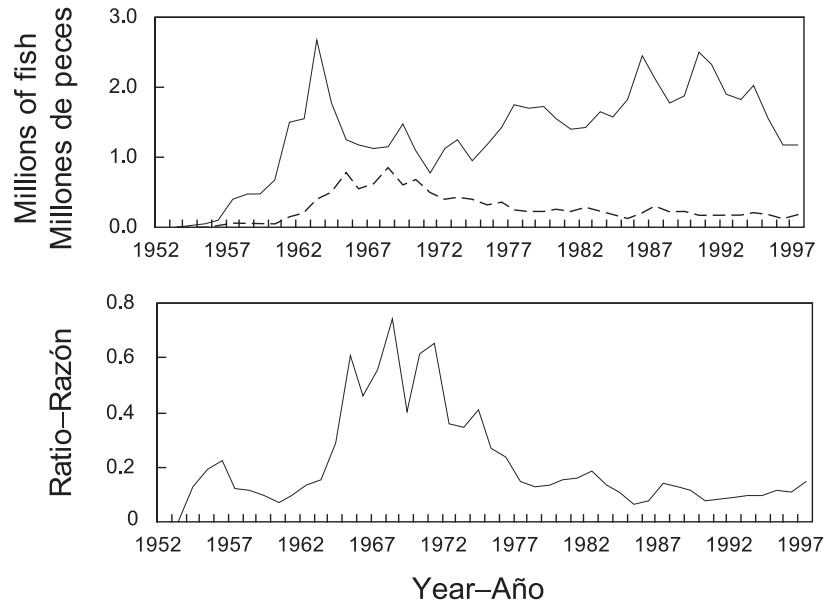


FIGURE 11. Catches of tunas (solid line) and billfishes (broken line) in the EPO by Japanese longliners (upper panel) and ratios of the billfish catches to the tuna catches (lower panel).

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

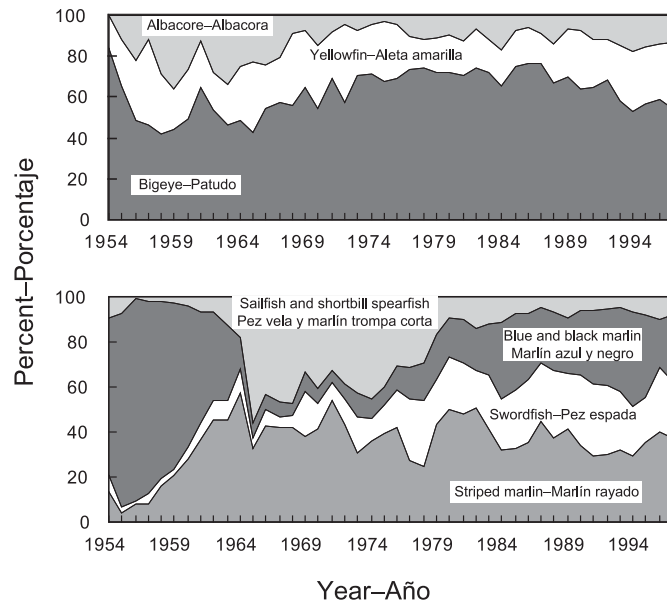


FIGURE 12. Percentage compositions, in numbers of fish, of the Japanese longline catches of tunas and billfishes.

FIGURA 12. Composición porcentual, en número de peces, de las capturas de atunes y picudos por palangreros japoneses.

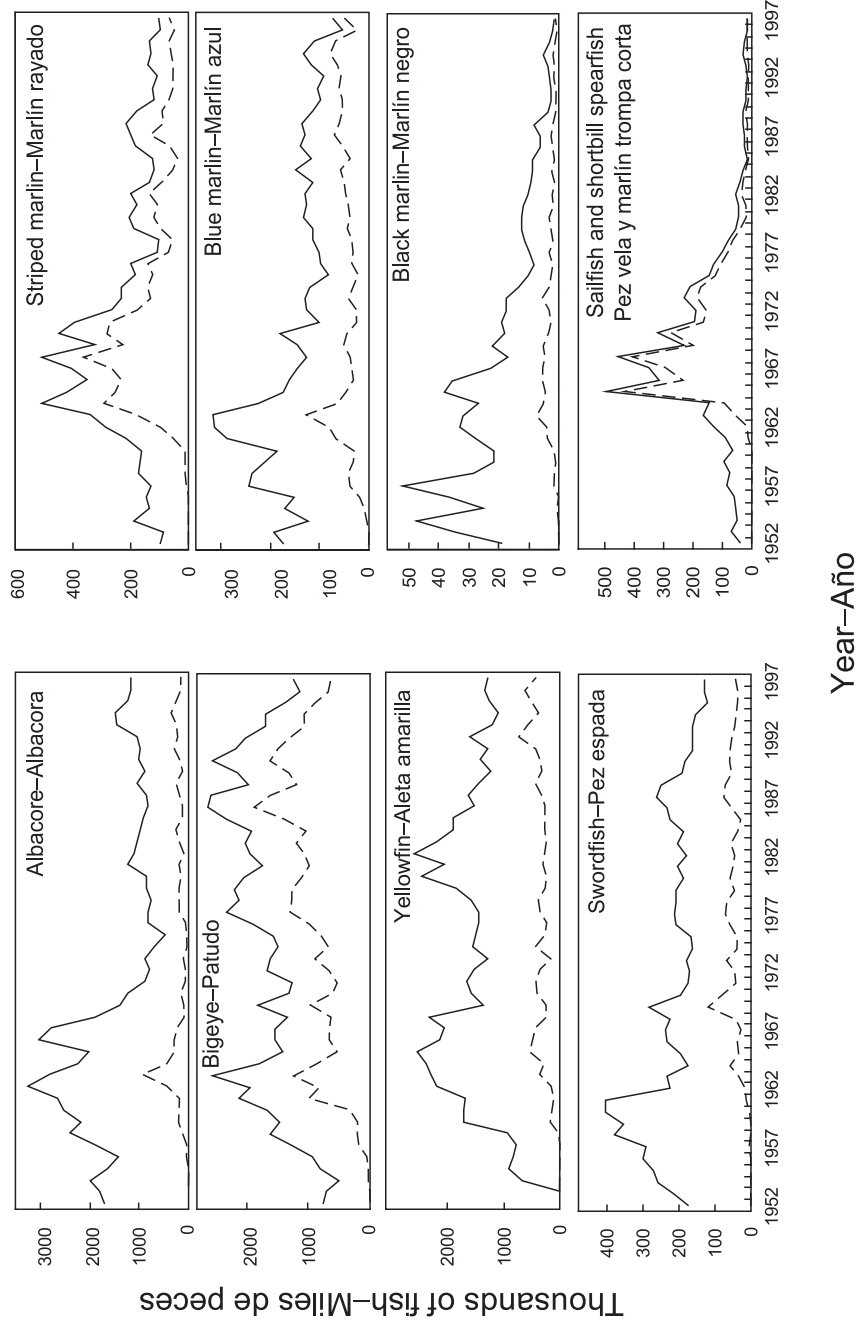


FIGURE 13. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the EPO (broken lines) and the entire Pacific Ocean (solid lines).
FIGURA 13. Capturas por palangreros japoneses de las distintas especies de atunes y picudos en el OPO (líneas de trazos) y en el Pacífico Océano entero (líneas sólidas).

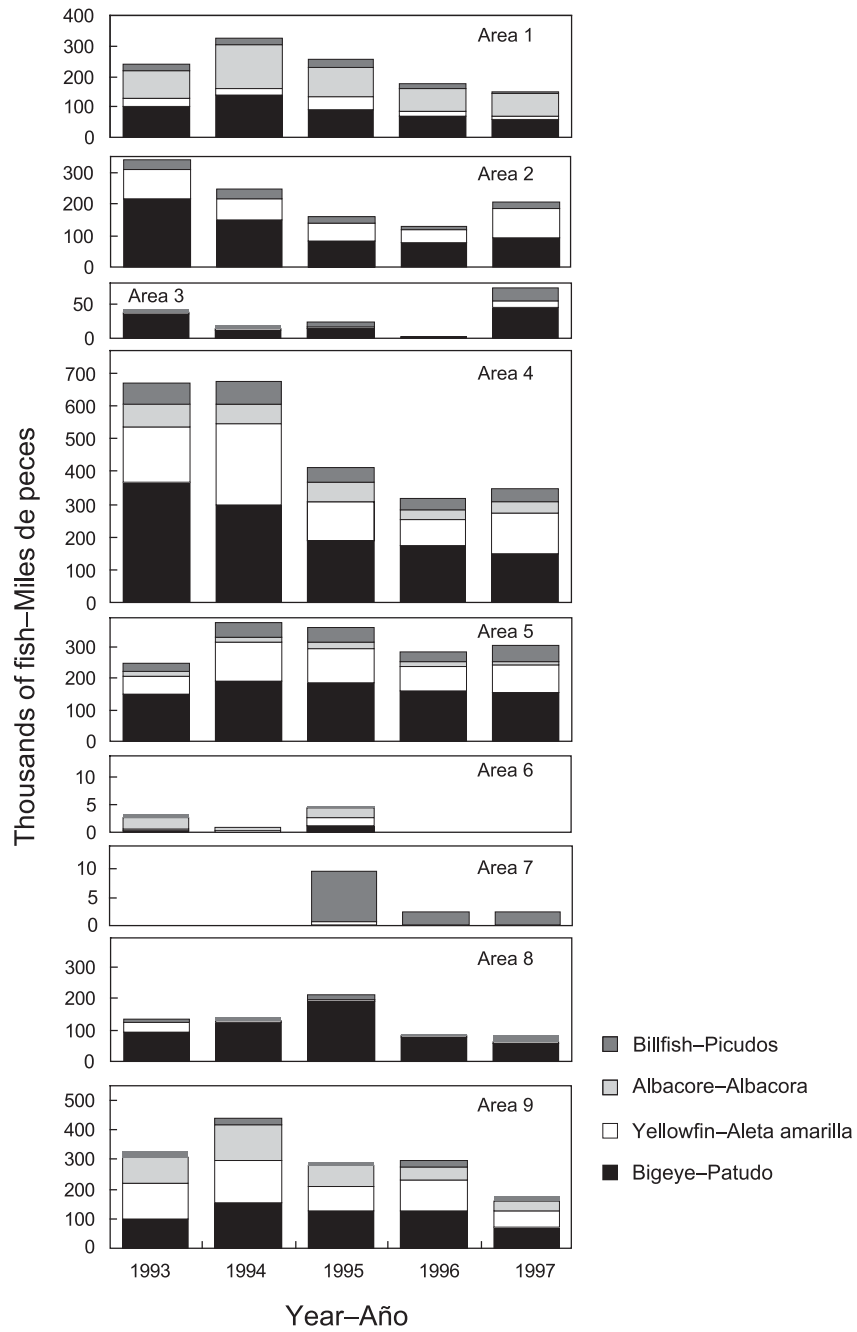


FIGURE 14. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the designated areas of the EPO.

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

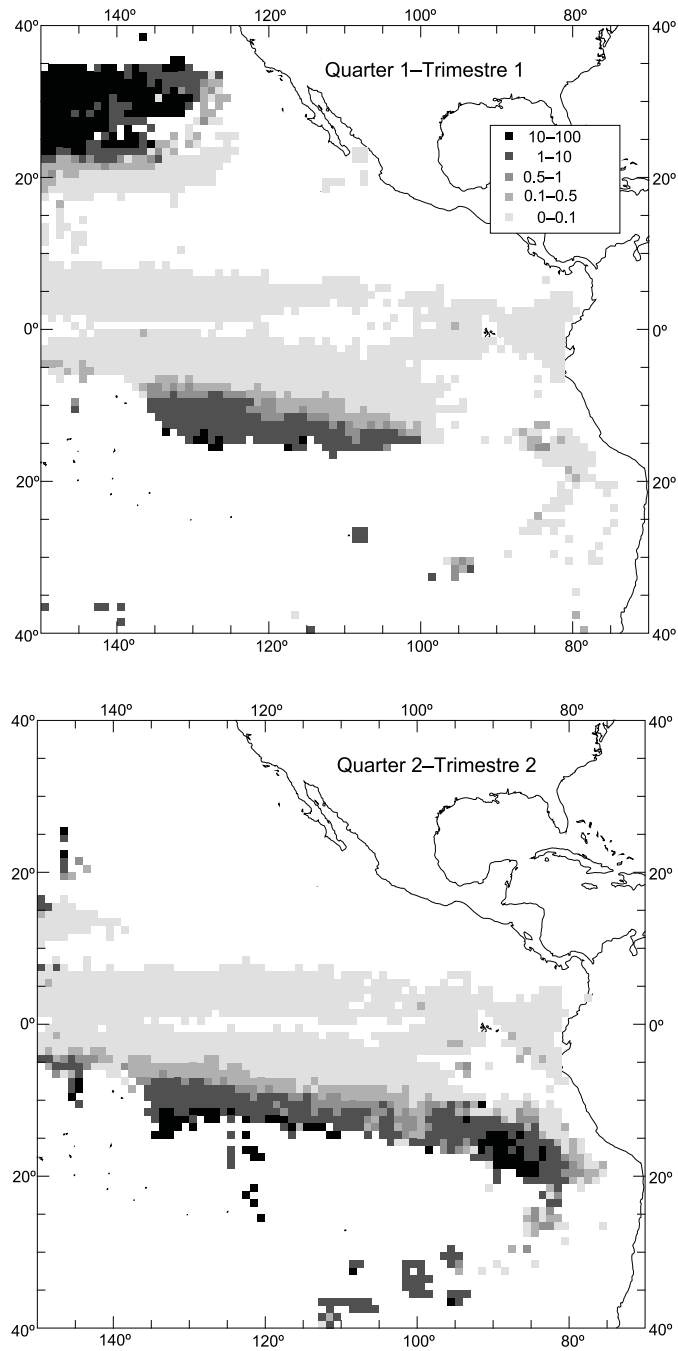


FIGURE 15. Quarterly distributions of hook rates of albacore in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 15. Distribución trimestral de las tasas de captura de albacora en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

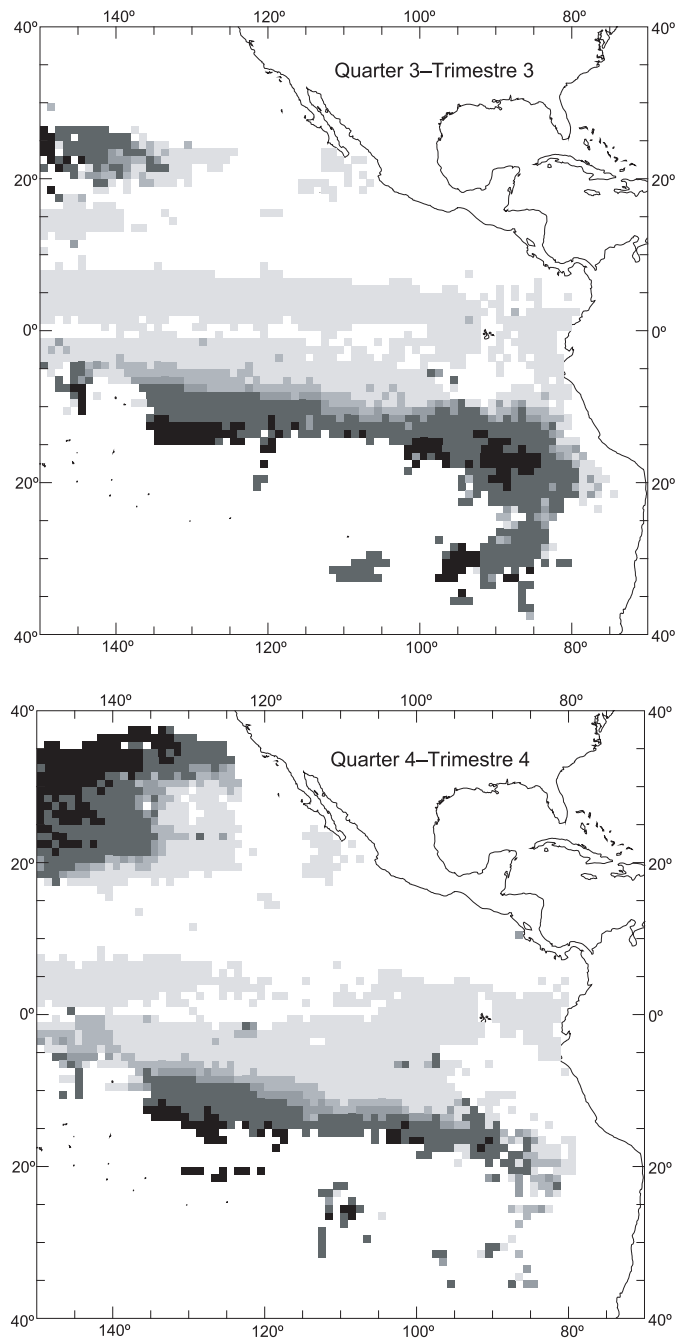


FIGURE 15. (continued)

FIGURA 15. (continuación)

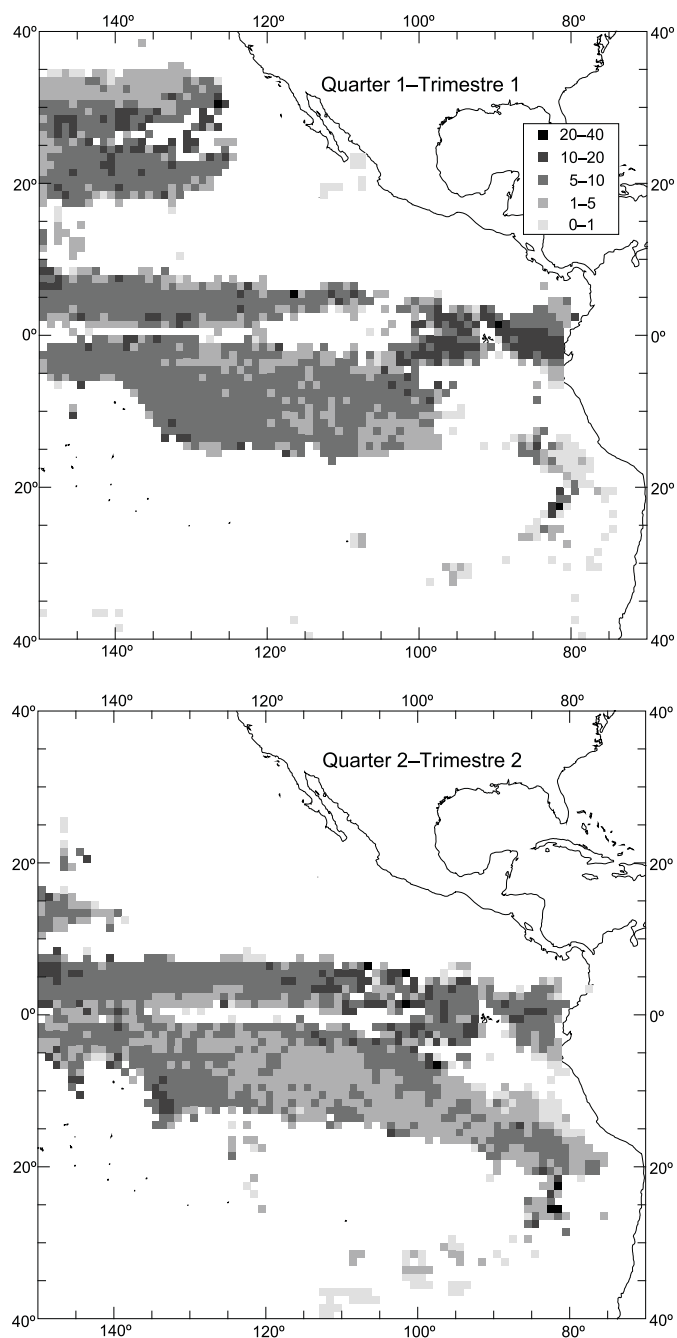


FIGURE 16. Quarterly distributions of hook rates of bigeye in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 16. Distribución trimestral de las tasas de captura de patudo en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

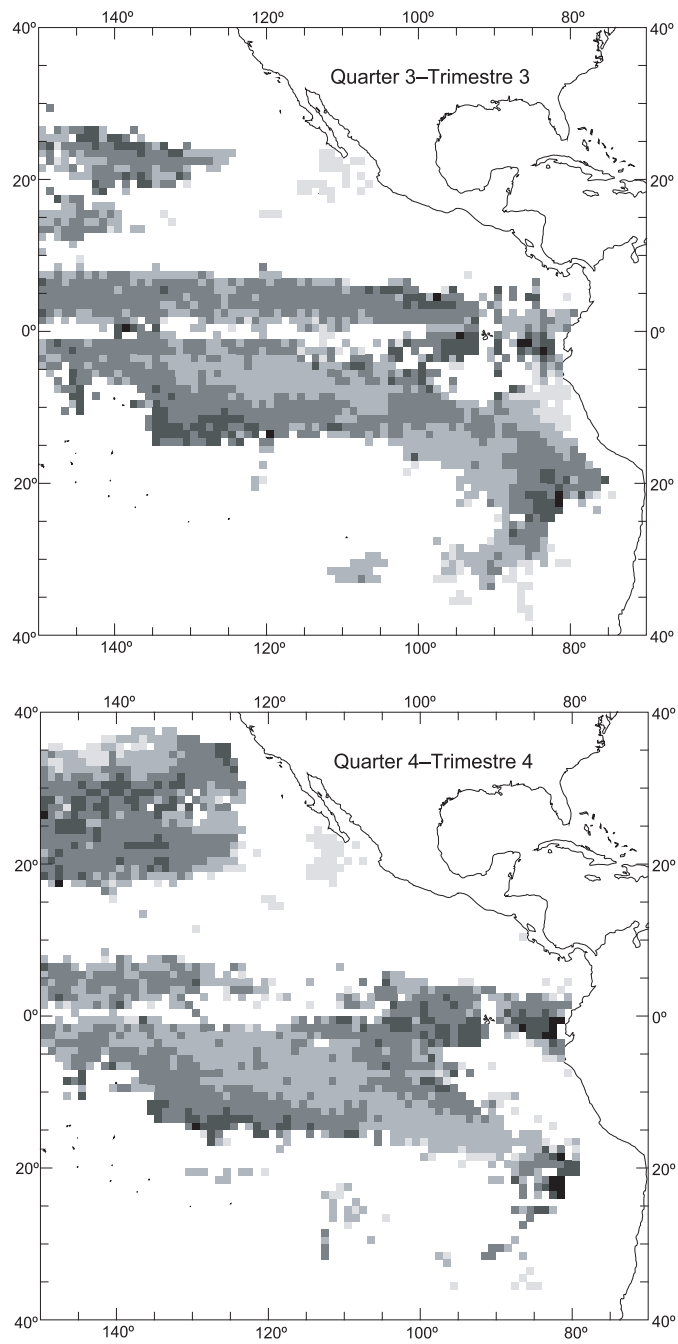


FIGURE 16. (continued)

FIGURA 16. (continuación)

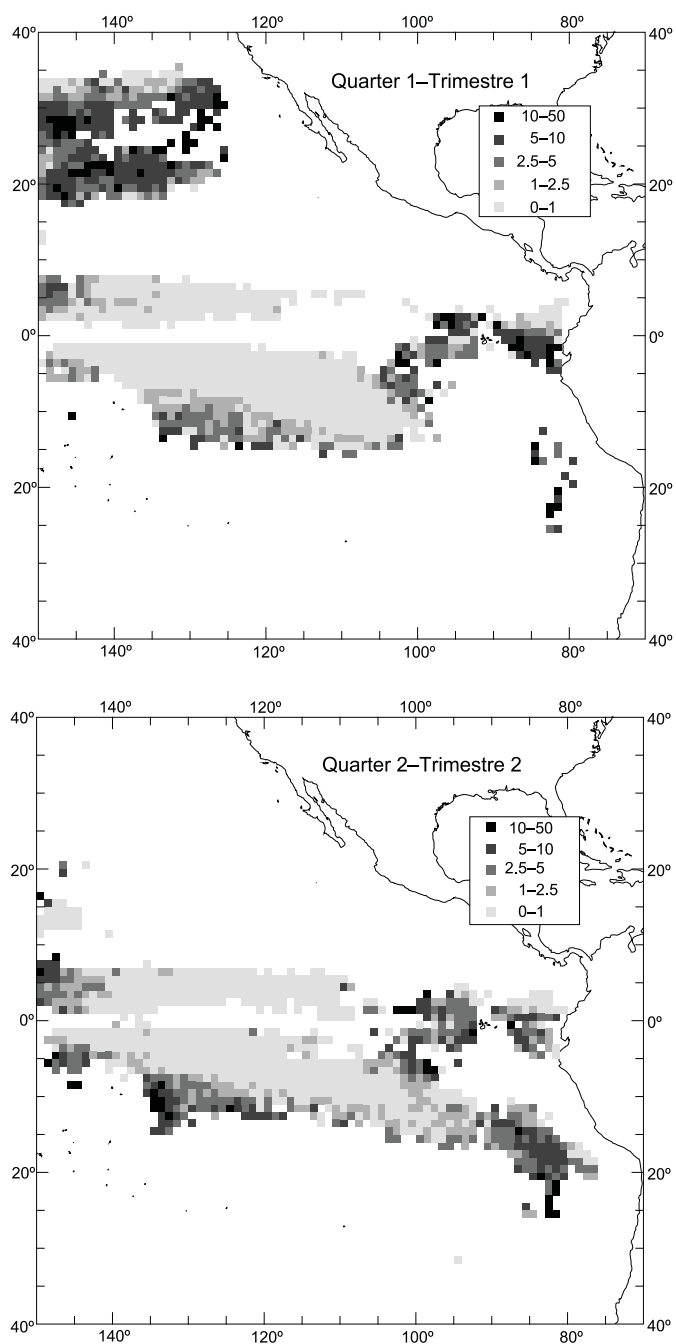


FIGURE 17. Quarterly distributions of hook rates of bigeye for sets in the EPO during 1993-1997 in which the average weight of the bigeye caught was less than 35 kg, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 17. Distribución trimestral de las tasas de captura de patudo para lances en el OPO durante 1993-1997 en los cuales el peso promedio del patudo capturado fue menos que 35 kg, en capturas por 1000 anzuelos.

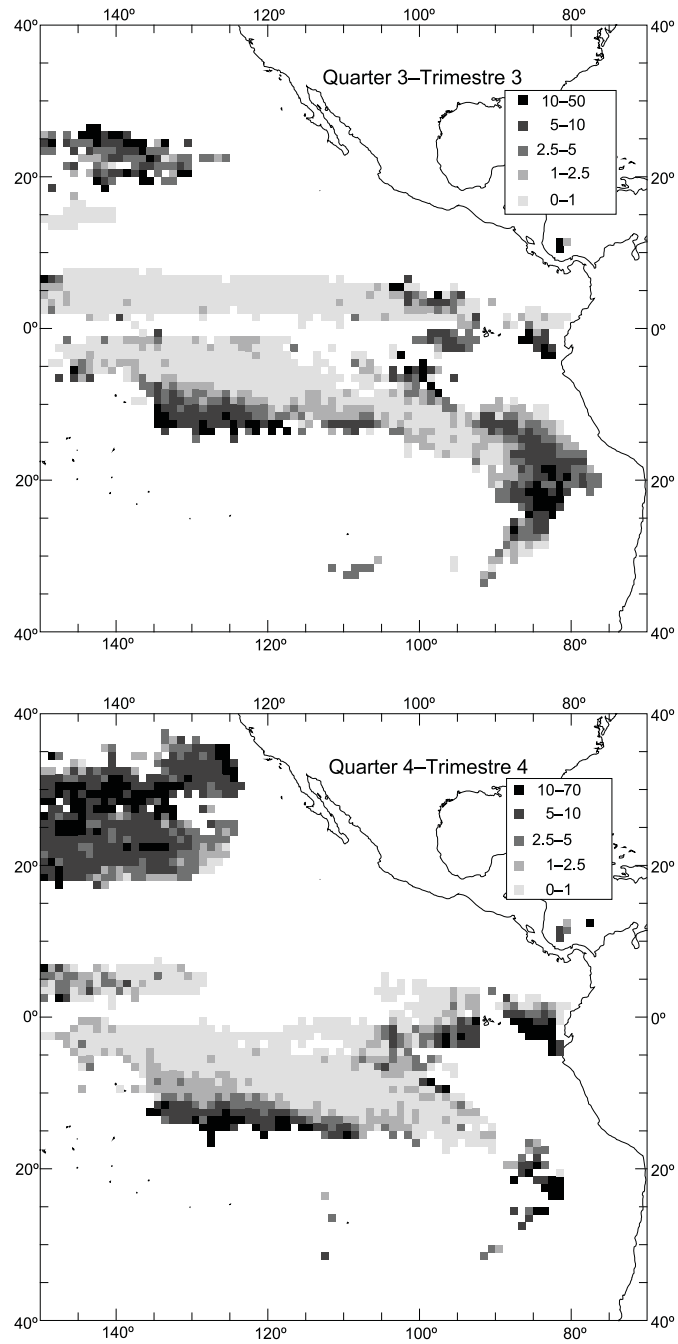


FIGURE 17. (continued)

FIGURA 17. (continuación)

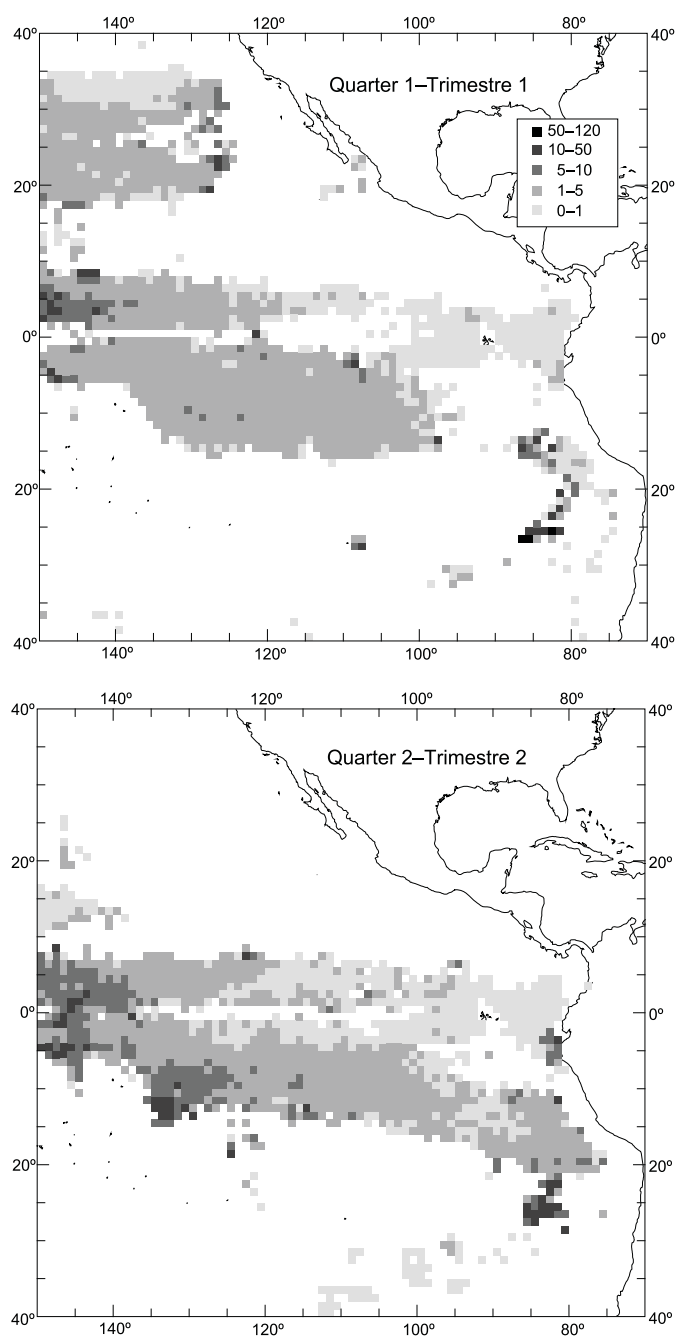


FIGURE 18. Quarterly distributions of hook rates of yellowfin in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 18. Distribución trimestral de las tasas de captura de aleta amarilla en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

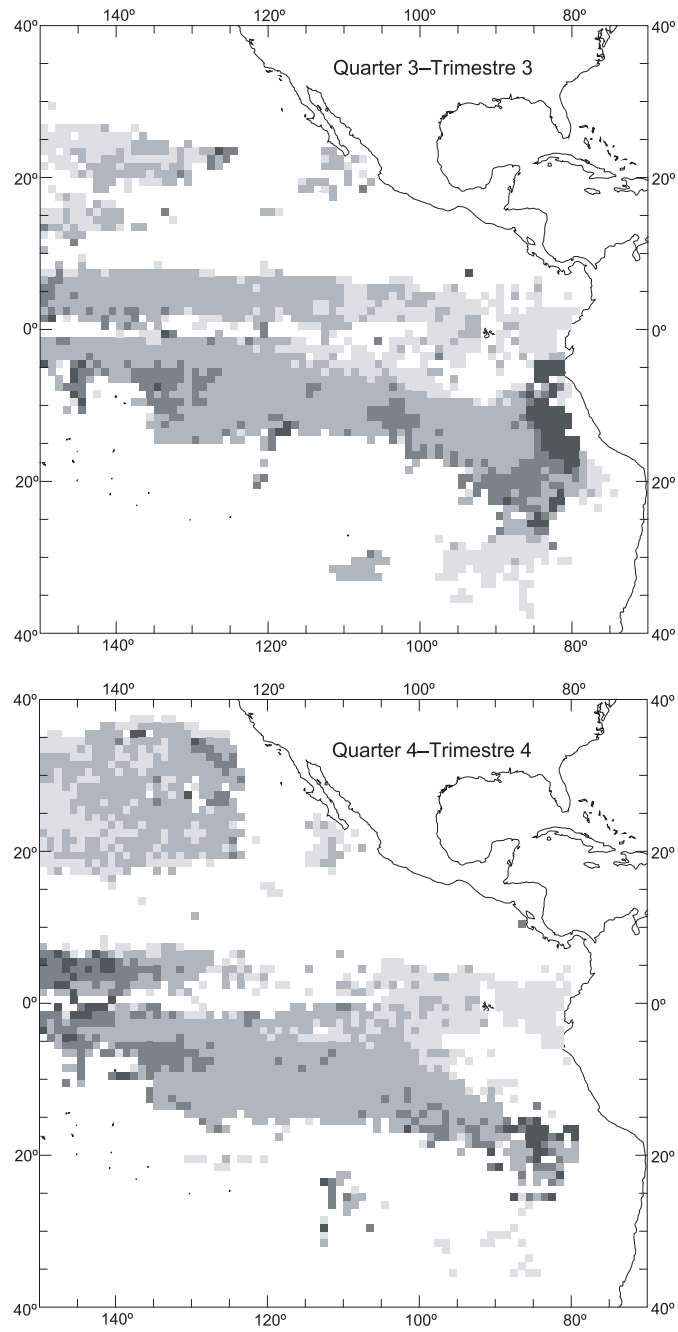


FIGURE 18. (continued)

FIGURA 18. (continuación)

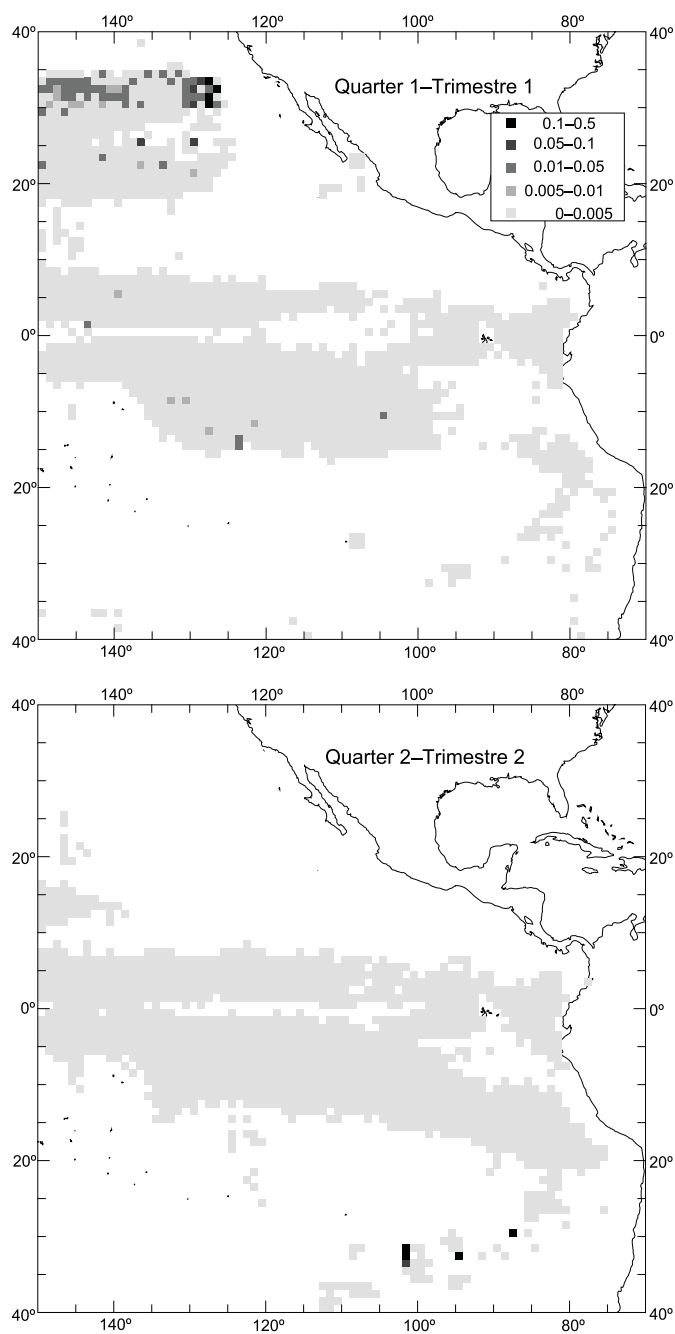


FIGURE 19. Quarterly distributions of hook rates of northern bluefin in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 19. Distribución trimestral de las tasas de captura de aleta azul del norte en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

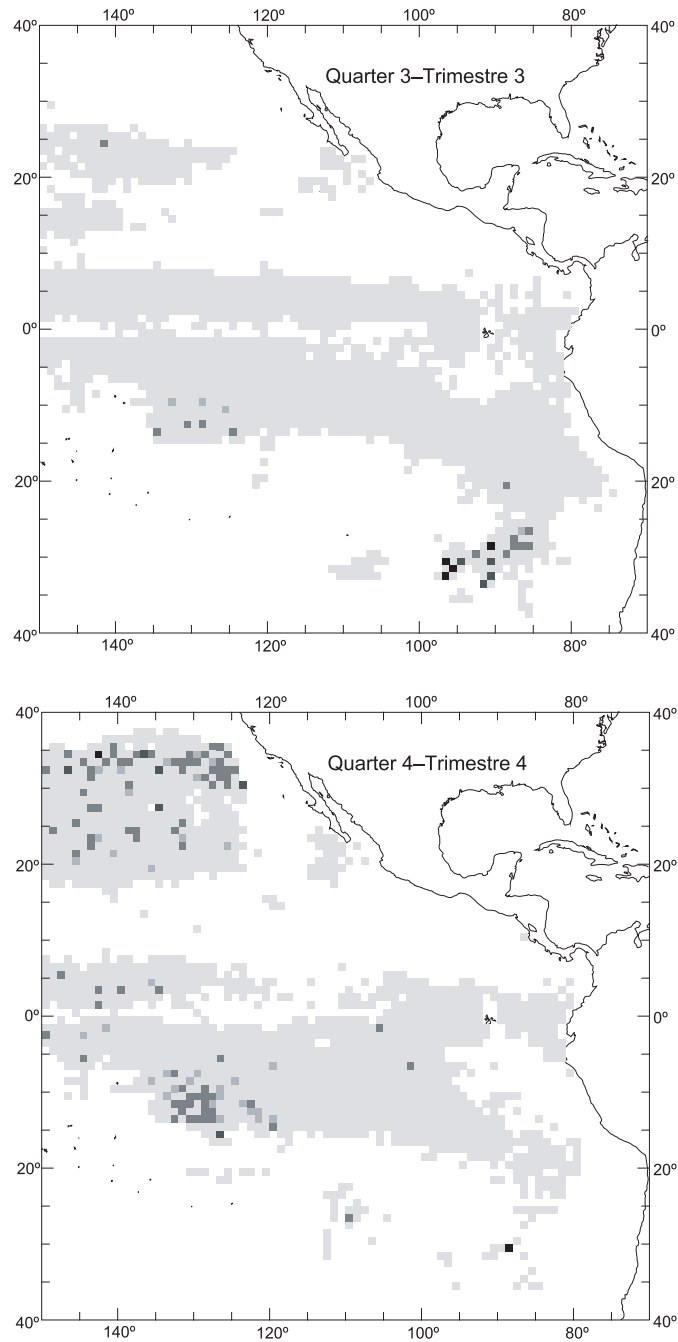


FIGURE 19. (continued)

FIGURA 19. (continuación)

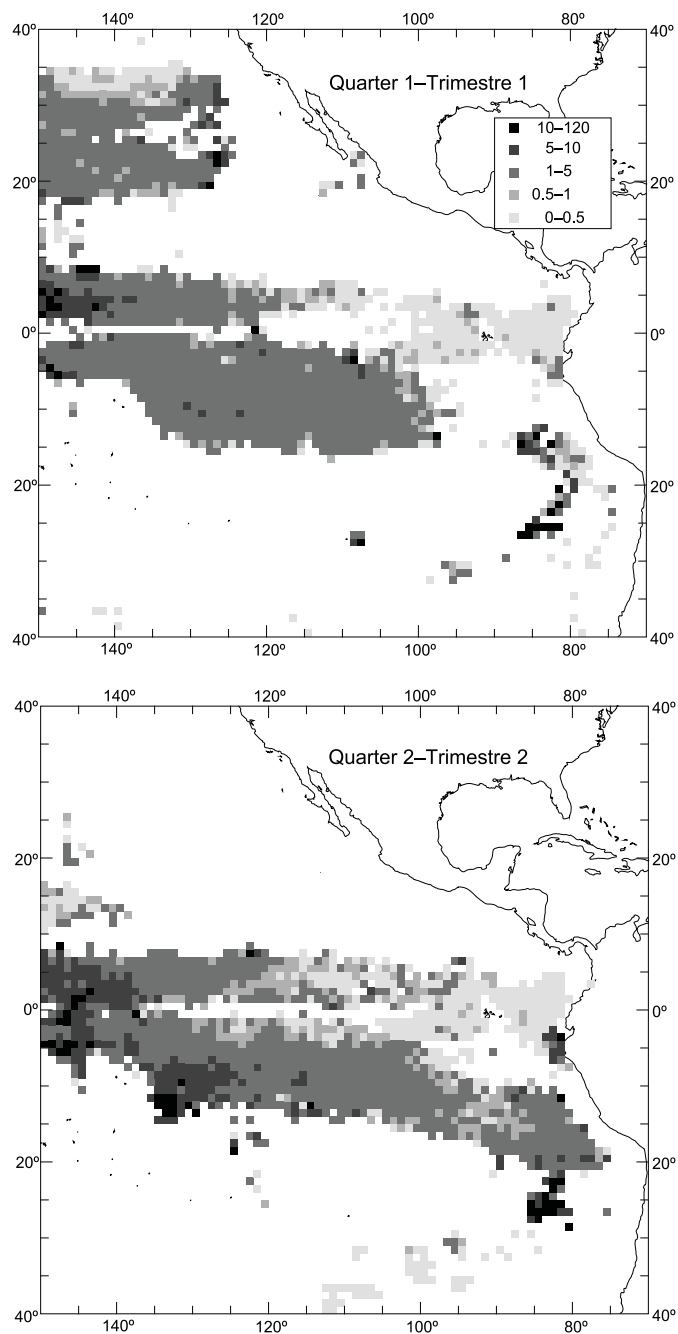


FIGURE 20. Quarterly distributions of hook rates of swordfish in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 20. Distribución trimestral de las tasas de captura de pez espada en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

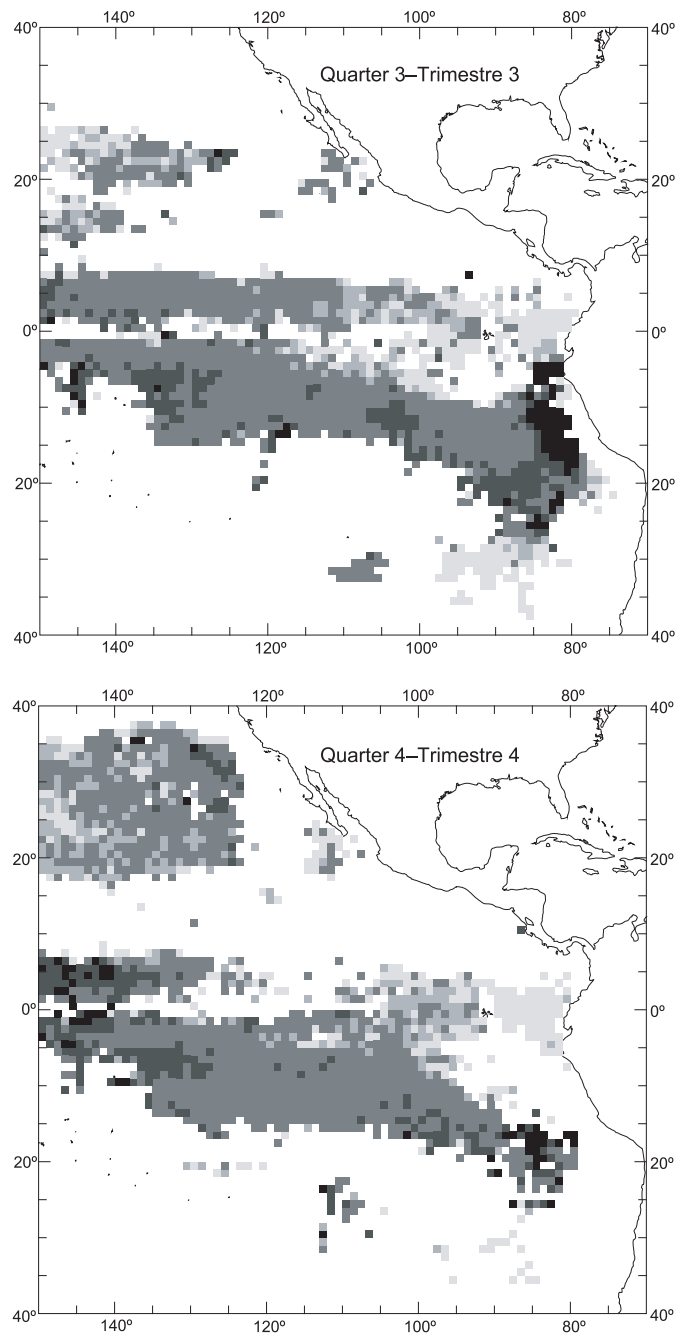


FIGURE 20. (continued)
FIGURA 20. (continuación)

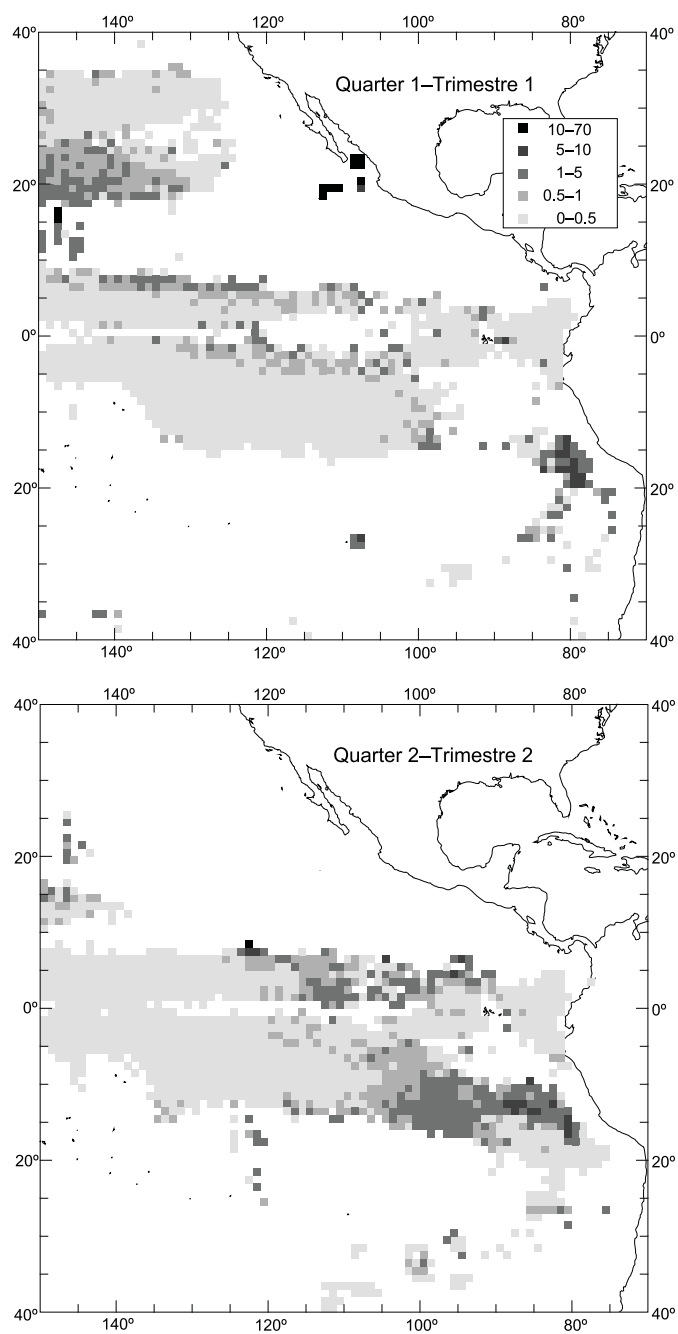


FIGURE 21. Quarterly distributions of hook rates of striped marlin in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 21. Distribución trimestral de las tasas de captura de marlín rayado en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

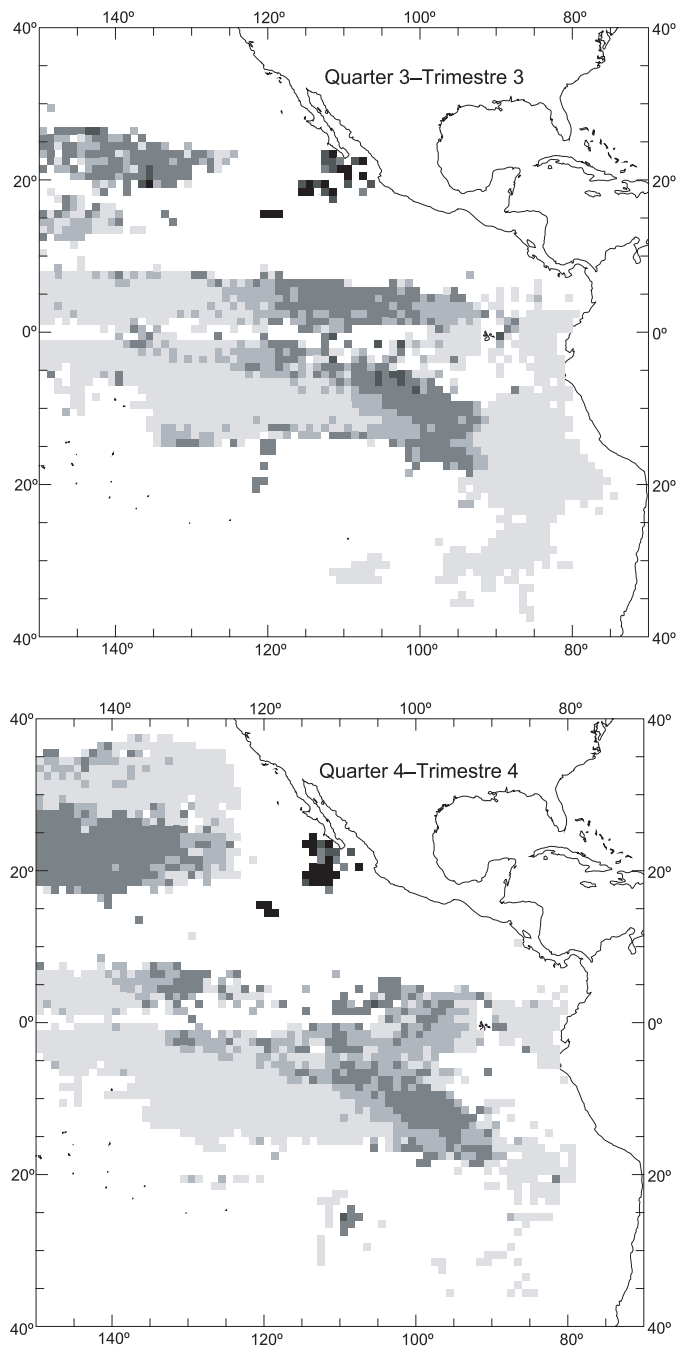


FIGURE 21. (continued)
FIGURA 21. (continuación)

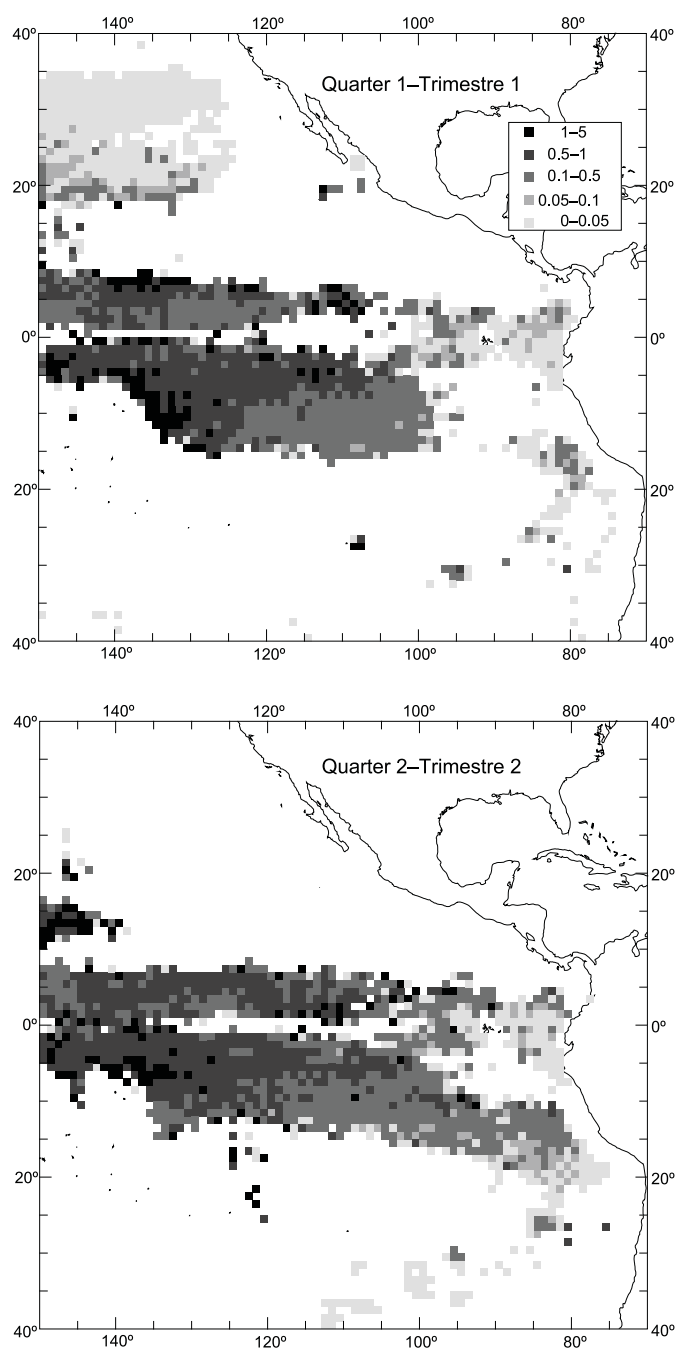


FIGURE 22. Quarterly distributions of hook rates of blue marlin in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 22. Distribución trimestral de las tasas de captura de marlín azul en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

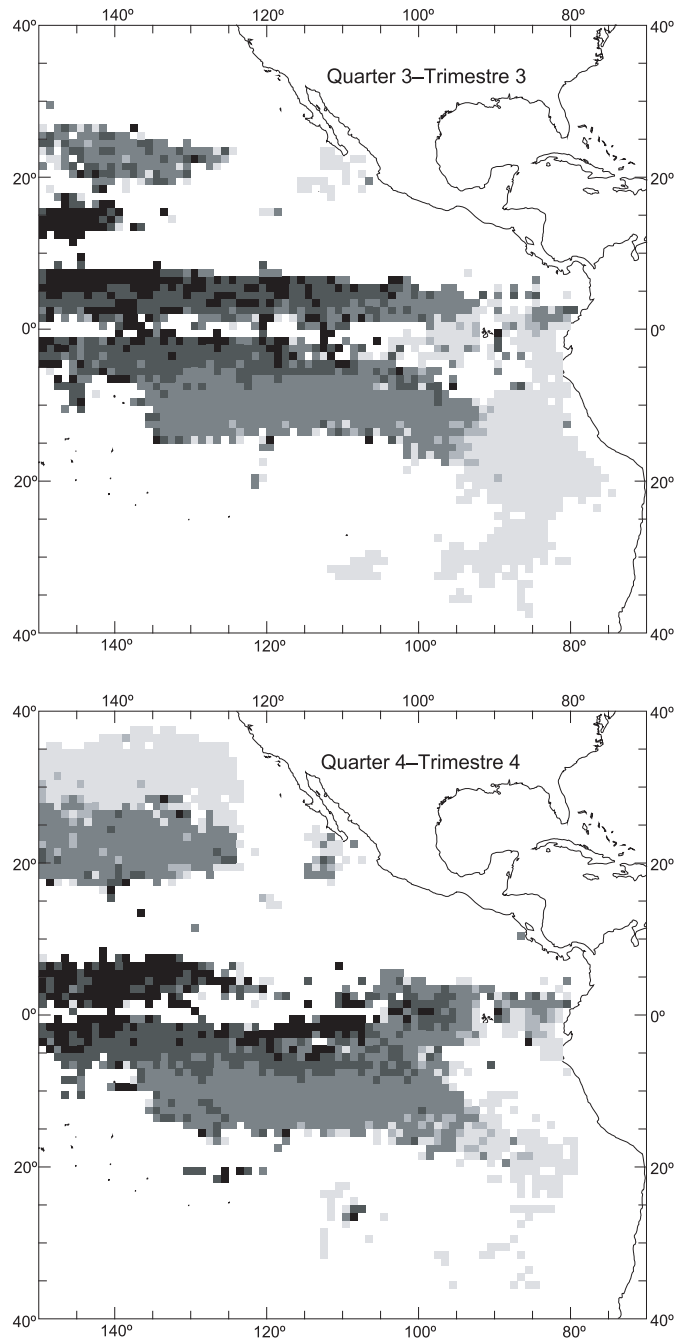


FIGURE 22. (continued)

FIGURA 22. (continuación)

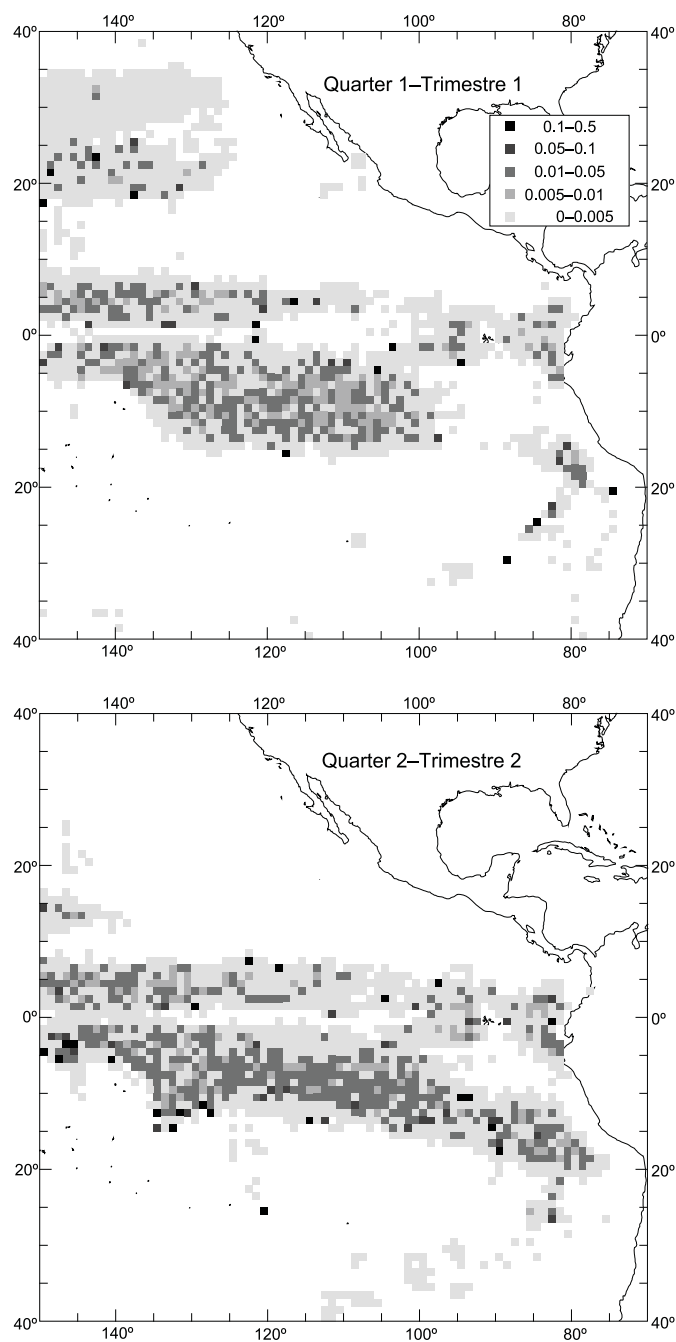


FIGURE 23. Quarterly distributions of hook rates of black marlin in the EPO during 1993-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 23. Distribución trimestral de las tasas de captura de marlín negro en el OPO durante 1993-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

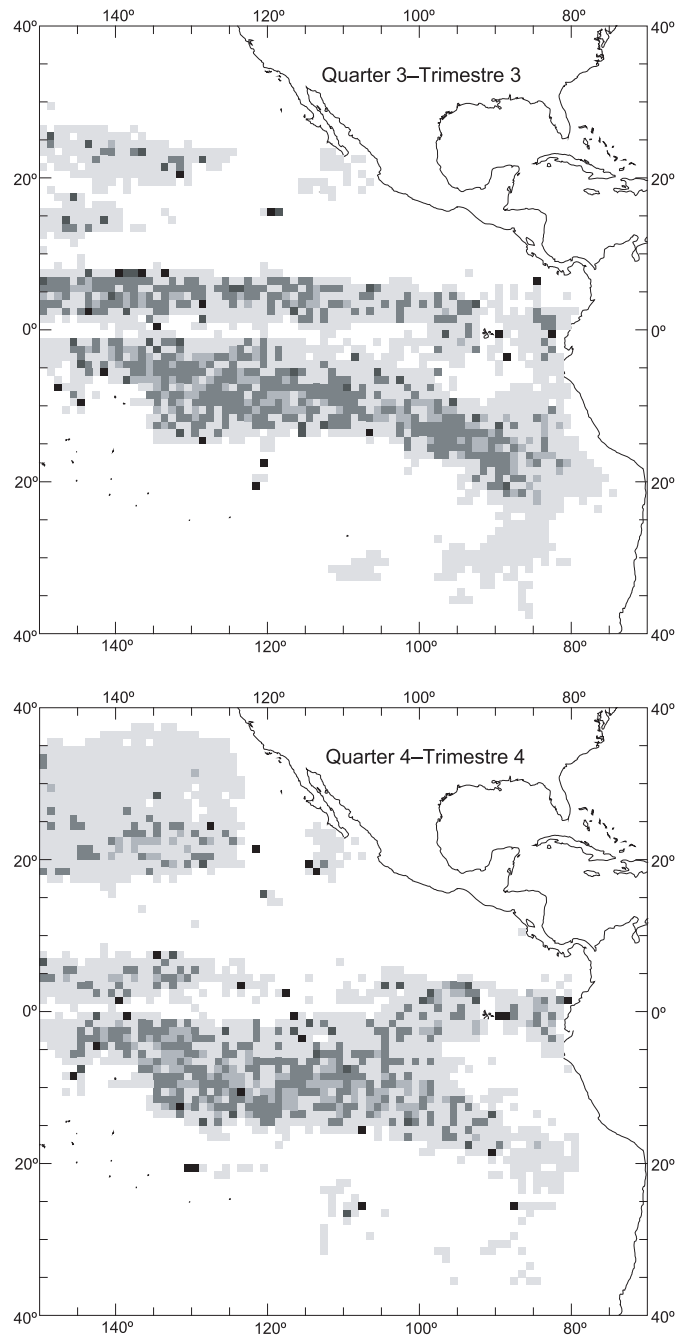


FIGURE 23 (continued)
FIGURA 23. (continuación)

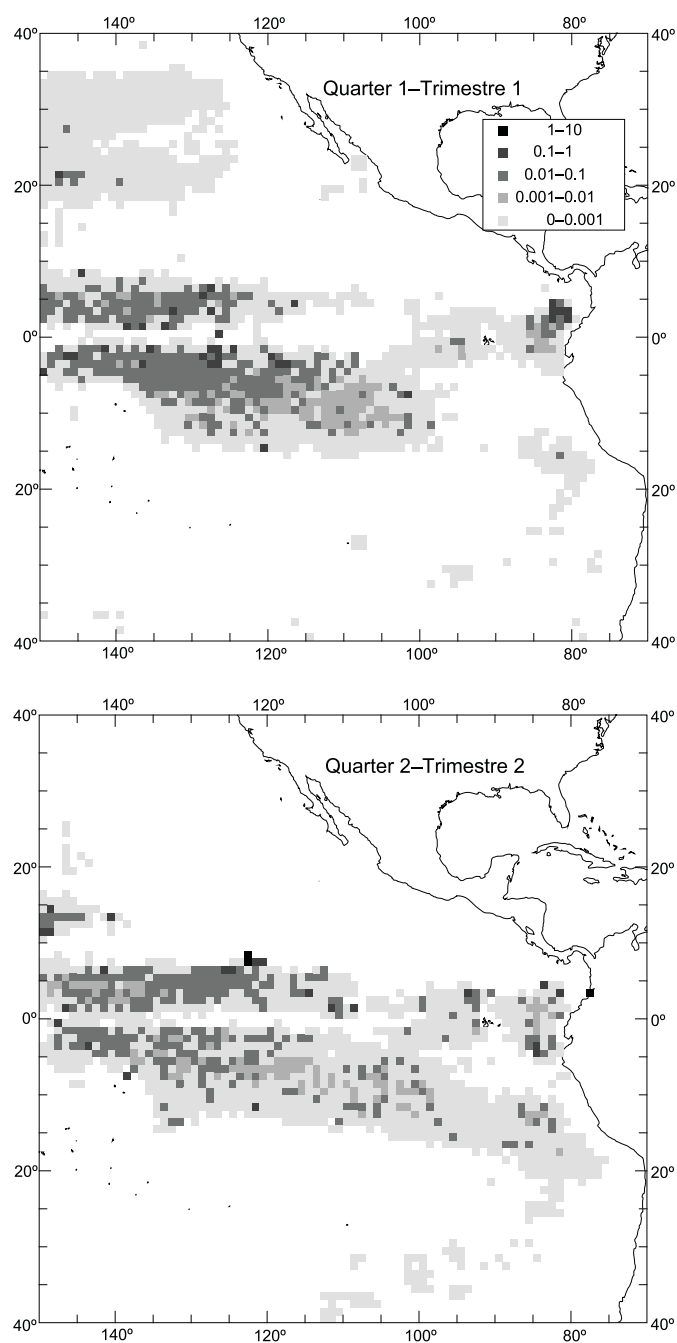


FIGURE 24. Quarterly distributions of hook rates of sailfish in the EPO during 1994-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 24. Distribución trimestral de las tasas de captura de pez vela en el OPO durante 1994-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

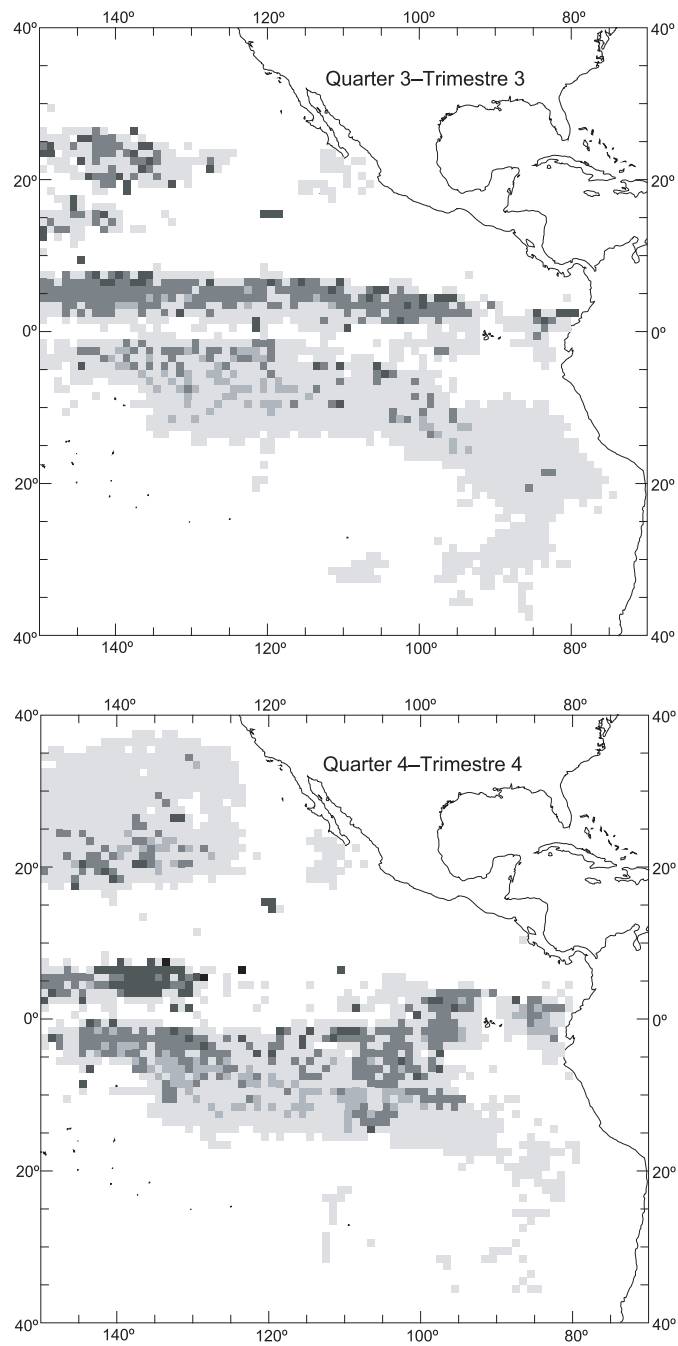


FIGURE 24 (continued)
FIGURA 24. (continuación)

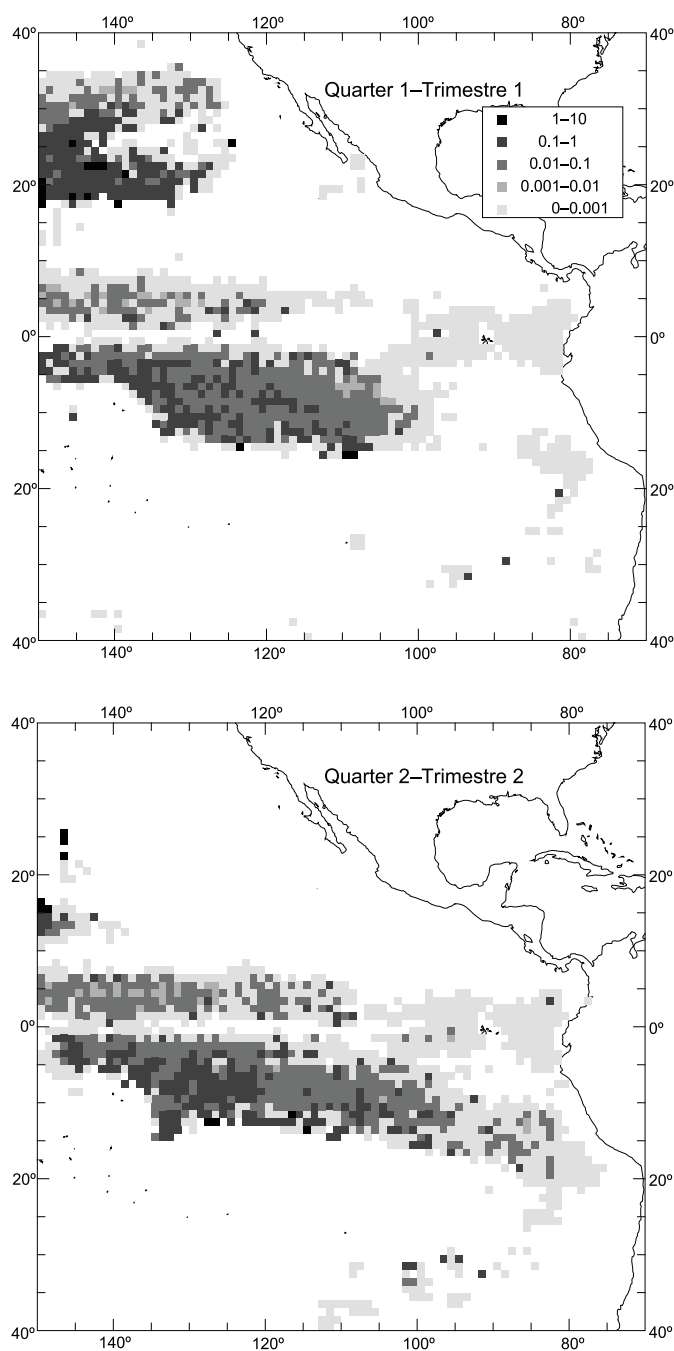


FIGURE 25. Quarterly distributions of hook rates of shortbill spearfish in the EPO during 1994-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 25. Distribución trimestral de las tasas de captura de marlín trompa corta en el OPO durante 1994-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

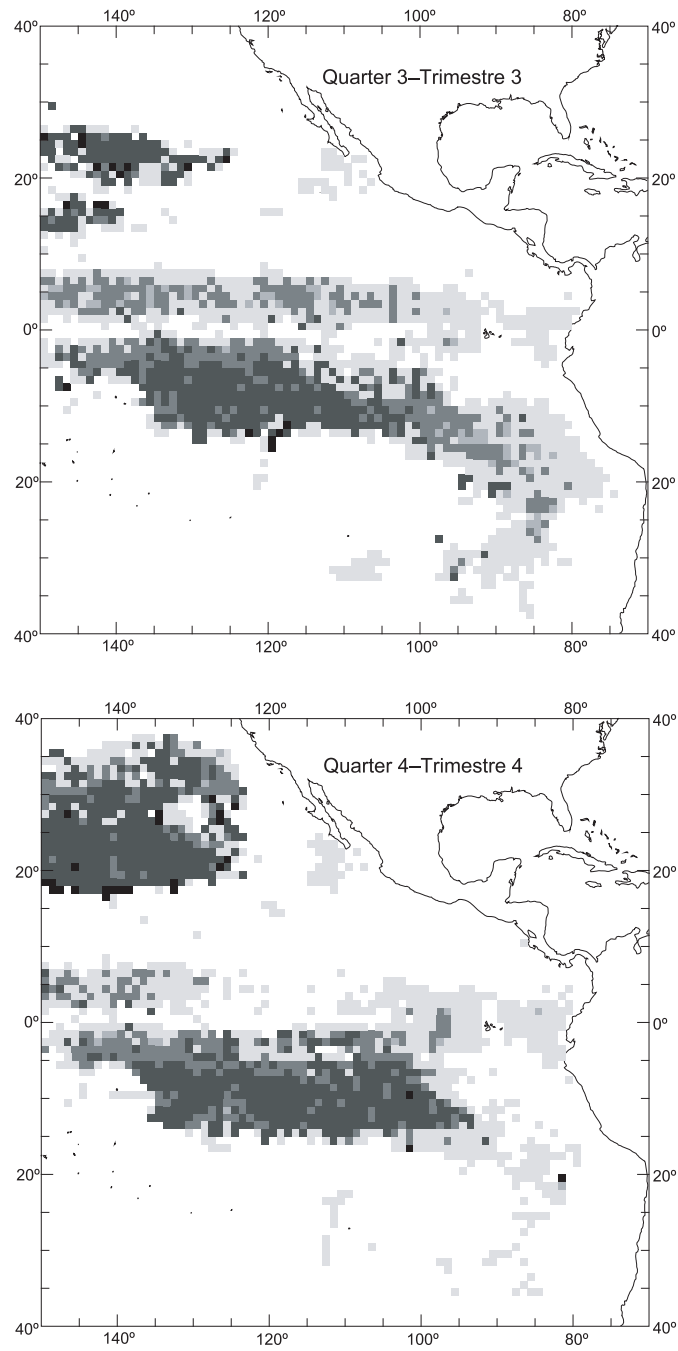


FIGURE 25. (continued)

FIGURA 25. (continuación)

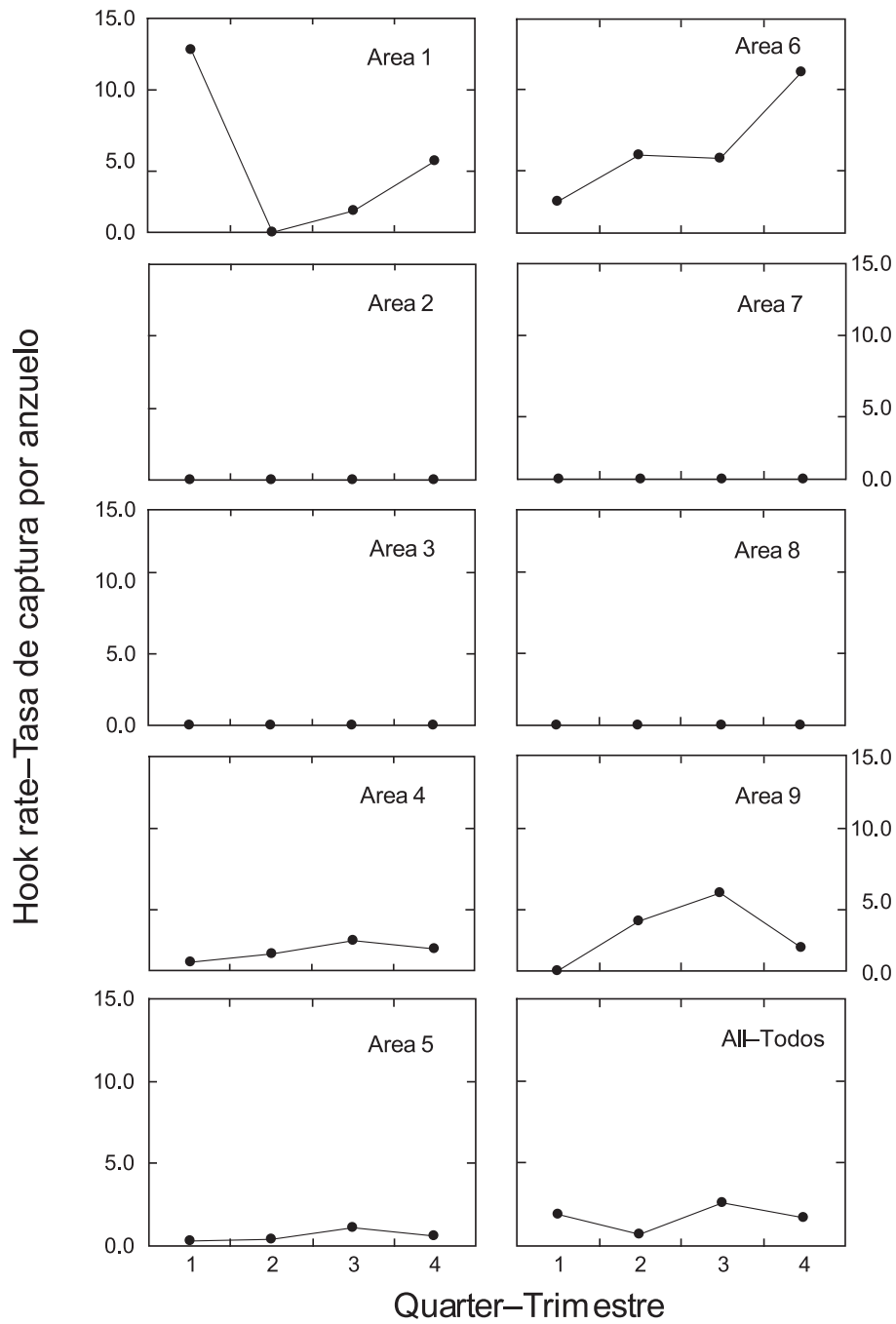


FIGURE 26. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of albacore by area, 1993-1997.

FIGURA 26. Tasas de captura trimestrales de albacora, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

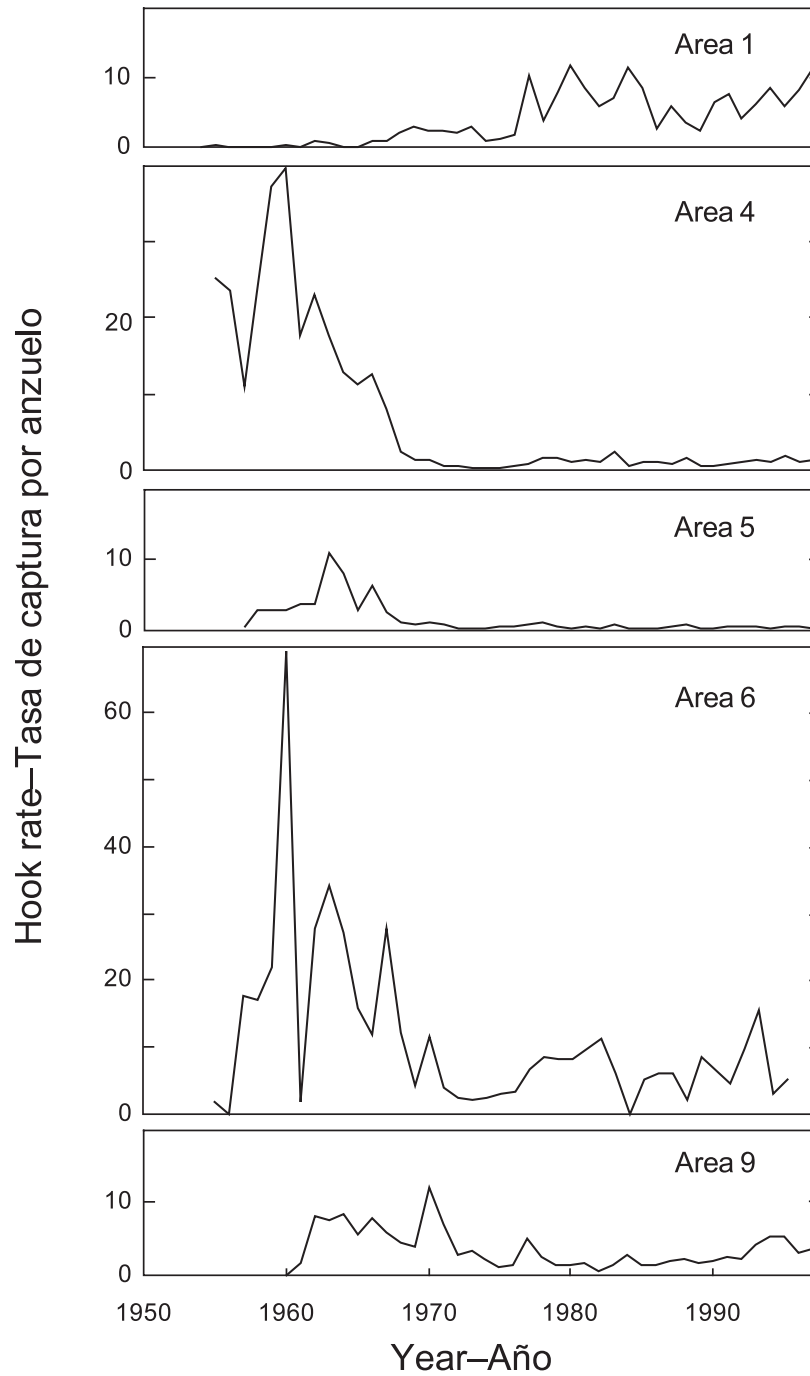


FIGURE 27. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of albacore by area.

FIGURA 27. Tasas de captura anuales de albacora, en captura por 1000 anzuelos, por área.

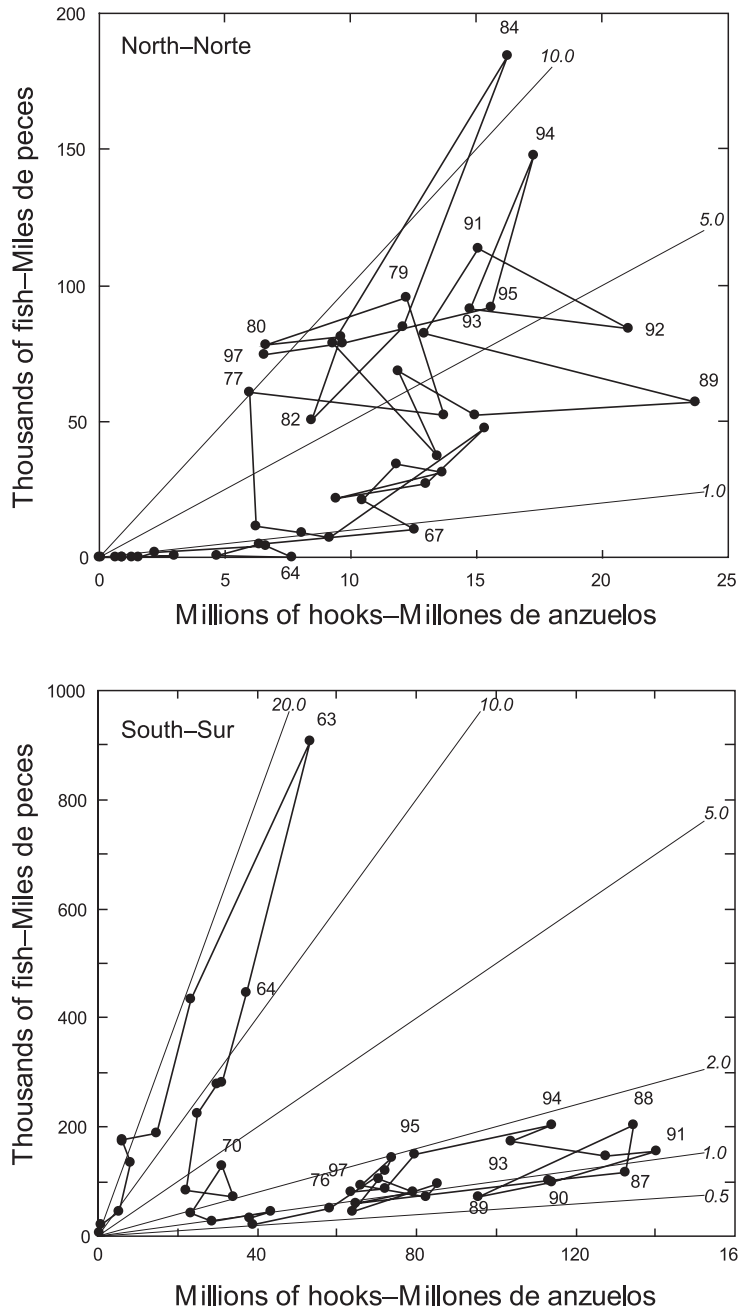


FIGURE 28. Relation between estimated longline catch and effort for albacore in Area 1 (north of the equator; upper panel) and Areas 4-6 and 9 (south of the equator; lower panel) for 1955-1997.

FIGURA 28. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo 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 1955-1997.

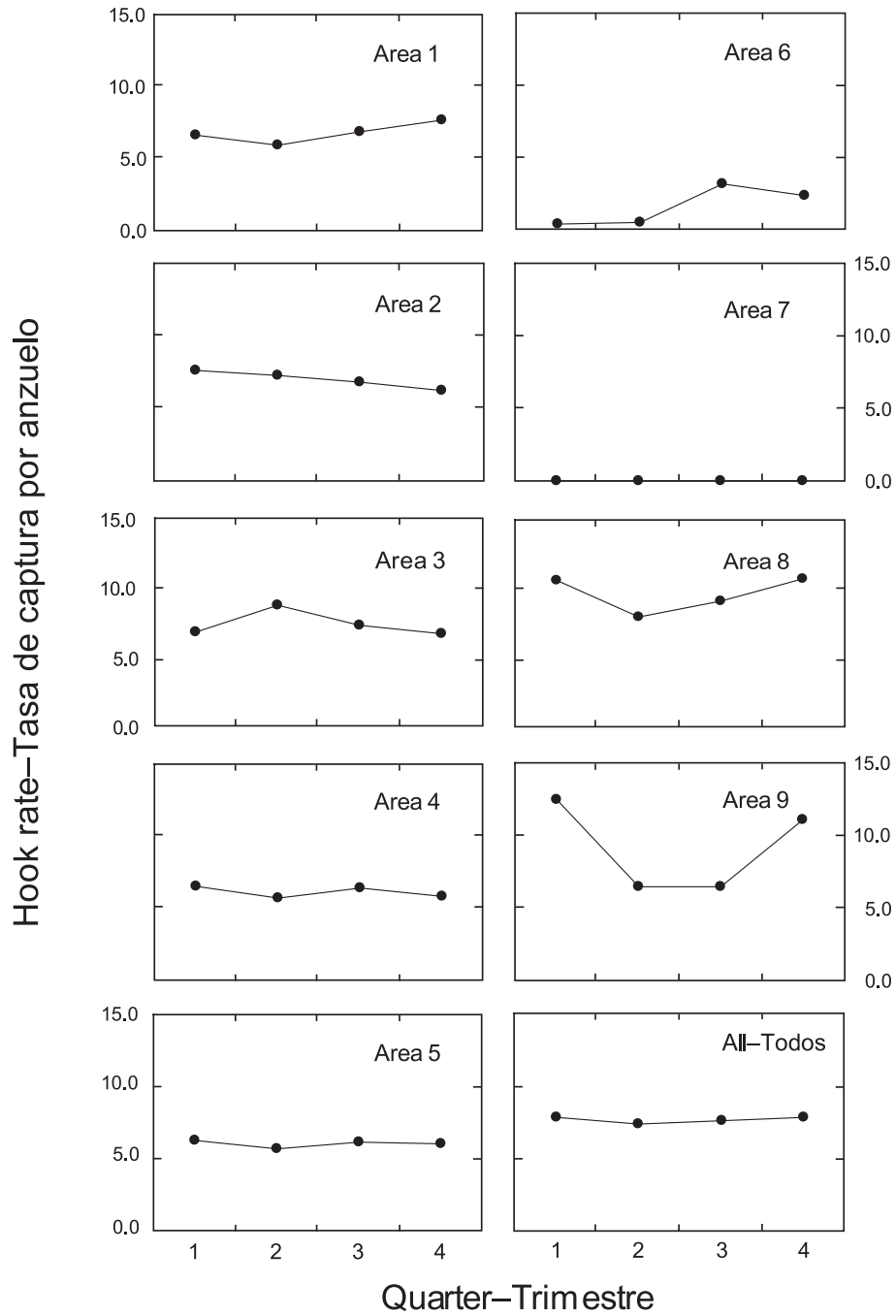


FIGURE 29. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of bigeye by area, 1993-1997.

FIGURA 29. Tasas de captura trimestrales de patudo, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

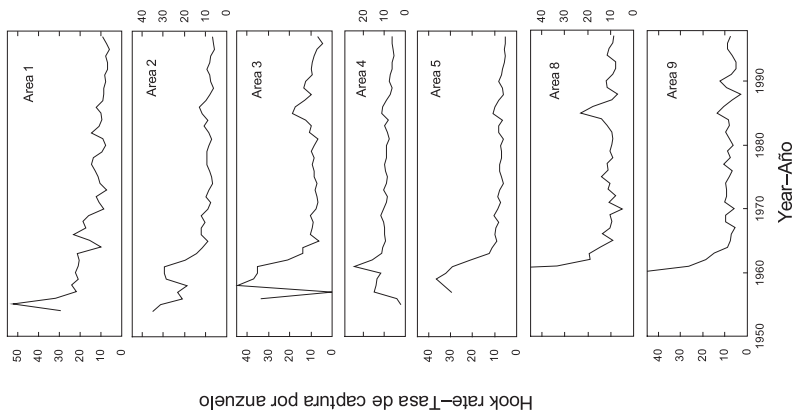


FIGURE 30. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of bigeye by area.

FIGURA 30. Tasas de captura anuales de patudo, en captura por 1000 anzuelos, por área.

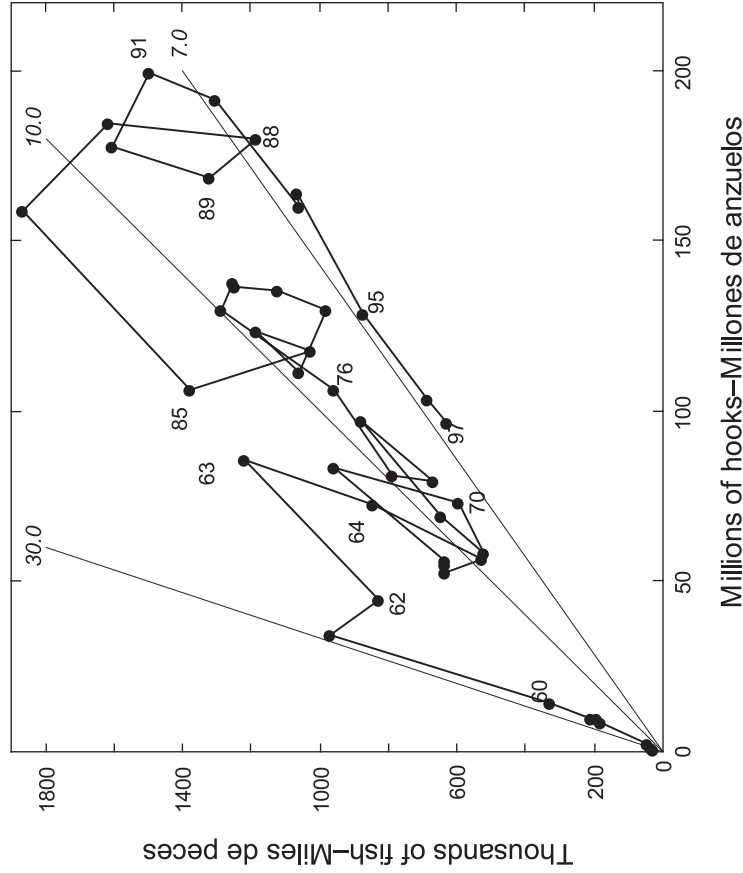


FIGURE 31. Relation between estimated longline catch and effort for bigeye in Areas 2-5, and 8-9 for 1955-1997.

FIGURA 31. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo palangeros para patudo en las Áreas 2-5, y 8-9 en 1955-1997.

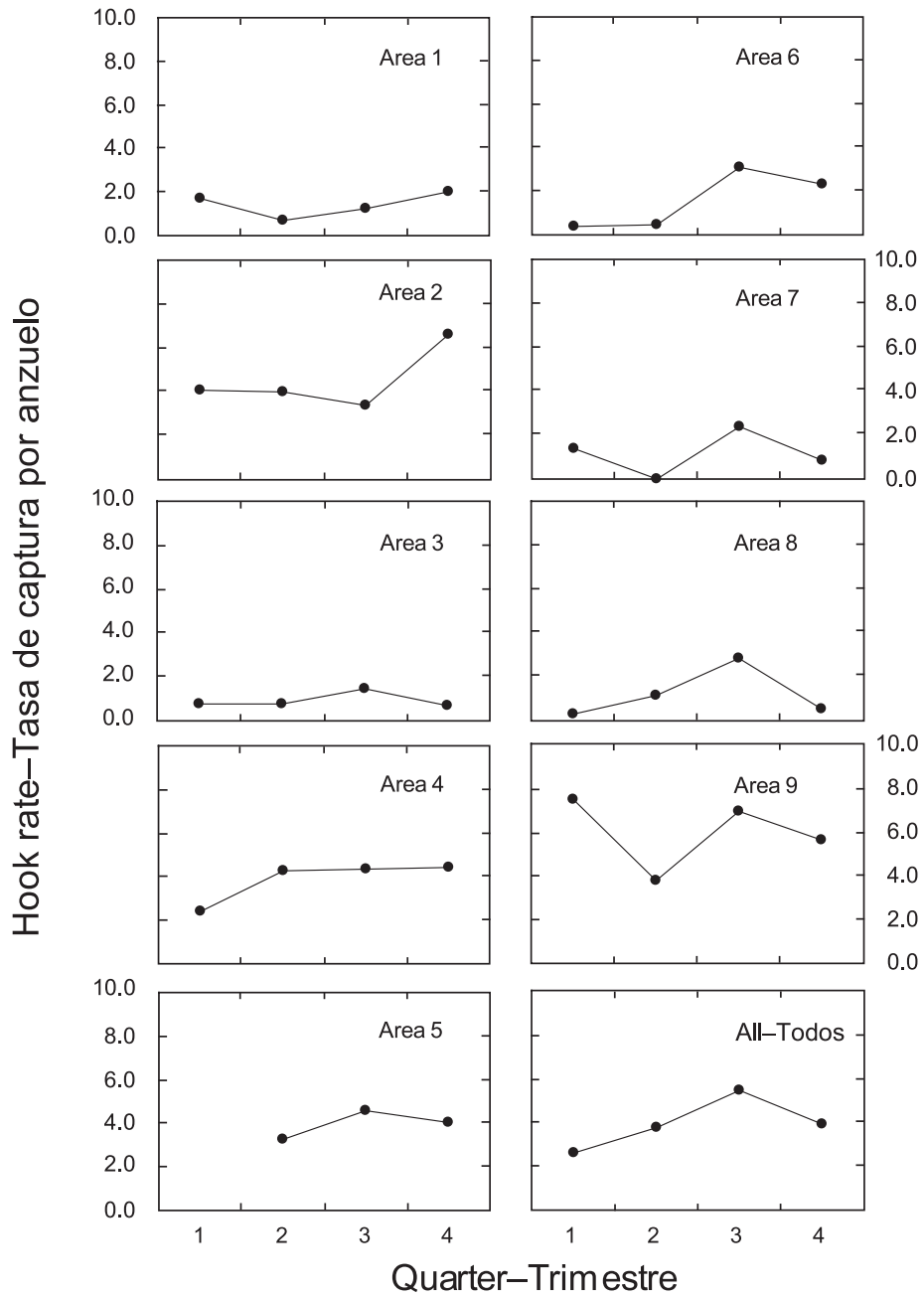


FIGURE 32. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of yellowfin by area, 1993-1997.

FIGURA 32. Tasas de captura trimestrales de aleta amarilla, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

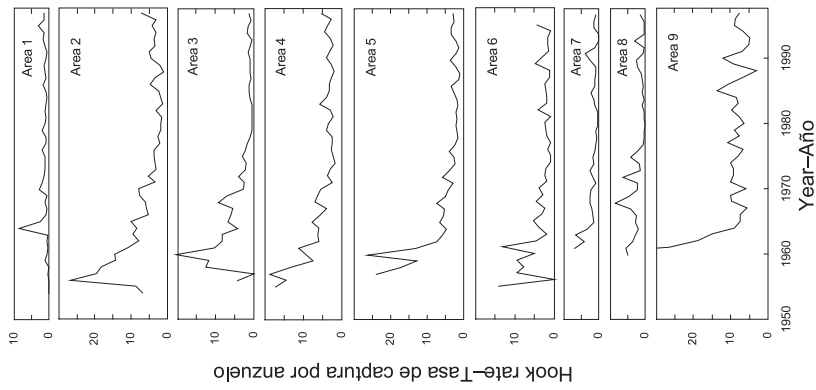


FIGURE 33. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of yellowfin by area.

FIGURA 33. Tasas de captura anuales de aleta amarilla, en captura por 1000 anzuelos, por área.

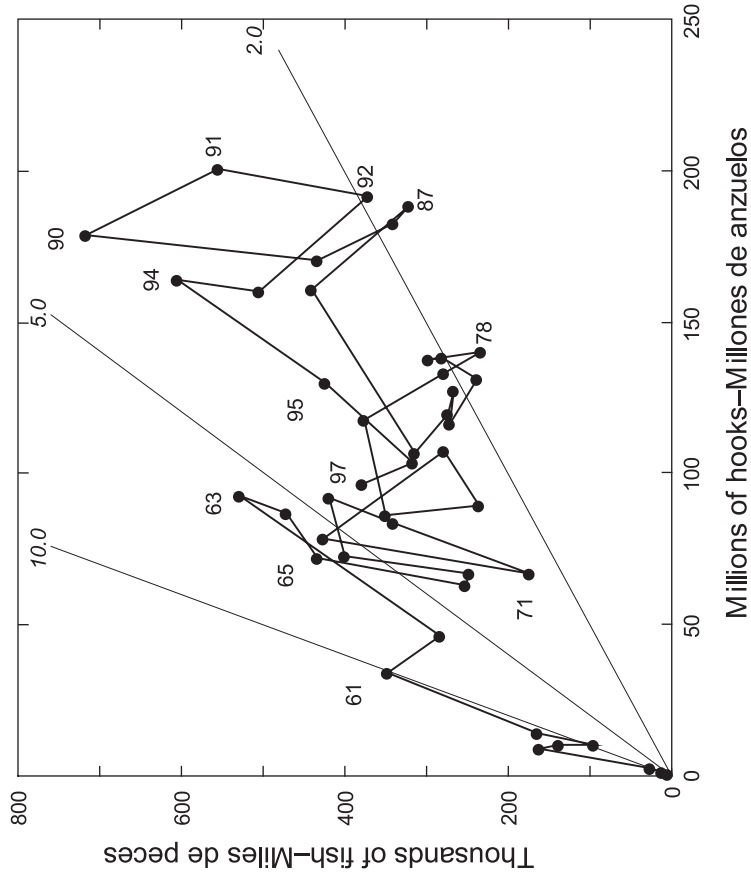


FIGURE 34. Relation between estimated longline catch and effort for yellowfin in the EPO for 1955-1997.

FIGURA 34. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo palangreros para aleta amarilla en el OPO en 1955-1997.

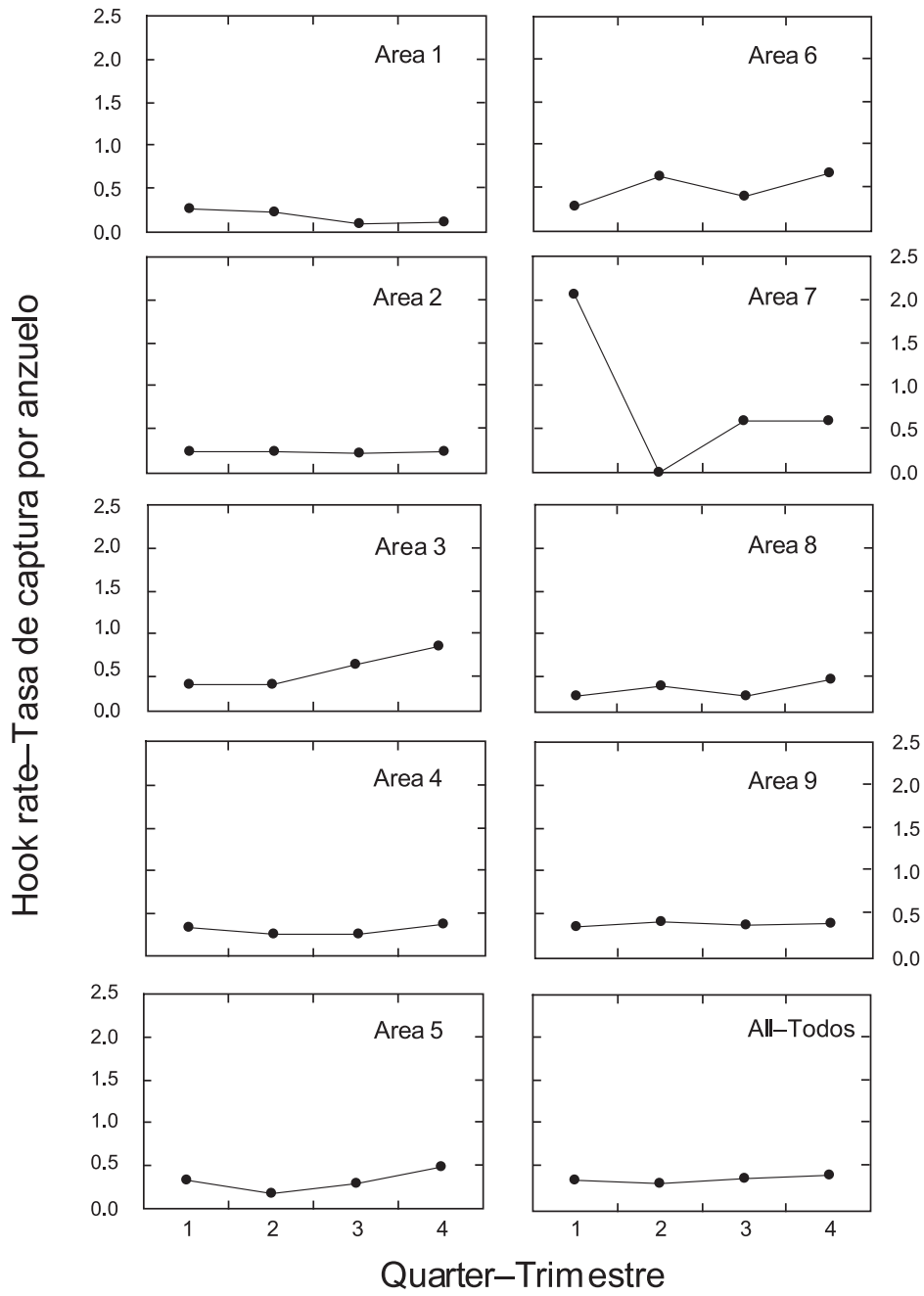


FIGURE 35. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of swordfish by area, 1993-1997.

FIGURA 35. Tasas de captura trimestrales de pez espada, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

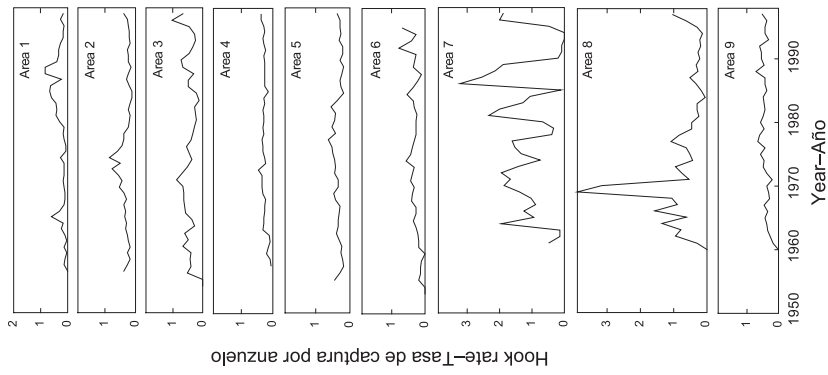


FIGURE 36. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of swordfish by area.

FIGURA 36. Tasas de captura anuales de pez espada, en captura por 1000 anzuelos, por área.

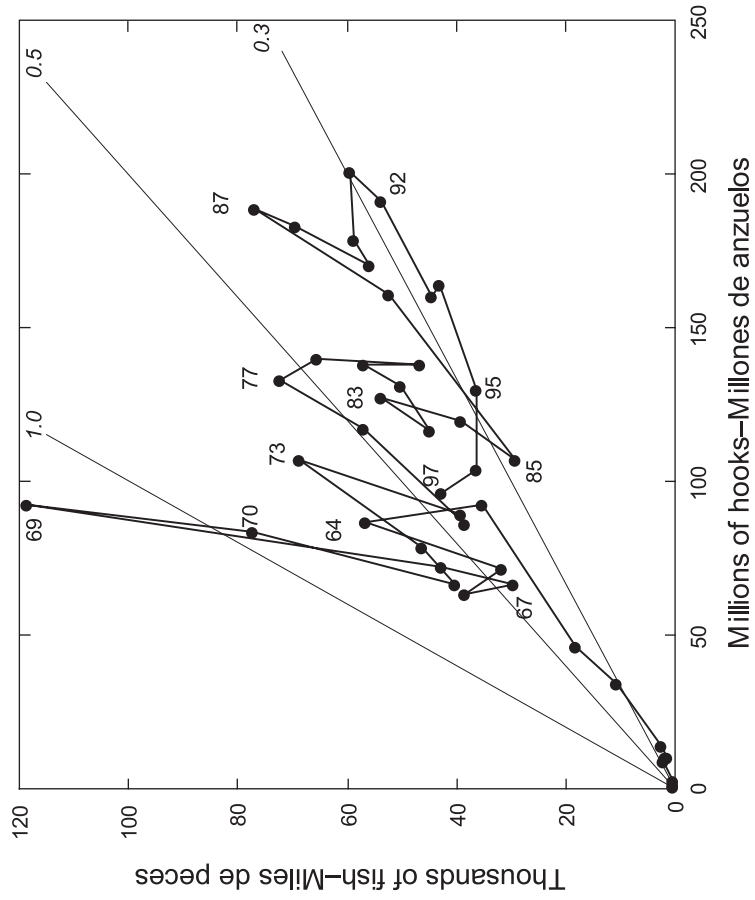


FIGURE 37. Relation between estimated longline catch and effort for swordfish in the EPO for 1955-1997.

FIGURA 37. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo palangreros para pez espada en el OPO en 1955-1997.

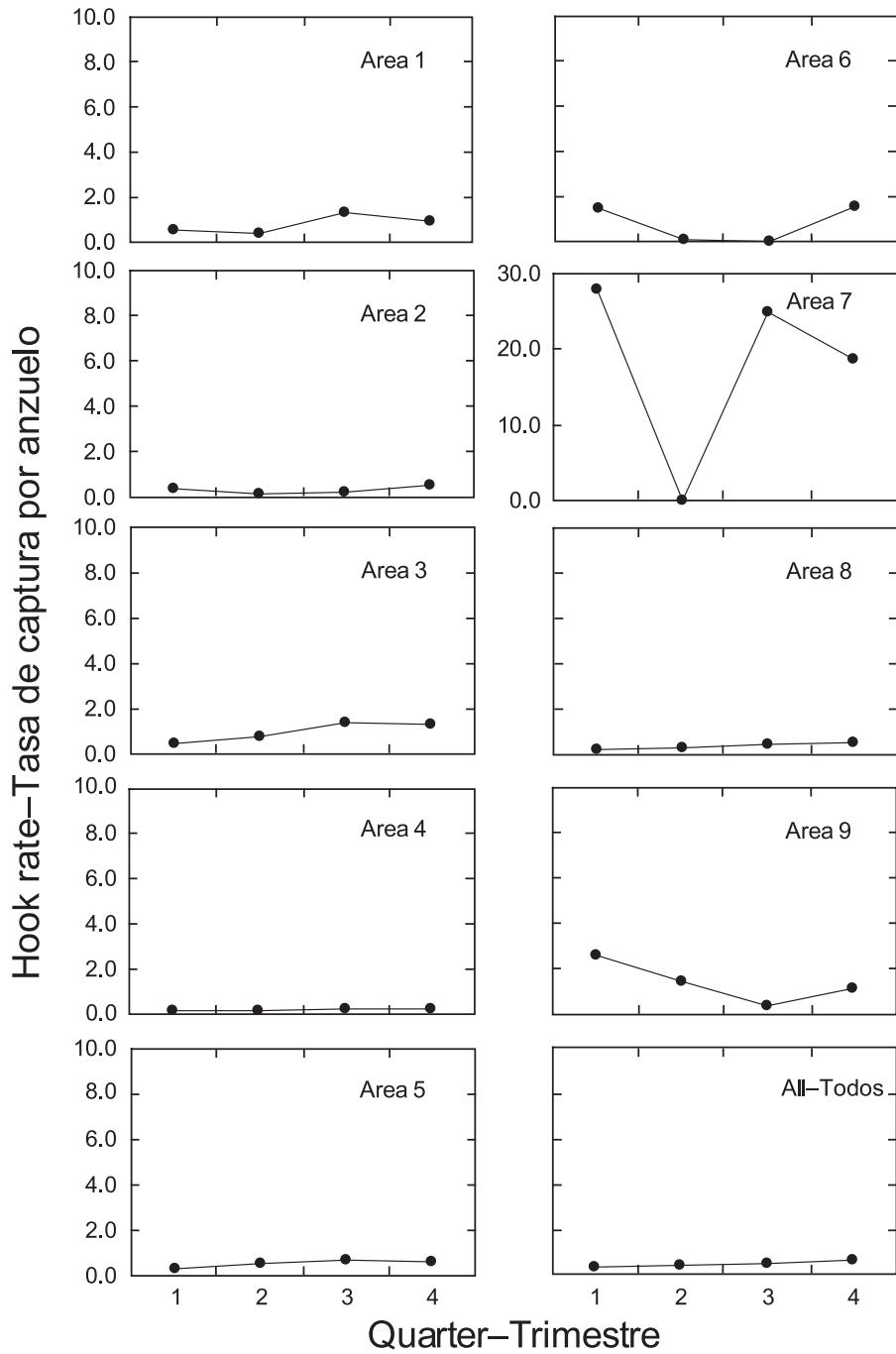


FIGURE 38. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of striped marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 38. Tasas de captura trimestrales de marlin rayado, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

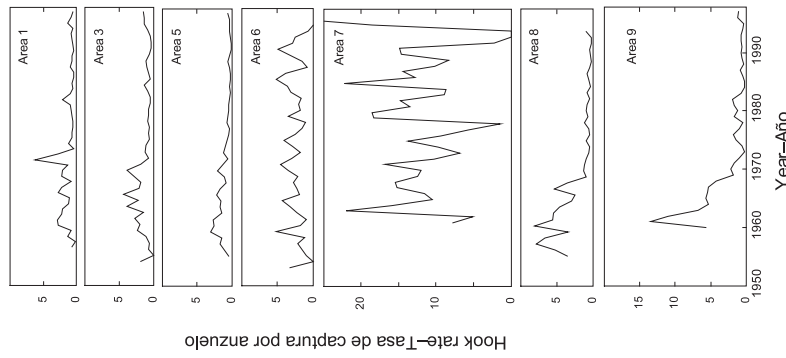


FIGURE 39. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of striped marlin by area.

FIGURA 39. Tasas de captura anuales de marlín rayado, en captura por 1000 anzuelos, por área.

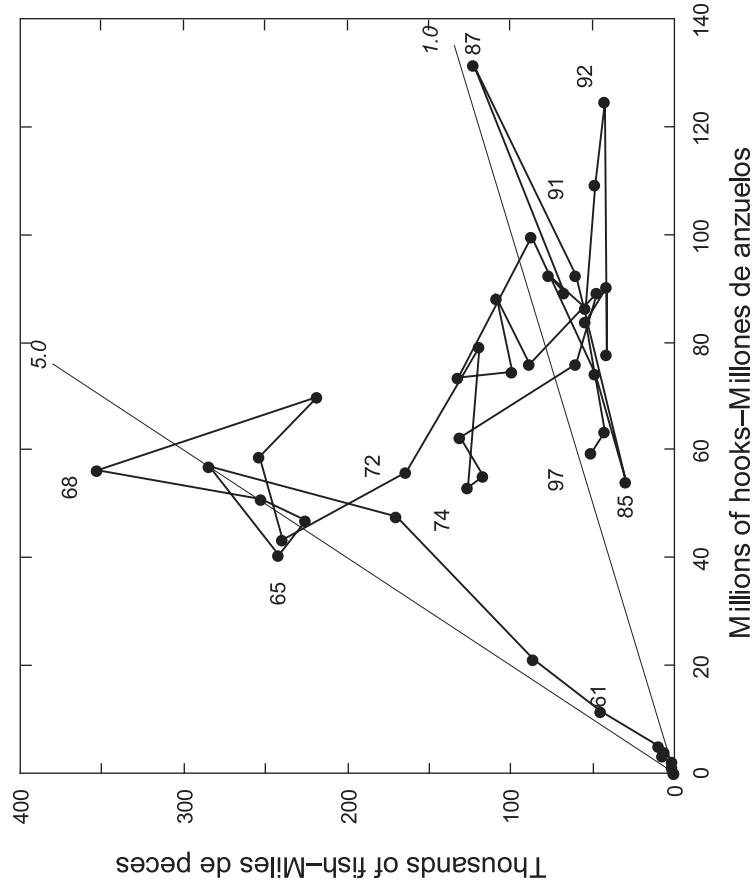


FIGURE 40. Relation between estimated longline catch and effort for striped marlin in Areas 1, 3, and 5-9 for 1955-1997.

FIGURA 40. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo palangreros para marlín rayado en las Areas 1, 3, y 5-9 en 1955-1997.

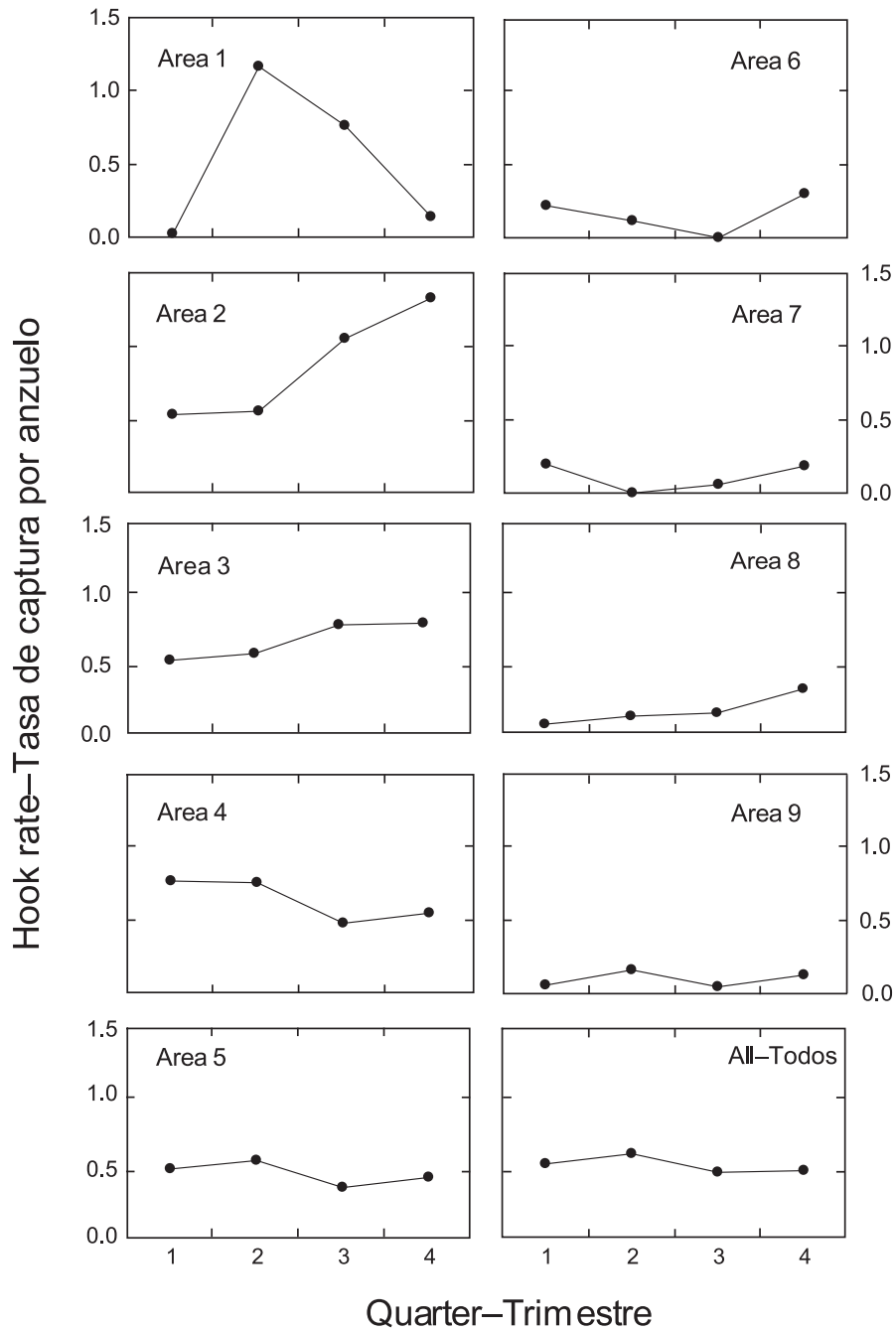


FIGURE 41. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of blue marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 41. Tasas de captura trimestrales de marlin azul, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

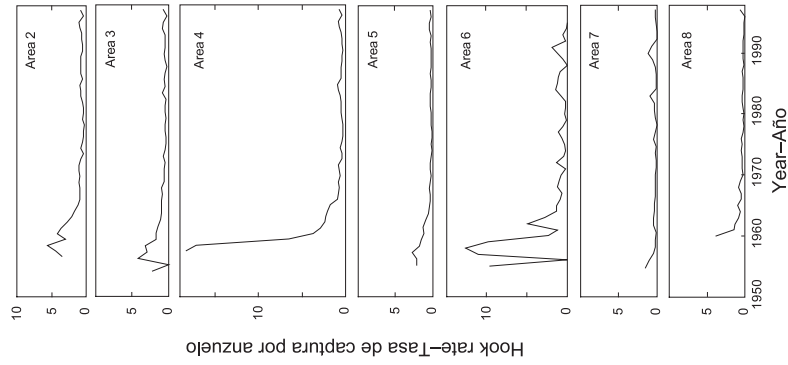


FIGURE 42. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of blue marlin by area.

FIGURA 42. Tasas de captura anuales de marlín azul, en captura por 1000 anzuelos, por área.

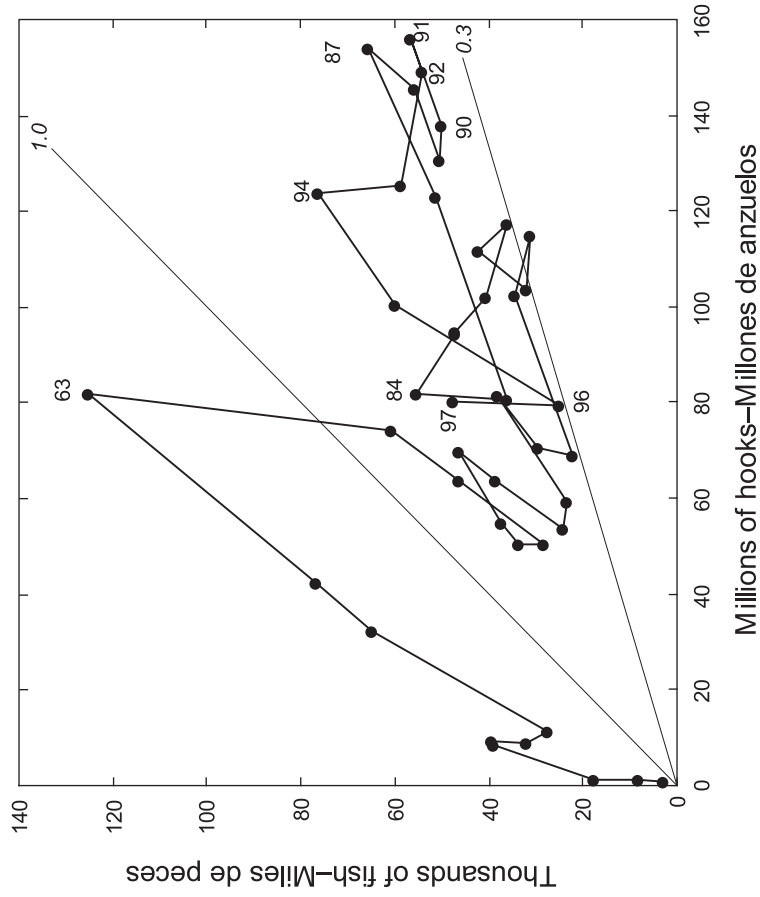


FIGURE 43. Relation between estimated longline catch and effort for blue marlin in Areas 2-8 for 1955-1997.
FIGURA 43. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo palangreros para marlín azul en las Areas 2-8 en 1955-1997.

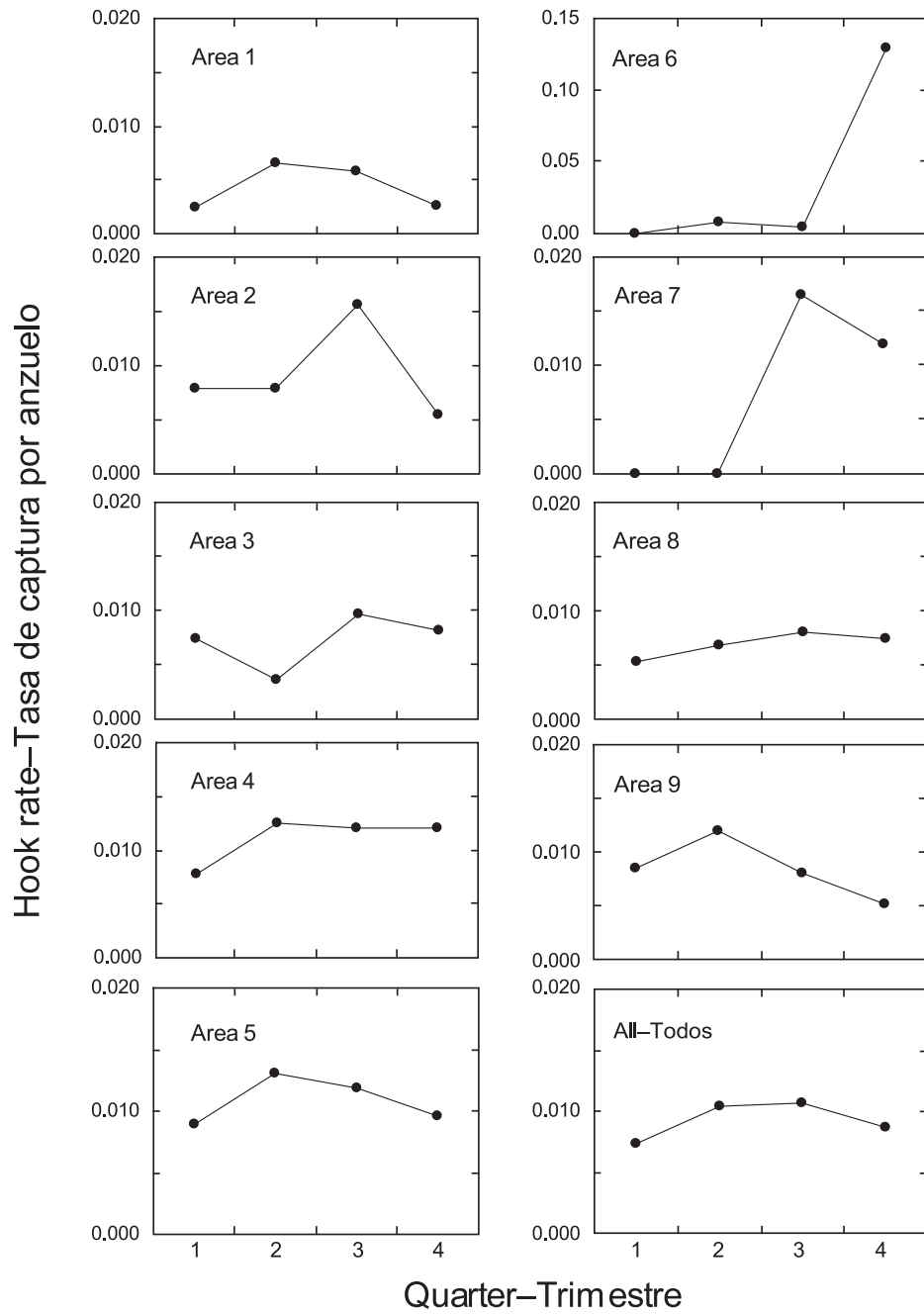


FIGURE 44. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of black marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 44. Tasas de captura trimestrales de marlin negro, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1993-1997.

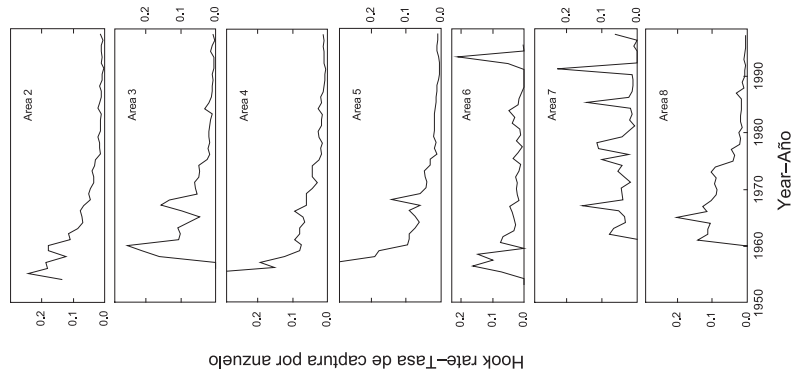


FIGURE 45. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of black marlin by area.

FIGURA 45. Tasas de captura anuales de marlín negro, en captura por 1000 anzuelos, por área.

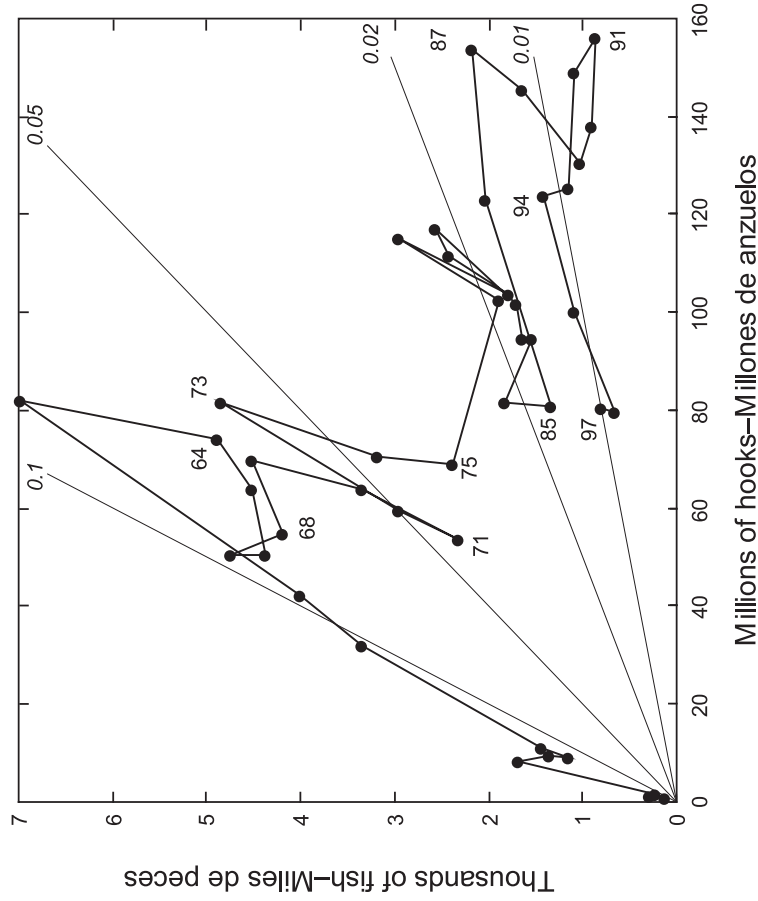


FIGURE 46. Relation between estimated longline catch and effort for black marlin in Areas 2-8 for 1955-1997.

FIGURA 46. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangeros para marlín negro en las Areas 2-8 en 1955-1997.

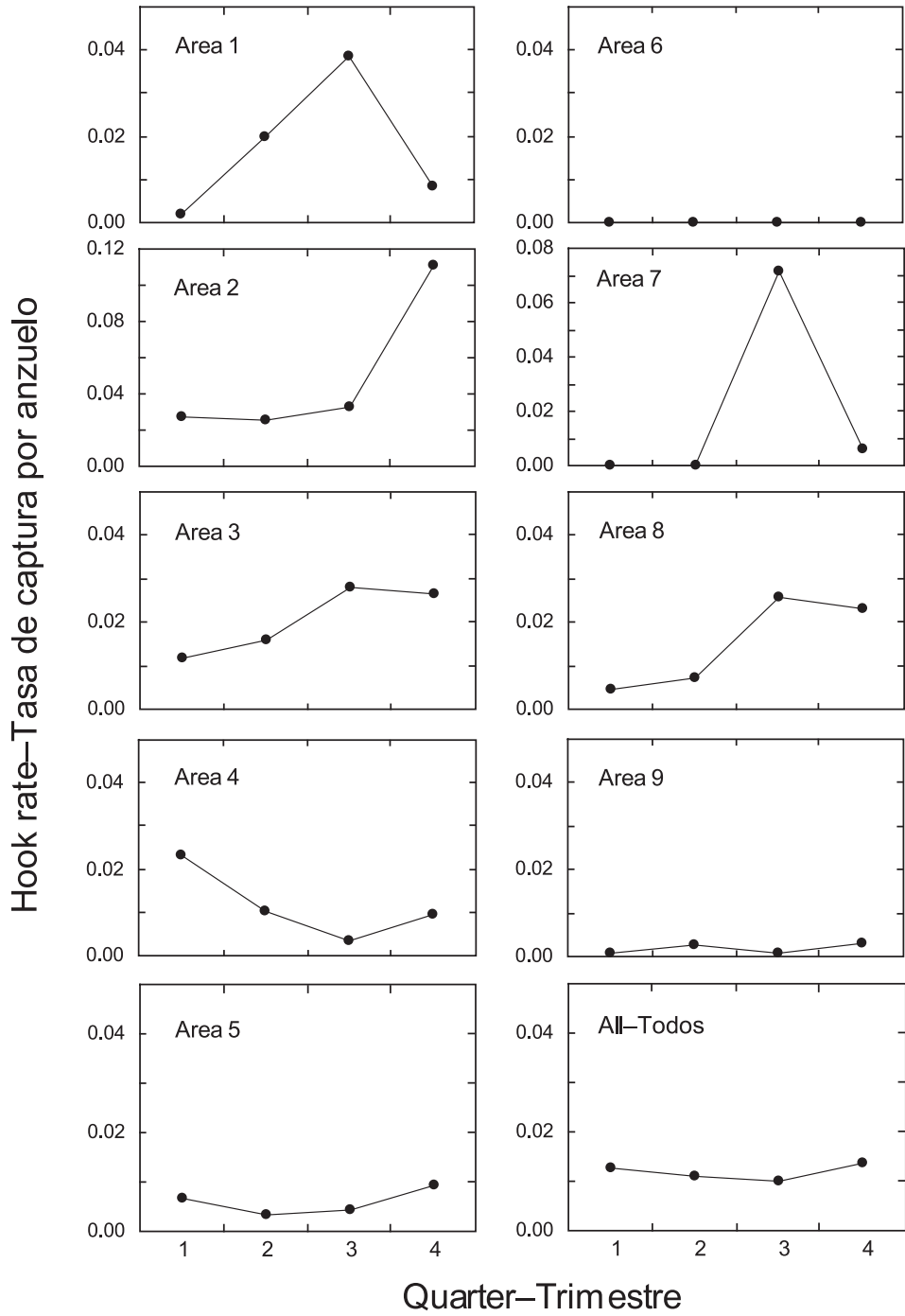


FIGURE 47. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of sailfish by area, 1994-1997.

FIGURA 47. Tasas de captura trimestrales de pez vela, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1994-1997.

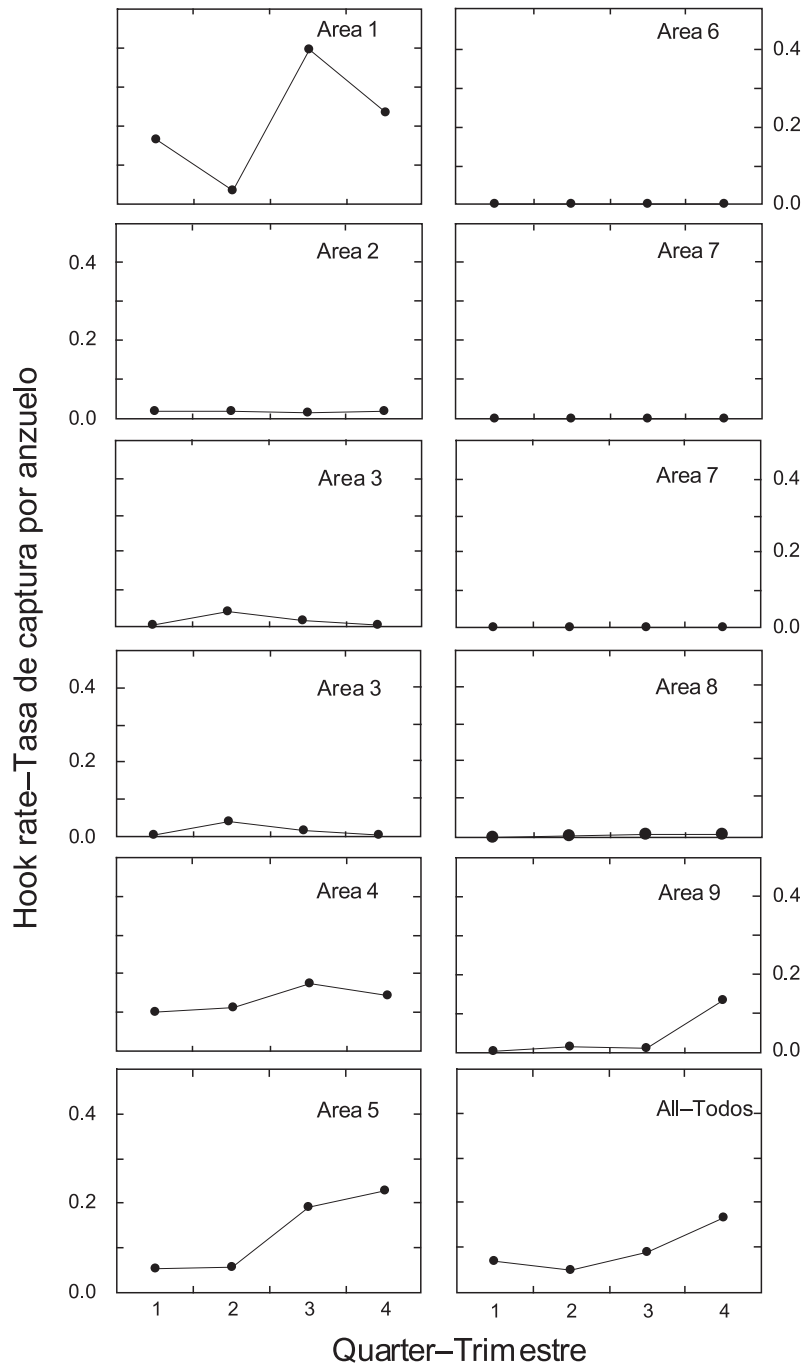


FIGURE 48. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of shortbill spearfish by area, 1994-1997.

FIGURA 48. Tasas de captura trimestrales marlin trompa corta, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1994-1997.

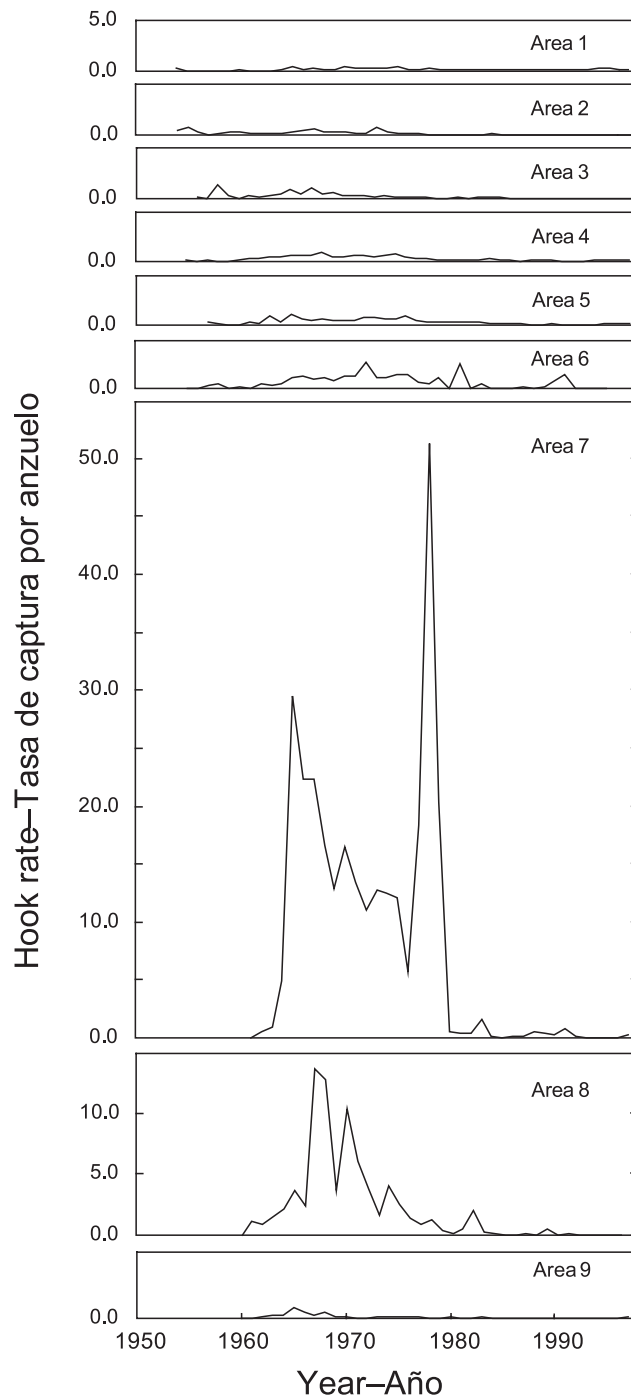


FIGURE 49. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of sailfish and shortbill spearfish by area.

FIGURA 49. Tasas de captura anuales de pez vela y marlín trompa corta, en captura por 1000 anzuelos, por área.

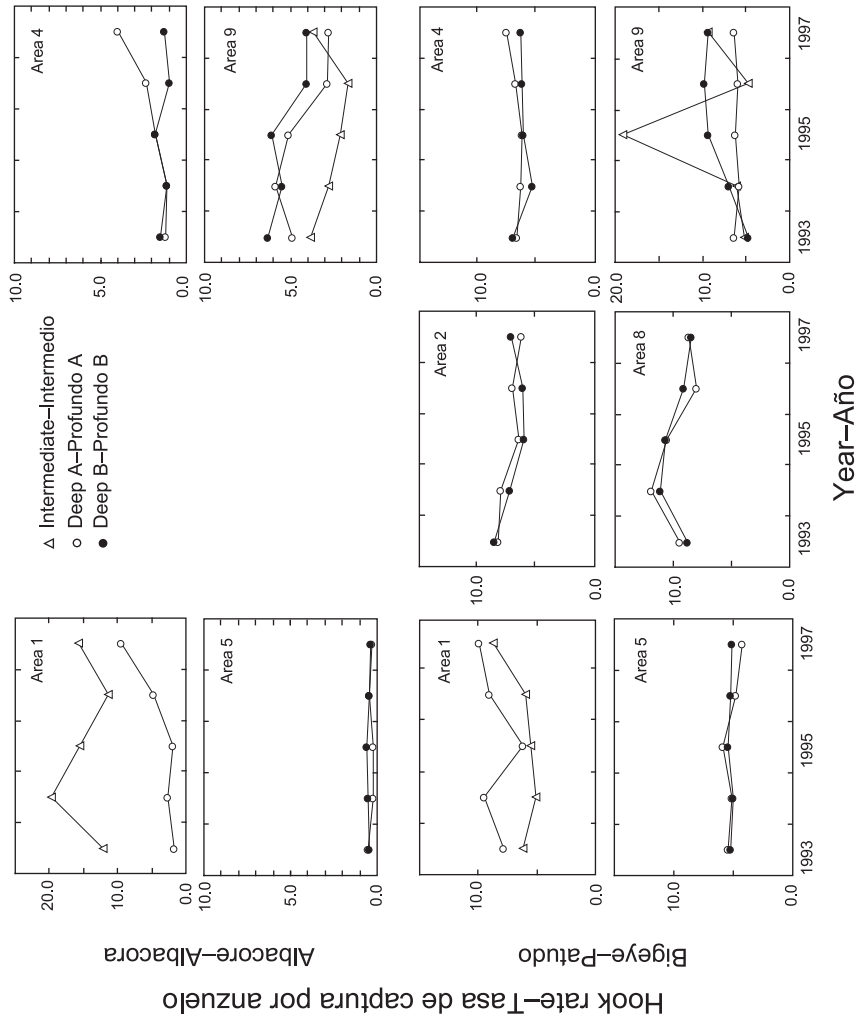


FIGURE 50. Comparisons of hook rates of intermediate, deep-A and deep-B longline gear for tunas and billfishes.
FIGURA 50. Comparación de tasas de captura de atunes y picudos correspondientes a palangres intermedios y profundos.

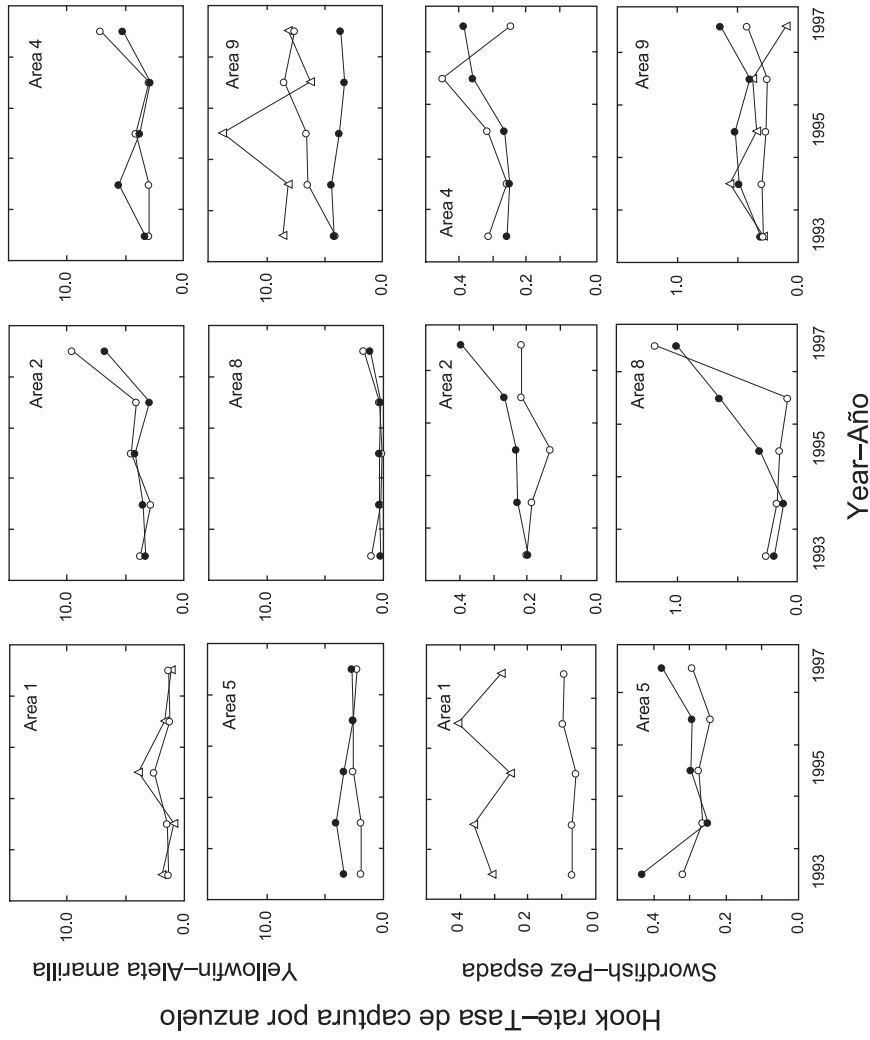


FIGURE 50. (continued)
FIGURA 50. (continuación)

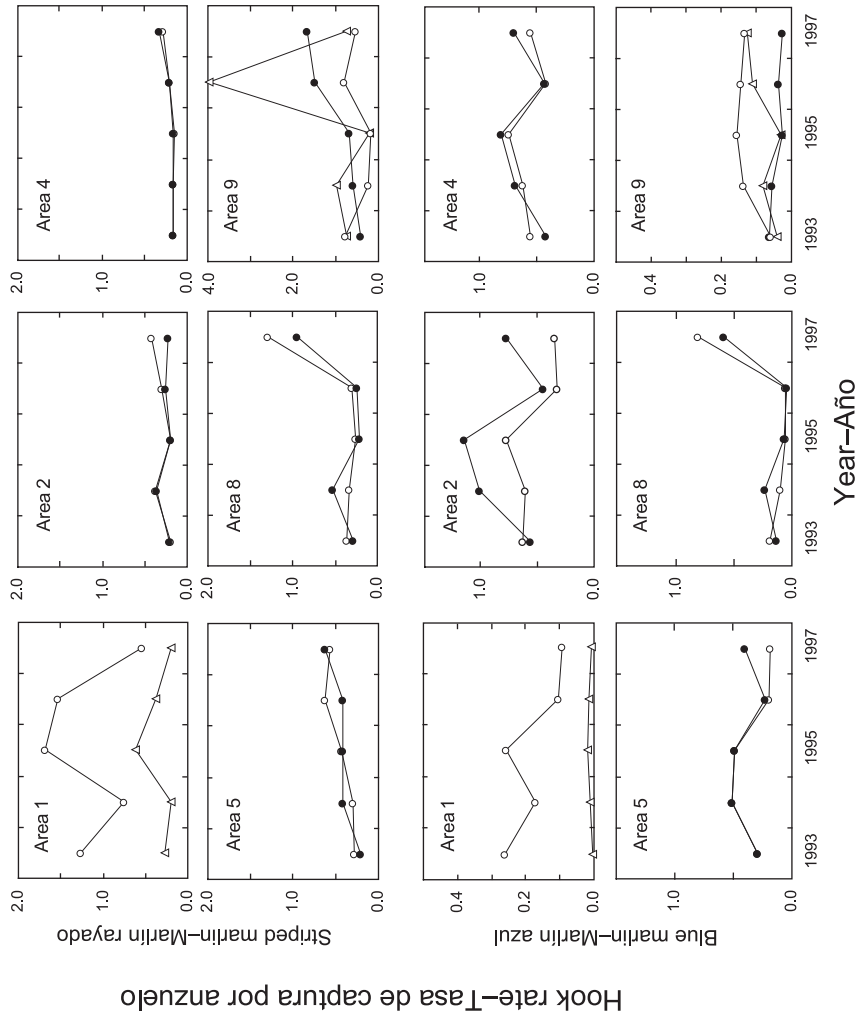


FIGURE 50. (continued)
 FIGURA 50. (continuación)

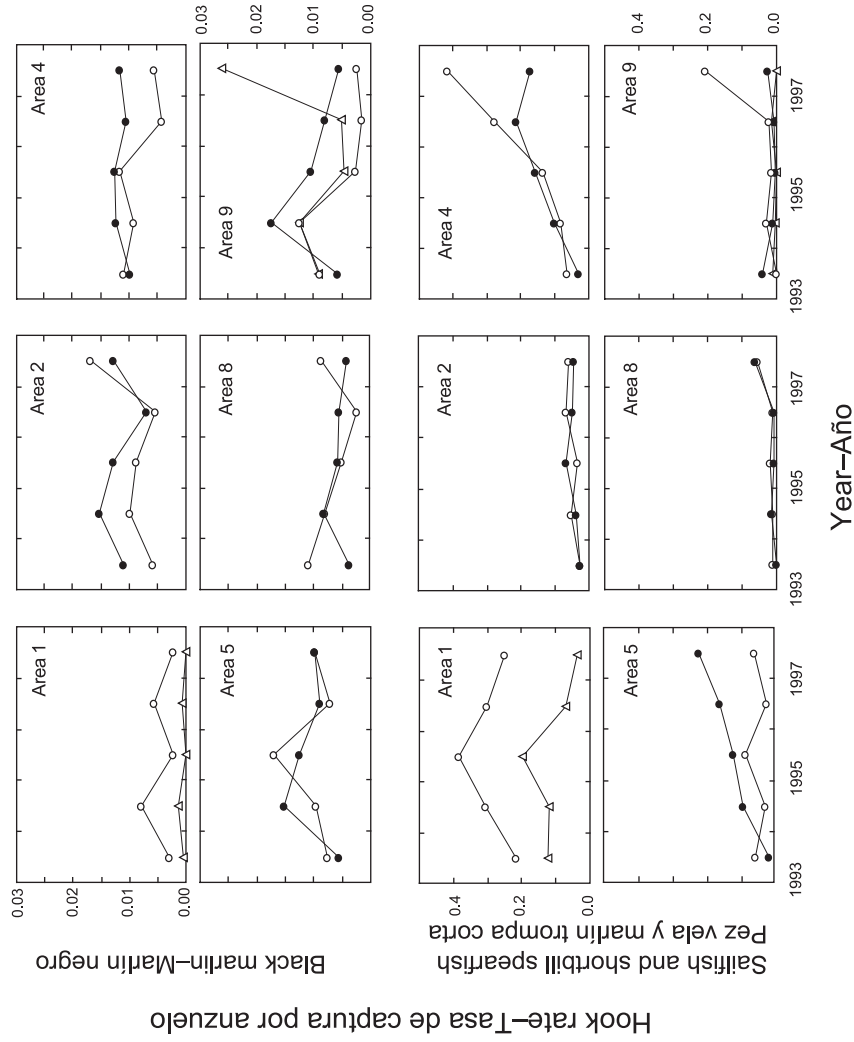


FIGURE 50. (continued)
FIGURA 50. (continuación)

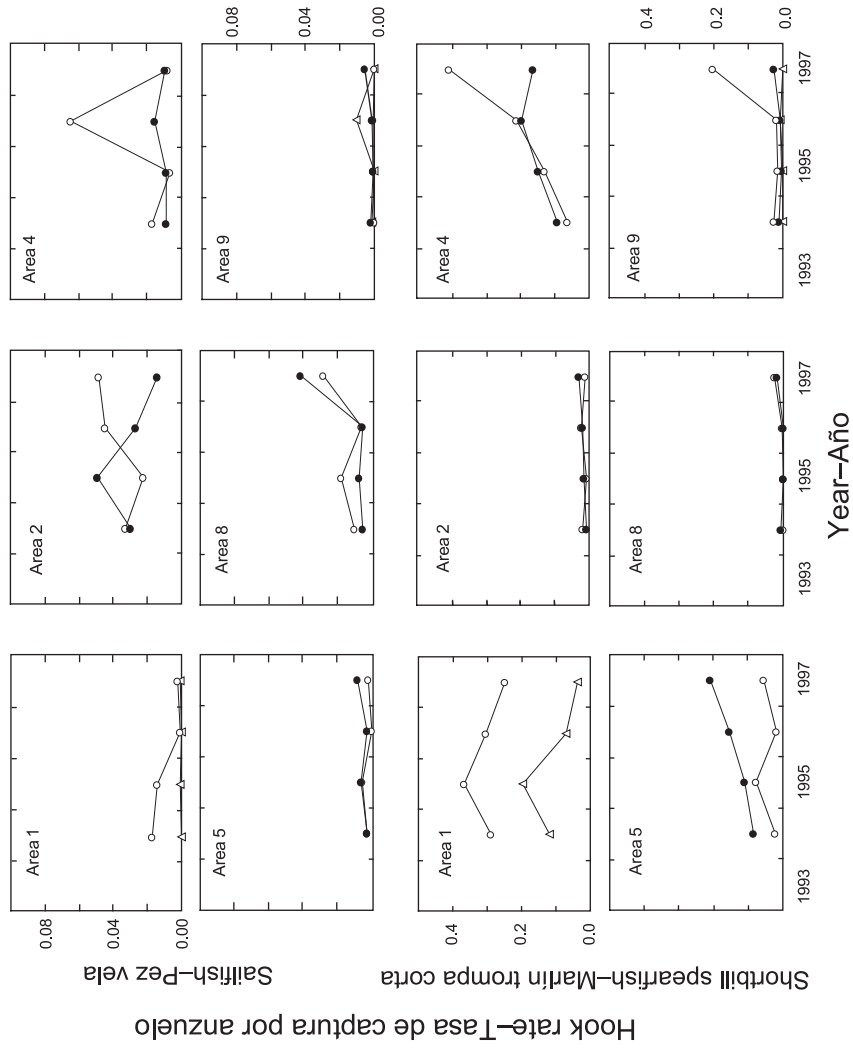


FIGURE 50. (continued)
 FIGURA 50. (continuación)

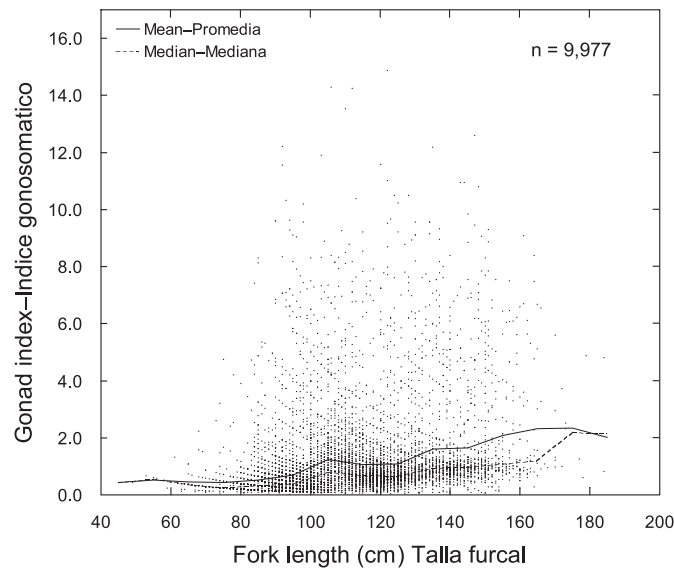


FIGURE 51. Relation between gonad index and length for female bigeye, 1993-1997.

FIGURA 51. Relación entre índice gonadal y talla para patudos hembra, 1993-1997.

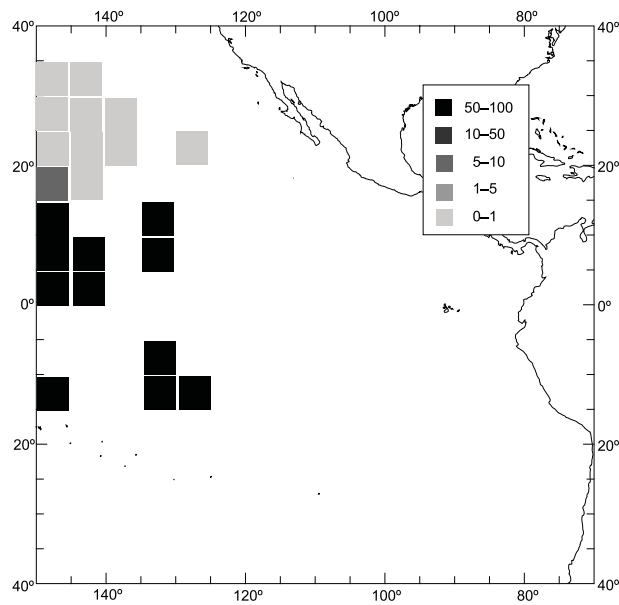


FIGURE 52. Distribution of ratios of mature females to all female bigeye larger than 120 cm in length, all quarters combined, 1993-1997.

FIGURA 52. Distribución de proporciones de hembras maduras a todos patudos hembra de más de 120 cm de talla, todos los trimestres combinados, 1993-1997.

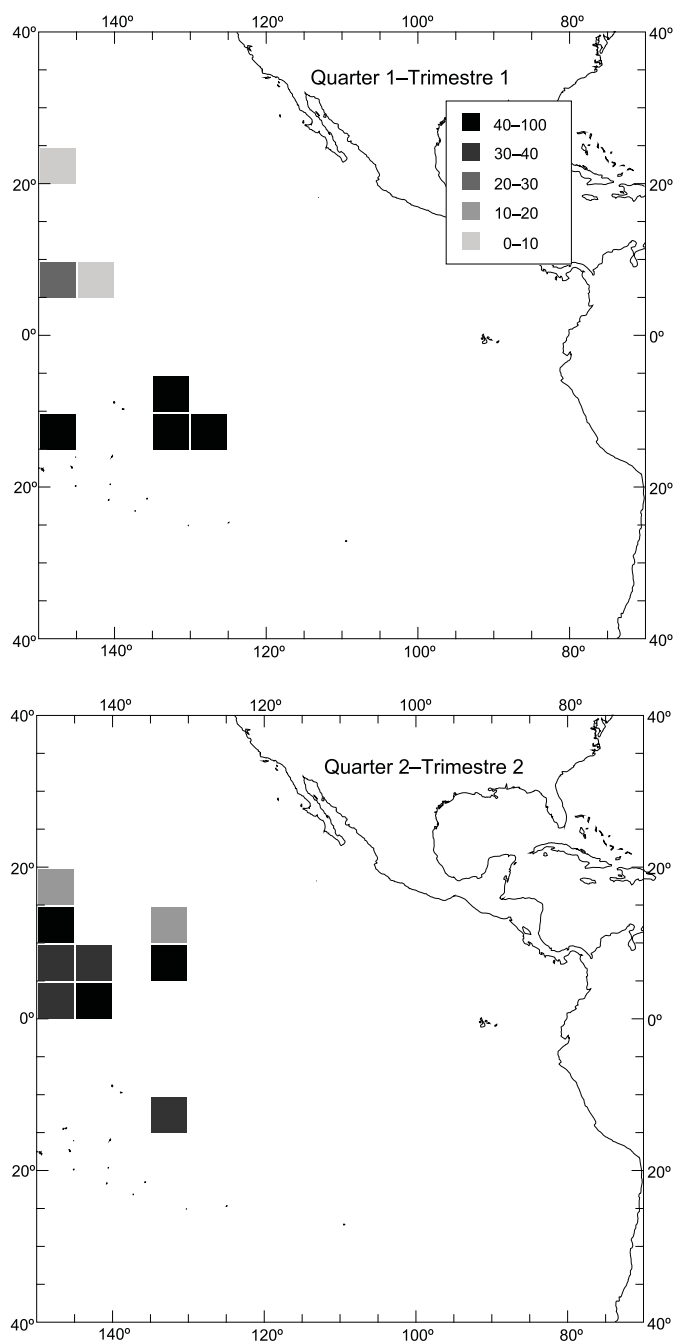
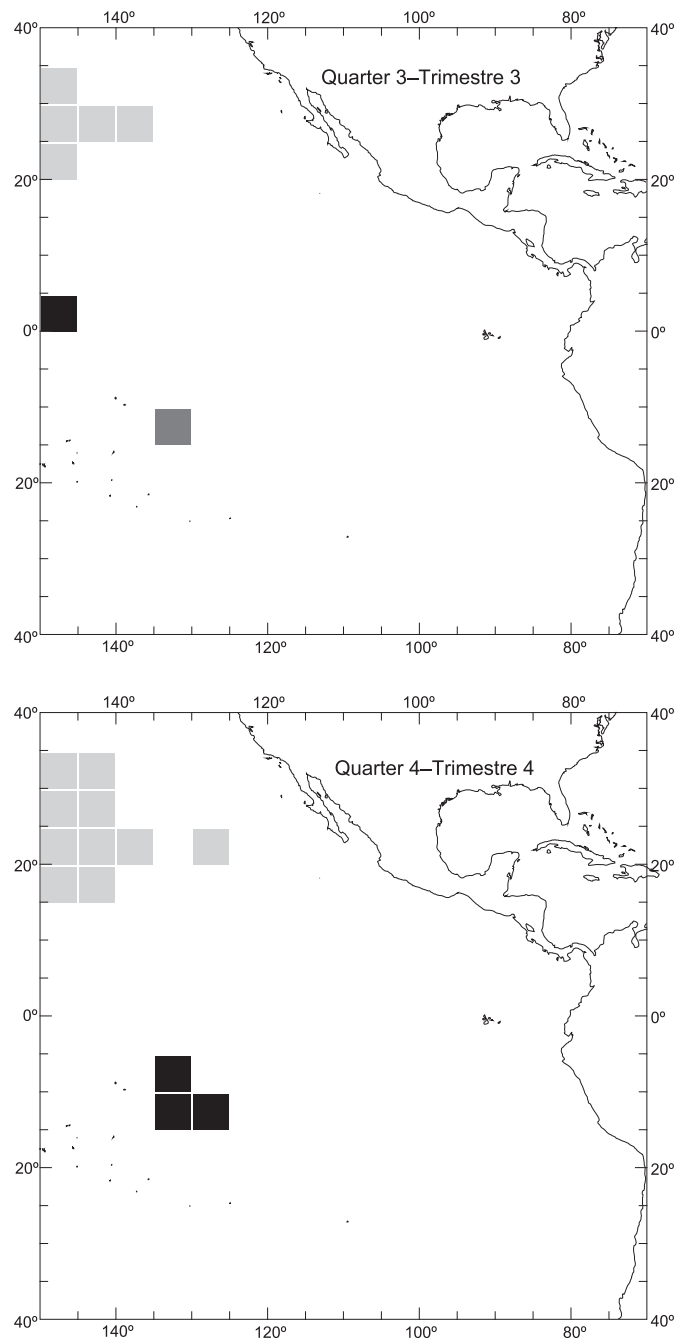


FIGURE 53. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female bigeye larger than 120 cm in length, 1993-1997.

FIGURA 53. Distribución trimestral de proporciones de hembras maduras a todos patudos hembra de más de 120 cm de talla, 1993-1997.

**FIGURE 53.** (continued)**FIGURA 53.** (continuación)

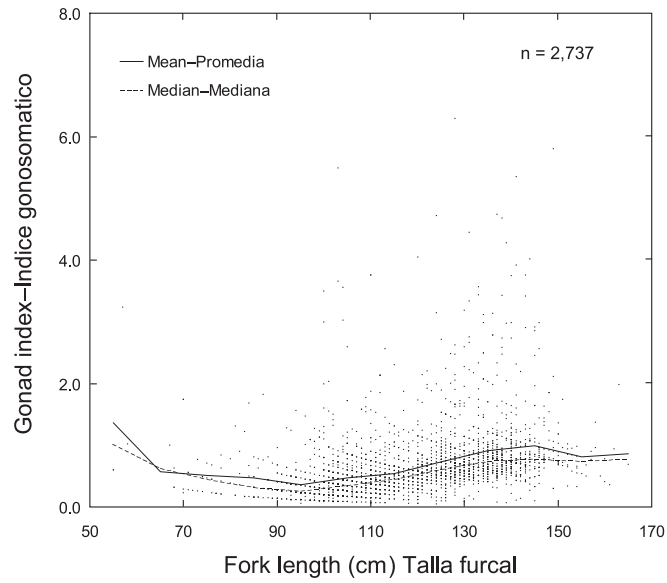


FIGURE 54. Relation between gonad index and length for female yellowfin, 1993-1997.

FIGURA 54. Relación entre índice gonadal y talla para aletas amarillas hembra, 1993-1997.

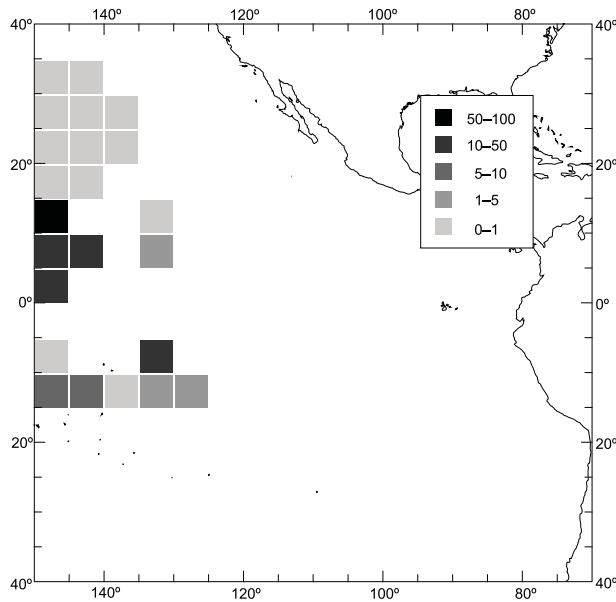


FIGURE 55. Distribution of ratios of mature females to all female yellowfin larger than 120 cm in length, all quarters combined, 1993-1997.

FIGURA 55. Distribución de proporciones de hembras maduras a todos aletas amarillas hembra de más de 120 cm de talla, todos los trimestres combinados, 1993-1997.

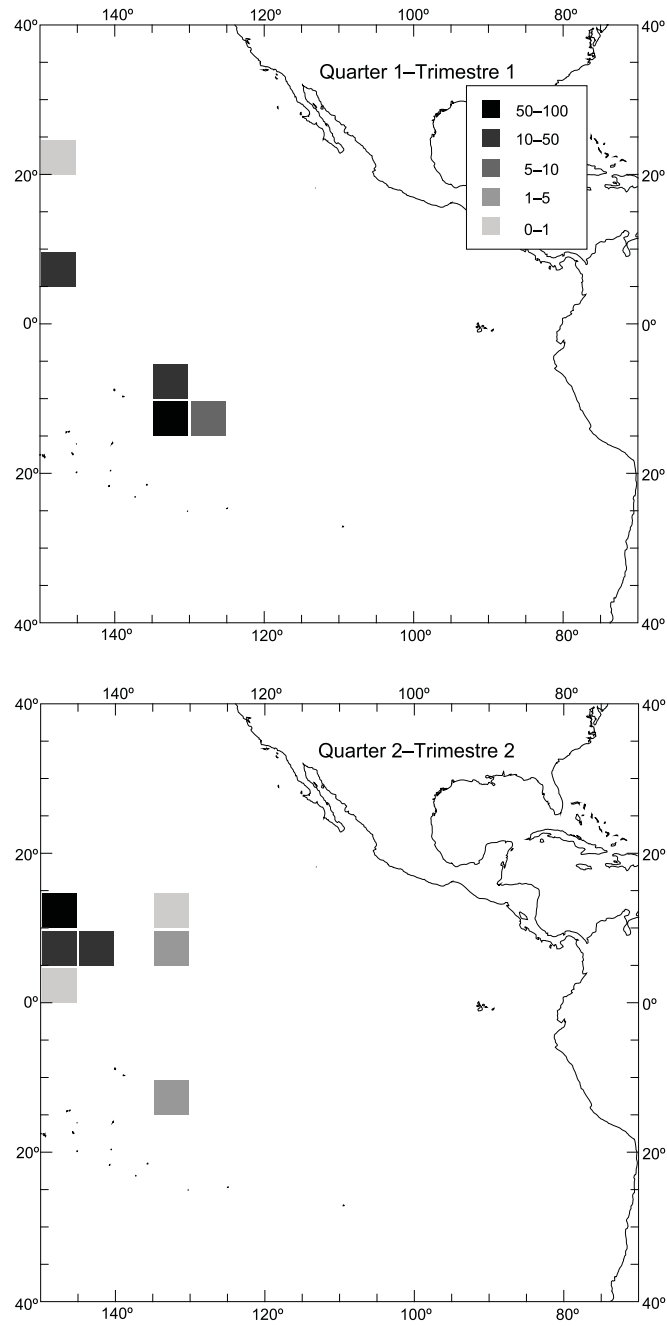


FIGURE 56. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female yellowfin larger than 120 cm in length, 1993-1997.

FIGURA 56. Distribución trimestral de proporciones de hembras maduras a todas aletas amarillas hembra de más de 120 cm de talla, 1993-1997.

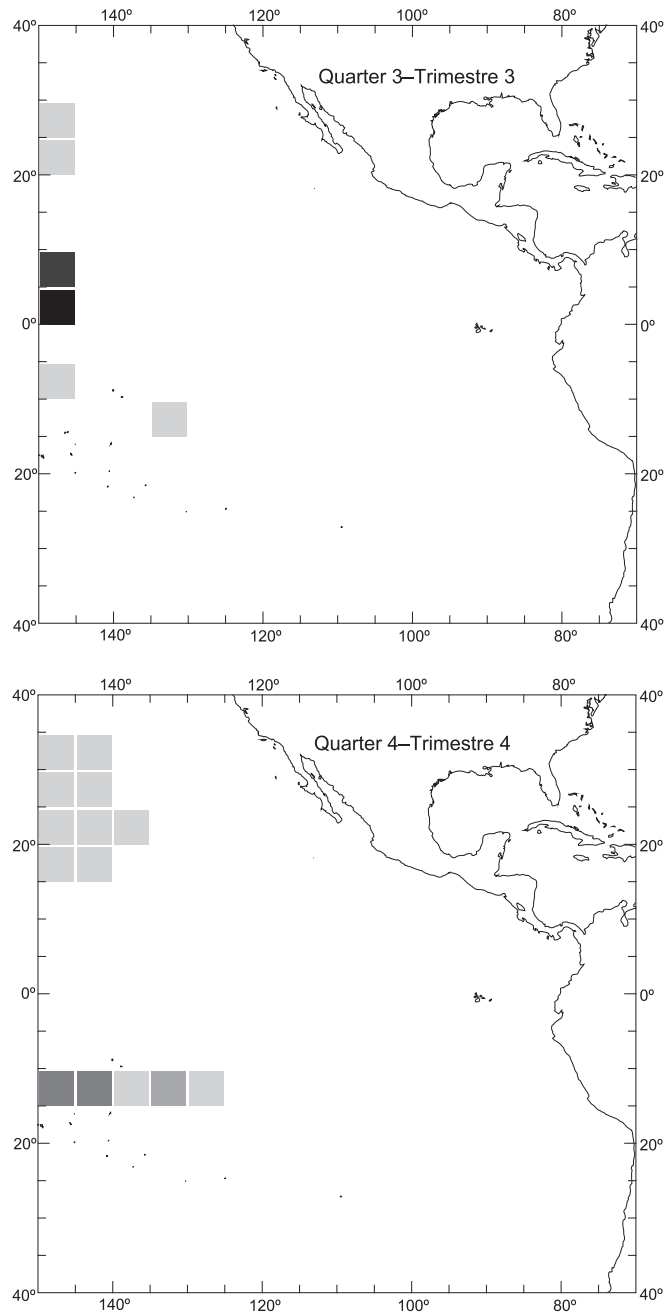


FIGURE 56. (continued)

FIGURA 56. (continuación)

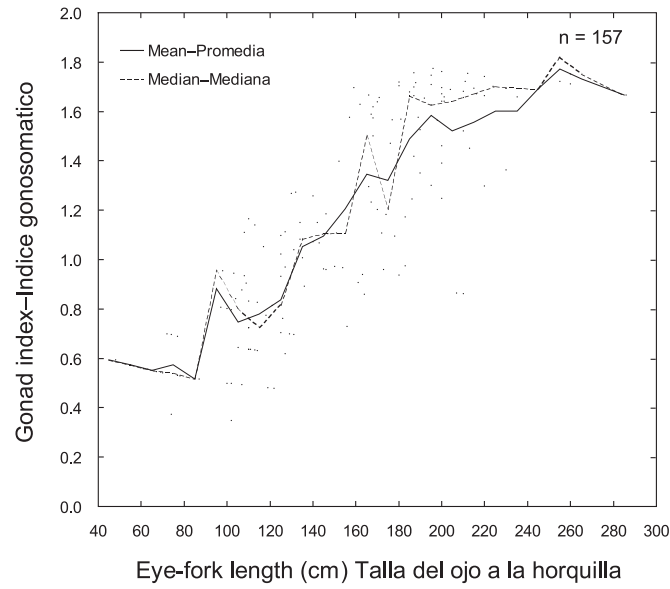


FIGURE 57. Relation between gonad index and length for female swordfish, 1993-1997.
FIGURA 57. Relación entre índice gonadal y talla para peces espadas hembra, 1993-1997.

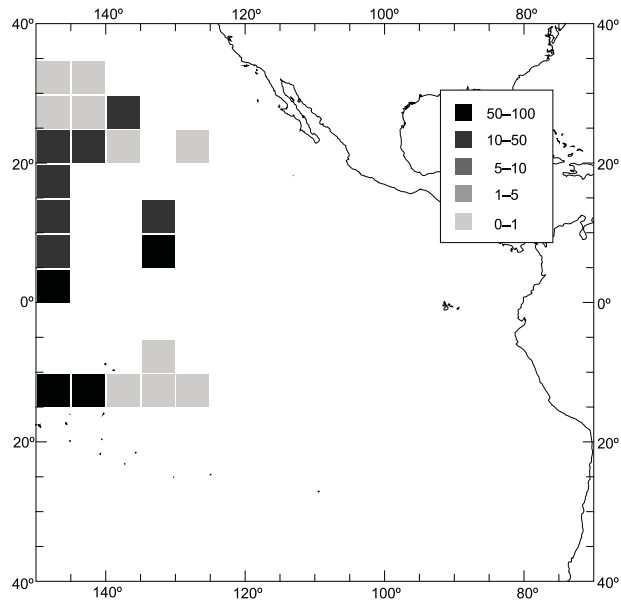


FIGURE 58. Distribution of ratios of mature females to all female swordfish, all quarters combined, 1993-1997.
FIGURA 58. Distribución de proporciones de hembras maduras a todos peces espada hembra, todos los trimestres combinados, 1993-1997.

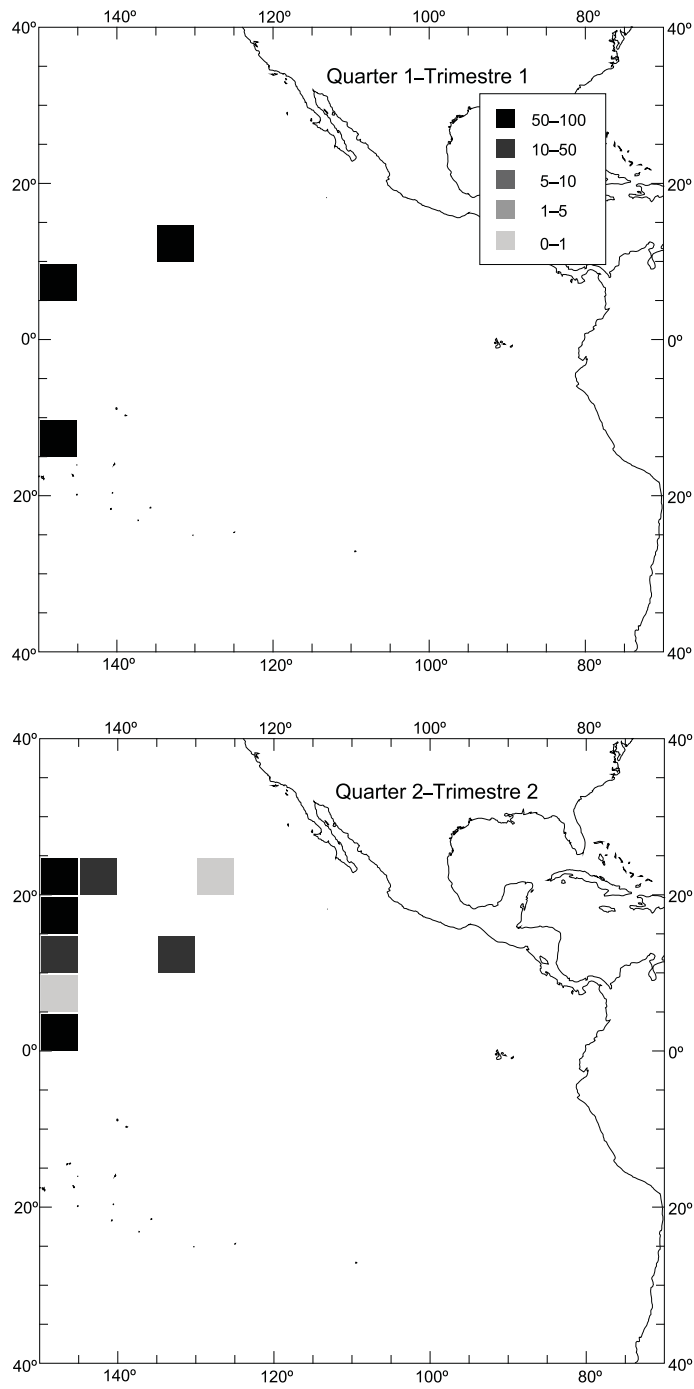


FIGURE 59. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female swordfish, 1993-1997.

FIGURA 59. Distribución trimestral de proporciones de hembras maduras a todos peces espada hembra, 1993-1997.

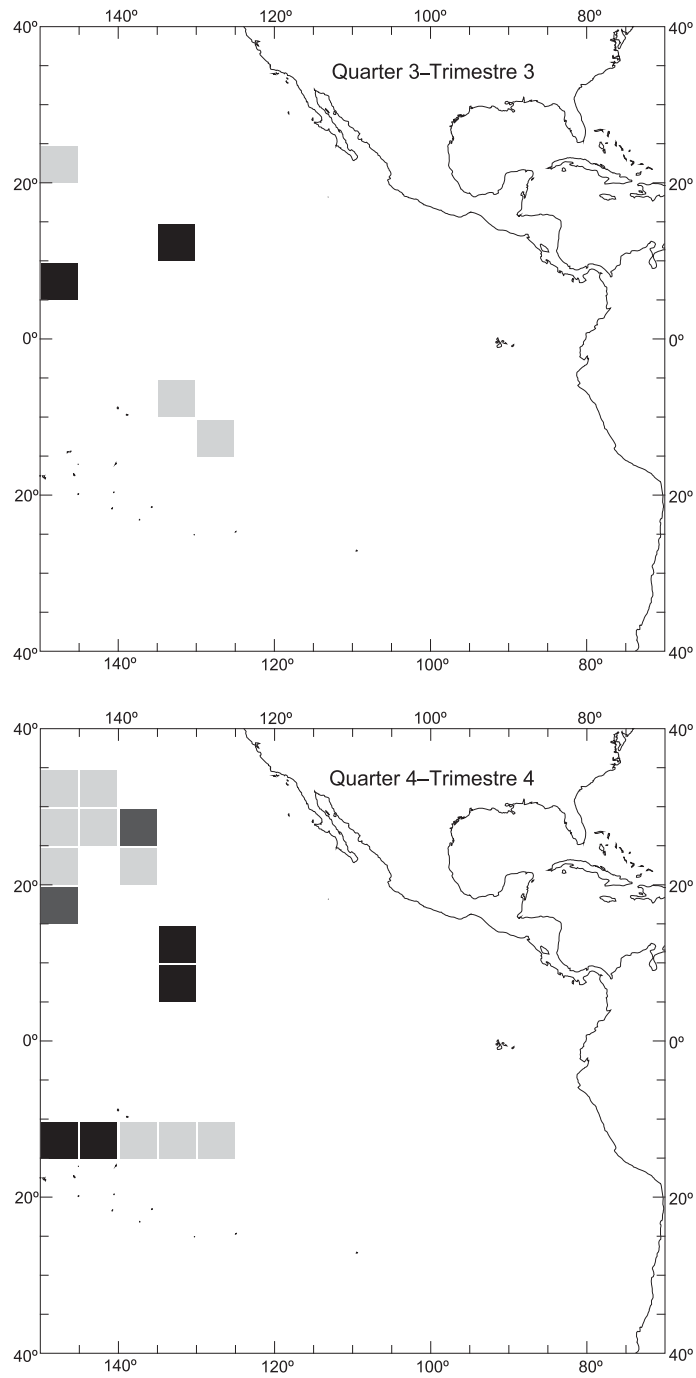


FIGURE 59. (continued)

FIGURA 59. (continuación)

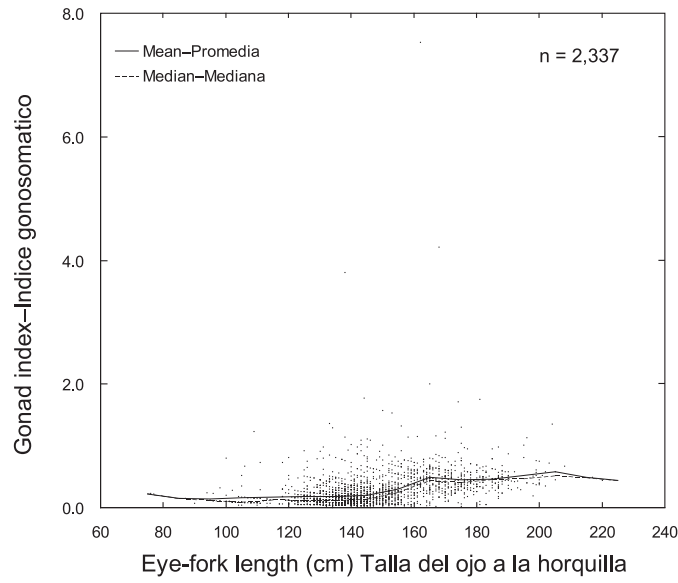


FIGURE 60. Relation between gonad index and length for female striped marlin, 1993-1997.
FIGURA 60. Relación entre índice gonadal y talla para marlines rayados hembra, 1993-1997.

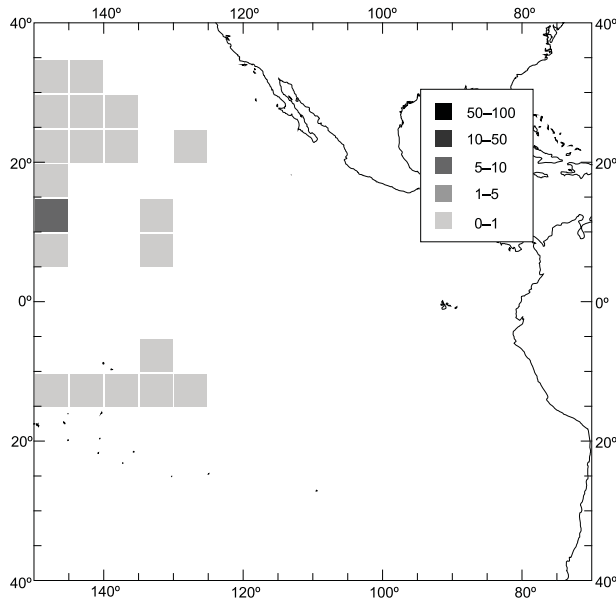


FIGURE 61. Distribution of ratios of mature females to all female striped marlin larger than 150 cm in length, all quarters combined, 1993-1997.
FIGURA 61. Distribución de proporciones de hembras maduras a todos marlines rayados hembra de más de 150 cm de talla, todos los trimestres combinados, 1993-1997.

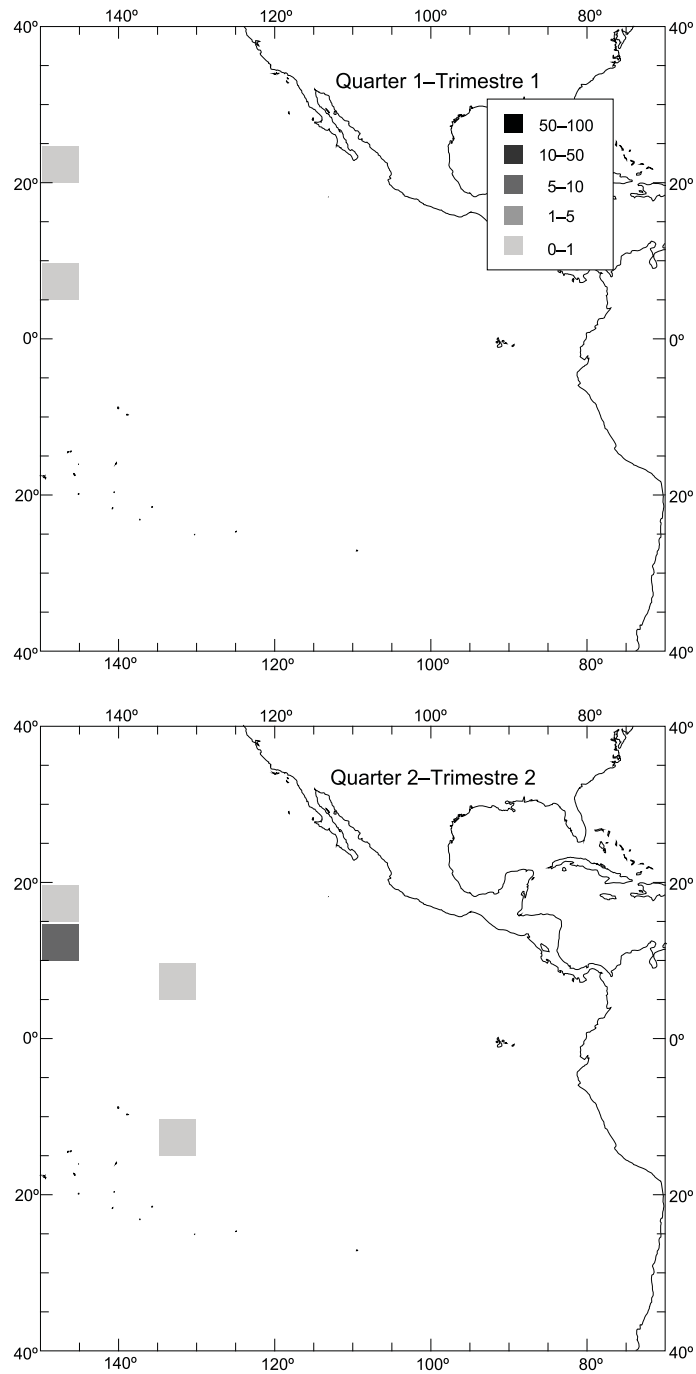


FIGURE 62. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female striped marlin larger than 150 cm in length, 1993-1997.

FIGURA 62. Distribución trimestral de proporciones de hembras maduras a todos marlines rayados hembra de más de 150 cm de talla, 1993-1997.

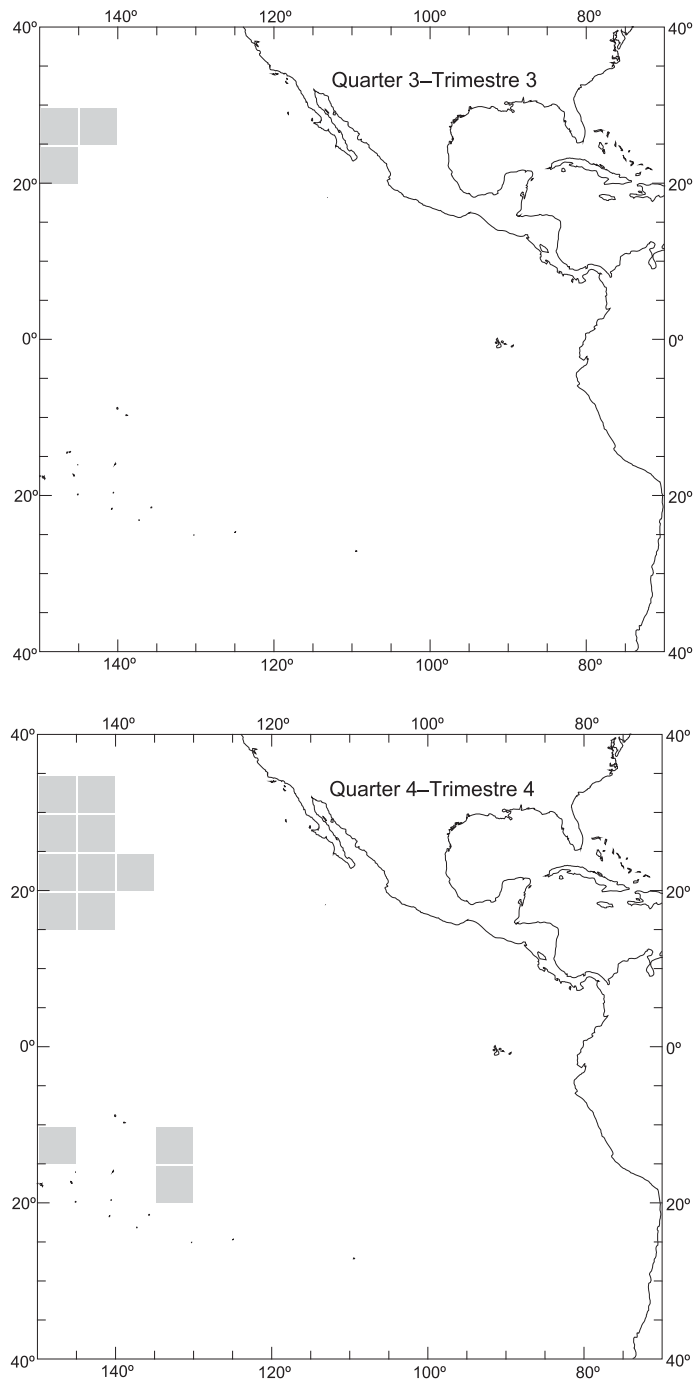


FIGURE 62. (continued)

FIGURA 62. (continuación)

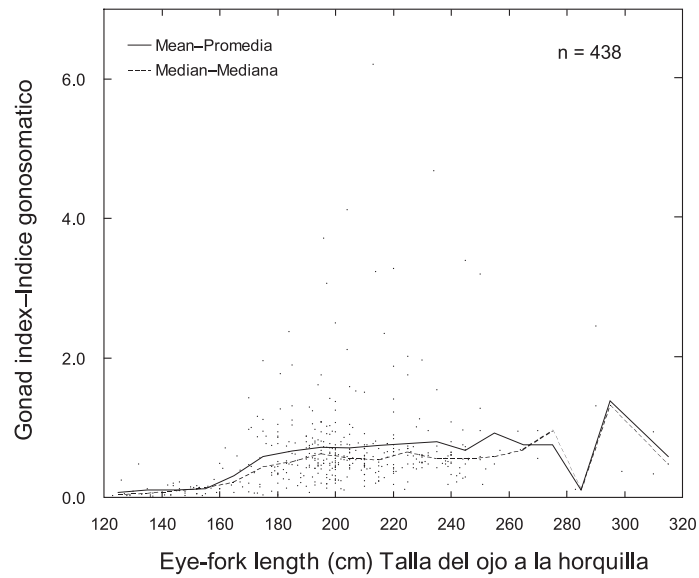


FIGURE 63. Relation between gonad index and length for female blue marlin, 1993-1997.

FIGURA 63. Relación entre índice gonadal y talla para marlines azules hembra, 1993-1997.

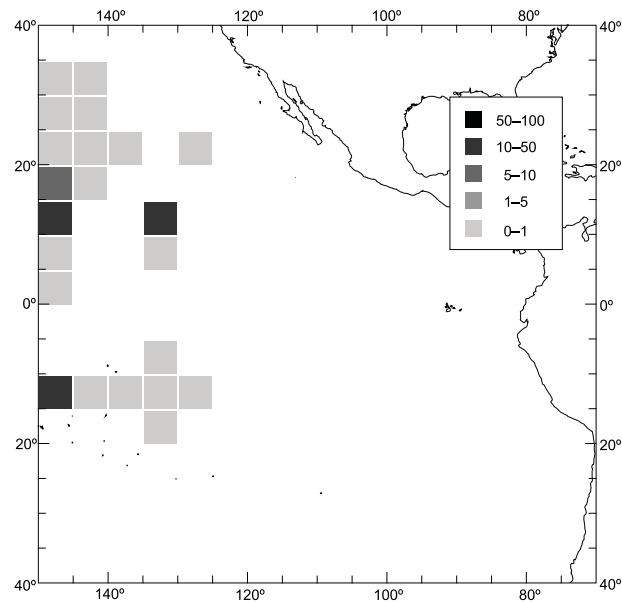


FIGURE 64. Distribution of ratios of mature females to all female blue marlin larger than 180 cm in length, all quarters combined, 1993-1997.

FIGURA 64. Distribución de proporciones de hembras maduras a todos marlines azules hembra de más de 180 cm de talla, todos los trimestres combinados, 1993-1997.

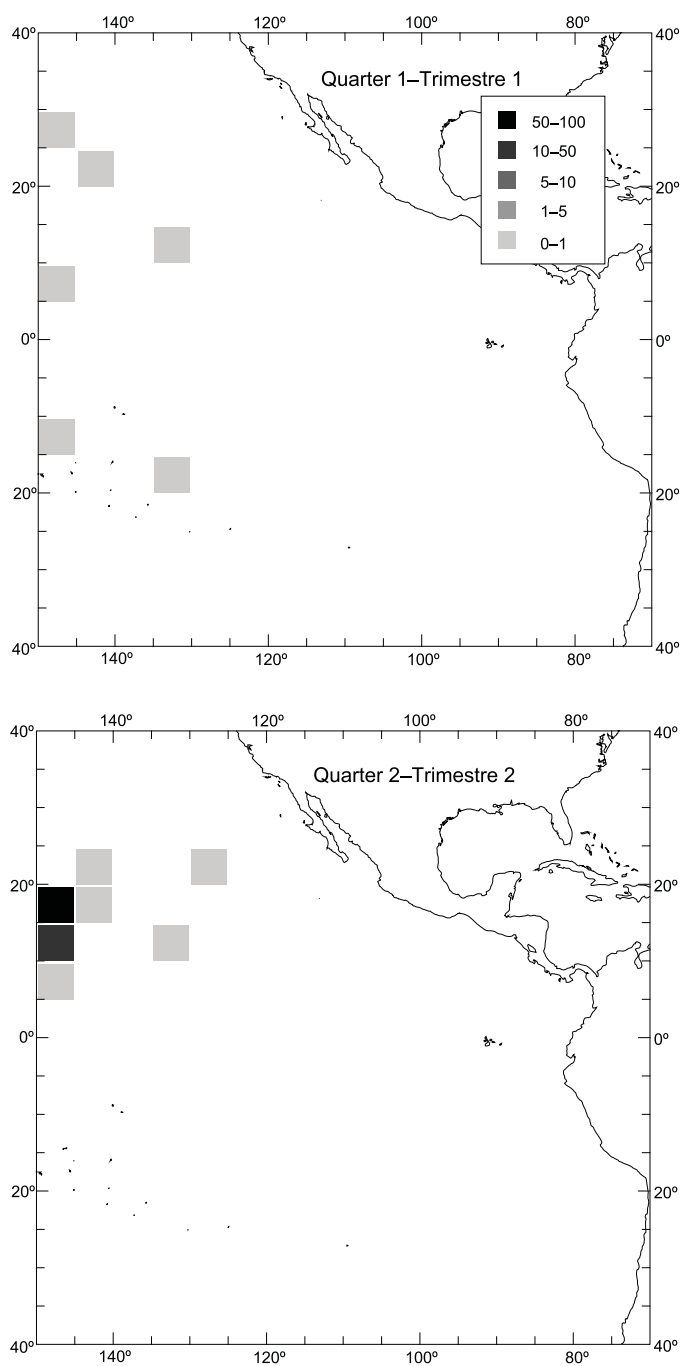


FIGURE 65. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female blue marlin larger than 180 cm in length, 1993-1997.

FIGURA 65. Distribución trimestral de proporciones de hembras maduras a todos marlines azules hembra de más de 180 cm de talla, 1993-1997.

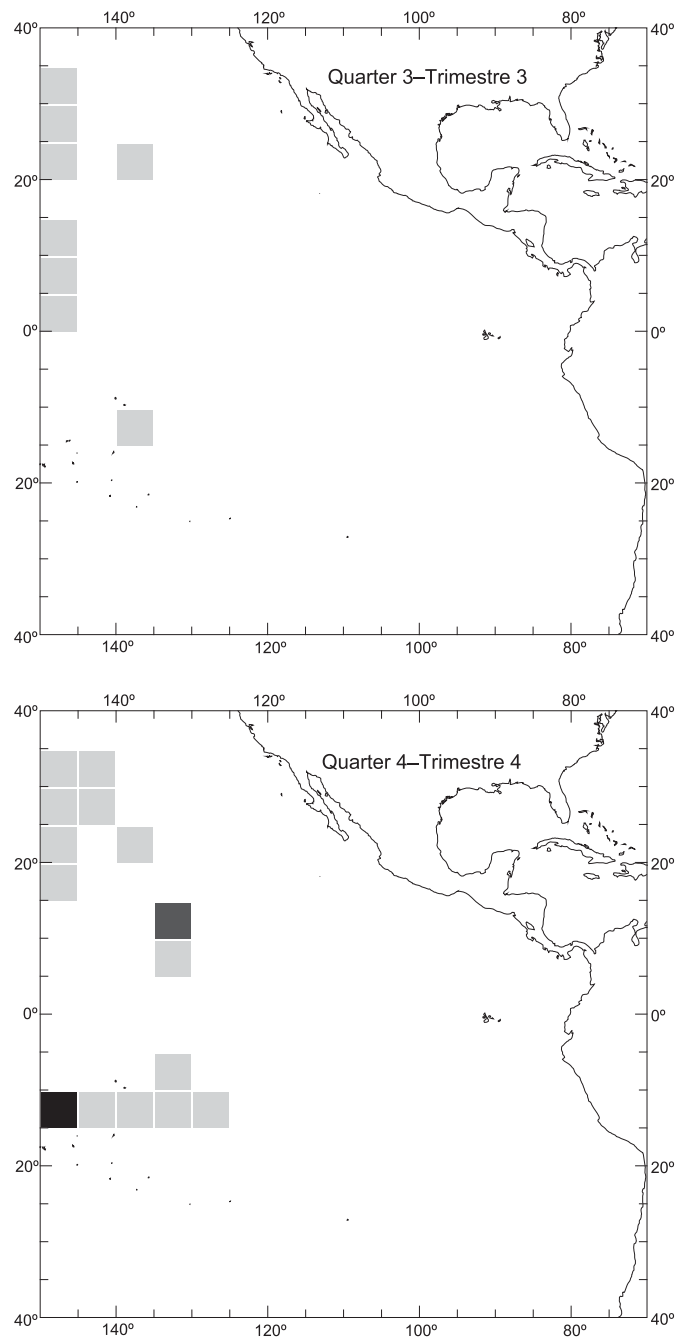


FIGURE 65. (continued)

FIGURA 65. (continuación)

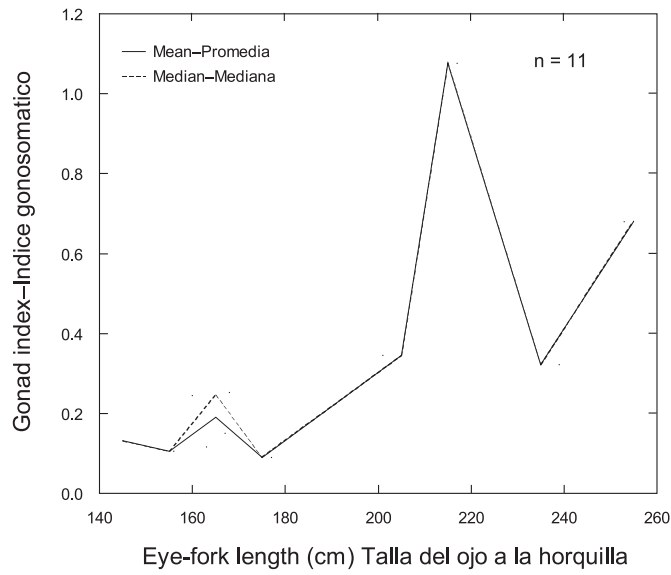


FIGURE 66. Relation between gonad index and length for female black marlin, 1993-1997.
FIGURA 66. Relación entre índice gonadal y talla para marlines negros hembras, 1993-1997.

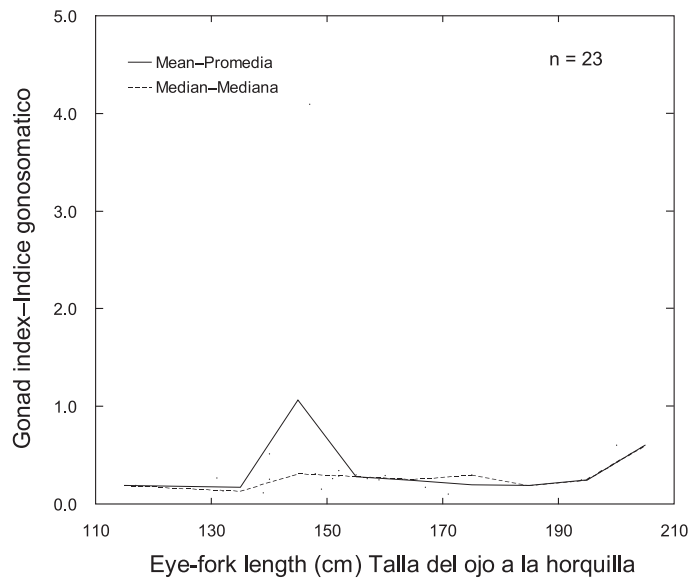


FIGURE 67. Relation between gonad index and length for female sailfish, 1993-1997.
FIGURA 67. Relación entre índice gonadal y talla para peces vela hembra, 1993-1997.

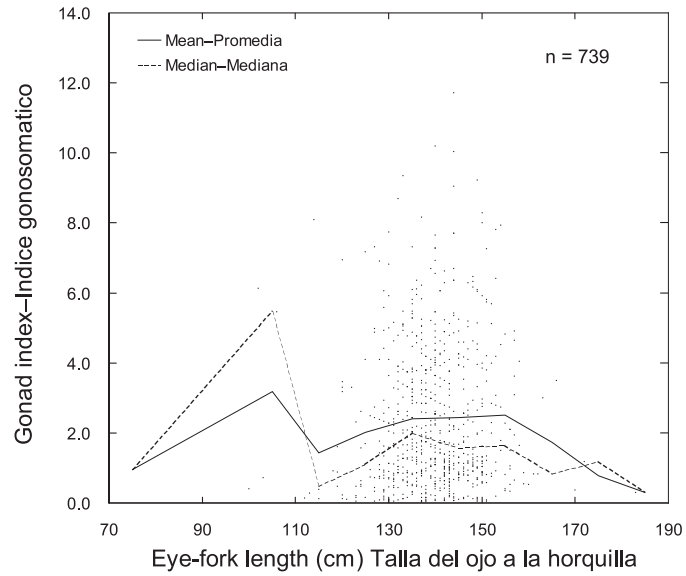


FIGURE 68. Relation between gonad index and length for female shortbill spearfish, 1993-1997.

FIGURA 68. Relación entre índice gonadal y talla para marlines trompa corta hembra, 1993-1997.

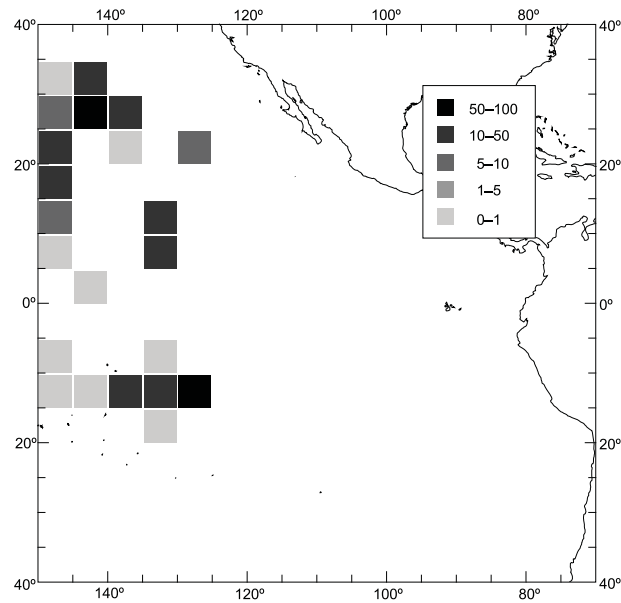


FIGURE 69. Distribution of ratios of mature females to all female shortbill spearfish, all quarters combined, 1993-1997.

FIGURA 69. Distribución de proporciones de hembras maduras a todos marlines trompa corta hembra, todos los trimestres combinados, 1993-1997.

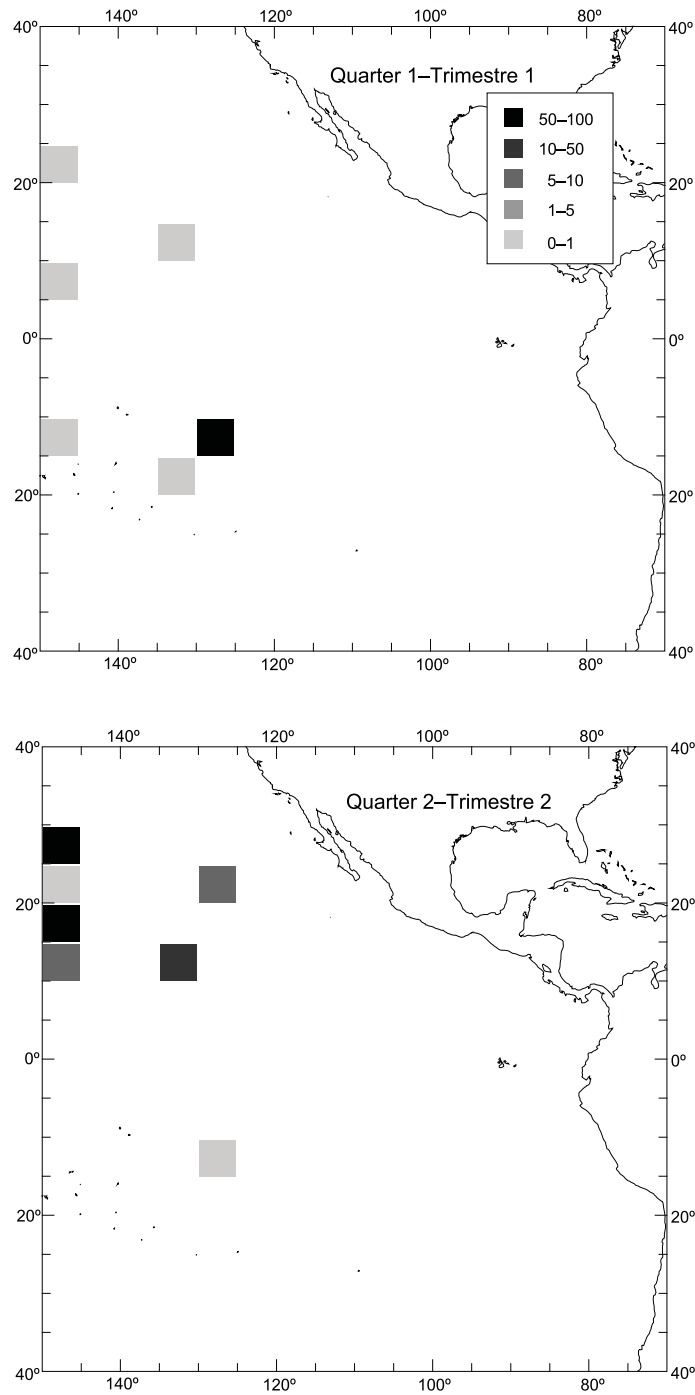


FIGURE 70. Quarterly distributions of ratios of mature females to all shortbill spearfish, 1993-1997.

FIGURA 70. Distribución trimestral de proporciones de hembras maduras a todos marlines trompa corta hembra, 1993-1997.

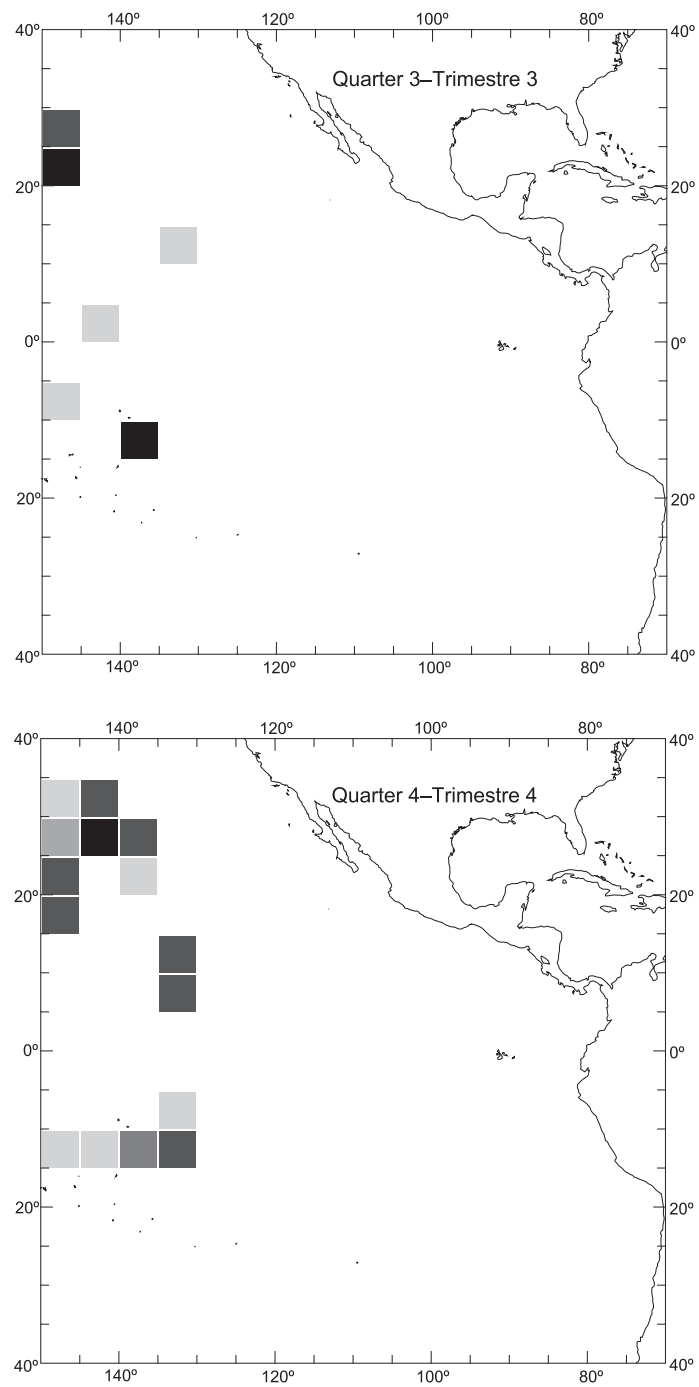


FIGURE 70. (continued)

FIGURA 70. (continuación)

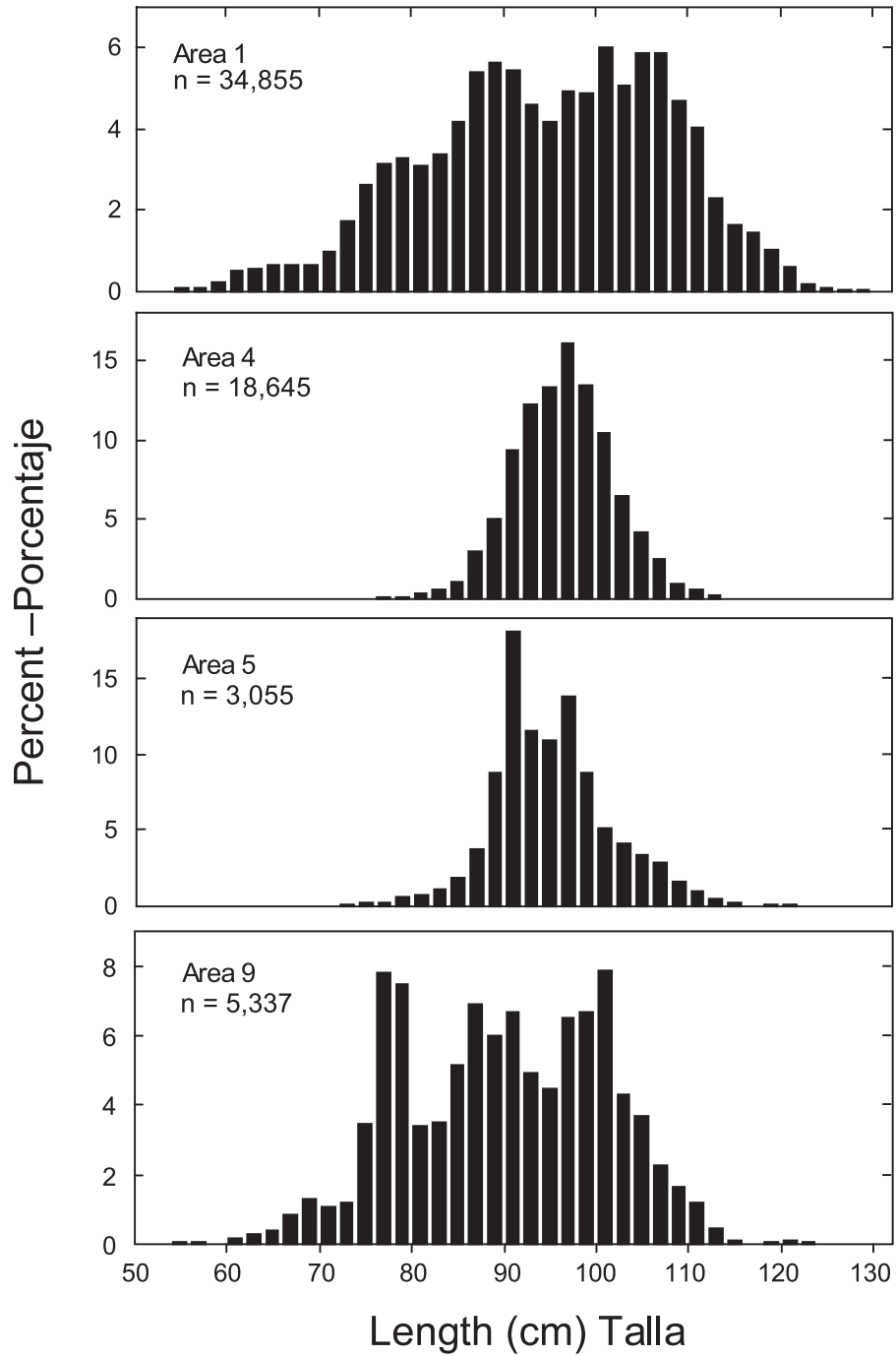


FIGURE 71. Length frequencies of albacore by area, 1993-1997.

FIGURA 71. Frecuencias de talla de albacora por área, 1993-1997.

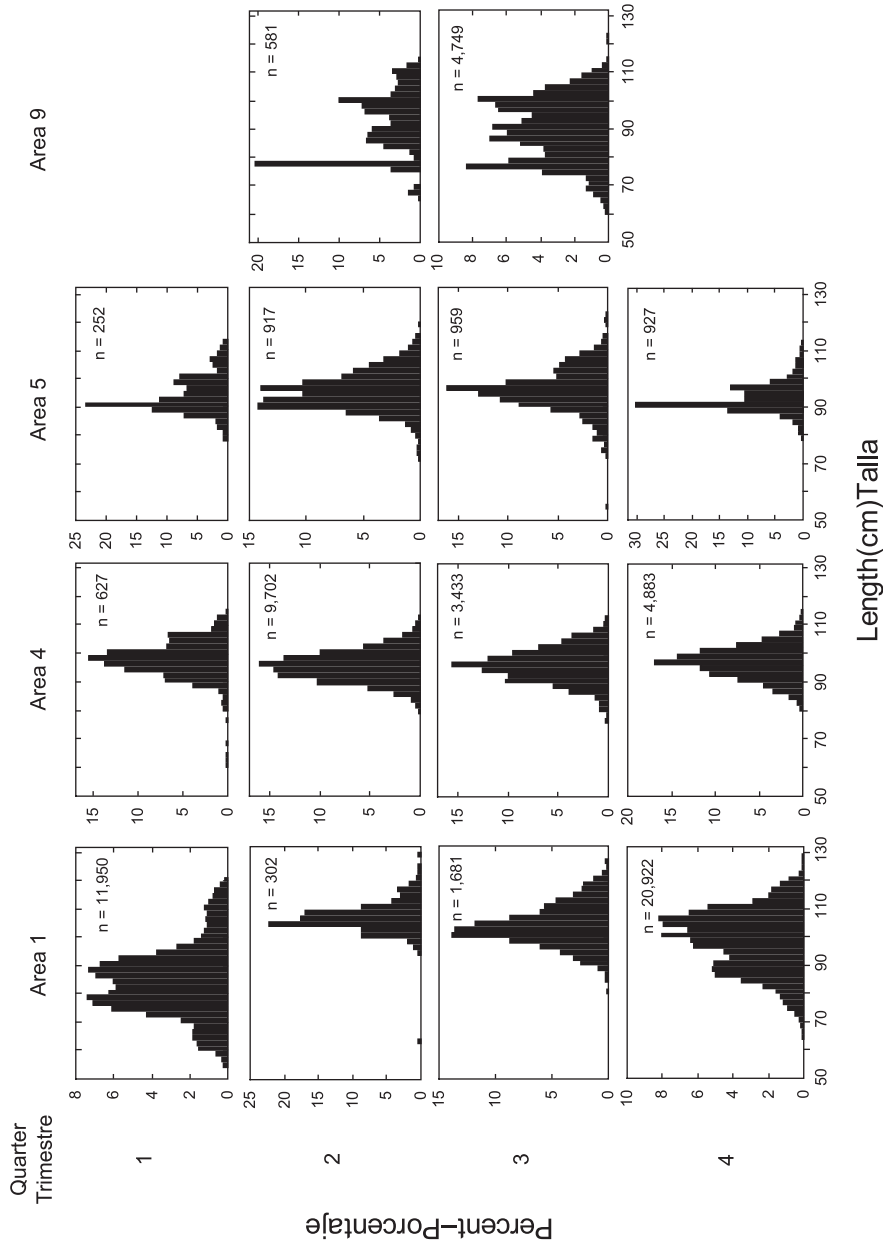


FIGURE 72. Quarterly length frequencies of albacore by area, 1993-1997.

FIGURA 72. Frecuencias de talla trimestrales de albacora por área, 1993-1997.

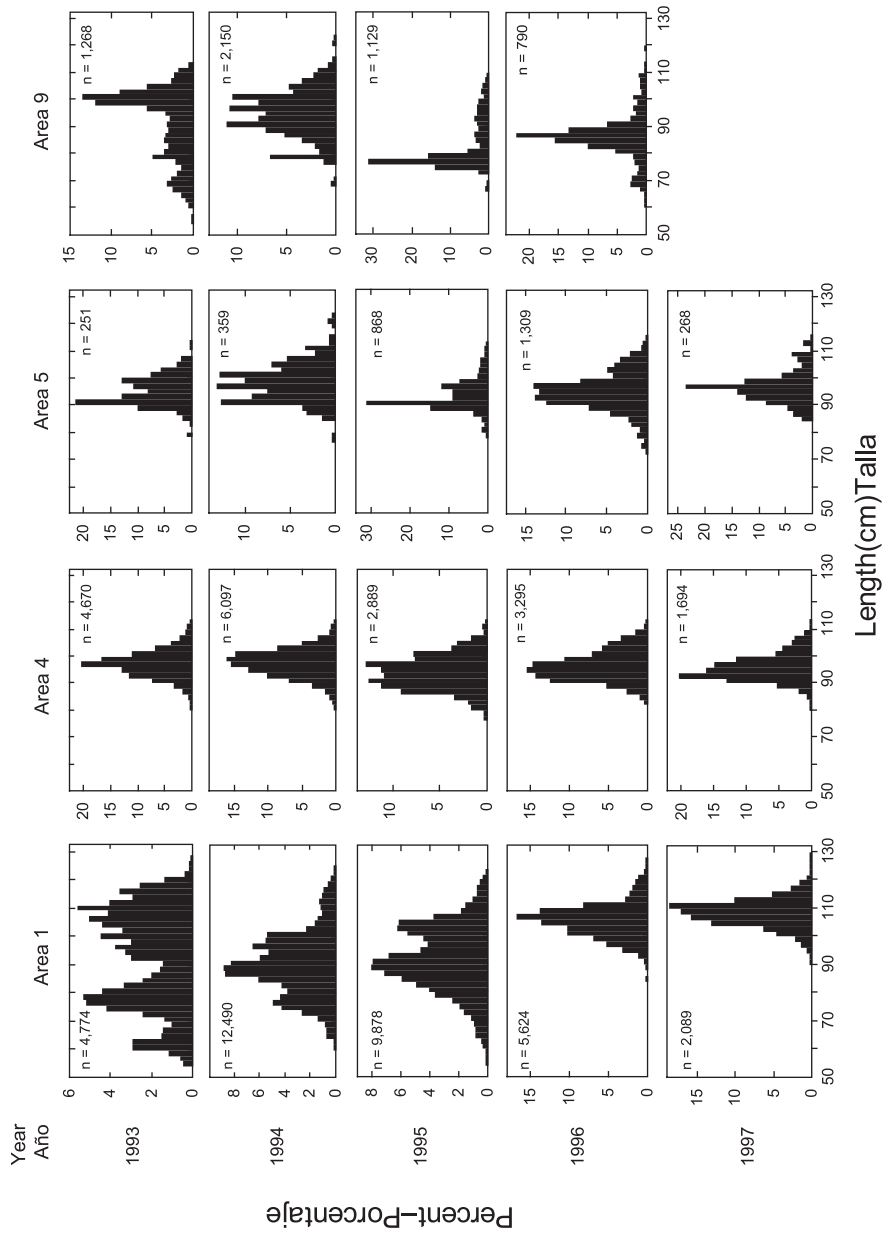


FIGURE 73. Annual length frequencies of albacore by area, 1993-1997.
FIGURA 73. Frecuencias de talla anuales de albacora por área, 1993-1997.

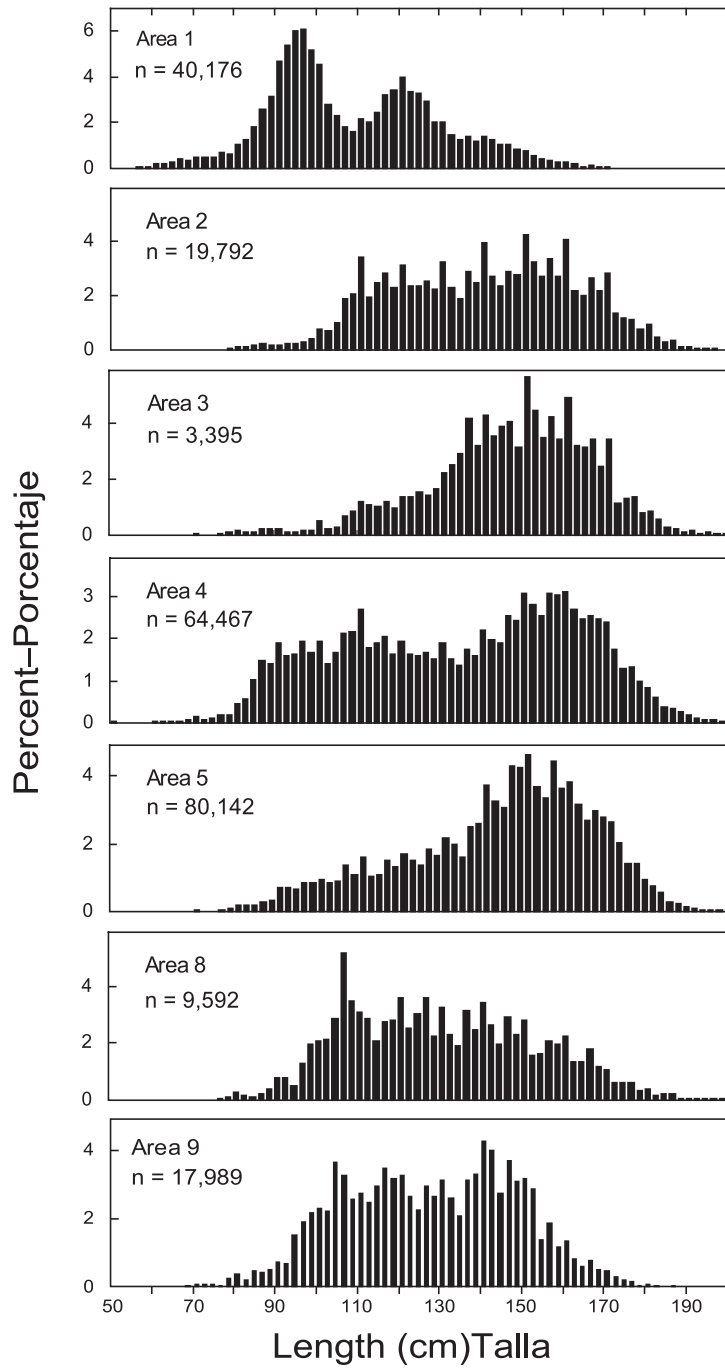


FIGURE 74. Length frequencies of bigeye by area, 1993-1997.

FIGURA 74. Frecuencias de talla de patudo por área, 1993-1997.

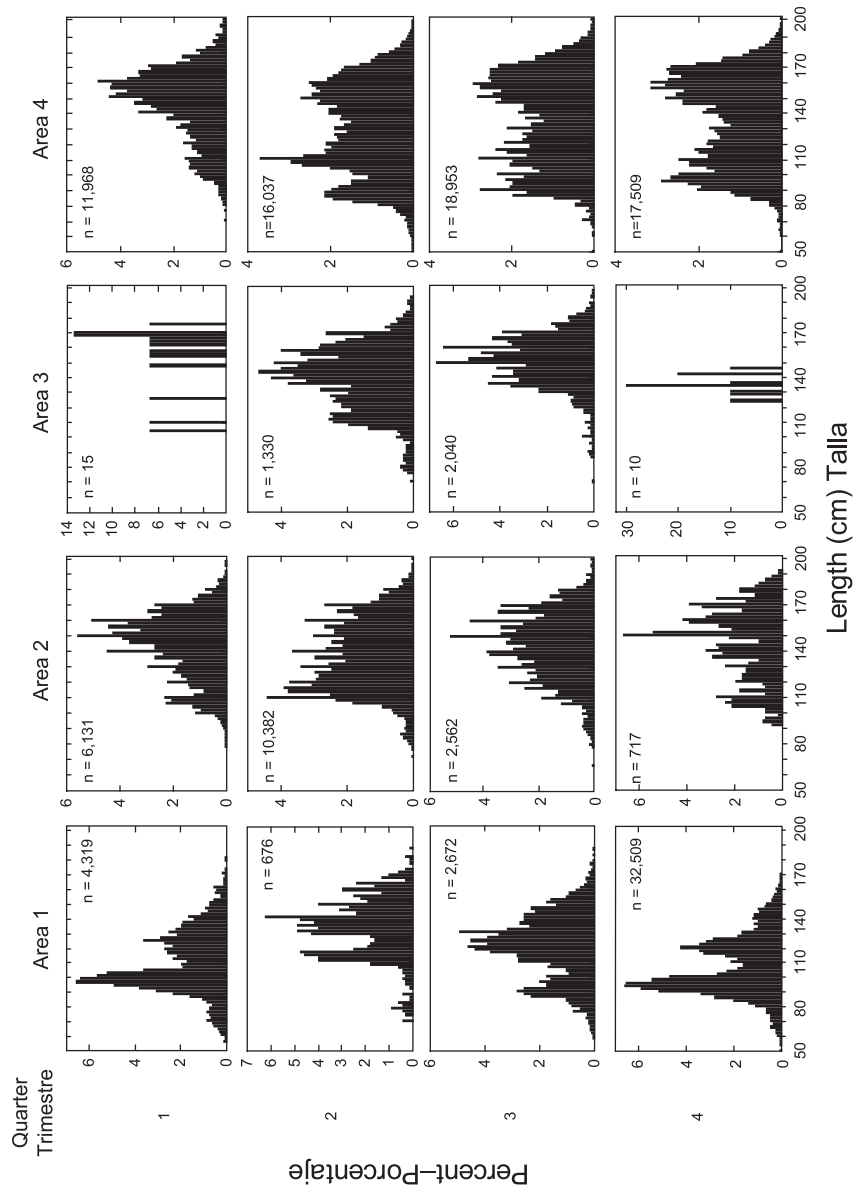


FIGURE 75. Quarterly length frequencies of bigeye by area, 1993-1997.
FIGURA 75. Frecuencias de talla trimestrales de patudo por área, 1993-1997.

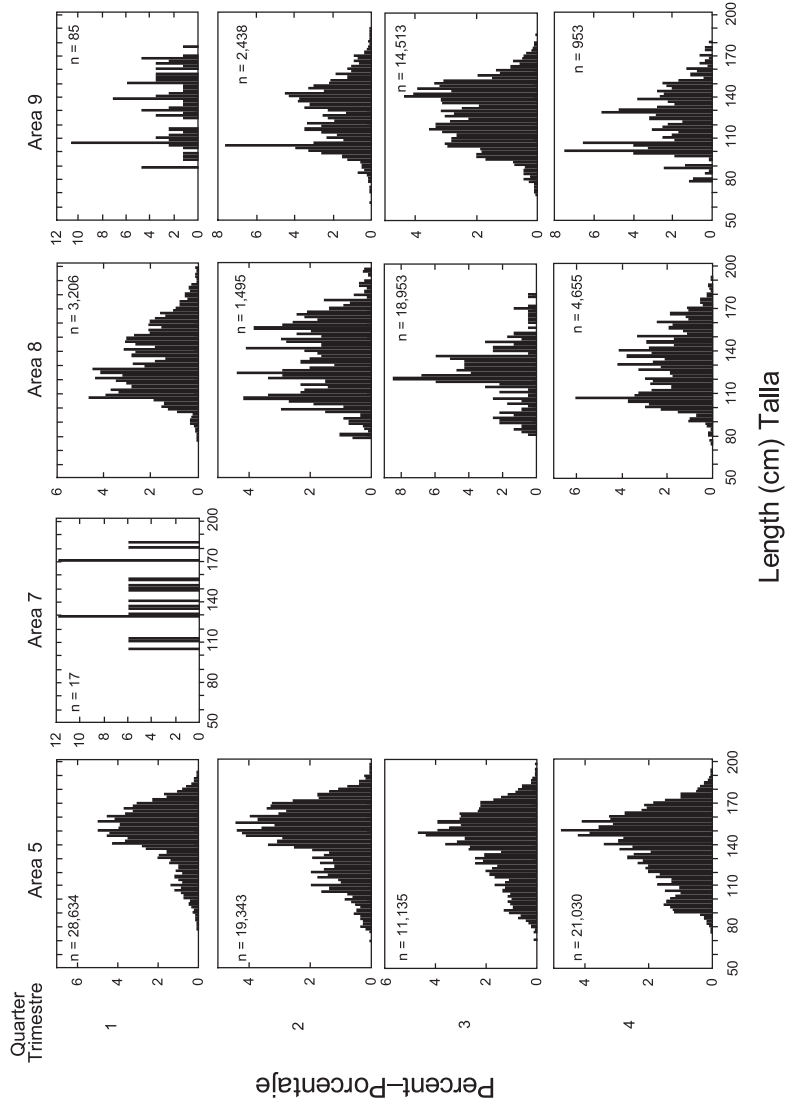


FIGURE 75. (continued)
FIGURA 75. (continuación)

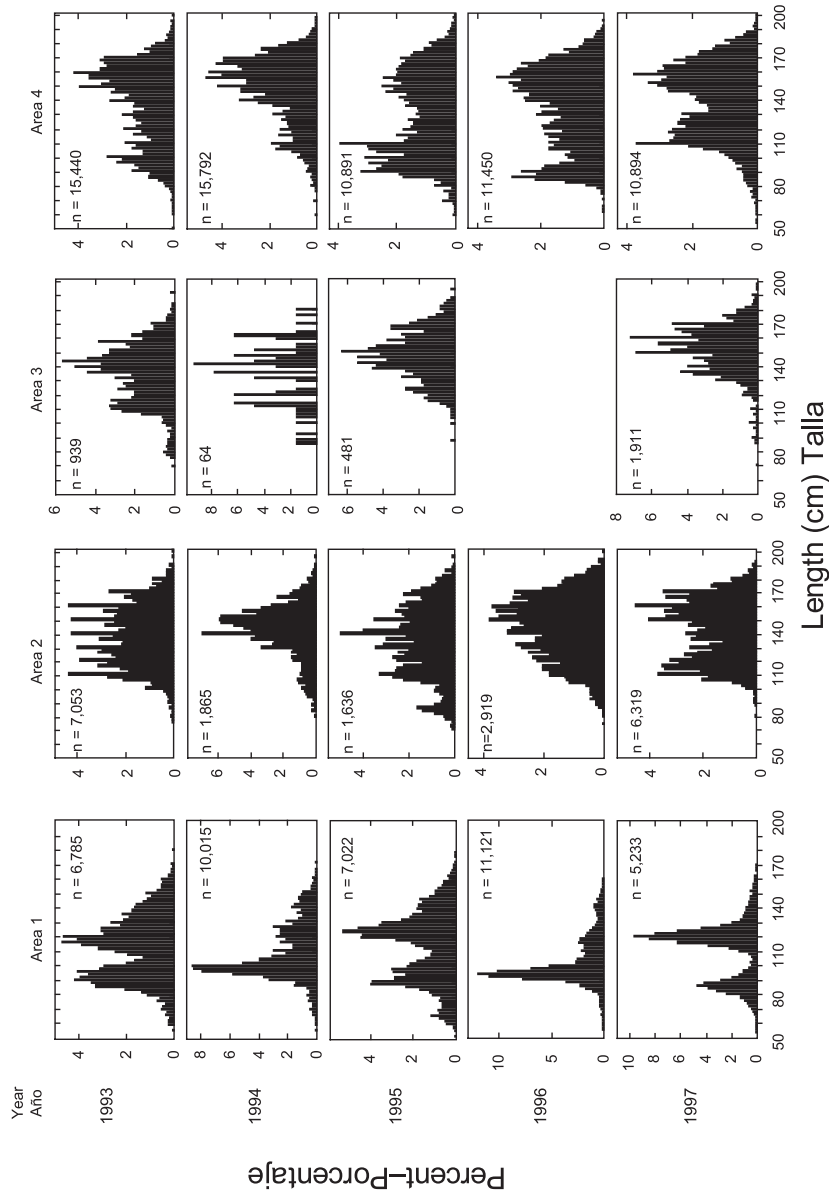


FIGURE 76. Annual length frequencies of bigeye by area, 1993-1997.
FIGURA 76. Frecuencias de talla anuales de patudo por área, 1993-1997.

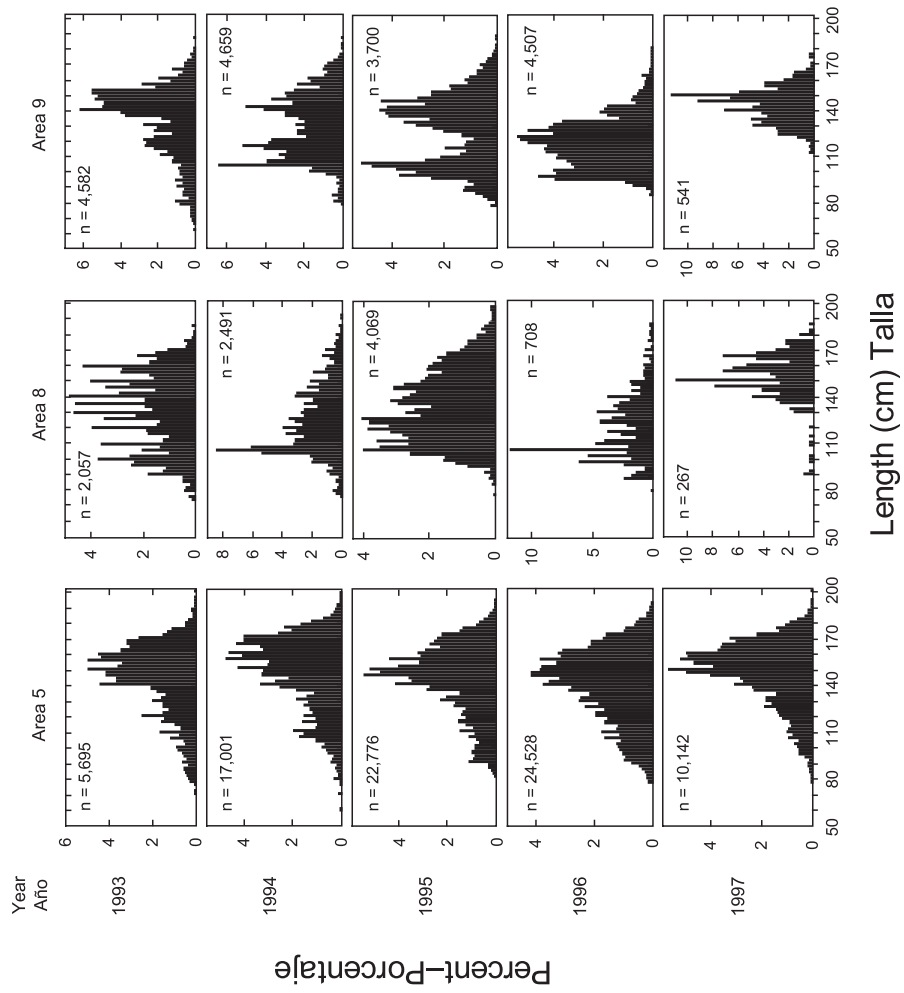


FIGURE 76. (continued)
 FIGURA 76. (continuación)

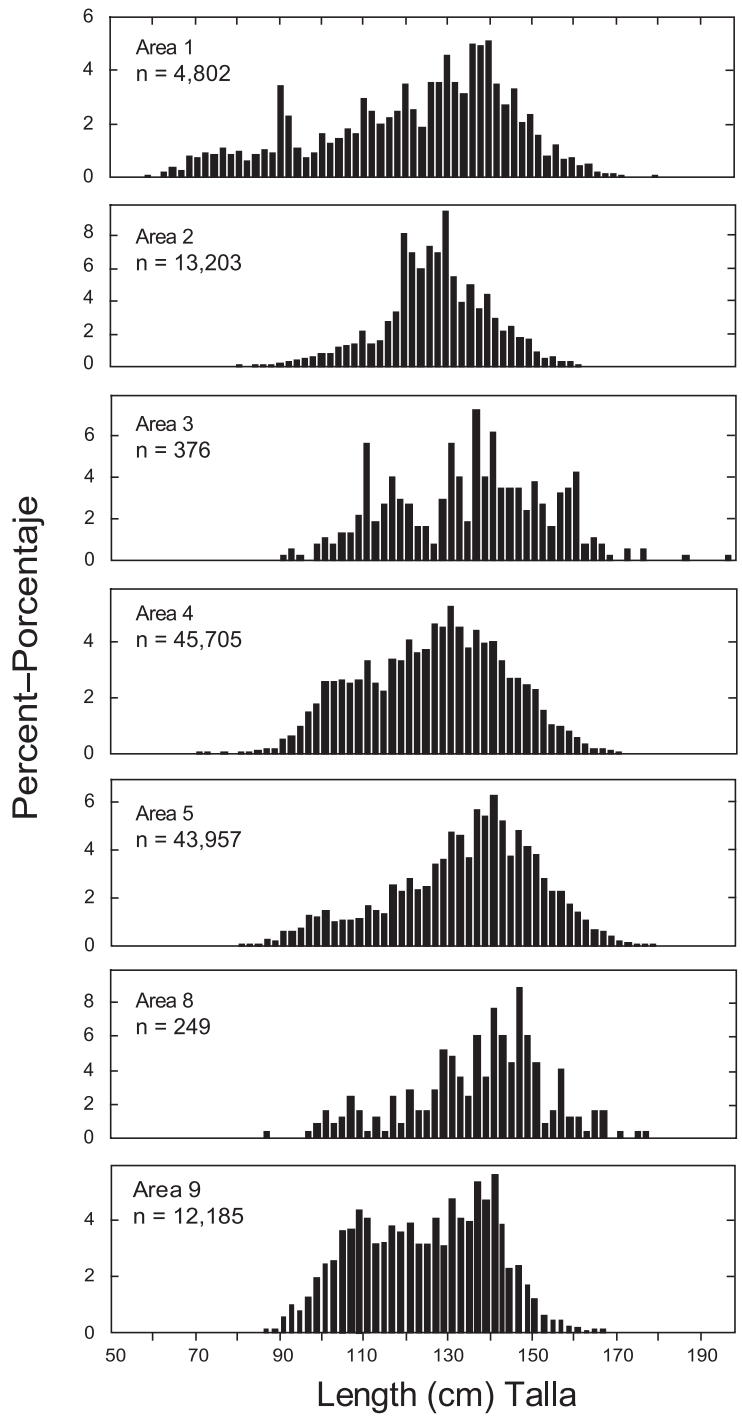


FIGURE 77. Length frequencies of yellowfin by area, 1993-1997.

FIGURA 77. Frecuencias de talla de aleta amarilla por área, 1993-1997.

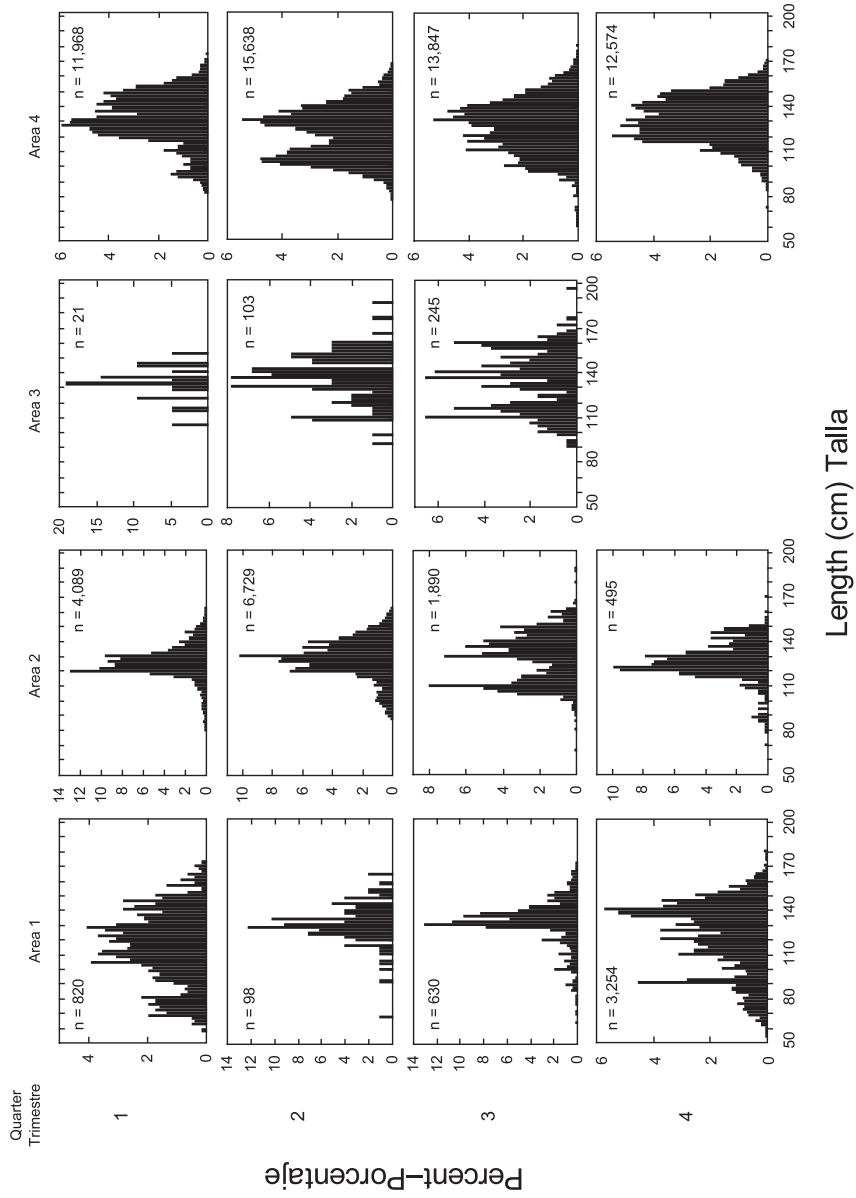


FIGURE 78. Quarterly length frequencies of yellowfin by area, 1993-1997.

FIGURA 78. Frecuencias de talla trimestrales de aleta amarilla por área, 1993-1997.

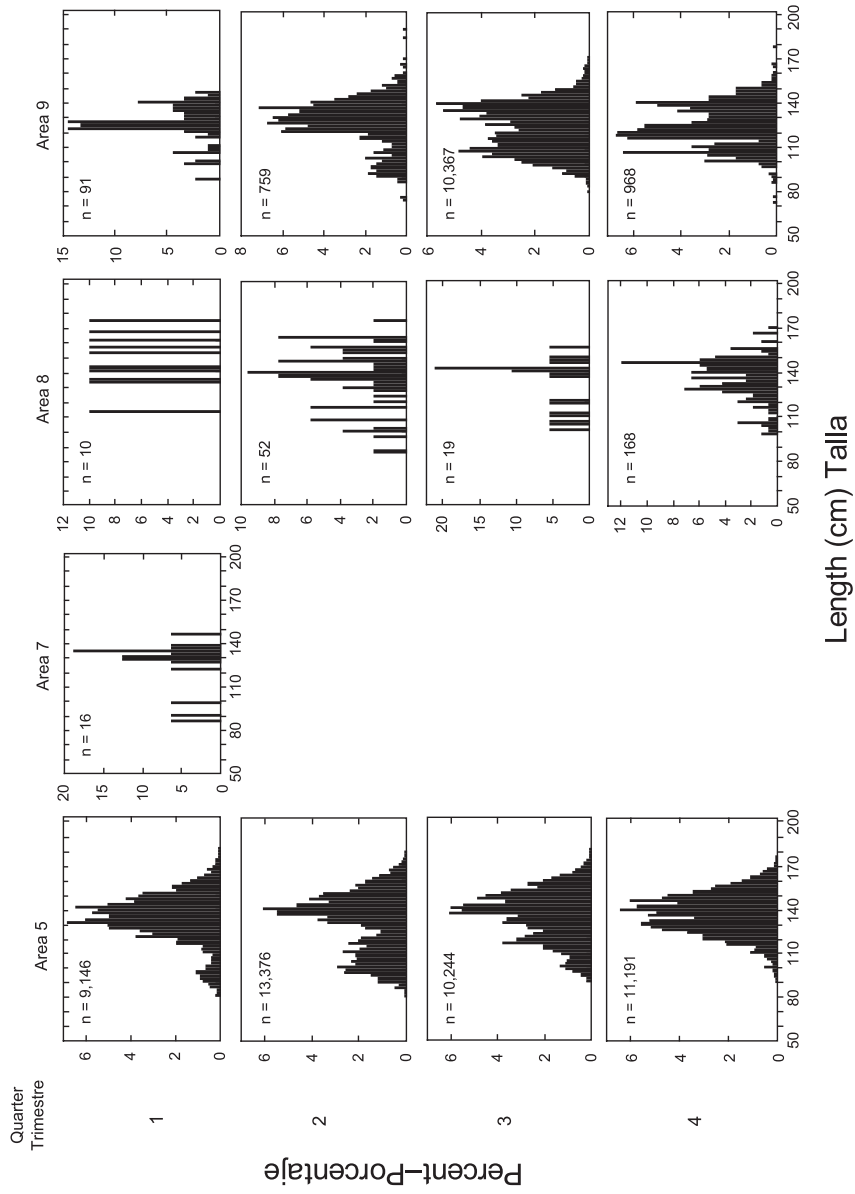


FIGURE 78. (continued)
 FIGURA 78. (continuación)

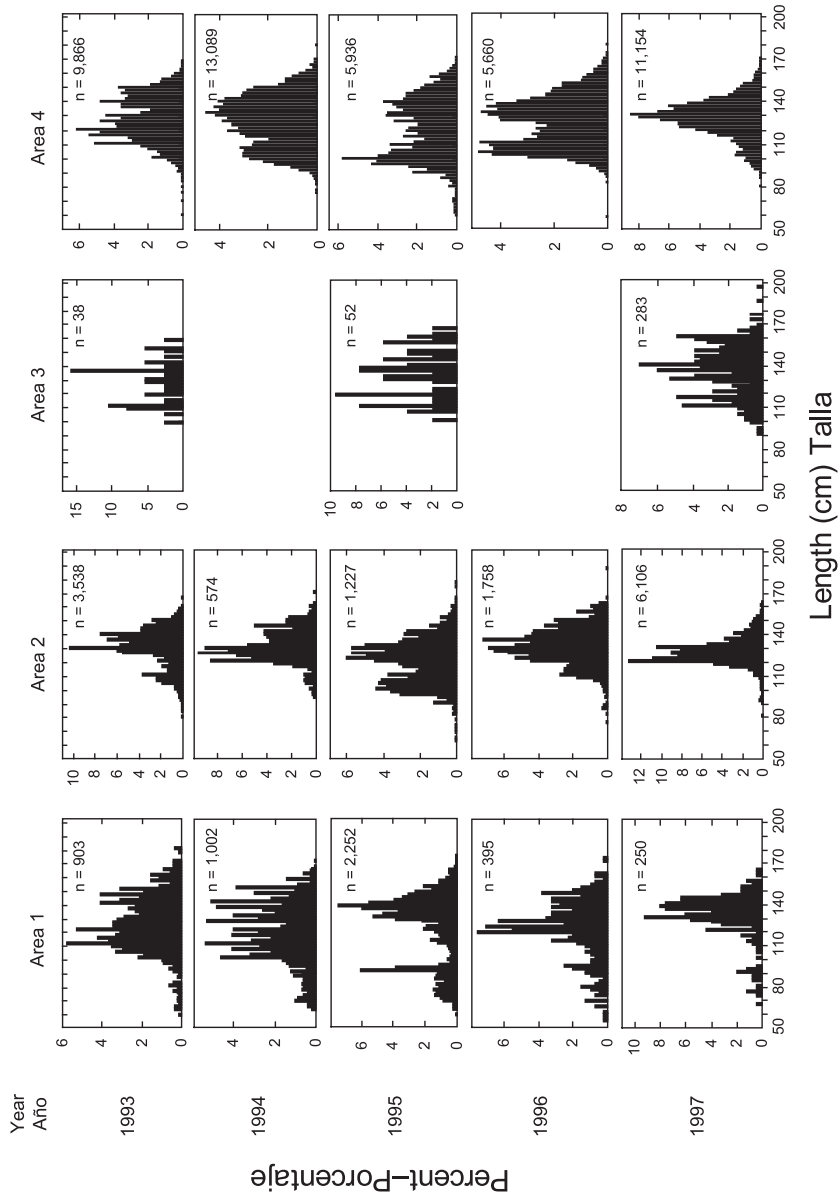


FIGURE 79. Annual length frequencies of yellowfin by area, 1993-1997.

FIGURA 79. Frecuencias de talla anuales de aleta amarilla por área, 1993-1997.

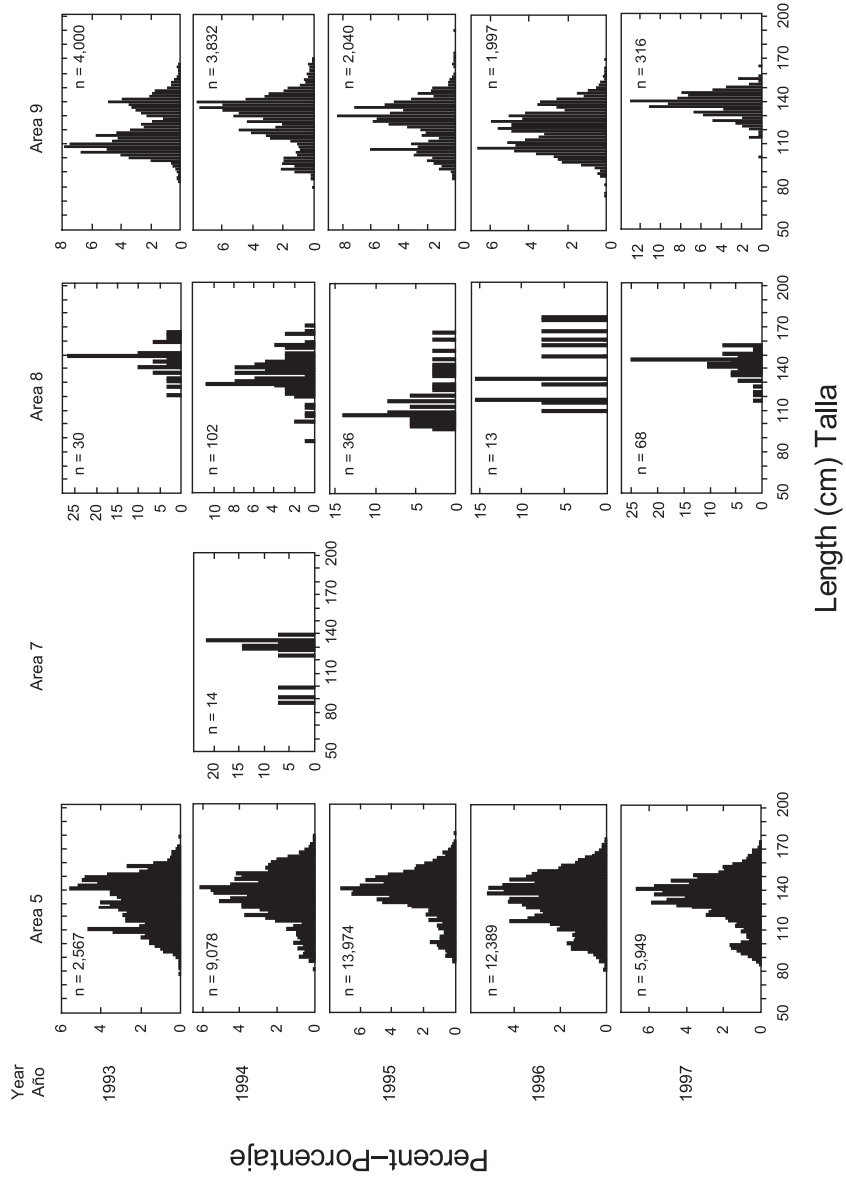


FIGURE 79. (continued)
 FIGURA 79. (continuación)

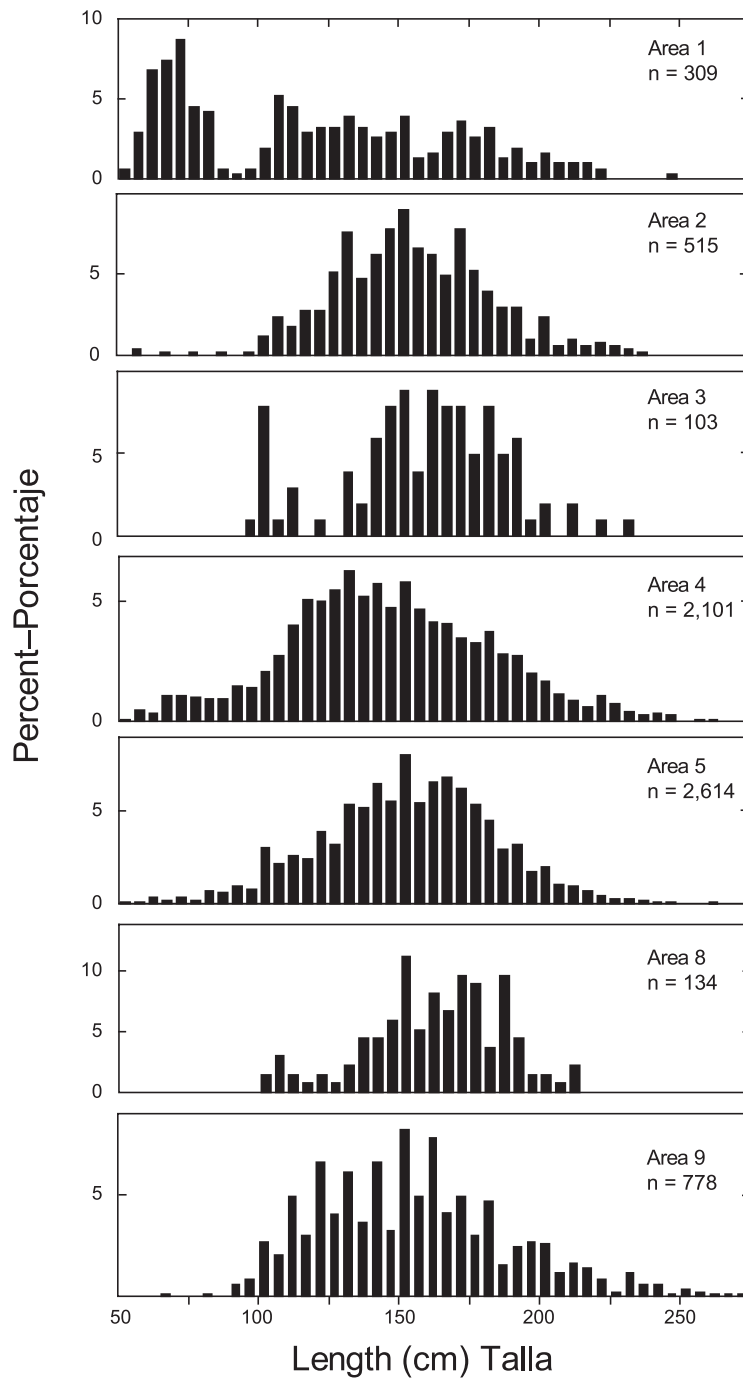


FIGURE 80. Length frequencies of swordfish by area, 1993-1997.

FIGURA 80. Frecuencias de talla de pez espada por área, 1993-1997.

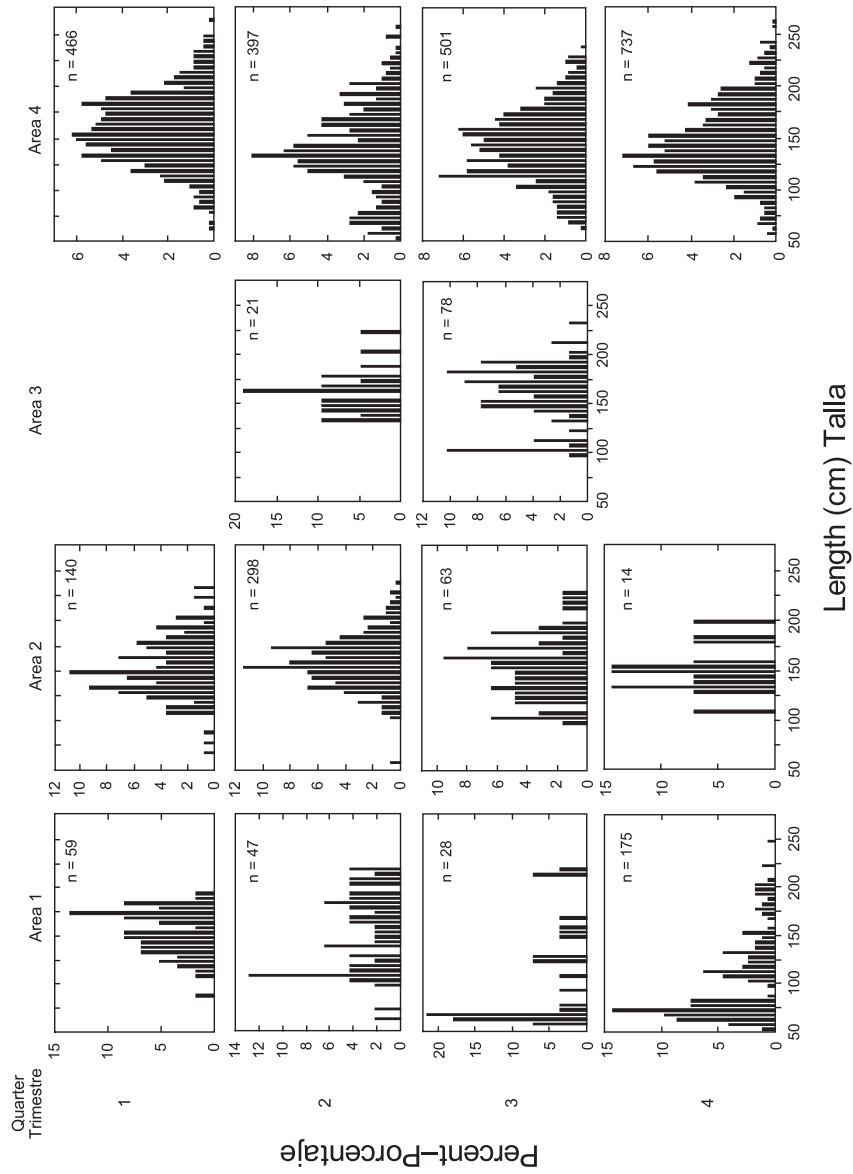


FIGURE 81. Quarterly length frequencies of swordfish by area, 1993-1997.
FIGURA 81. Frecuencias de talla trimestrales de pez espada por área, 1993-1997.

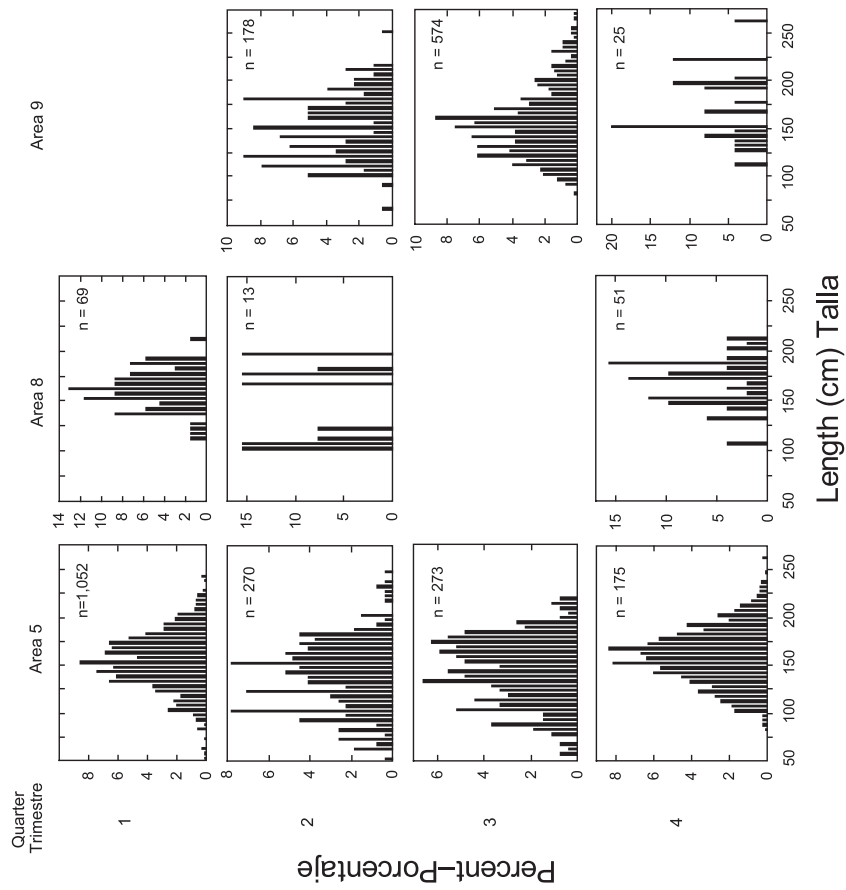


FIGURE 81. (continued)
 FIGURA 81. (continuación)

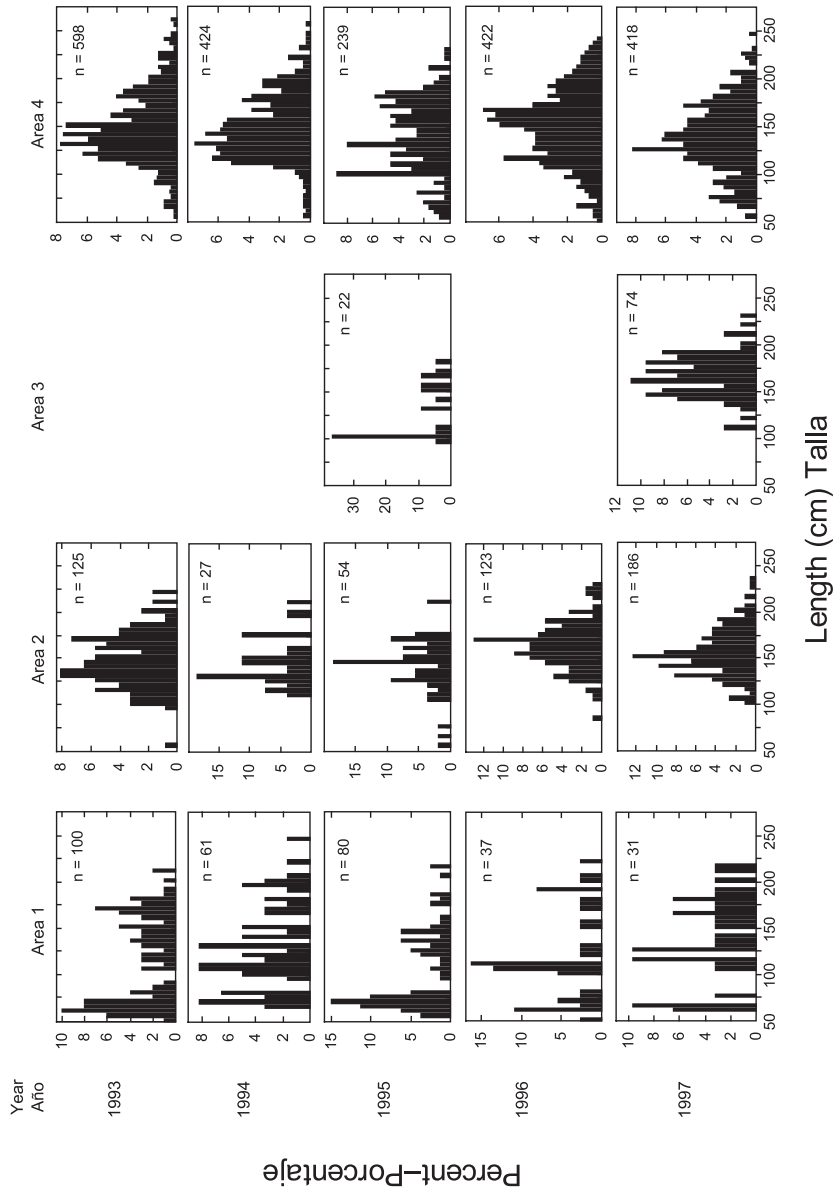


FIGURE 82. Annual length frequencies of swordfish by area, 1993-1997.

FIGURA 82. Frecuencias de talla anuales de pez espada por área, 1993-1997.

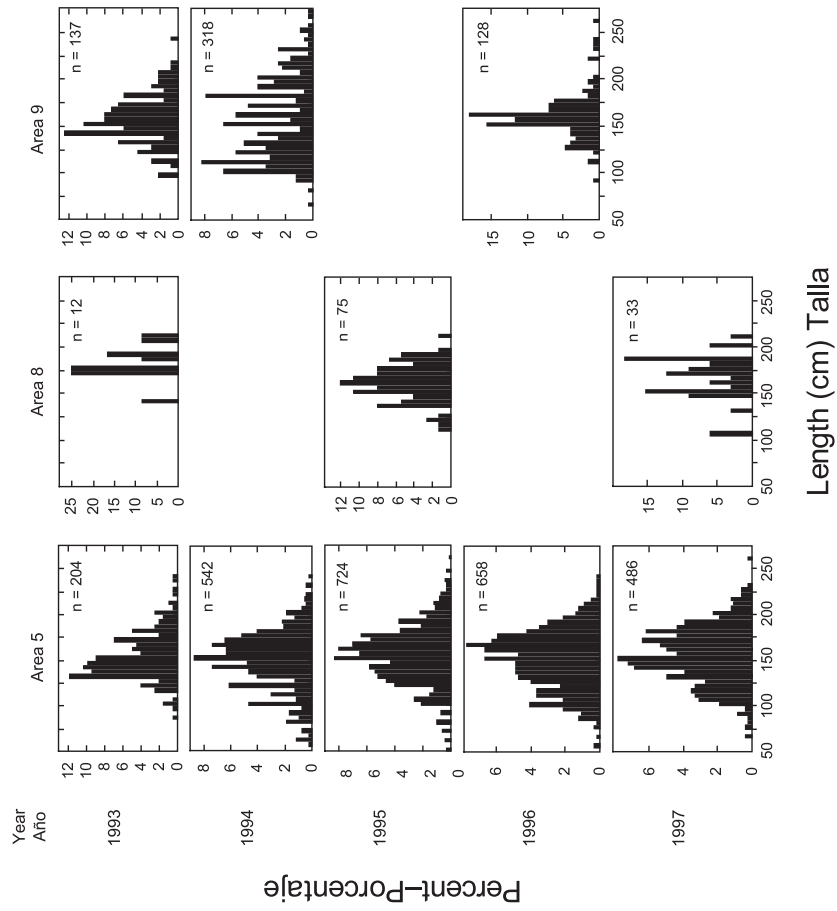


FIGURE 82. (continued)
FIGURA 82. (continuación)

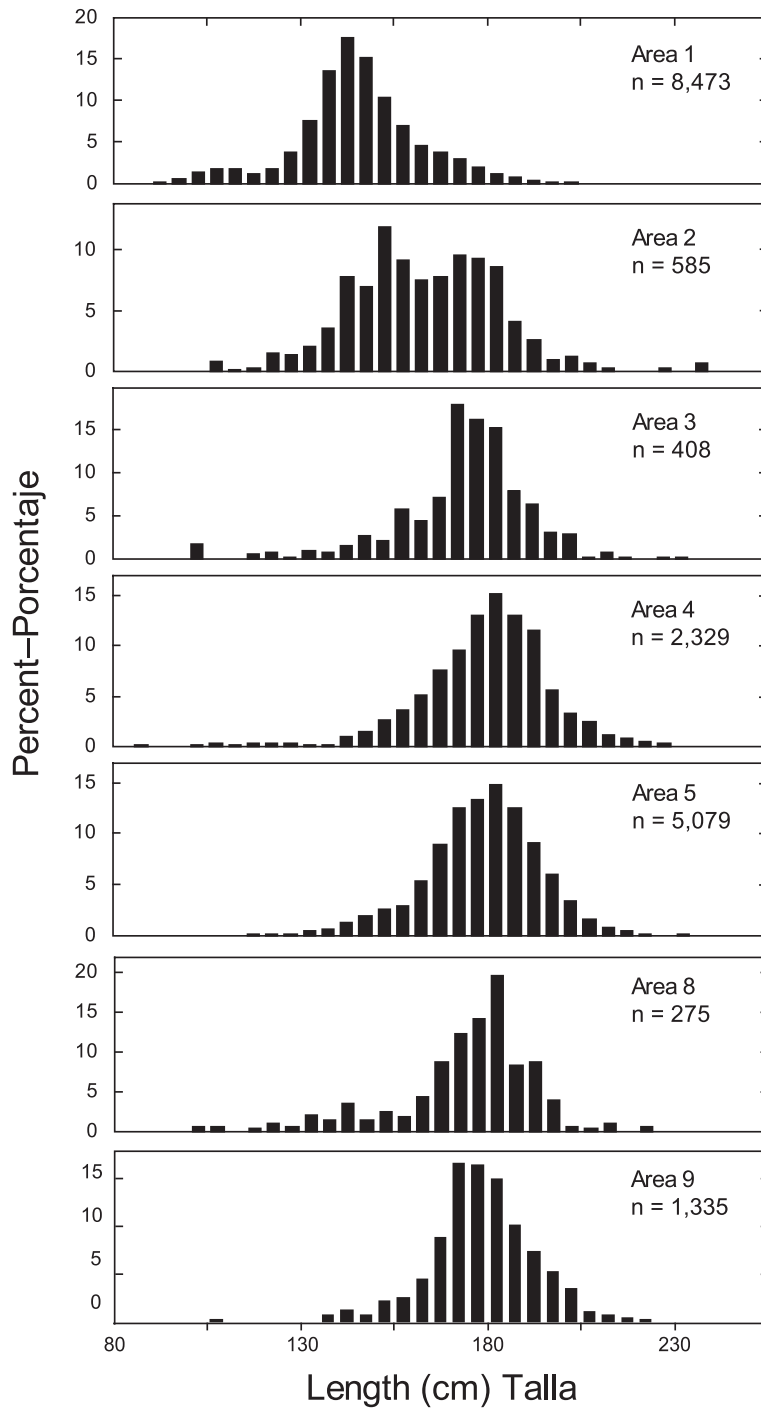


FIGURE 83. Length frequencies of striped marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 83. Frecuencias de talla de marlín rayado por área, 1993-1997.

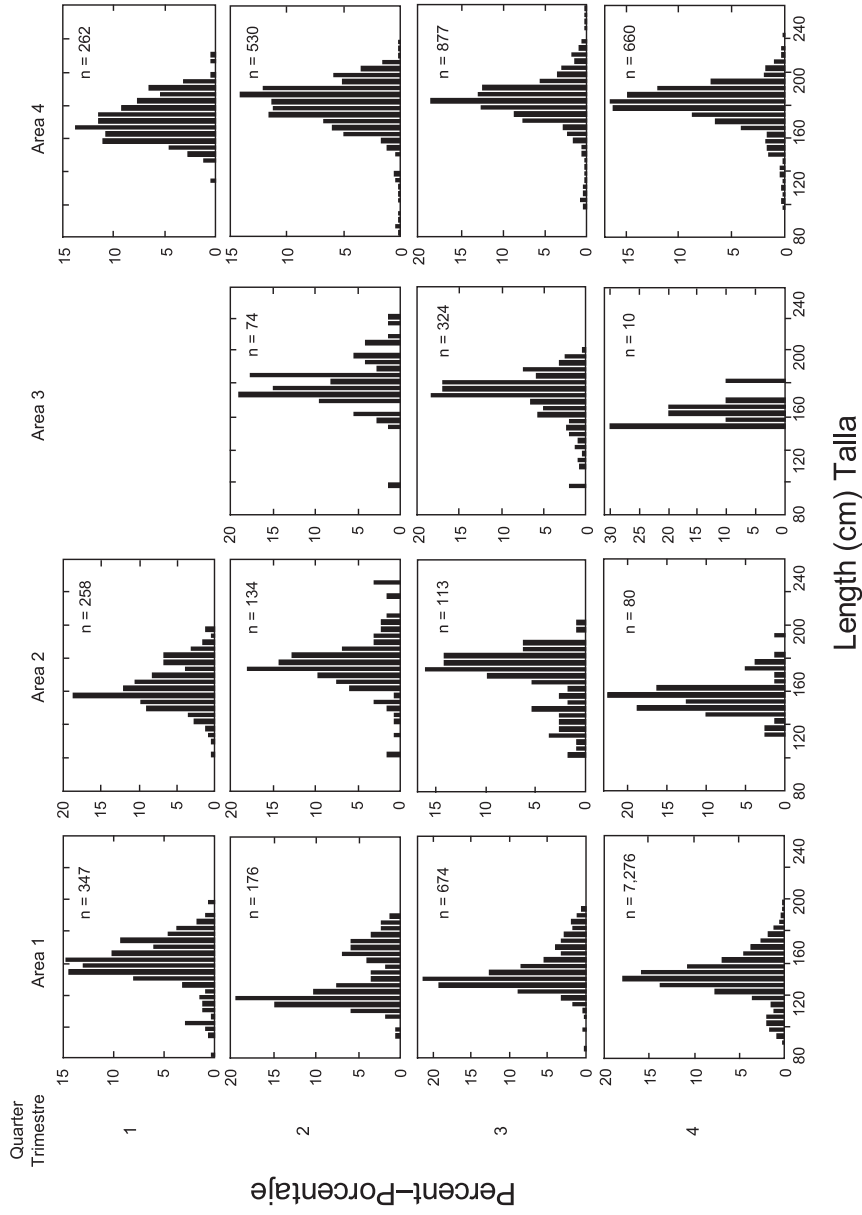


FIGURE 84. Quarterly length frequencies of striped marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 84. Frecuencias de talla trimestrales de marlin rayado por área, 1993-1997.

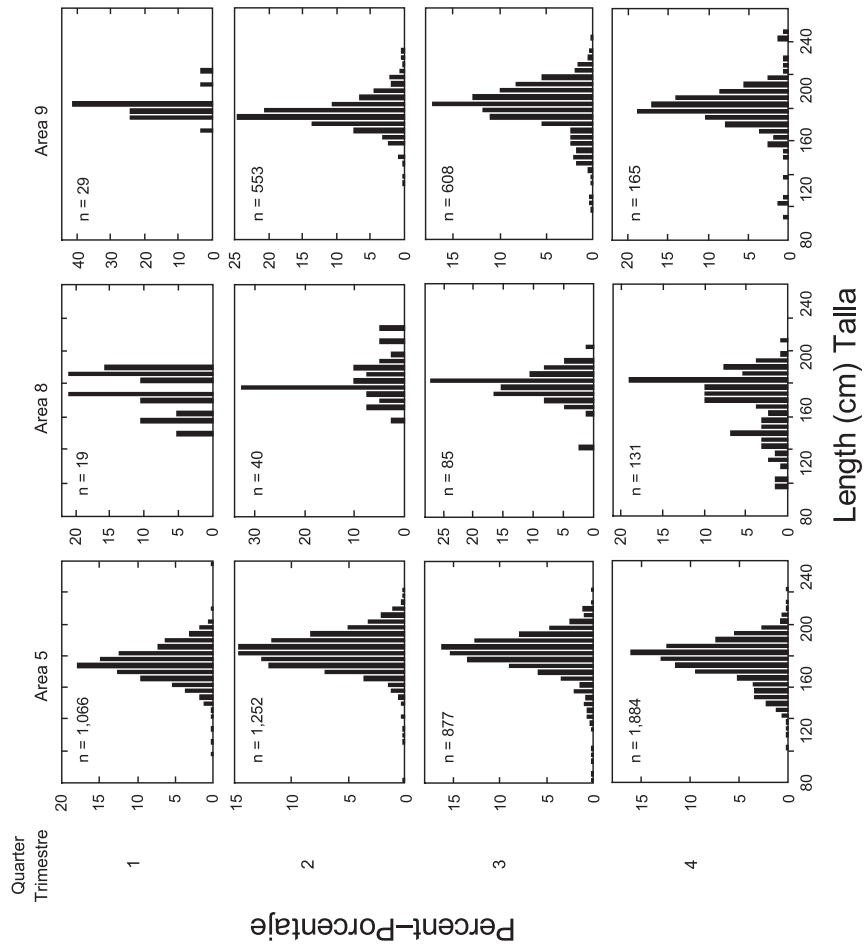


FIGURE 84. (continued)
FIGURA 84. (continuación)

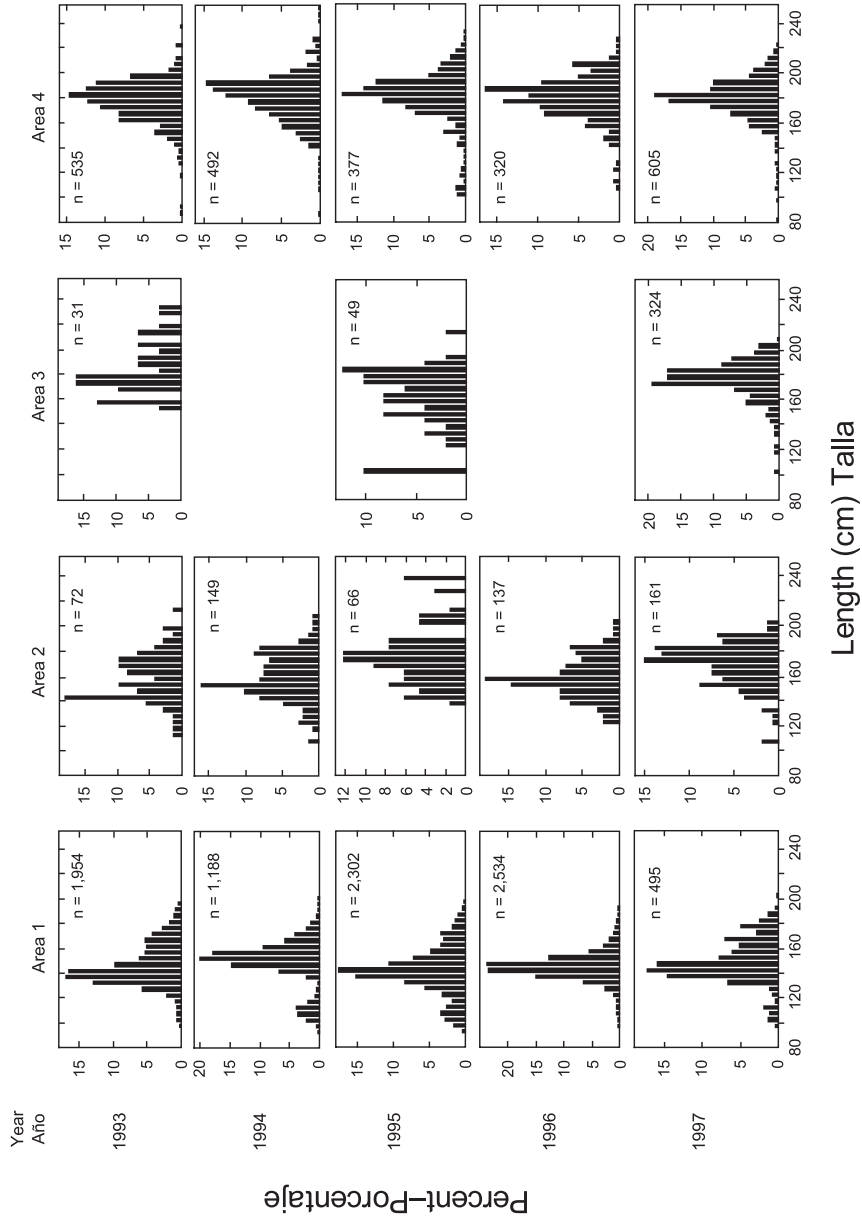


FIGURE 85. Annual length frequencies of striped marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 85. Frecuencias de talla anuales de marlín rayado por área, 1993-1997.

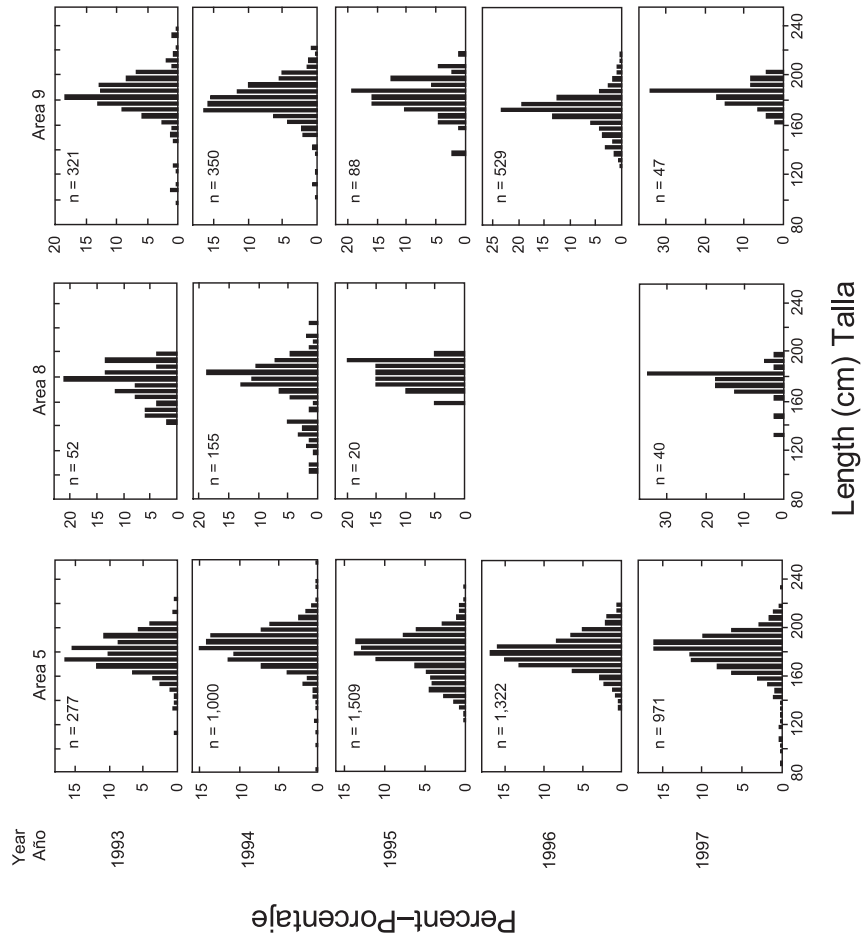


FIGURE 85. (continued)
 FIGURA 85. (continuación)

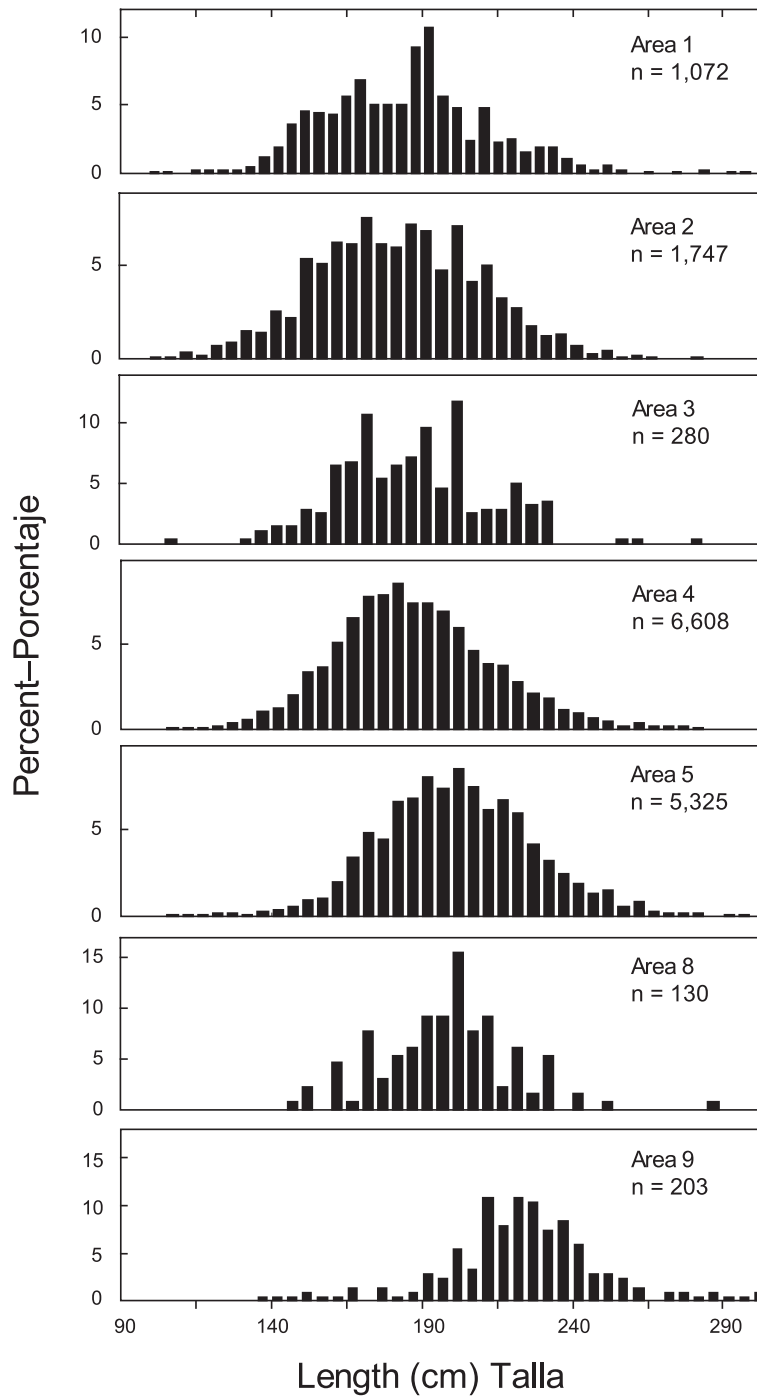


FIGURE 86. Length frequencies of blue marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 86. Frecuencias de talla de marlín azul por área, 1993-1997.

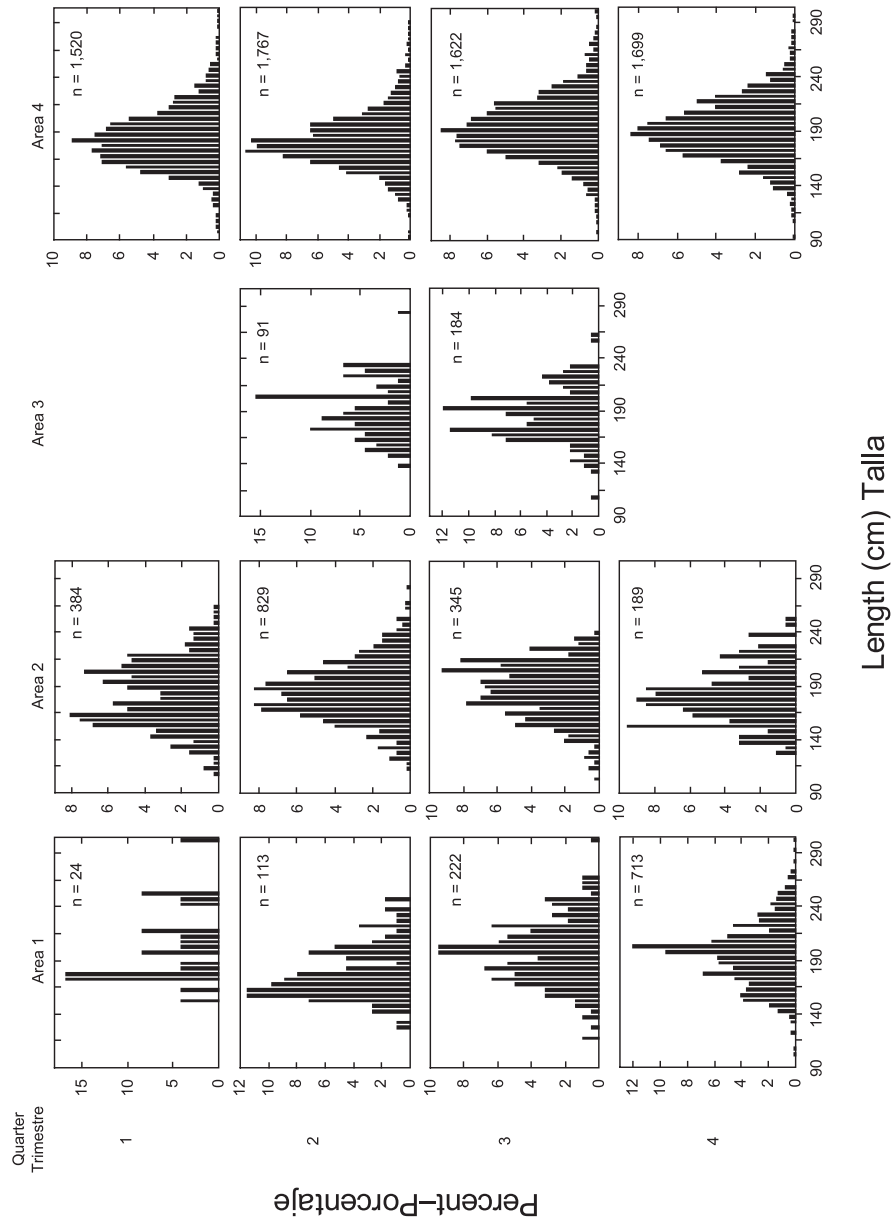


FIGURE 87. Quarterly length frequencies of blue marlin by area, 1993-1997.
FIGURA 87. Frecuencias de talla trimestrales de marlin azul por área, 1993-1997.

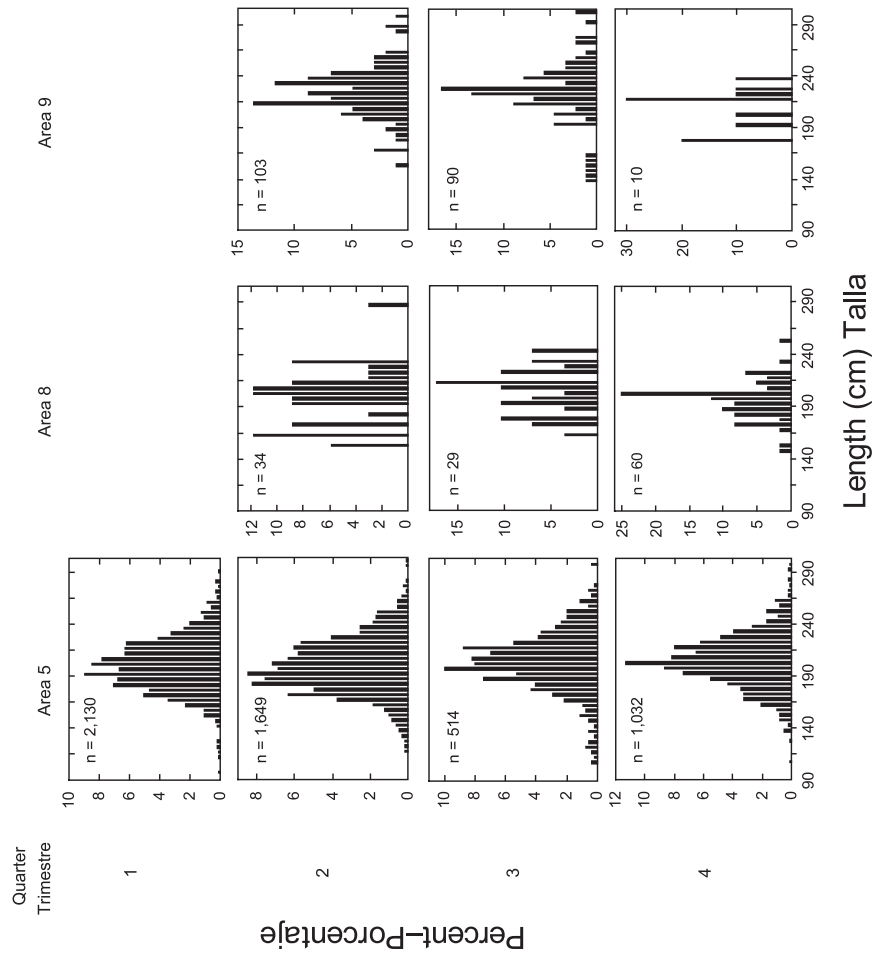


FIGURE 87. (continued)
 FIGURA 87. (continuación)

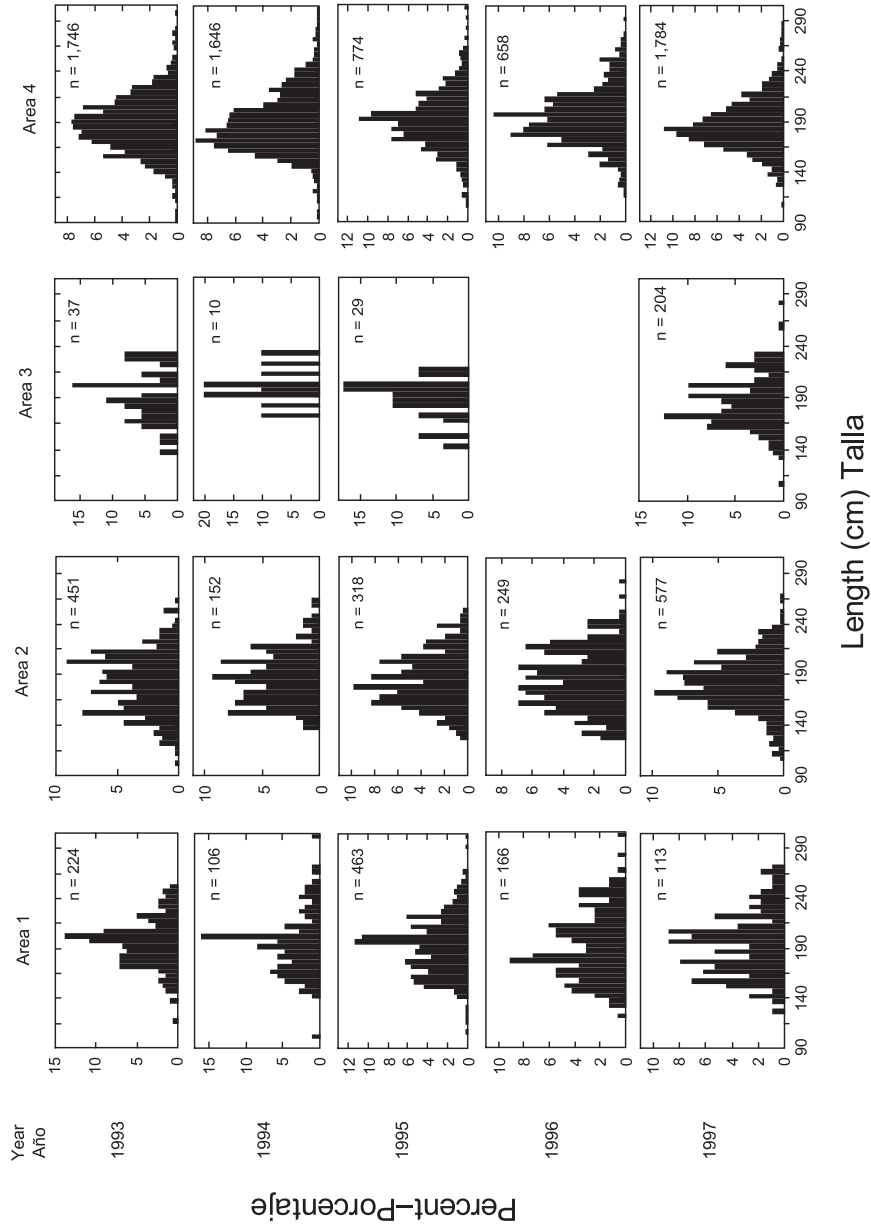


FIGURE 88. Annual length frequencies of blue marlin by area, 1993-1997.
FIGURA 88. Frecuencias de talla anuales de marlín azul por área, 1993-1997.

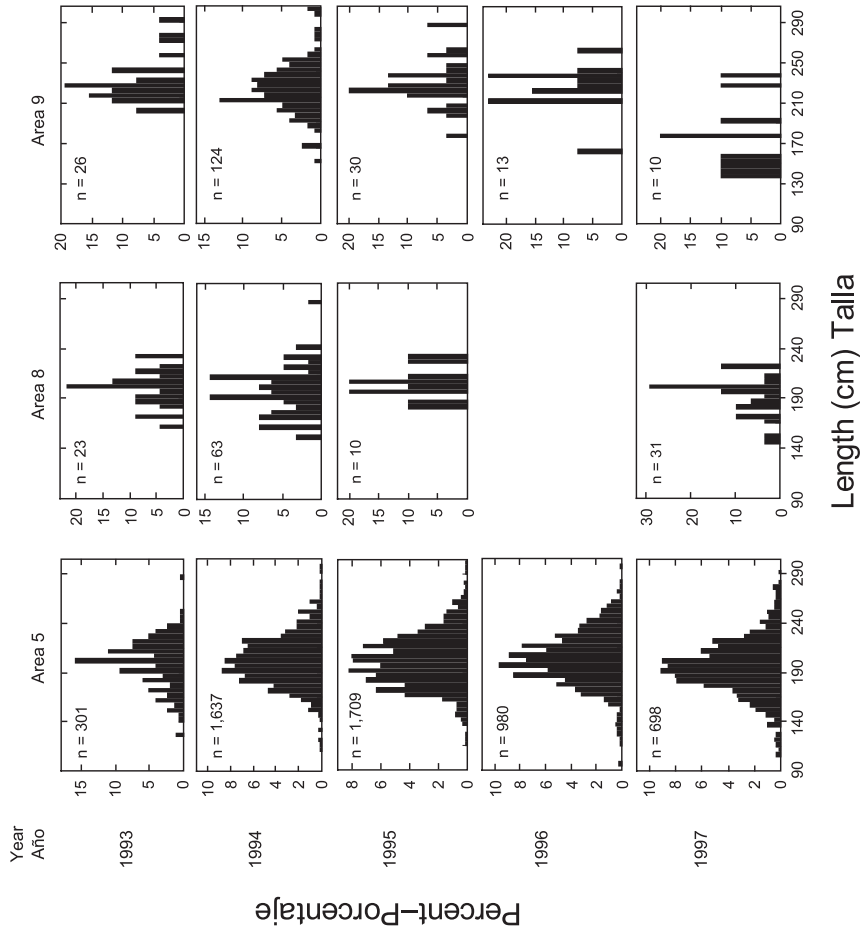


FIGURE 88. (continued)
FIGURA 88. (continuación)

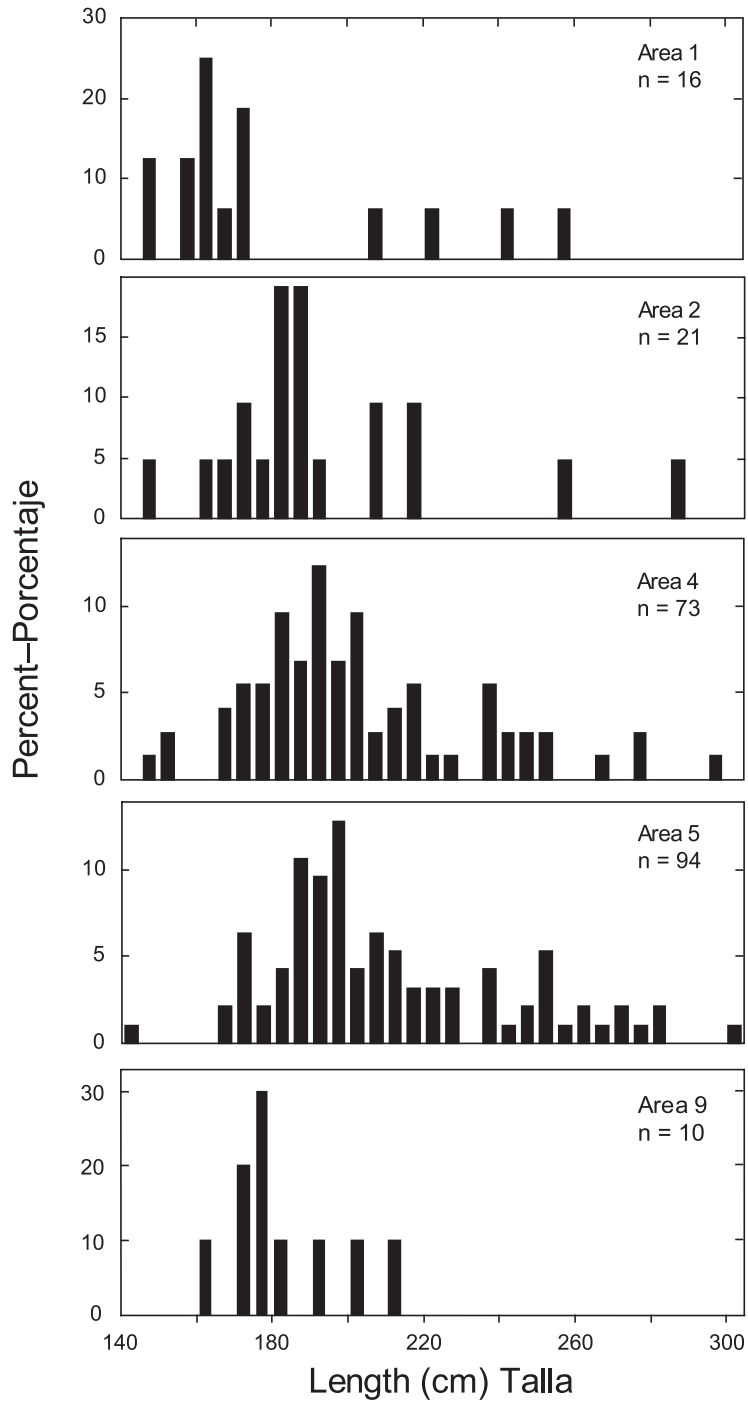


FIGURE 89. Length frequencies of black marlin by area, 1993-1997.
FIGURA 89. Frecuencias de talla de marlín negro por área, 1993-1997.

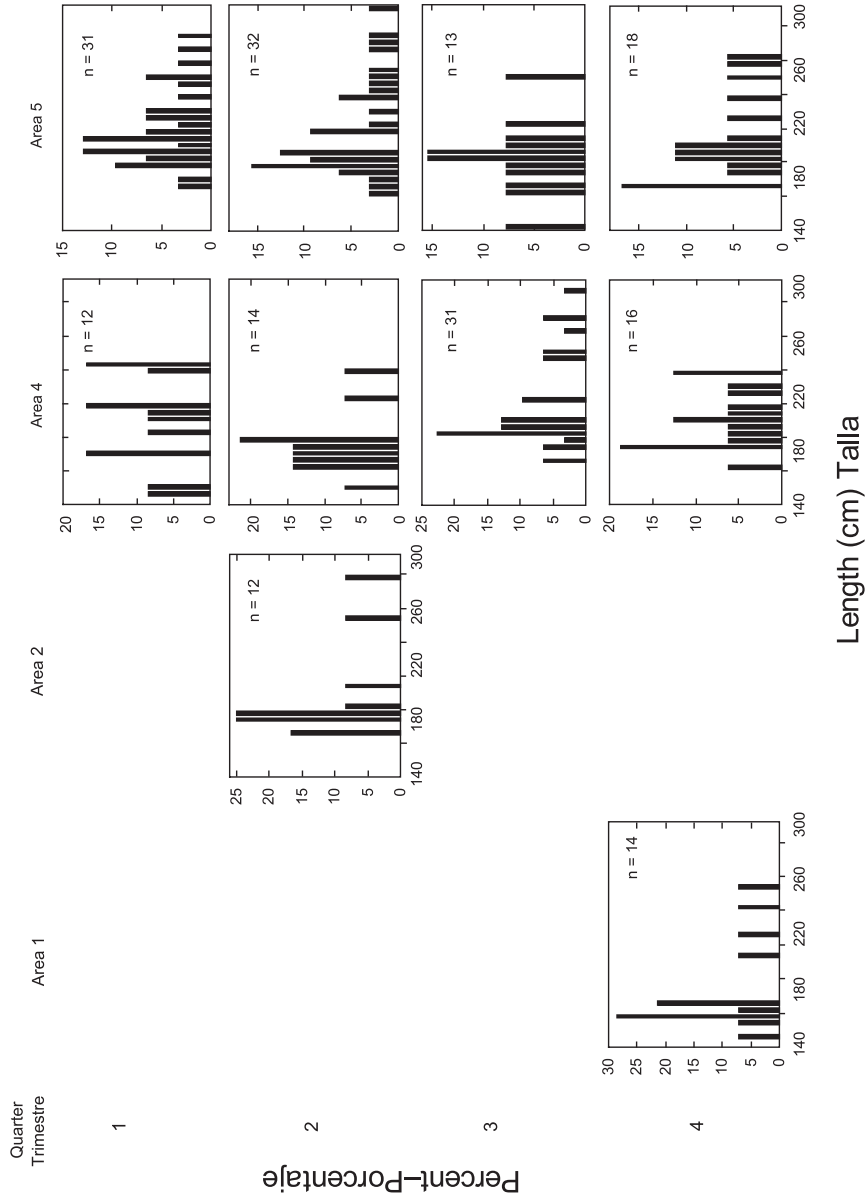


FIGURE 90. Quarterly length frequencies of black marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 90. Frecuencias de talla trimestrales de marlín negro por área, 1993-1997.

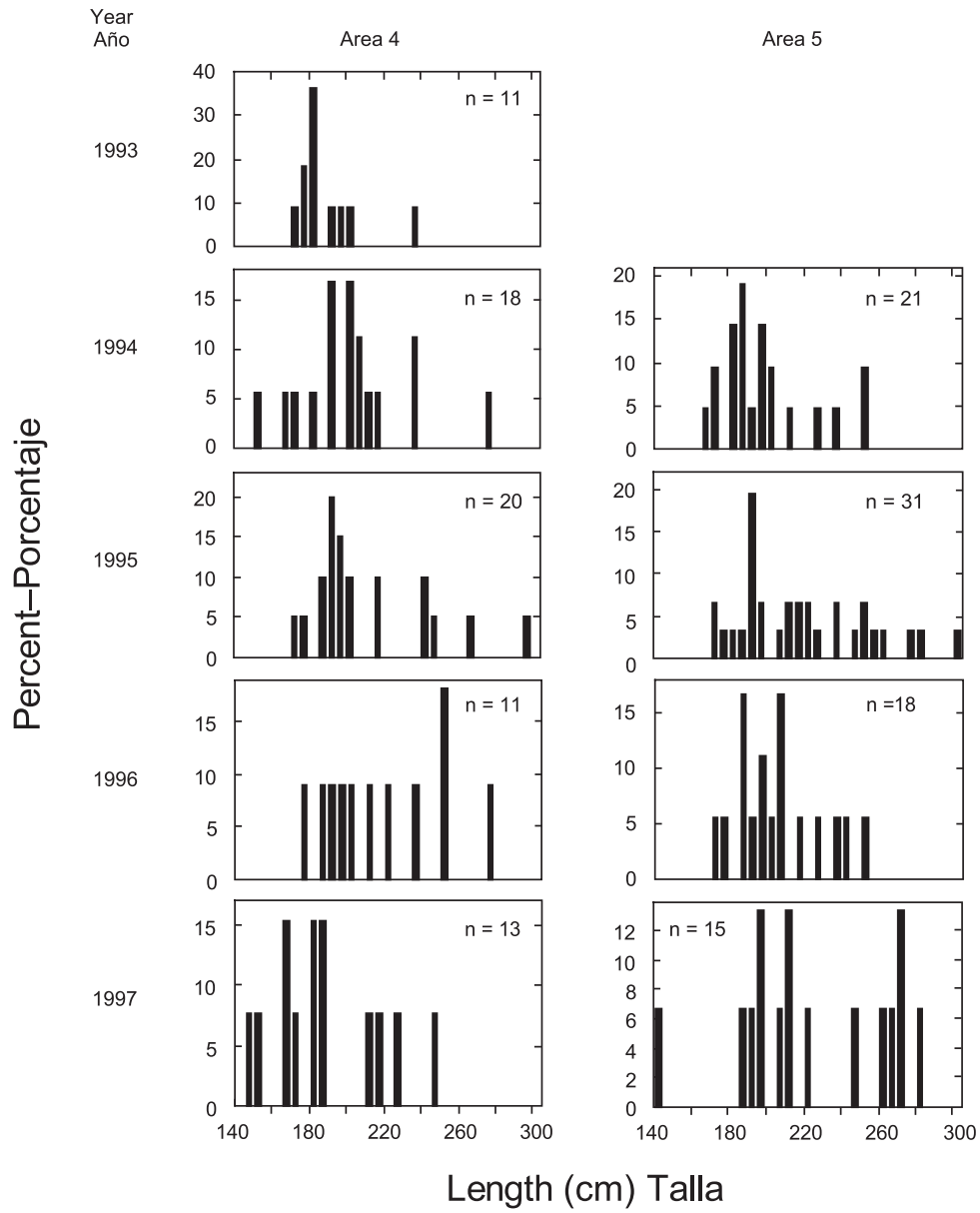


FIGURE 91 Annual length frequencies of black marlin by area, 1993-1997.

FIGURA 91. Frecuencias de talla anuales de marlín negro por área, 1993-1997.

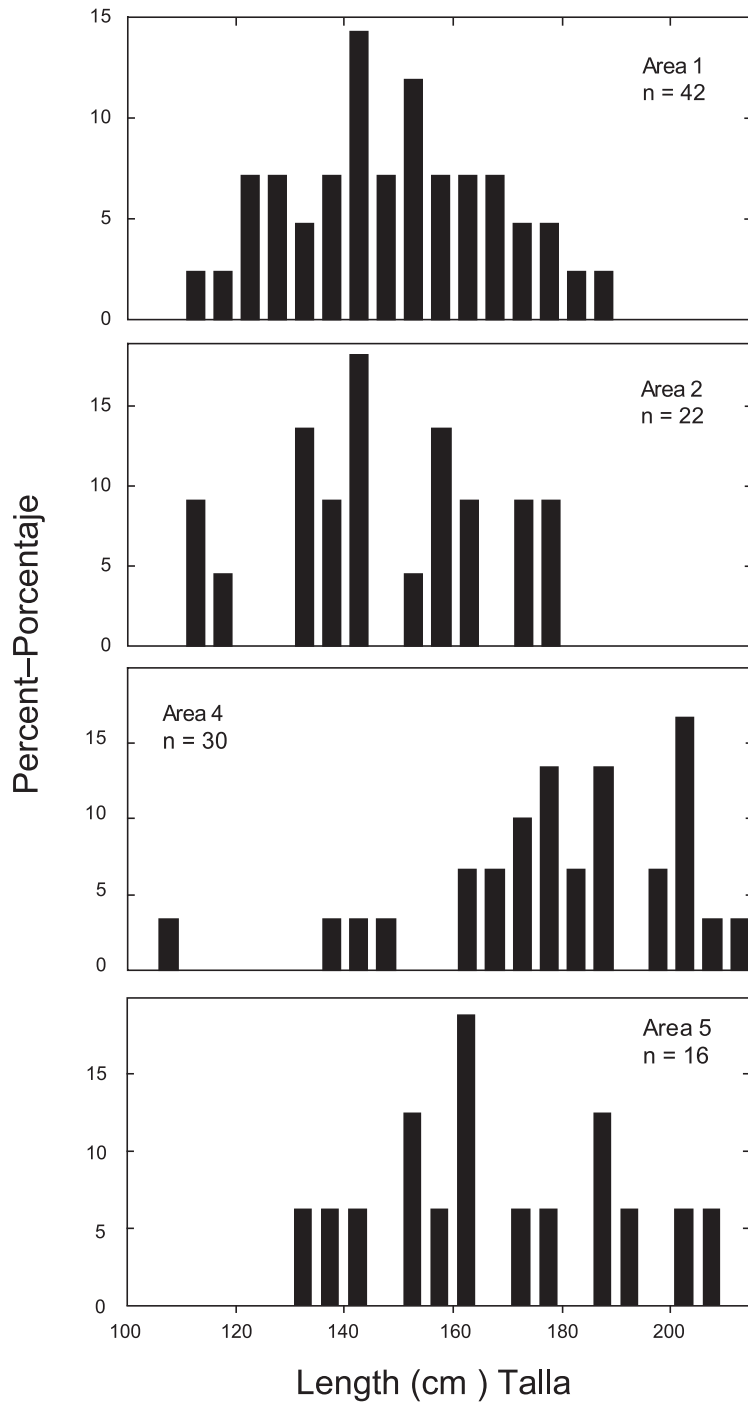


FIGURE 92. Length frequencies of sailfish by area, 1993-1997.

FIGURA 92. Frecuencias de talla de pez vela por área, 1993-1997.

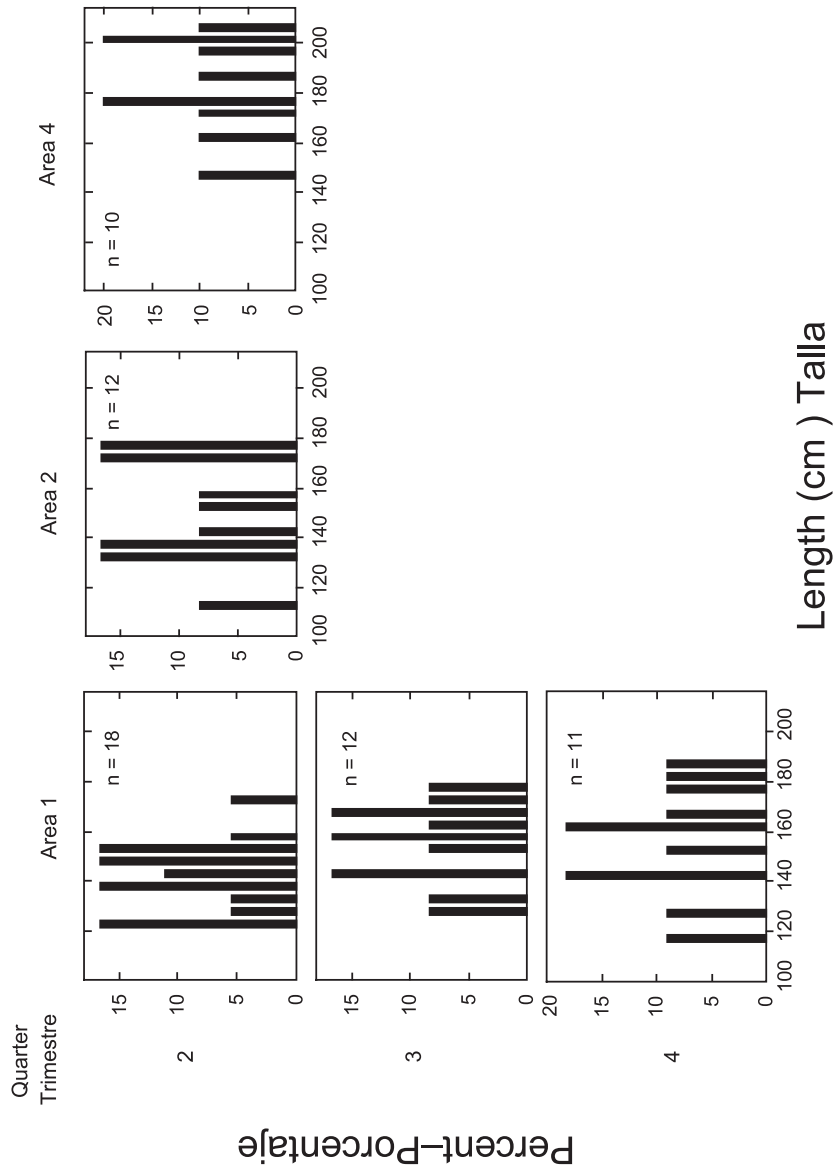


FIGURE 93. Quarterly length frequencies of sailfish by area, 1993-1997.
FIGURA 93. Frecuencias de talla trimestrales de pez vela por área, 1993-1997.

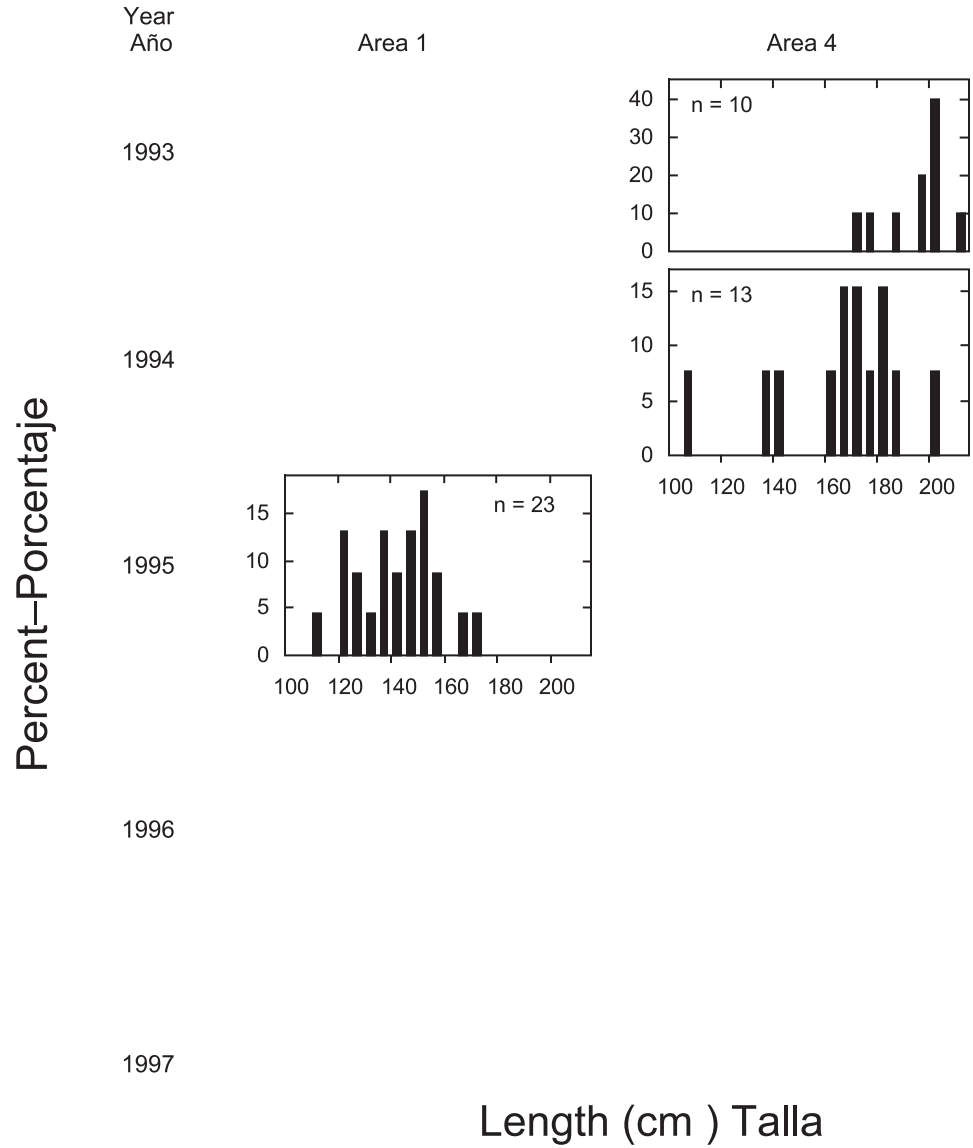


FIGURE 94. Annual length frequencies of sailfish by area, 1993-1997.

FIGURA 94. Frecuencias de talla anuales de pez vela por área, 1993-1997.

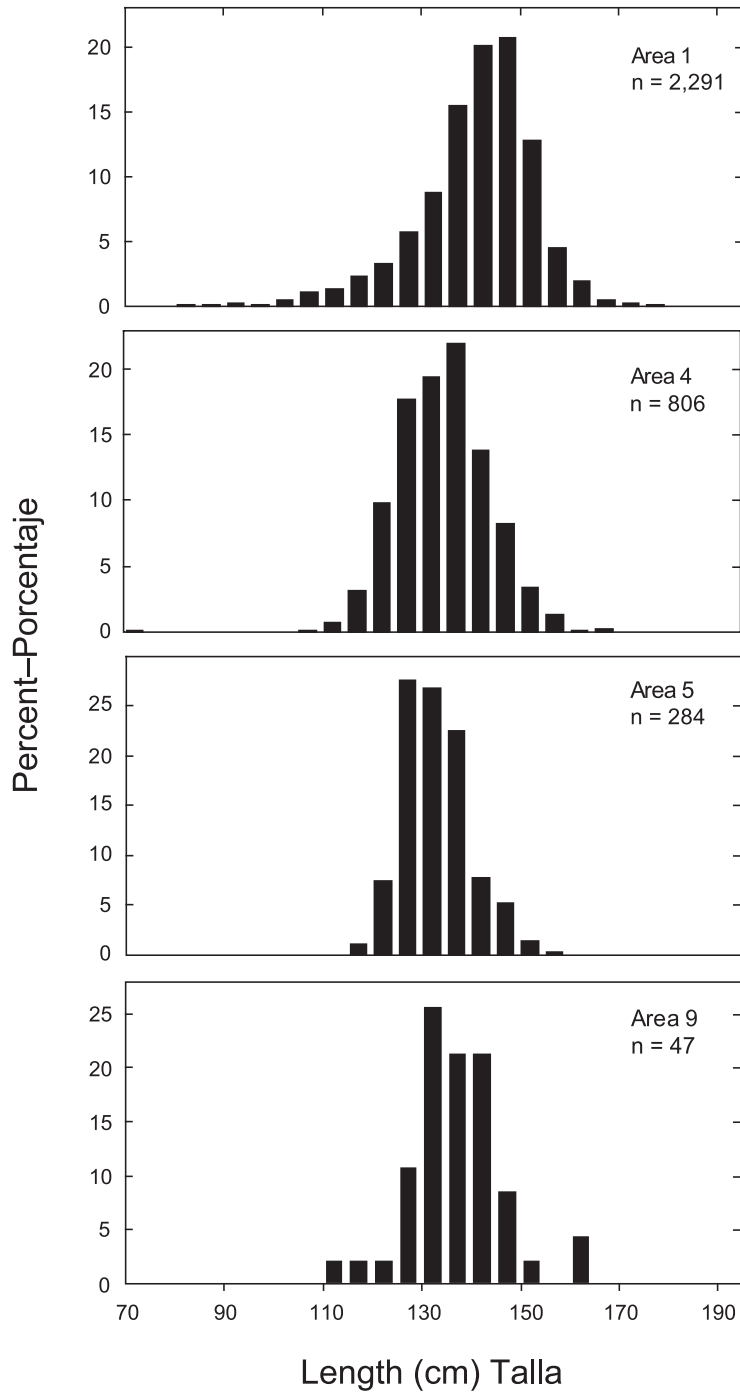


FIGURE 95. Length frequencies of shortbill spearfish by area, 1993-1997.
 FIGURA 95. Frecuencias de talla de marlín trompa corta por área, 1993-1997.

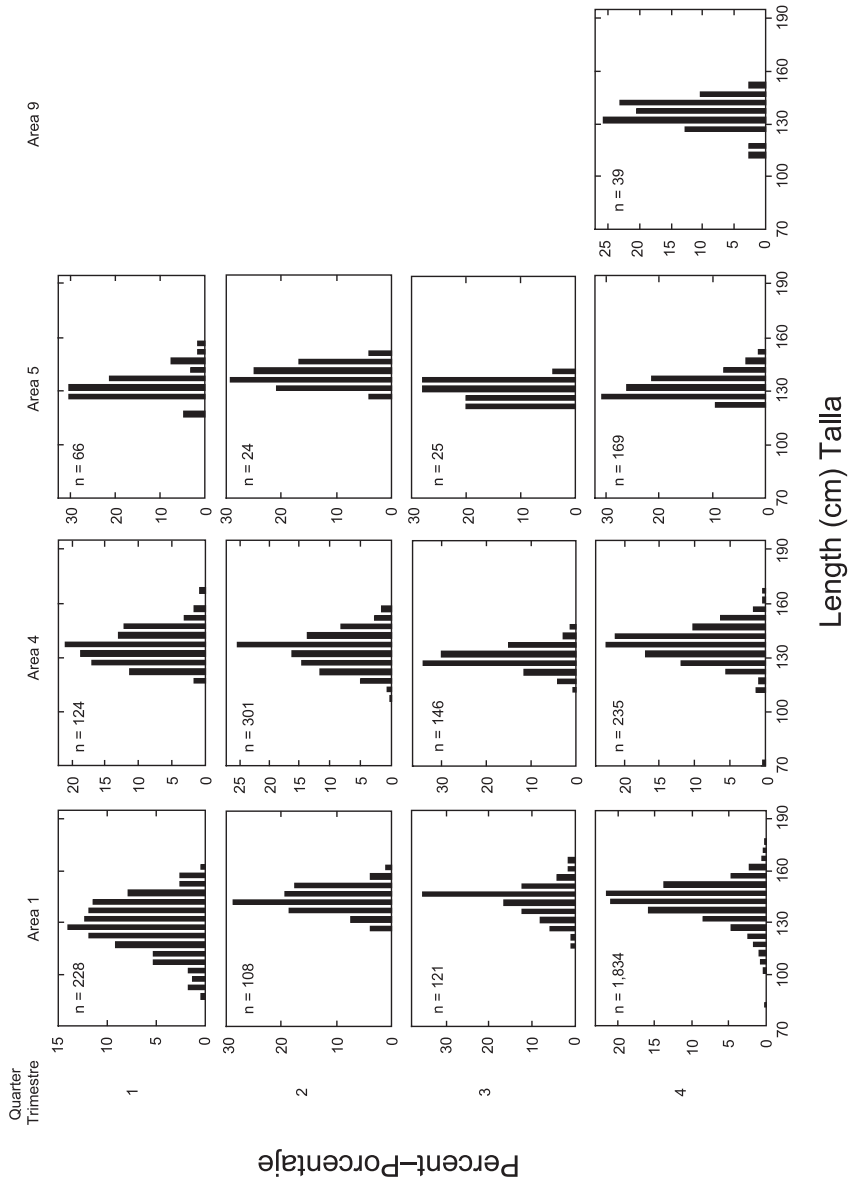


FIGURE 96. Quarterly length frequencies of shortbill spearfish by area, 1993-1997.

FIGURA 96. Frecuencias de talla trimestrales de marlín trompa corta por área, 1993-1997.

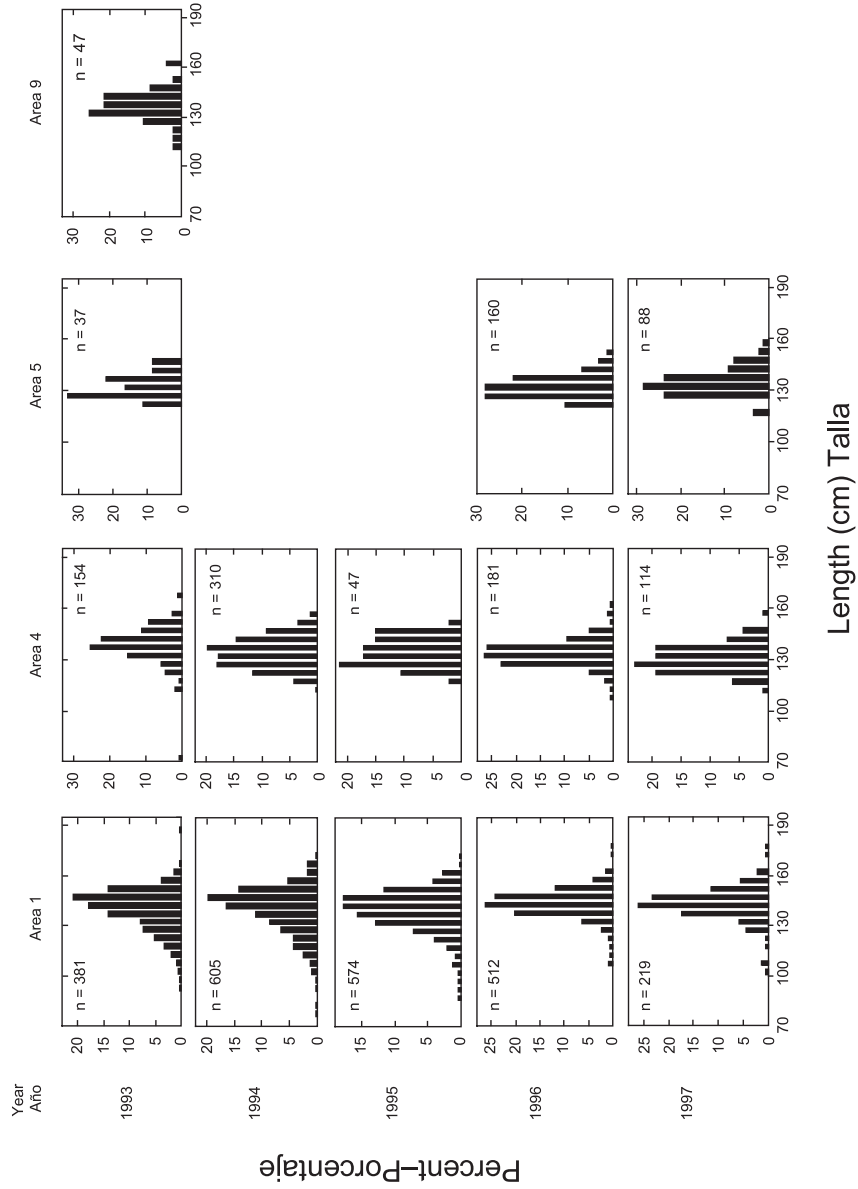


FIGURE 97. Annual length frequencies of shortbill spearfish by area, 1993-1997.
FIGURA 97. Frecuencias de talla anuales de marlín trompa corta por área, 1993-1997.

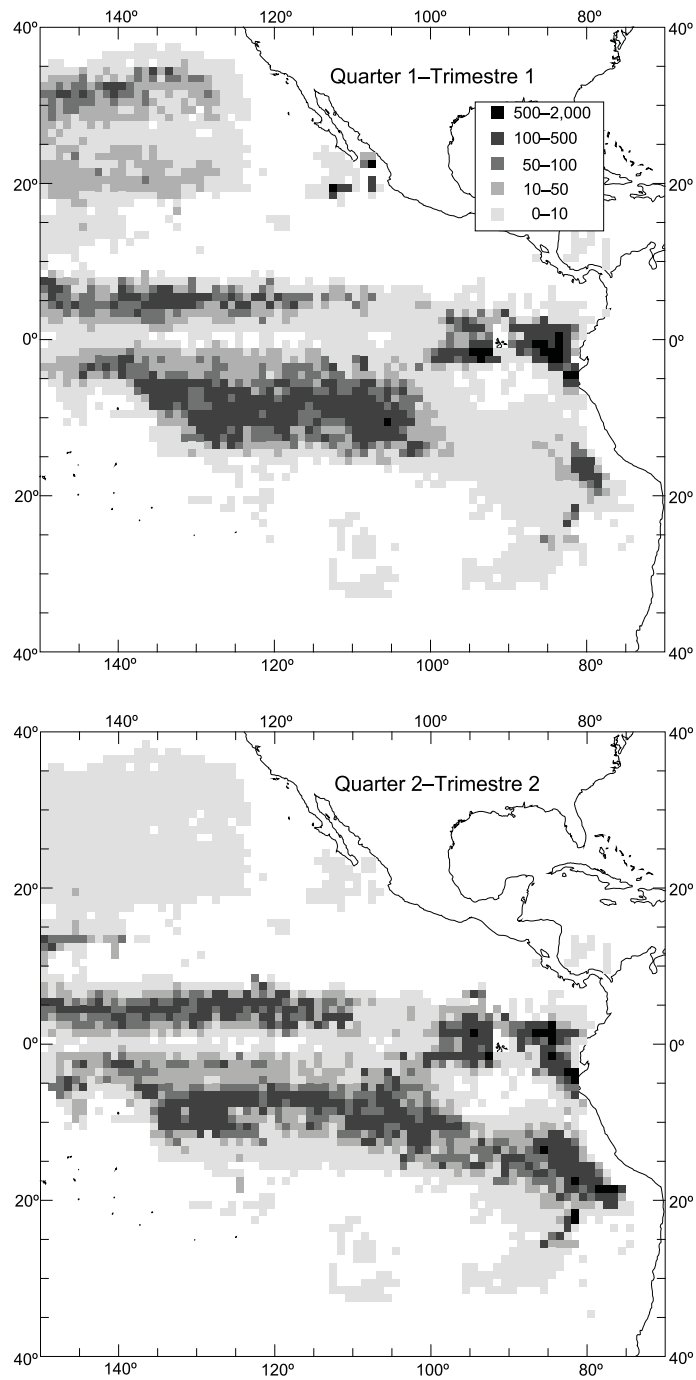


FIGURE 98. Quarterly distributions of catches of sharks in the EPO during 1994-1997, in numbers of fish.

FIGURA 98. Distribuciones trimestrales de capturas de tiburones en el OPO durante 1994-1997, en número de peces.

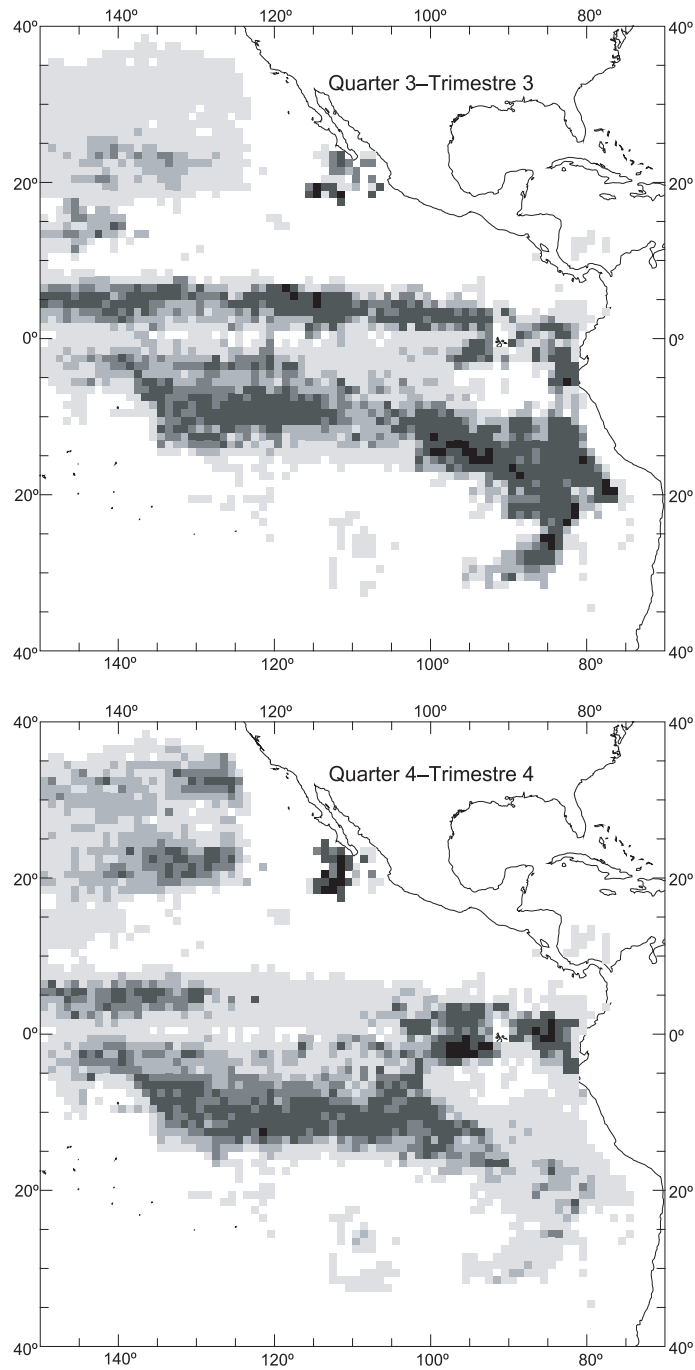


FIGURE 98. (continued)
FIGURA 98. (continuación)

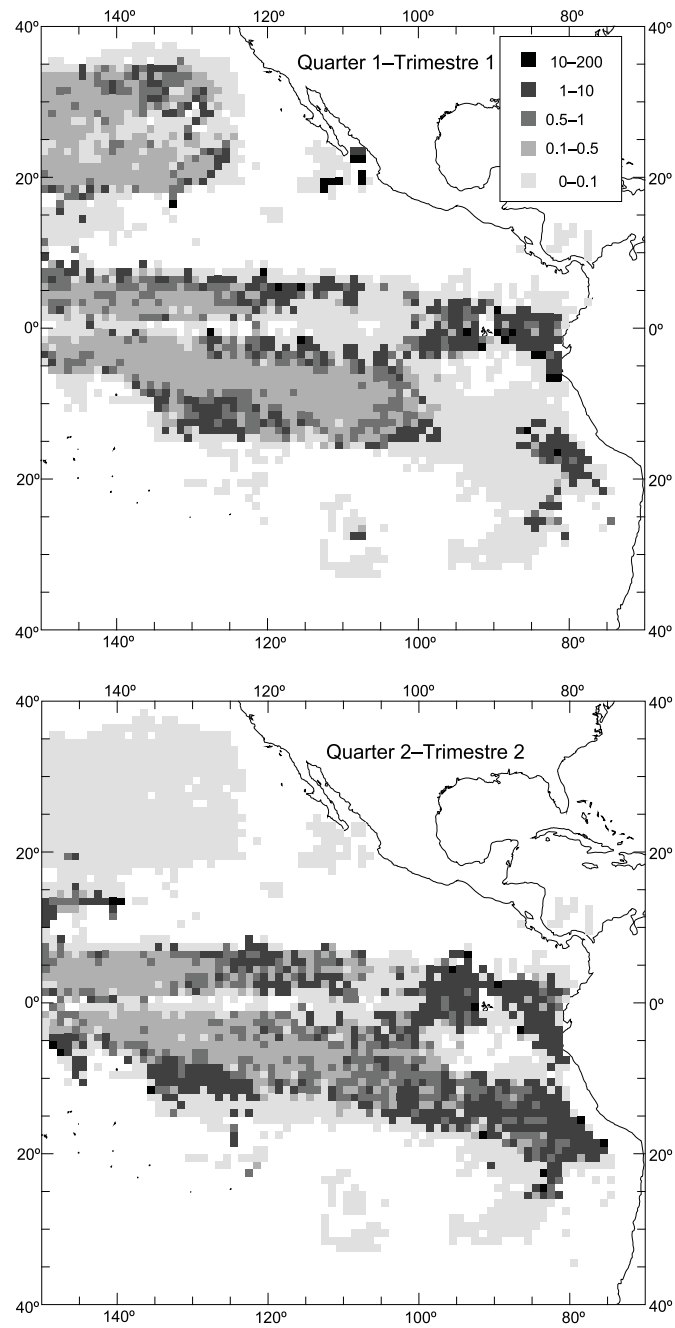


FIGURE 99. Quarterly distributions of hook rates of sharks in the EPO during 1994-1997, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 99. Distribuciones trimestrales de tasas de captura de tiburones en el OPO durante 1994-1997, en capturas por 1000 anzuelos.

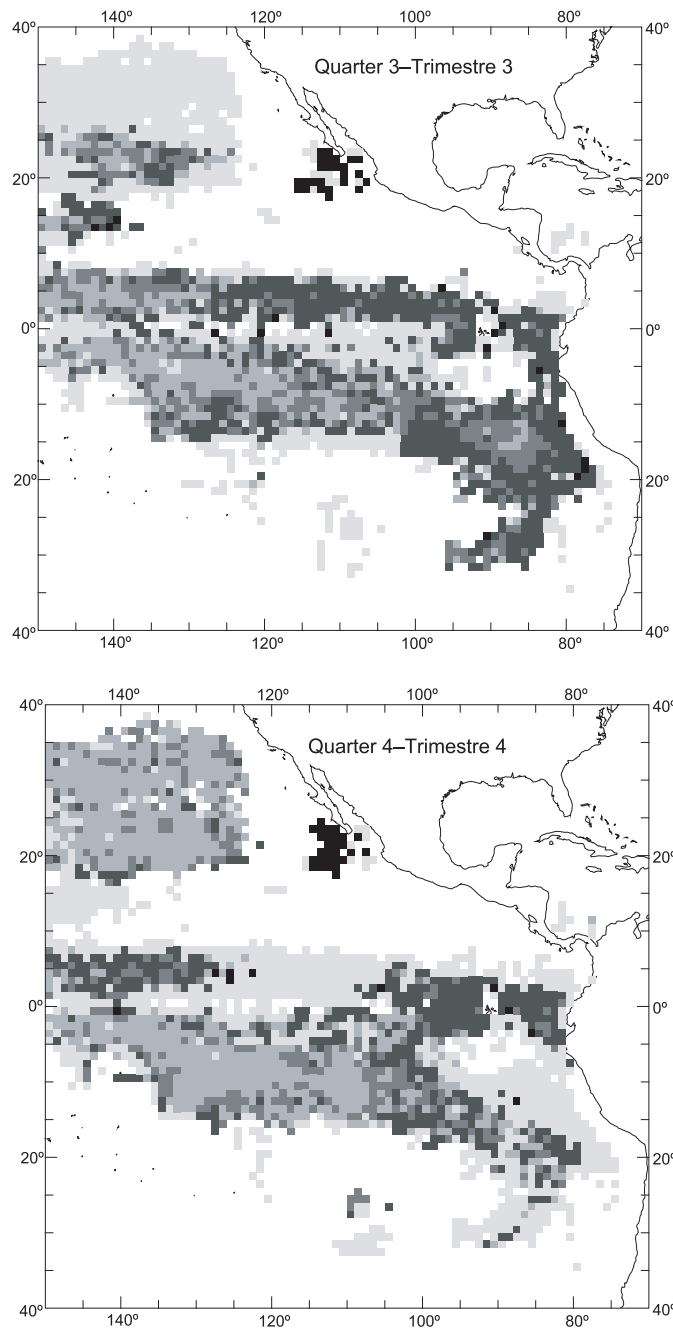


FIGURE 99. (continued)
FIGURA 99. (continuación)

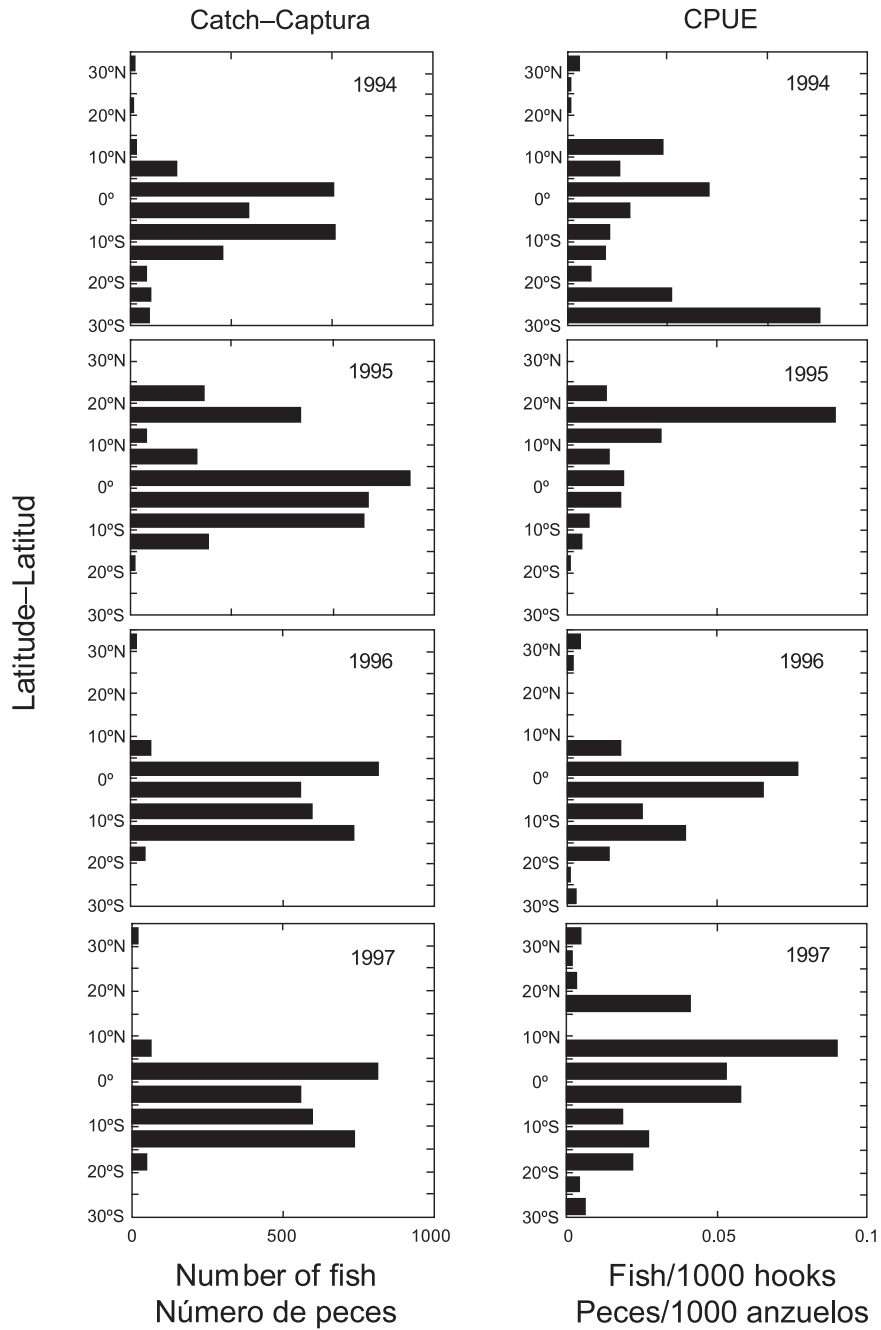


FIGURE 100. Latitudinal distributions of longline catches of “salmon sharks,” in numbers of fish (left), and hook rates, in numbers of fish per 1000 hooks (right).

FIGURA 100. Distribuciones latitudinales de capturas palangreras de “marrajos salmones,” en número de peces (izquierda), y tasas de captura, en número de peces por 1000 anzuelos (derecha).

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)
		100-200	200-500	Total		
Año	Unidad	Tonelaje bruto registrada			Anzuelos por calada	Cobertura de bitácoras (porcentaje)
		100-200	200-500	Total		
1993	Hooks—anzuelos	9,780,213	150,175,217	159,955,430	2444.4	-
	Sets—caladas	4,024	61,414	65,438		
	% of sets—de caladas	6.1	93.9			
1994	Hooks—anzuelos	8,636,082	153,412,739	162,048,821	2405.7	-
	Sets—caladas	3,563	63,797	67,360		
	% of sets—de caladas	5.3	94.7			
1995	Hooks—anzuelos	5,325,755	124,272,373	129,598,128	2380.4	97.8
	Sets—caladas	2,155	52,288	54,443		
	% of sets—de caladas	4.0	96.0			
1996	Hooks—anzuelos	4,771,192	98,882,265	103,653,457	2407.0	96.3
	Sets—caladas	1,916	41,147	43,063		
	% of sets—de caladas	4.4	95.6			
1997	Hooks—anzuelos	3,072,752	93,310,176	96,382,928	2411.4	92.0
	Sets—caladas	1,269	38,701	39,970		
	% of sets—de caladas	3.2	96.8			

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 of Uosaki and Bayliff (1999).

TABLE 2. Datos sobre relaciones peso-talla ($\log w = a + b \log l$) para atunes y peces picudos. Bajo "Area," EPO = Océano Pacífico oriental, CPO = Océano Pacífico central, y WPO = Océano Pacífico occidental; en el Anexo de Uosaki y Bayliff (1999) se definen las siglas bajo "Lalla" y "Peso".

Species	Area	Sample size	Length range	Length	Weight	Units	a	b	Source
Especie	Area	Tamaño de muestra	Rango de longitud	Longitud	Peso	Unidades	a	b	Fuente
Albacore	EPO	1,073	380-1000 mm	SFL	round	mm, lb	-7.30662	2.99	Clemens, 1961
Albacora	Hawai and northern Pacific	200	50-128 cm	SFL	round	cm, lb	-4.24241	2.9495	Nakamura and Uchiyama, 1966
Bigeye	EPO	15	66-173 cm	SFL	round	cm, kg	-4.70349	3.02163	Morita, 1973
Patudo	CPO	9,144	80-190 cm	SFL	round	cm, lb	-4.09305	2.90182	Nakamura and Uchiyama, 1966
	CPO	8,494		SFL	GG	cm, kg	-4.5425	2.918	Kume and Shiohama, 1964
Yellowfin	EPO	541	476-1149 mm	SFL	round	mm, lb	-7.41	3.02	Chatwin, 1959
Aleta amarilla	EPO	46	63-148 cm	SFL	round	cm, kg	-4.45653	2.86807	Morita, 1973
	EPO	196	302-1679 mm	SFL	round	cm, kg	-4.8580	3.086	Wild, 1986
	CPO	4,822	70-180 cm	SFL	round	cm, lb	-4.48732	3.05834	Nakamura and Uchiyama, 1966
	WPO	ca. 10,000	101-150 cm	SFL	GG	cm, g	-2.17783	3.1878	Kamimura and Honma, 1959
Bluefin	EPO	1,633	580-1280 mm	SFL	round	mm, lb	-6.71463	2.79464	Bayliff, 1991
Aleta azul									
Swordfish	EPO	5	131-229 cm	EFL	round	cm, kg	-4.6754	2.9605	Kume and Joseph, 1969b
Pez espada	EPO	10	75-231 cm	EFL	GG	cm, kg	-4.802	3.0304	Kume and Joseph, 1969b
	CPO	7	145-324 cm	SFL	round	cm, kg	-6.63272	3.5305	Skillman and Yong, 1974
	CPO	166	699-2288 mm	EFL	round	cm, kg	-4.48096	3.0738	Uchiyama <i>et al.</i> , 1999
Striped marlin	EPO	51	108-211 cm	EFL	round	cm, kg	-5.2552	3.0888	Kume and Joseph, 1969b
Marlin rayado	EPO	111	132-222 cm	EFL	GG	cm, kg	-4.9896	2.9749	Kume and Joseph, 1969b
	EPO	1,982	110-215 cm	EFL	round	cm, kg	-5.157	3.071	Wares and Sakagawa, 1974
	EPO	535	153-271 cm	SFL	round	cm, kg	-5.34	2.982	Wares and Sakagawa, 1974
	EPO	1,748	1075-2255 mm	EFL	round	cm, kg	-4.01202	2.5682	Ponce Diaz <i>et al.</i> , 1991
	CPO	53	142-310 cm	SFL	round	cm, kg	-6.24317	3.3756	Skillman and Yong, 1974

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

Species Especie	Area	Sample size		Length range		Length Longitud	Weight		Units Unidades	a		b		Source Fuente
		Tamaño de muestra	Rango de longitud	Rango de longitud	Peso		Peso	a		a	b	b		
Blue marlin	EPO	11	167-270 cm	EFL	round	cm, kg	-4.4455	2.8223	Kume and Joseph, 1969b					
Marlín azul	EPO	24	98-234 cm	EFL	GG	cm, kg	-6.2101	3.5644	Kume and Joseph, 1969b					
	EPO	57	154-265 cm	EFL	round	cm, kg	-5.69	3.318	Wares and Sakagawa, 1974					
	EPO	20	221-347 cm	SFL	round	cm, kg	-7.543	3.905	Wares and Sakagawa, 1974					
	CPO	453	135-457 cm	SFL	round	cm, kg	-5.30061	3.0214	Skillman and Yong, 1974					
Black marlin	CPO	24	214-373 cm	SFL	round	cm, kg	-5.62366	3.1654	Skillman and Yong, 1974					
Marlín negro														
Sailfish Pez vela	EPO	28	134-205 cm	EFL	round	cm, kg	-3.9357	2.4156	Kume and Joseph, 1969b					
	EPO	44	132-212 cm	EFL	GG	cm, kg	-4.8325	2.8202	Kume and Joseph, 1969b					
	EPO	802	115-222 cm	EFL	round	cm, kg	-4.36	2.628	Wares and Sakagawa, 1974					
	EPO	71	183-271 cm	SFL	round	cm, kg	-4.788	2.662	Wares and Sakagawa, 1974					
	CPO	18	177-281 cm	SFL	round	cm, kg	-4.68321	2.6054	Skillman and Yong, 1974					
Shortbill spearfish Marlín trompa corta	EPO	19	128-156 cm	EFL	round	cm, kg	-6.8146	3.7242	Kume and Joseph, 1969b					
	EPO	89	102-167 cm	EFL	GG	cm, kg	-7.2239	3.9195	Kume and Joseph, 1969b					
	CPO	16	140-180 cm	SFL	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.**TABLA 3.** Pesos promedios, en kilogramos, de atunes y picudos capturados por la pesquería palangrera japonesa en el OPO.

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Sailfish	Shortbill spearfish
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Pez vela	Marlín trompa corta
1971	14.8	54.8	42.5	48.1	37.3	106.8	-	-
1972	16.2	54.0	37.6	49.1	39.7	96.2	-	-
1973	15.0	56.1	40.9	55.1	38.7	86.2	-	-
1974	14.0	53.1	29.4	54.8	37.3	89.0	-	-
1975	14.7	51.4	29.4	59.8	43.1	94.3	-	-
1976	14.7	54.2	40.0	60.2	45.3	89.6	-	-
1977	13.1	54.0	40.4	58.6	42.3	90.1	-	-
1978	14.6	53.3	39.2	61.9	39.7	89.6	-	-
1979	13.9	43.5	36.6	56.1	40.7	98.9	-	-
1980	14.0	55.2	41.1	64.5	40.4	99.0	-	-
1981	12.1	50.9	29.9	57.2	37.7	90.5	-	-
1982	14.0	47.3	36.3	55.2	30.4	90.5	-	-
1983	15.5	47.9	35.3	58.6	37.5	83.5	-	-
1984	13.2	43.4	33.3	67.2	42.1	83.1	-	-
1985	14.7	44.7	33.9	60.1	35.4	83.2	-	-
1986	13.4	49.3	40.3	50.3	38.0	84.4	-	-
1987	14.2	54.3	41.8	46.5	38.3	85.2	-	-
1988	15.2	55.6	36.7	52.2	39.2	85.5	-	-
1989	16.3	51.1	35.4	56.5	34.6	91.1	-	-
1990	13.8	53.7	40.8	51.4	44.5	86.8	-	-
1991	13.3	56.8	42.7	51.2	41.9	85.0	-	-
1992	14.0	57.1	41.3	58.3	38.8	91.8	-	-
1993	16.6	59.5	40.3	56.6	40.2	86.3	-	-
1994	14.5	57.5	43.0	57.2	41.4	95.3	19.2	12.0
1995	13.6	55.9	40.1	54.8	35.1	92.3	19.8	11.7
1996	17.7	53.4	39.9	54.4	38.3	99.2	21.0	10.5
1997	16.2	64.2	42.8	60.4	41.6	88.6	21.1	12.0

TABLE 4. Effort in thousands of hooks, and catch per unit of effort, in fish per 1000 hooks, of tunas and bill fishes caught in the EPO. Data for the following areas were used in the calculations: northern albacore, 1; southern albacore, 4-6 and 9; bigeye, 2-5 and 8-9; yellowfin, all; bluefin, 1; swordfish, all; 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 (Hooks), en miles de anzuelos, y captura por unidad de esfuerzo (CPUE), en peces por 1000 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; atleta amarilla, todas; aleta azul, 1; pez espada, todas; 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 and shortbill spearfish	
	Albacora del norte	CPUE	Albacora del sur	CPUE	Patudo	Aleta amarilla	Aleta azul	Pez espada	Marlin rayado	Marlin azul	Marlin negro	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE
1954	5	0.000	0	34.920	850	6.786	5	0.000	856	0.379	5	0.700	850	3.531	850	0.136	0	856	0.488	
1955	96	0.260	242	25.365	1,126	9.696	96	0.000	1,225	0.211	98	0.254	1,128	7.392	1,128	0.263	0	1,225	0.573	
1956	931	0.085	862	23.574	1,402	10.655	931	0.000	2,334	0.108	937	1.334	1,402	12.674	1,402	0.163	0	2,334	0.086	
1957	628	0.048	5,164	8.948	8,136	20.293	628	0.000	8,987	0.250	2,007	0.583	8,358	4.668	8,358	0.201	0	8,987	0.123	
1958	884	0.063	8,024	16.716	8,593	20.154	10,317	0.000	10,317	0.176	4,098	1.545	9,433	4.189	9,433	0.144	0	10,317	0.114	
1959	1,268	0.070	6,109	28.301	8,295	22.442	10,196	0.028	10,196	0.130	3,344	2.197	8,928	3.566	8,928	0.128	0	10,196	0.122	
1960	3,013	0.179	6,078	29.258	11,026	23.755	14,235	0.008	14,235	0.180	5,169	1.889	11,219	2.484	11,219	0.127	17	0.000	14,218	0.133
1961	1,561	0.030	14,905	12.598	32.692	28.684	34.332	0.029	34.332	0.310	11,447	3.879	32.092	2.019	32.092	0.104	3,227	0.841	31,105	0.222
1962	2,200	0.808	23,581	18.351	42.278	18.504	46.061	0.000	46.061	0.395	21,038	4.100	42.293	1.819	42.293	0.095	6,977	0.660	39,084	0.232
1963	6,579	0.574	53,428	16.956	79,324	13.595	92,271	0.005	92,271	0.381	47,741	3.563	81,862	1.531	81,862	0.085	13,831	1.185	78,440	0.462
1964	7,632	0.021	37,341	11.983	65.061	11.777	86.811	5.436	7.632	0.000	86.811	0.651	56,924	4.986	74,134	0.820	74,134	0.066	24,792	2.944
1965	4,677	0.130	31,023	9.108	51.821	8.810	71.686	6.057	4.677	0.001	71.686	0.440	40,299	6.010	63,811	0.725	63,811	0.071	20,889	19,071
1966	6,373	0.747	29,767	9.312	46.412	10.561	63.205	3.989	6.373	0.003	63.205	0.611	47,049	4.786	50,266	0.562	50,266	0.087	24,884	8,698
1967	12,507	0.837	25,163	8.925	42.622	9.793	86.607	3.713	12,507	0.000	66,607	0.441	50,890	4.958	50,260	0.674	50,260	0.094	18,695	14,194
1968	10,418	2.006	22,108	3.778	45.456	9.636	72.424	5.529	10,418	0.000	72.424	0.591	56,304	6.262	54,911	0.680	54,911	0.076	32,950	11,744
1969	11,847	2.868	34,146	2.120	71.428	10.782	92.196	4.538	11,847	0.000	92.196	1.286	69,858	3.131	69,782	0.666	69,782	0.065	40,033	4,513
1970	13,603	2.308	31,131	4.171	59.713	7.978	83.392	4.093	13,603	0.005	83.392	0.287	58,573	4.327	63,753	0.608	63,753	0.052	25,520	9,787
1971	9,399	2.285	23,319	1.825	49.004	8.492	66.758	2.597	9,399	0.000	66.758	0.604	48,201	5.550	53,649	0.448	53,649	0.043	18,678	7,758
1972	13,003	2.069	28,695	0.889	56.077	8.653	78.239	5.443	13,003	0.000	78.239	0.590	55,716	2.944	59,344	0.396	59,344	0.050	25,315	5,305
1973	15,311	3.080	49,623	1.048	81.828	9.368	107,224	2.602	15,311	0.001	107,224	0.640	79,025	1.507	81,579	0.466	81,579	0.059	38,626	3,805
1974	9,165	0.784	38,296	0.861	70.338	8.143	89.205	2.636	9,165	0.000	89.205	0.438	52,975	2.384	70,724	0.417	70,724	0.045	28,007	5,270
1975	7,951	1.098	38,930	0.557	72.964	9.507	86.043	4.071	7,951	0.000	86.043	0.448	54,973	2.117	69,053	0.320	69,053	0.035	31,379	3,102
1976	6,235	1.816	58,350	0.867	100.188	8.767	117,271	3.205	6,235	0.000	117,271	0.485	62,276	2.097	102,394	0.336	102,394	0.019	28,512	2,158
1977	5,979	10.189	72,095	1.670	123.639	9.730	132.874	2.090	5,979	0.000	132.874	0.544	75,890	0.789	114,973	0.271	114,973	0.026	36,785	1,492
1978	13,697	3.827	74,018	1.941	124.182	8.572	140,006	1.674	13,697	0.000	140,006	0.469	89,052	0.524	103,566	0.309	103,566	0.017	48,250	0,978
1979	12,196	7.717	66,057	1.394	124.300	9.106	137,768	2.164	12,196	0.000	137,768	0.338	75,956	1.173	111,546	0.379	111,546	0.022	33,345	0,672
1980	6,642	11.711	82,288	0.889	128.721	8.310	138,140	2.034	6,642	0.000	138,140	0.412	88,083	1.237	117,185	0.307	117,185	0.022	42,807	0,165
1981	9,596	8.452	85,447	1.130	120.034	7.431	131,271	1.806	9,596	0.000	131,271	0.384	74,552	1.322	101,808	0.399	101,808	0.017	33,830	0,234
1982	8,460	5.938	63,991	0.686	103.110	9.071	116,199	2.330	8,460	0.000	116,199	0.386	73,563	1.803	94,610	0.497	94,610	0.017	28,926	0,855

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

Year Año	Northern albacore Albacora del norte		Southern albacore Albacora del sur		Bigeye		Yellowfin		Bluefin		Swordfish		Striped marlin		Blue marlin		Black marlin		Saifish and shortbill spearfish Areas 7-9					
	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks
1983	12,050	7,040	70,378	1,492	111,508	9,457	127,240	2,094	12,050	0.002	127,240	0.422	99,428	0.880	94,434	0.501	94,434	0.016	47,088	0.292	80,152	0.172		
1984	16,251	11,349	79,369	1,019	101,442	8,560	119,634	2,293	16,251	0.001	119,634	0.326	74,156	0.651	81,630	0.680	81,630	0.022	30,958	0.086	88,676	0.189		
1985	9,301	8,475	64,826	936	97,243	13,202	106,757	2,938	9,301	0.002	106,757	0.275	54,241	0.553	80,764	0.450	80,764	0.017	25,089	0.023	81,668	0.097		
1986	13,456	2,755	113,237	910	145,164	11,697	160,552	2,746	13,456	0.000	160,552	0.327	92,408	0.653	122,774	0.419	122,774	0.017	39,978	0.021	120,574	0.107		
1987	11,902	5,774	132,423	877	172,582	8,730	188,392	1,712	11,902	0.001	188,392	0.408	131,271	0.938	153,761	0.428	153,761	0.014	44,297	0.078	144,095	0.072		
1988	14,946	3,478	134,737	1,502	164,927	6,415	182,694	1,861	14,946	0.001	182,694	0.380	89,061	0.754	145,446	0.384	145,446	0.011	36,002	0.075	146,691	0.092		
1989	23,697	2,407	95,528	0,746	144,600	7,702	170,370	2,543	23,697	0.002	170,370	0.328	92,457	0.824	130,510	0.387	130,510	0.008	30,707	0.245	139,663	0.090		
1990	12,952	6,361	114,046	0,855	165,010	9,108	178,419	4,019	12,952	0.001	178,419	0.329	86,319	0.684	138,029	0.364	138,029	0.007	41,416	0.016	137,002	0.075		
1991	15,033	7,549	140,403	1,106	184,531	7,459	200,364	2,773	15,033	0.003	200,364	0.298	109,038	0.440	155,943	0.365	155,943	0.006	43,062	0.039	157,302	0.064		
1992	21,017	4,001	127,469	1,142	170,156	6,794	191,283	1,936	21,017	0.005	191,283	0.281	124,759	0.337	149,131	0.364	149,131	0.007	43,036	0.021	148,247	0.059		
1993	14,753	6,204	103,858	1,661	145,064	6,610	159,955	3,155	14,753	0.003	159,955	0.278	77,554	0.533	125,403	0.467	125,403	0.009	31,185	0.018	128,770	0.062		
1994	17,253	8,560	113,852	1,780	146,529	6,364	163,904	3,687	17,253	0.004	163,904	0.263	90,181	0.458	123,651	0.616	123,651	0.011	33,996	0.015	129,907	0.100		
1995	15,562	5,909	79,741	1,878	113,214	6,941	129,598	3,279	15,562	0.006	129,598	0.280	83,902	0.654	100,292	0.597	100,292	0.011	32,298	0.008	97,299	0.143		
1996	9,667	8,130	72,201	1,214	89,911	6,576	103,653	3,054	9,667	0.009	103,653	0.349	63,262	0.670	79,455	0.313	79,455	0.008	23,376	0.009	80,277	0.154		
1997	6,551	11,394	63,498	1,263	89,783	6,362	96,382	3,931	6,551	0.002	96,382	0.443	59,459	0.852	80,241	0.592	80,241	0.010	16,067	0.089	80,315	0.153		

TABLE 5. Catches of tunas and billfishes, in numbers of fish, by Japanese longline fishery in the EPO.

TABLA 5. Capturas de atunes y peces picudos, en número de peces, por la pesquería palangrera japonesa en el OPO.

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Sailfish and shortbill spearfish	Sailfish	Shortbill spearfish	Total
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Marlín negro	Pez vela y marlín trompa corta	Pez vela	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	-	-	112,696
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	-	-	1,265,406
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	1,194,055	266,423	53,707	92,354	49,407	1,706	27,507	-	-	1,875,705
1984	266,045	1,027,340	274,289	39,060	54,796	56,364	1,995	19,392	-	-	1,739,281
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	-	-	2,687,743
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
1993	264,152	1,062,018	504,692	44,401	55,659	62,349	1,340	8,561	-	-	2,003,172
1994	350,579	1,069,057	604,251	43,085	57,463	80,316	1,844	-	1,829	11,706	2,220,130
1995	242,262	876,856	424,986	36,345	62,992	65,127	1,201	-	1,583	12,605	1,723,957
1996	166,284	686,986	316,572	36,185	51,190	26,259	730	-	1,143	11,424	1,296,773
1997	155,075	631,947	378,924	42,653	62,913	48,663	859	-	1,315	12,427	1,334,776

TABLE 6. Catches of tunas and billfishes, in metric tons, by the Japanese longline fishery in the EPO.**TABLA 6.** Captura de atunes y peces picudos, en toneladas métricas, por la pesquería palangrera japonesa en el OPO.

Year	Albacore	Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Sailfish	Shortbill spearfish
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Pez vela	Marlín trompa corta
1971	955	28,871	7,368	1,939	10,049	2,718	-	-
1972	851	35,113	16,013	2,266	6,981	2,381	-	-
1973	1,396	49,731	11,413	3,779	5,116	3,500	-	-
1974	571	36,013	6,914	2,143	5,229	2,721	-	-
1975	455	40,726	10,299	2,303	5,361	2,162	-	-
1976	912	52,827	15,036	3,424	6,410	3,175	-	-
1977	2,387	70,024	11,222	4,234	3,020	2,909	-	-
1978	2,876	67,214	9,187	4,060	2,170	3,026	-	-
1979	2,621	54,377	10,909	2,610	4,056	4,329	-	-
1980	2,117	61,951	11,549	3,667	4,771	3,748	-	-
1981	2,153	49,970	7,090	2,882	4,096	3,845	-	-
1982	1,323	50,199	9,826	2,475	4,162	4,368	-	-
1983	2,953	57,195	9,405	3,147	3,463	4,125	-	-
1984	3,512	44,587	9,134	2,625	2,307	4,684	-	-
1985	2,051	61,627	10,633	1,764	1,329	3,084	-	-
1986	1,880	91,981	17,770	2,637	2,535	4,472	-	-
1987	2,636	87,913	13,484	3,573	5,043	5,881	-	-
1988	3,874	66,015	12,481	3,619	3,412	5,002	-	-
1989	2,093	67,514	15,335	3,158	3,153	4,872	-	-
1990	2,486	86,148	29,255	3,015	2,812	4,552	-	-
1991	3,581	85,011	23,721	3,053	2,321	5,033	-	-
1992	3,222	74,466	15,296	3,135	2,006	5,234	-	-
1993	4,385	63,190	20,339	2,513	2,237	5,381	-	-
1994	5,083	61,471	25,983	2,464	2,379	7,654	35	140
1995	3,295	49,016	17,042	1,992	2,211	6,011	31	147
1996	2,943	36,685	12,631	1,968	1,961	2,605	24	120
1997	2,512	40,571	16,218	2,576	2,617	4,312	28	149

TABLE 7. Catches of sailfish (SFS) and shortbill spearfish (SBS) in the EPO, in numbers of fish, and fishing effort, in thousands of hooks.

TABLA 7. Capturas de pez vela (SFS) y marlín trompa corta (SBS) en el OPO, en número de peces, y esfuerzo de pesca, en miles de anzuelos.

Year— Año		Areas									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1994	SFS	198	664	55	665	127	0	0	102	18	1,829
	SBS	3,944	224	32	4,651	2,452	0	0	47	356	11,706
	Hooks—Anzuelos	17,253	20,319	1,482	53,403	37,327	190	0	10,996	23,003	163,973
1995	SFS	178	608	108	272	241	0	0	168	8	1,583
	SBS	4,159	202	33	4,538	3,585	0	0	12	76	12,605
	Hooks—Anzuelos	15,562	13,702	2,035	31,993	33,649	355	464	18,091	13,742	129,593
1996	SFS	1	382	1	468	214	0	0	54	23	1,143
	SBS	1,464	240	1	5,257	4,328	0	0	8	126	11,424
	Hooks—Anzuelos	9,667	12,650	288	27,740	29,930	0	74	8,771	14,530	103,650
1997	SFS	15	373	99	209	289	0	15	283	32	1,315
	SBS	1,025	346	132	3,727	6,103	0	0	120	974	12,427
	Hooks—Anzuelos	6,551	13,251	6,603	23,671	30,237	0	48	6,428	9,590	96,379

TABLE 8. Numbers of samples used for gonad analyses.

TABLA 8. Número de muestras usado para los análisis de gónadas.

Area	Quarter	Species							
		Bigeye	Yellowfin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Sailfish	Shortbill spearfish
Area	Trimestre	Especie							
		Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Marlín negro	Pez vela	Marlín trompa corta
1	1	213	16	0	28	7	0	0	13
1	2	335	159	20	53	26	0	7	37
1	3	444	27	3	164	56	0	3	25
1	4	6,204	420	32	1,961	268	9	4	512
2	1	98	49	4	20	18	0	1	1
2	2	385	321	9	8	12	0	3	12
2	3	17	69	2	0	23	1	1	0
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	171	87	9	2	6	0	0	16
4	2	938	1,052	49	57	8	1	4	62
4	3	134	73	4	1	0	0	0	4
4	4	1,038	464	25	43	14	0	0	57
Total		9,977	2,737	157	2,337	438	11	23	739

TABLE 9. Average lengths at age and annual growth increments of bigeye tuna in the Pacific Ocean.
 TABLA 9. Talla media a edad e incrementos anuales de crecimiento de atún patudo en el Océano Pacífico.

Age—Edad	Kume and Joseph, 1966: 58		Tomlinson, 1998: Table 7		Uosaki and Bayliff, 1999: Table 7		Sun <i>et al.</i> , 2001: Table 2	
	Length— Talla	Incremento— Incremento	Length— Talla	Incremento— Incremento	Length— Talla	Incremento— Incremento	Length— Talla	Incremento— Incremento
1	30.7		48.4		39.2		52.1	
2	80.1	49.4	73.1	24.7	72.0	32.8	83.9	31.9
3	113.9	33.8	103.6	30.5	98.6	26.6	105.9	21.9
4	137.0	23.1	128.5	24.9	120.3	21.7	122.0	16.2
5	152.8	15.8	145.6	17.1	138.0	17.7	136.6	14.6
6	163.6	10.8	158.0	12.4	152.3	14.3	149.8	13.1
7	171.0	7.4	168.9	10.9	164.0	11.7	160.6	10.9
8	176.0	5.0	178.0	9.1	173.5	9.5	171.7	11.1
9	179.5	3.5	186.3	8.3	181.2	7.7	177.4	5.7
10	181.8	2.3	196.7	10.4	187.4	6.2	186.2	8.7

TABLE 10. Fishing effort by the Japanese longline fishery, in millions of hooks, and retained catches of sharks, in thousands of fish, in the EPO.

TABLA 10. Esfuerzo de pesca por palangreros japoneses, en millones de anzuelos, y capturas retenidas, en miles de peces, en el OPO.

Year	Fishing effort	Catches by quarter				Total
		1	2	3	4	
Año	Esfuerzo de pesca	Captura por trimestre				Total
		1	2	3	4	
1971	67	17.3	11.1	16.5	16.1	61.0
1972	78	20.0	18.1	25.6	20.5	84.2
1973	107	29.3	20.5	25.3	19.1	94.2
1974	89	11.9	10.1	16.1	16.7	54.8
1975	86	11.8	13.8	13.2	11.9	50.8
1976	117	13.3	18.4	24.3	20.2	76.2
1977	133	16.7	25.0	26.5	18.6	86.8
1978	140	15.3	20.6	30.7	18.2	84.8
1979	138	18.0	21.8	22.2	14.5	76.5
1980	138	17.3	26.1	32.7	18.5	94.7
1981	131	16.7	28.4	31.2	14.3	90.7
1982	116	14.7	28.4	31.8	24.7	99.6
1983	127	27.8	29.5	35.8	16.6	109.6
1984	120	19.8	26.9	41.0	25.9	113.5
1985	107	16.9	21.3	22.3	16.3	76.9
1986	161	17.6	23.3	27.5	19.3	87.7
1987	188	25.6	49.0	42.2	22.3	139.2
1988	183	26.8	32.4	39.0	17.5	115.7
1989	170	22.9	20.2	37.1	33.1	113.3
1990	178	20.3	23.4	33.8	27.2	104.7
1991	200	20.1	22.7	24.2	23.7	90.7
1992	191	27.4	34.7	26.5	19.3	107.9
1993	160	21.0	25.1	37.8	28.4	112.3
1994	164	28.2	27.9	39.2	22.9	118.3
1995	130	28.0	27.6	38.9	33.7	128.1
1996	104	20.0	17.5	22.5	15.8	75.7
1997	96	12.8	15.7	26.3	24.9	79.7

TABLE 11. Release and recapture data for tagged surface-caught bigeye and yellowfin originally caught by surface gear and later recaptured by longline gear, or *vice versa*. (PL = pole-and-line gear; HL, handline; LL = longline; PS = purse seine)

TABLA 11. Datos de liberación y recaptura correspondientes a patudos y aletas amarillas capturados originalmente con arte de superficie y recapturados con palangre, o viceversa. (PL = cañero; HL, línea de mano; LL = palangre; PS = red de cerco)

Release				Recapture			
Location	Date	Length (cm)	Gear	Location	Date	Length (cm)	Gear
Liberación				Recaptura			
Posición	Fecha	Talla (cm)	Arte	Posición	Fecha	Talla (cm)	Arte
Bigeye—Patudo							
3°20'N-90°50'W	May 12, 1967	50	PL	4°32'N-107°50'W	Jun. 18, 1969	128	LL
0°52'N-97°06'W	Apr. 15, 2000	114	HL	2°15'N-97°15'W	Mar. 21, 2001	142	LL
0°52'N-97°06'W	Apr. 15, 2000	99	HL	6°23'N-117°15'W	Mar. 24, 2003	—	LL
1°28'N-96°58'W	Apr. 17, 2000	101	HL	2°40'S-99°03'W	Jun. 15, 2000	—	LL
1°28'N-96°58'W	Apr. 17, 2000	96	HL	6°30'N-124°50'W	Jan. 21, 2003	—	LL
2°01'N-95°24'W	Apr. 22, 2000	116	HL	0°33'N-109°00'W	Sep. 29, 2000	—	LL
5°48'S-154°14'W	Oct. 25, 1999	78	LL	1°10'S-156°30'W	Sep. 30, 2000	—	PS
2°S-148°W	Apr. 6, 2000	87	LL	0°18'S-156°45'W	Sep. 29, 2000	—	PS
Yellowfin—Aleta amarilla							
7°12'N-78°58'W	Apr. 22, 1959	52	PL	1°40'N-97°42'W	Apr. 15, 1962	128	LL
9°19'N-105°05'W	Nov. 21, 1971	103	PS	4°36'N-106°46'W	Jul. 31, 1972	ca. 100	LL
14°30'N-94°18'W	Jun. 19, 1971	80	PS	1°54'N-98°26'W	Nov. 8, 1972	111	LL
16°52'N-117°32'W	May 29, 1973	62	PL	18°30'N-111°10'W	Oct. 28, 1973	89	LL
24°54'S-130°03'W	Feb. 4, 1980	75	PL	14°37'S-90°50'W	Dec. 16, 1980	120	LL
25°00'S-130°07'W	Feb. 4, 1980	76	PL	7°45'S-121°50'W	Mar. 5, 1981	—	LL
4°05'N-159°15'W	Jul. 22, 1978	79	LL	17°38'N-117°48'W	Aug. 29, 1981	—	PS

TABLE 12. Numbers of tagged yellowfin released from purse-seine vessels that traveled various net distances (in nautical miles) during various periods at liberty.

TABLA 12. Número de aletas amarillas marcados y liberados de barcos cerqueros que recorrieron varias distancias netas (en millas náuticas) durante distintos periodos 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 13. Results of computer simulations for bigeye and yellowfin carried out by Watters and Maunder (2001b) and Maunder and Watters (2001b). The simulations are explained further in the text.

TABLA 13. Resultados de simulaciones en computadora para el patudo y aleta amarilla realizadas por Watters y Maunder (2001b) y Maunder y Watters (2001b). Se explican las simulaciones en mayor detalle en el texto.

	75 percent of 1999-2000 level of surface effort	1999-2000 level of surface effort with discards	1999-2000 level of surface effort without discards	125-percent of 1999-2000 level of surface effort
	75% del nivel de esfuerzo de superficie en 1999-2000	Nivel de esfuerzo de superficie en 1999-2000	Nivel de esfuerzo de superficie en 1999- 2000 sin descartes	125% del nivel de esfuerzo de superficie en 1999-2000
Spawning biomass ratio during fourth quarter of 2005— Cociente de biomasa reproductora durante el cuarto trimestre de 2005	0.53 bigeye-patudo	0.46	0.50	0.42
Average weight (kg) in combined catches during 2001-2005— Peso medio (kg) en capturas combinadas durante 2001-2005	24.3 bigeye-patudo	21.2	30.3	19.3
Quarterly catches (mt) by surface fleet (mt) during 2001-2005— Capturas trimestrales (tm) por la flota de superficie durante 2001-2005	14.4 yellowfin-aleta amarilla	12.7	14.1	11.3
Quarterly catches (thousands of fish) by longline fleet during 2001-2005— Capturas trimestrales (miles de peces) por la flota palangrera durante 2001-2005	3,836 bigeye-patudo	4,696	4,931	5,401
	52,208 yellowfin-aleta amarilla	57,775	59,533	59,017
	166 bigeye-patudo	149	159	135
	83 yellowfin-aleta amarilla	63	66	48

ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1993-1997

por

Hiroaki Okamoto¹ y William H. Bayliff

RESUMEN

En este informe se presenta un análisis de la actividad pesquera de buques palangreros japoneses en el Océano Pacífico oriental durante el período de 1993-1997, extendiendo los estudios del período de 1956-1992 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 talla de las principales especies de atunes y picudos capturadas por dicha pesquería. Se presenta cierta información sobre las capturas de tiburones por la pesquería palangrera japonesa. Se describen las interacciones entre las pesquerías de superficie y palangrera.

Palabras clave: ABUNDANCIA APARENTE, ATÚN. CAPTURA, COMPOSICIÓN POR TAMAÑO, DISTRIBUCIÓN, ESFUERZO DE PESCA, INTERACCIÓN, MADUREZ, MARLÍN, OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, PALANGRE, PECES PICUDOS, PEZ ESPADA, PEZ VELA, TIBURONES

INTRODUCCIÓN

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; Uosaki y Bayliff, 1999) 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), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999) se usaron datos del área entre el litoral de las Américas y 150°O.

Las limitaciones sobre dónde la pesquería palangrera japonesa podía operar en el Océano Pacífico impuestas después de la segunda guerra mundial fueron eliminadas en 1952 (Matsuda, 1987), y la pesquería se extendió hacia oriente, alcanzando casi el litoral de las Américas unos diez años después (Suda y Schaefer, 1965a). En ese entonces el pescado capturado fue utilizado principalmente para enlatar y la producción de embutido de atún. Luego la demanda de *sashimi* aumentó, y el patudo se convirtió en el blanco principal de las pesquerías palangreras japonesas en la mayor parte del OPO.

La captura total de patudo en el Océano Pacífico ha fluctuado entre unas 120 y 160 mil toneladas métricas (tm) en los últimos años (Anónimo, 2002a). El patudo capturado en el OPO formó aproximadamente el 50% de la captura total de la especie en el Pacífico hasta 1994, y luego aumentó a alrededor del 60 a 70% de la misma. Antes de 1994 la captura de patudo en el OPO por artes de superficie rara vez superó 10 mil toneladas, pero desde entonces las capturas de patudo con red de cerco han aumentado notoriamente, mientras que las de los palangreros han disminuido, y en 1996, por primera vez, la captura de la pesquería cerquera rebasó la de la palangrera.

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

La captura anual media de patudo en el OPO por la pesquería palangrera japonesa fue de unas 90 mil toneladas durante 1986 y 1987, pero disminuyó a un promedio de unas 39 mil toneladas en 1996 y 1997.

Las otras especies capturadas, en orden de su importancia durante 1993-1997, fueron atún aleta amarilla, marlín azul, atún albacora, pez espada, marlín rayado, marlín trompa corta, marlín negro, y pez vela. Las capturas de todas estas especies fueron considerablemente menores que las de patudo.

Además del Japón, la República de Corea (Lee *et al.*, 1979; Gong *et al.*, 1993) y Taiwan (Anónimo, 1993b) son participantes importantes en la pesquería palangrera del OPO. El esfuerzo de los buques coreanos está dirigido principalmente hacia aleta amarilla, y el de los buques taiwaneses hacia albacora, pero sus capturas combinadas de estas dos especies fueron considerablemente menores que las de los buques japoneses. Sus capturas combinadas de patudo en el OPO fueron menos de 8 mil toneladas en los últimos años.

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.

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 Pacífico	kuromaguro	Pacific bluefin	<i>Thunnus orientalis</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 nigricans</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 usados en este estudio provinieron de registros de buques palangreros comerciales reunidos y tabulados por el NRIFSF. Los datos sobre la madurez de los peces capturados provinieron de buques de investigación y entrenamiento, y los de su tamaño de buques comerciales también. Los datos correspondientes sobre las pesquerías de superficie provinieron de los archivos de la CIAT.

Las capturas de pez vela y marlín trompa corta fueron combinadas en las bitácoras de los buques hasta 1993; desde entonces son registradas por separado. Por consiguiente, en las discusiones de captura, captura por unidad de esfuerzo (CPUE), y peso promedio, fueron analizadas por separado, usando datos de 1994 a 1997, mientras que se usaron los datos de captura combinada para las discusiones de observaciones anuales a largo plazo.

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). Estas áreas fueron definidas primero por Miyabe y Bayliff (1987), y subsecuentemente usadas por Nakano y Bayliff (1992) y Uosaki y Bayliff (1999). 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 92 y 97,8% por año durante el período de 1995-1997 (Tabla 1). El alcance de la cobertura de bitácora durante 1993 y 1994 no fue estimado porque el formato de las bitácoras fue modificado en 1993, y no todos los datos de bitácora fueron incluidos en estas estadísticas durante dichos años.

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 convencionales, intermedios, y profundos 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 = talla del pez en centímetros, usado en los trabajos anteriores en esta serie, fue usado para todas las especies excepto el pez espada. Hinton *et al.* (1997) determinaron que el segundo, $GI(2) = \ln(W)/\ln(L)$ era mejor para el pez espada, con base en los resultados de análisis histológicos y varias metodologías de clasificación de índices gonadales. Este índice fue usado para el pez espada por Uosaki y Bayliff (1999) y en este estudio.

Los datos de talla de peces capturados con palangre usados en el presente informe incluyeron medidas de talla y tallas estimadas a partir de datos de peso y ecuaciones para convertir pesos a tallas. Los atunes fueron medidos al próximo intervalo de talla 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 tallas con las ecuaciones peso-talla 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 tallas correspondientes a los intervalos de peso para suavizar las distribuciones de frecuencia de talla. (En la Tabla 2 se presentan estas y otras ecuaciones para convertir peso a talla. En las Tablas 1 y 2 del Anexo de Uosaki y Bayliff (1999) se presentan ecuaciones para convertir entre varias tallas y entre varios pesos.)

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 talla a peso con las ecuaciones de peso-talla 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TENDENCIAS EN EL ESFUERZO

Se presentan estimaciones anuales del esfuerzo de pesca total de palangreros japoneses, expresado en número de anzuelos, para todos los océanos, y para los Océanos Pacífico, Indico, y Atlántico, en la Figura 3a y para el Océano Pacífico entero y el OPO en la Figura 3b. En la Figura 3c se ilustra el esfuerzo palangrero en el OPO en relación con aquél del Océano Pacífico entero y a aquél de todos los océanos combinados. 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).

Buques palangreros japoneses pescaron en el OPO por primera vez en 1954. El esfuerzo se incrementó rápidamente, alcanzando 14 millones de anzuelos en 1960 y 92 millones de anzuelos en 1963. Luego aumentó más lentamente, alcanzando 200 millones de anzuelos en 1992, pero entonces disminuyó precipitadamente a 100 millones de anzuelos en 1997. La disminución se debió en parte a la reducción en el número de buques activos, pero principalmente a un traslado de esfuerzo al Pacífico occidental y a los Océanos Atlántico e Indico (Figura 3a).

Históricamente, los cocientes del esfuerzo en el OPO a aquél del Pacífico entero y a aquél de todos los océanos aumentó velozmente durante los años 1950 y principios de los 1960, y paulatinamente desde mediados de los años 1960 hasta 1978 (Figura 3c). Tras disminuir durante 1978-1985, aumentaron aún más, alcanzando 0,55 en relación con el Pacífico entero y 0,39 en relación con todos los océanos combinados en 1992. Posteriormente los cocientes disminuyeron marcadamente, a aproximadamente 0,43 relativo al Océano Pacífico entero y 0,22 relativo a todos los océanos combinados en 1997.

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 proporción del esfuerzo correspondiente a embarcaciones de entre 50 y 100 toneladas disminuyó marcadamente durante 1988-1989 (Uosaki y Bayliff, 1999: Tabla 1), y buques de este tamaño no pescan más en el OPO. Entre 3,2 y 6,1% del esfuerzo fue generado por buques de 100 a 200 toneladas, y entre 93,9 y 96,8% por buques de 200 a 500 toneladas durante 1993-1997 (Tabla 1). La proporción del esfuerzo por buques de 100 a 200 toneladas disminuyó paulatinamente durante 1993-1997. Los buques de 100 a 200 toneladas pescaron en casi las mismas zonas que los de 200 a 500 toneladas, pero la proporción del esfuerzo ejercida entre 140°O y 150°O fue mayor para los buques de 100 a 200 toneladas (Figura 4). El número medio de anzuelos por lance fue aproximadamente 2.400 durante todo el período de 1993-1997 (Tabla 1).

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 durante 1993-1997 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 (Anónimo, 2002a: Figura 3). Ocurrió lo mismo durante 1971-1992 (Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999). Hanamoto (1975) manifestó que en la región al este de 135°O en aproximadamente 10°N, inclusive el Domo de Costa Rica, la profundidad de la termoclina es menos de 50 m y la concentración de oxígeno disuelto debajo de la termoclina es menos de 1 ml/l. Estas condiciones no son favorables para el patudo, que pasa la mayor parte del tiempo debajo de la termoclina (Holland *et al.*, 1992), pero cuyos requerimientos de oxígeno son bastante altos.

En la Figura 5 se ilustran las tendencias anuales en el esfuerzo por área (Figura 1). El esfuerzo disminuyó en todas las áreas en las que hubo esfuerzo sustancial durante 1993-1997 excepto el Área 5.

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 1993-1997. En las Áreas 1, 4 y 5 el esfuerzo fue mayor durante los trimestres primero y cuarto que durante el segundo y tercero, mientras que el esfuerzo fue mayor en el Área 2 durante el segundo trimestre y en las Áreas 3 y 9 durante el tercer trimestre. En el Área 8 el esfuerzo estuvo a casi el mismo nivel en todos los trimestres. Hubo muy poco esfuerzo de pesca en las Áreas 6 y 7 durante todo el año.

En la Figura 7 se ilustran las distribuciones trimestrales del esfuerzo. Hubo una alta concentración de esfuerzo a lo largo de la banda horizontal entre la línea ecuatorial y 10°N, pero relativamente poco esfuerzo a lo largo de esta banda al este de 120°O durante los trimestres primero y cuarto, y al este de 115°O durante el segundo trimestre. Hubo asimismo una alta concentración de esfuerzo a lo largo de la banda horizontal entre la línea ecuatorial y 15°S, pero relativamente poco esfuerzo a lo largo de esta banda al este de 100°O durante los trimestres primero y cuarto. Hubo esfuerzo considerable entre 20°N y 35°N al oeste de 125°O durante los trimestres primero y cuarto, y en alta mar frente a Perú y el norte de Chile durante los trimestres segundo y tercero.

Esfuerzo con palangre intermedio y profundo

Antes de mediados de la década de los 1970 la mayoría de los buques palangreros japoneses usaban artes con 4 a 7 anzuelos por canasta (APC) (Hinton y Nakano, 1996). En esa época algunos de los buques que pescaban en el Pacífico central y occidental comenzaron a usar artes con 9 a 13 APC, y este cambio pronto se extendió al OPO. Se denominaban estas artes "palangres profundos."

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). Suzuki *et al.* (1977) y Suzuki y Kume (1982) consideraron palangres convencionales aquéllos con 4 a 6 APC y profundos aquéllos con 10 ó más. Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999) describieron dicha pesca en el OPO durante 1975-1992, período en el cual el número de anzuelos por canasta varió de 4 a 15. 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 CPUE (tasas de captura por anzuelo) 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 África 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) y Uosaki y Bayliff (1999) 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 1975-1992. El primer informe incluye mapas que ilustran la distribución de caladeros donde los palangres convencionales y profundos son más eficaces, y el tercero, cuarto y quinto 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.)

Miyabe y Bayliff (1987: Figura 30), Nakano y Bayliff (1992: Figura 7), y Uosaki y Bayliff (1999: Figura 8) resumen los cambios históricos en el número de anzuelos por canasta usados en el OPO entre 1975 y 1992, para todas las áreas combinadas. Tal como se comentó, el cambio de palangres convencionales a profundos comenzó en los años 1970. Durante 1975 y 1976 el número de APC más común fue 5 ó 6. Durante 1977 hubo dos modas aproximadamente iguales, una en 6 y la otra en 10 APC. Posteriormente predominaron los palangres profundos, y la moda aumentó paulatinamente de 10 APC durante 1978-1982 a 13 APC durante 1986-1992. La moda menor aumentó paulatinamente de 6 APC durante 1978-1982 a 8 APC durante 1988-1992. Para mediados de la década de los 1980 casi habían desaparecido los palangres convencionales (4-6 APC), mientras que el uso de artes con 7 a 9 APC (en lo sucesivo palangres “intermedios”) aumentó. Durante 1993-1997 ocurrieron más cambios en la configuración de las artes (Figura 8). Durante 1993 la configuración fue similar a la de 1988-1992, con la mayoría de los valores entre 12 y 15 APC y una moda en 13 APC. Posteriormente ocurrió un aumento en los valores de 15 a 18 APC y una disminución de los valores de 12 a 14 APC. La moda estuvo en 17 APC durante 1995-1997. No queda clara la razón del cambio reciente a números todavía mayores de anzuelos por canasta. Hacia fines de los años 1980 nylon monofilamento y trenzado reemplazaron la fibra de nylon para

la línea madre y las brazoladas, posibilitando quizá, por primera vez, el uso de mayores números de anzuelos por canasta.

En la Figura 9 se ilustran los porcentajes del esfuerzo ejercidos con palangres convencionales, intermedios, y profundos durante 1993-1997. Para expresar el cambio reciente en las frecuencias de anzuelos por canasta, se dividen los palangres profundos en dos categorías, profundo-A (10 a 14 APC) y profundo-B (más de 14 APC). En las Areas 2-5, todas en aguas tropicales, la proporción de esfuerzo palangrero convencional disminuyó bruscamente durante los años 1970 y principios de los 1980, y fue reemplazado por esfuerzo profundo-A, que a su vez fue reemplazado rápidamente por esfuerzo profundo-B a partir de 1994. En las Areas 6 y 8, asimismo en aguas tropicales, el patrón fue similar, excepto que hubo uso considerable de palangres convencionales e intermedios en el Area 6 durante 1992-1994 y los porcentajes de esfuerzo con palangres intermedios fueron mayores durante los años 1980 y principios de los 1990 en el Area 8 que en las Areas 2-5. En las Areas 1 y 9, ambas en aguas subtropicales y templadas, los palangres convencionales fueron reemplazados principalmente por palangres intermedios a principios de los años 1980. En el Area 1 la proporción de palangres profundos aumentó constantemente a partir de 1975, alcanzando 60% en 1997. En el Area 9 el uso de palangres profundos aumentó rápidamente a partir de 1991, alcanzando más del 90% en 1994. En el Area 7, a diferencia de las demás áreas, los palangres convencionales han predominado en cada año excepto 1992 y 1993.

La pesca con palangres profundos tuvo lugar principalmente en la parte occidental del OPO en aguas ecuatoriales a principios de los años 1980 y se extendió hacia el este durante 1981-1992 (Miyabe y Bayliff, 1987, Nakano y Bayliff, 1992, y Uosaki y Bayliff, 1999). En la Figura 10 se ilustra la distribución geográfica de la proporción del esfuerzo palangrero total esfuerzo formada por el esfuerzo profundo-B. El uso de esta arte no se extendió paulatinamente hacia el este, sino que fue adoptada casi simultáneamente en toda la región tropical del OPO entre 10°N y 15°S, excepto en el área frente al centro y sur de Perú hasta 95°O.

TENDENCIAS EN LA CAPTURA

En la Tabla 5 y las Figuras 11-14 se presentan datos sobre las capturas de atunes y peces picudos, en número de peces, y en la Tabla 6 datos sobre las capturas de atunes y peces picudos, convertidas en peso total con los datos en las Tablas 3 y 5. (Los pesos promedio en las Tabla 3 son ligeramente diferentes de los de la Tabla 3 de Uosaki y Bayliff (1999) porque los datos de los años anteriores a 1993 han sido analizados y modificados en caso necesario.)

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 5). 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 disminuyeron bruscamente a 1,3 millones de peces en 1996 y 1997, el nivel de captura más bajo desde 1971.

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 1970 (Miyabe y Bayliff, 1987).

El patudo ha sido el componente más importante de las capturas de atunes con palangre, seguido por el aleta amarilla y la albacora, en ese orden (Figura 12; Tabla 6). La captura de patudo aumentó de un 50% a principios y mediados de la década de los 1960 a un 70% desde fines de los años 1970 hasta fines de los 1980, tras lo cual disminuyó al 54% de la captura en 1997. Los porcentajes de aleta amarilla y albacora fueron aproximadamente iguales a principios de los años 1960, 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 1950 hasta mediados de los 1960, y marlín rayado y pez vela más marlín trompa corta desde mediados de los 1960 hasta fines de los 1970. 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 combinaron peces vela y marlines trompa corta en la misma columna hasta 1994, de manera que resulta imposible observar la tendencia histórica en cualquiera de estas dos especies por separado. Un 10% de las capturas combinadas de pez vela y marlín trompa corta durante 1994-1997 consistió de pez vela. Las capturas de marlín negro han sido bastante bajas, formando menos del 1,7% de la captura total de peces picudos desde 1964 (Tabla 5).

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 1960, y posteriormente siguieron constantes o aumentaron ligeramente. Las capturas de patudo no mostraron ninguna tendencia durante los últimos años de la década de los 1960 y principios de los 1970, pero aumentaron posteriormente, debido probablemente a un aumento en el esfuerzo o al mayor uso de palangres profundos. Las capturas estuvieron en un nivel alto hasta 1992, tras lo cual disminuyeron bruscamente, y la captura en 1997 fue menos de la mitad del promedio de 1985-1992. Las capturas de aleta amarilla y pez espada han sido más o menos constantes desde principios de los años 1960, aunque las de aleta amarilla en el OPO fueron algo mayores durante 1990 y 1994, y las de pez espada disminuyeron a partir de 1989. Las capturas de marlín azul mostraron una ligera tendencia ascendiente desde los años 1970 hasta 1992, 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 1960 hasta fines de los 70, tras lo cual se estabilizaron.

En Miyabe y Bayliff (1987: Figura 10), Nakano y Bayliff (1992: Figura 12), y Uosaki y Bayliff (1999: Figura 14) se ilustra la composición por especie de las capturas de 1971-1992, por área, y en la Figura 14 de este informe la de 1993-1997. No son evidentes cambios conspicuos en la composición por especies para el período de 1971-1992. Durante 1993-1997 el patudo fue la especie más importante, excepto en el Área 7, donde predominaron los peces picudos. Las especies de importancia secundaria fueron albacora en el Área 1, aleta amarilla en las Áreas 2, 4, 5, y 9, y peces picudos en las Áreas 3 y 8.

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES POR ZONA DE PESCA Y TRIMESTRE

En las Figuras 15-24 se presentan las distribuciones trimestrales de las tasas de captura (en número de peces por 1000 anzuelos) para cada especie de atún y pez picudo, promediado para 1993-1997. La tasa de captura no es necesariamente un buen estimador de la abundancia relativa de una especie particular en distintas áreas o trimestres. Además, hay motivos por pensar que las varias especies son igualmente vulnerables a la captura por palangre, hasta en los mismos estratos de área-tiempo-profundidad, por lo que no se puede determinar a partir de los datos de tasas de captura que una especie es más o menos abundante que otra. Se comentó anteriormente

que el patudo pasa más tiempo a profundidades mayores que la mayoría de las otras especies, por lo que la profundidad de los anzuelos puede afectar la composición por especies de las capturas. En una sola especie, la vulnerabilidad a la captura podría variar con el área, año, temporada, profundidad de los anzuelos (Punsly y Nakano, 1992; Hinton y Nakano, 1996), tamaño del pez, y otros factores. No obstante, la distribución las tasas de captura brinda información útil sobre la distribución de las varias especies.

Albacora

La distribución de las capturas de albacora durante 1993-1997, determinada a partir de las tasas de captura (Figura 15), fue restringida, en general, a la zona al norte de 20°N y oeste de 125°O y la zona al sur de 5°S. 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 segundo, 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 evidentes en los datos de 1971-1992 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 11; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 13; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 15) o los datos de 1993-1997 en el presente informe. Cabe destacar, sin embargo, que no hubo mucho esfuerzo de pesca al sur de 15°S (Figura 7.)

Patudo

Durante 1993-1997 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.

Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999) notaron que 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. Durante 1993-1997, sin embargo, las tasas de captura máximas coincidieron bastante bien con la distribución de esfuerzo, debido tal vez al uso de palangres más profundos durante 1995-1997. No obstante, hubo ciertas excepciones. Son aparentes las mayores concentraciones de esfuerzo en el sur de la región ecuatorial durante los trimestres primero y cuarto y frente a Perú durante los trimestres segundo y tercero (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 durante el tercer trimestre, al este y oeste de las Islas Galápagos durante todos los cuatro trimestres, y frente al sur del Perú y el norte de Chile durante el cuarto trimestre, no se ejerció mucho esfuerzo en esos estratos de área-trimestre. En la Figura 17 se presentan las tasas de cap-

tura medias en lances durante 1994-1997 en los que el peso promedio del pescado, después de ser procesado, fue menos de 35 kg. Los peces de ese peso son de unos 4 años de edad. Ya que se estima que el patudo alcanza la madurez a los 3 años (Watters y Maunder, 2002), se supone que la mayoría de estos peces fueron inmaduros. Las áreas de altas tasas de captura de peces relativamente pequeños (Figura 17) coinciden bien con las de altas tasas de captura de peces de todos tamaños (Figura 16), pero no tan bien con aquéllas con grandes cantidades de esfuerzo (Figura 7). Esto podría indicar que las tasas de captura en estas regiones (al noreste de Hawaii, al este y oeste frente a las Islas Galápagos, y frente al sur de Perú y norte de Chile) son el resultado de mayores capturas de peces pequeños. Los pescadores dirigen su esfuerzo más hacia el patudo grande, cuya tasa de captura es más baja que la del patudo pequeño, y esto podría explicar las tasas de captura relativamente altas en áreas donde el esfuerzo es relativamente bajo.

Cantidades sustanciales de patudo fueron capturadas por buques cerqueros entre 5°N y 10°S durante 1994-1997 (Anónimo, 1999a: Figuras 7 y 8). En la sección titulada **INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERÍAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ATUNES Y PECES PICUDOS** se comentan los efectos potenciales de la pesquería cerquera sobre la palangrera.

Aleta amarilla

Durante 1993-1997 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 18) 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 18).

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. Este no fue el caso después de 1970 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 13; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 15; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 17; este informe, Figura 18), pero cabe notar que hubo relativamente poco esfuerzo de pesca en estas áreas.

Grandes cantidades de aleta amarilla son capturadas por buques cerqueros entre 5°N y 15°N (Anónimo, 1999a: Figuras 3 y 4). En la sección titulada **INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERÍAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ATUNES Y PECES PICUDOS** se comentan los efectos posibles de la pesca con red de cerco sobre la pesquería palangrera.

Aleta azul del Pacífico

El aleta azul 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 durante 1993-1997 (Figura 19). Además, las tasas de captura fueron relativamente altas frente al norte de Chile durante el tercer trimestre y entre 10°N y 15°S al oeste de 120°O durante el cuarto trimestre. Aunque el desove de la especie está aparentemente restringido a los alrededores de Japón, muchos de los peces juveniles migran al OPO, donde algunos son capturados por buques cerqueros o deportivos frente a California y Baja California y otros mueren allí de causas naturales. Los supervivientes regresan al Pacífico occidental (Bayliff *et al.*, 1991; Itoh *et al.*, presentado). 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

El pez espada fue capturado en casi todas las áreas donde se pescó con palangre durante 1993-1997, aunque las tasas de captura al este, oeste, y sur de las Islas Galápagos fueron relativamente bajas durante todo el año (Figura 20). Las tasas de captura fueron relativamente altas frente a Perú y el norte de Chile, especialmente durante el tercer trimestre y al oeste de 135°O entre 10°N y 10°S durante todo el año. Las tasas de captura fueron relativamente altas en alta mar frente a Baja California durante 1971-1992 (Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999), pero ese no fue el caso durante 1993-1997. Cabe destacar, sin embargo, que el esfuerzo en esta zona fue bajo durante 1993-1997 (Figura 7). Además, las tasas de captura fueron relativamente altas al oeste de 130°O entre 30°N y 35°N durante los trimestres primero y cuarto de 1981-1992 (Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999), pero no durante 1993-1997.

Marlín rayado

Históricamente, las tasas de captura de marlín rayado fueron máximas frente a Baja California, cerca de la desembocadura del Mar de Cortés, y al sur de Baja California hasta 15°N. Aunque el esfuerzo fue bajo, fueron observadas tasas de captura altas en esta zonas durante los trimestres primero, tercero, y cuarto de 1993-1997 (Figura 21). Ocurrieron asimismo tasas de captura superiores al promedio al nordeste de Hawaii durante los trimestres primero, tercero, y cuarto, frente a Perú durante los trimestres primero y segundo, al sur de la línea ecuatorial entre 80°O y 105°O durante el segundo trimestre, y al sur de la línea ecuatorial entre 90°O y 120°O durante los trimestres tercero y cuarto. 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 posteriormente apenas hubo esfuerzo de pesca en esta área (Figura 7).

Marlín azul

Marlines azules fueron ampliamente capturados en el OPO entre 30°N y 25°S durante 1993-1997 (Figura 22). Las tasas de captura fueron máximas en dos bandas ecuatoriales, una al oeste de 90°O entre la línea ecuatorial y 10°N y la otra al oeste de 90°O entre la línea ecuatorial y 15°S. Las tasas de captura fueron asimismo relativamente altas al oeste de 140°O entre 10°N y 20°N durante los trimestres segundo y tercero. 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 antes de 1988 (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 posteriormente (Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 7; este informe, Figura 7).

Marlín negro

Fueron capturados marlines negros en la mayoría de las zonas de pesca palangrera en el OPO, pero las tasas de captura fueron bastante bajas en todas las áreas (Figura 23), al igual que durante 1956-1992 (Joseph *et al.*, 1974: Figura 9; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 17; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 20, Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 22). No hubo áreas con tasas de captura relativamente altas.

Pez vela y marlín trompa corta

Tal como se comentó previamente, no se separaron el pez vela y el marlín trompa corta en las bitácoras de las embarcaciones palangreras hasta 1994. En informes previos (Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff 1992; Uosaki y Bayliff, 1999) se supuso en los análisis de tasas de captura de estas especies que los peces capturados a menos de unos centenares de millas del litoral eran peces vela y los demás marlín trompa corta. (Kume y Joseph, 1969a). En este estudio se usaron solamente datos de tasas de captura de 1994-1997 para los análisis de estas dos especies porque esos son los únicos años en los que las capturas de las mismas fueron registradas por separado en las bitácoras. En la Tabla 7 se presentan las capturas de pez vela y marlín trompa corta en cada área. El pez vela predominó en las Areas 2 y 8, y el marlín trompa corta en las Areas 1, 4, 5, y 9.

En la Figura 24 se presentan las distribuciones de las tasas de captura de pez vela durante 1994-1997. Las tasas de captura fueron máximas en el OPO ecuatorial entre aproximadamente 10°N y 15°S durante todo el año y al oeste de 130°O entre 30°N y 15°N durante los trimestres tercero y cuarto. Las tasas de captura fueron relativamente altas en aguas costeras frente a Colombia y Ecuador durante todo el año.

En la Figura 25 se presentan las distribuciones de las tasas de captura de marlín trompa corta durante 1994-1997. Las tasas de captura fueron máximas al oeste de 90°O entre la línea ecuatorial y 15°S durante todo el año y al oeste de 125°O entre 35°N y 15°N durante los trimestres primero, tercero, y cuarto. Por contraste con el pez vela, las tasas de captura fueron relativamente bajas en aguas costeras.

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 1981-1997 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 6; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 7; este informe, Figura 7), y las tasas de captura fueron bajas.

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

En esta sección se usan las tendencias anuales en las CPUE (tasas de captura por anzuelo) no estandarizadas por área correspondientes al período de 1954-1997 para medir la abundancia relativa de las distintas especies de peces. Se calcularon las tasas anuales de captura de todas o la mayoría de las áreas combinadas (Figuras 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, y 49) 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. En las Figuras 28, 31, 34, 37, 40, 43, y 46 se presentan las relaciones entre esfuerzo y capturas, en número de peces. Adicionalmente, se examinan las tendencias trimestrales del periodo de 1993-1997 (Figuras 26, 29, 32, 35, 38, 41, 26, 29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, y 48). 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 15-24 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. 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.

La condición de las distintas poblaciones 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 talla 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 CPUE. Chow y Ushiyama (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), cuarto trimestre en el Area 6, y trimestres segundo y tercero en el Area 9 (Figura 26).

Ocurrió una tendencia ascendente en las tasas de captura en el hemisferio norte durante la segunda mitad de la década de los 70 (Figura 27; Tabla 4). Las tasas de captura siguieron relativamente altas hasta 1985, más bajas durante 1986-1989, y luego aumentaron, con algunas fluctuaciones. Se cree que el aumento en las tasas de captura desde 1977 hasta 1985 resultó parcialmente de 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 1960 y principios de los 1970. 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.

En la Figura 28 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de albacora durante 1955-1997 en el Area 1 y en las Areas 4, 5, 6 y 9. Para la albacora del norte, el esfuerzo aumentó de 0.09 a 13 millones de anzuelos durante 1955-1967, pero las tasas de captura permanecieron bajas (menos de 1 pez por 1000 anzuelos) (Tabla 4). Durante 1968-1976 el esfuerzo osciló entre 6 y 15 millones de anzuelos y las tasas de captura fluctuaron entre 1 y 3 peces por 1000 anzuelos. Durante 1977-1985 el esfuerzo osciló entre 6 y 16 millones de anzuelos, y las tasas de captura

durante cada año de ese período excepto 1978 fueron de más de 5 peces por 1000 anzuelos. Durante 1986-1997 el esfuerzo osciló entre 7 y 24 millones de anzuelos. Durante 1986-1989 las tasas de captura oscilaron entre unos 2 y 6 peces por 1000 anzuelos, pero luego aumentaron, variando de unos 4 a 11 peces por 1000 anzuelos. Para la albacora del sur, el esfuerzo aumentó rápidamente, de 0.2 a 53 millones de anzuelos, durante 1952-1963, mientras que las tasas de captura disminuyeron precipitadamente, debido posiblemente a que el esfuerzo fue dirigido más hacia otras especies. Durante 1972-1997 el esfuerzo varió de 28 a 140 millones de anzuelos y las tasas de captura de unos 0.5 a 1.9 peces por 1000 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 propusieron que esto podría ser debido a desplazamientos de los peces. Durante 1971-1992 las tasas de captura no demostraron mucha estacionalidad (Miyabe y Bayliff 1987: Figura 20; Nakano y Bayliff, Figura 22; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 24). Durante 1988-1997 fueron mayores en las Areas 6 y 9 durante los trimestres tercero y cuarto y primero y cuarto, respectivamente, mientras que hubo poca o ninguna estacionalidad en las demás áreas (Figura 29).

Las tendencias en las tasas de captura en las distintas áreas fueron relativamente similares, lo cual sugiere que hay solamente un stock de patudo en el OPO. Disminuyeron precipitadamente a principios de los años 60 a menos de la mitad de las tasas de fines de los años 50 y permanecieron relativamente constantes a partir de mediados de los años 1960, y las tendencias fueron más o menos similares en todas las áreas (Figura 30). 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 5), 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 de alta mar ecuatoriales (excepto el Area 3), pero mucho mayores en las áreas costeras (Areas 1, 8 y 9). Fue propuesto por Kume (1979) que los patudo en latitudes altas son principalmente peces inmaduros, o maduros pero sexualmente inactivos, y por Hisada (1979) que en los trópicos los peces maduros ocurren principalmente entre 110°O y 160°O y que individuos inmaduros predominan al este de 110°O. 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.

Las tasas de captura fueron mayores en las Areas 3, 8, y 9 y, en menor grado, en las Areas 1, 2, 4, y 5 durante 1985 o 1986 que durante las dos décadas anteriores (Figura 30). Luego disminuyeron, y permanecieron en un nivel bajo a partir de 1990 (Tabla 4), aunque en las Areas 1 y 3 aumentaron en 1997. Las tasas de captura mayores durante 1985 y 1986 podrían ser debidas a un reclutamiento superior al promedio de peces de las edades que contribuyeron al máximo a las capturas de esos años.

En la Figura 31 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de patudo correspondiente al período de 1955-1997 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 varió de 8 a 11 millones de anzuelos, las capturas (en todas las nueve áreas) de 180 a 329 mil peces, y las tasas de captura de unos 20 a 24 peces por 1000 anzuelos (Tablas 4 y 5). Durante 1961-1965 el esfuerzo osciló entre 33 y 79 millones de anzuelos y las capturas entre 541 y 1.236 mil peces, mientras que las tasas de captura disminuyeron de unos 29 peces por 1000 anzuelos en 1961 a unos 9 peces por 1000 anzuelos en 1965. Durante 1966-1991 el esfuerzo varió de 43 a 185 millones de anzuelos y las capturas de 527 a 1.866 mil peces, mientras que las tasas de captura fueron relativamente constantes en aproximadamente 6 a 11 peces por 1000 anzuelos, aunque las tasas en 1985 y 1986, 13 y 12 peces por 1000 anzuelos, respectivamente, fueron excepcionalmente elevadas. Durante 1992-1997 el esfuerzo disminuyó de 170 millones de anzuelos a menos de 90 millones y las capturas variaron de 316 a 604 millones de peces, mientras que las tasas de captura fueron casi constantes, en unos 6 a 7 peces por 1000 anzuelos.

Aleta amarilla

Hubo poca estacionalidad en las tasas de captura en la mayoría de las áreas; las excepciones principales fueron el Area 2, donde la tasa de captura fue mayor en el cuarto trimestre, el Area 4, donde fue menor en el primer trimestre, y el Area 9, donde fue menor en el segundo trimestre (Figura 32). 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, pero éste no fue el caso en 1993-1997.

Las tasas de captura disminuyeron marcadamente en las Areas 2-5 hacia fines de los años 1950 y principios de los 1960 y en el Area 9 a principios de la década de los 1960 (Figura 33; Tabla 4), al igual que con el patudo (Figura 30; 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 marcadamente que en las Areas 2-5. No son evidentes disminuciones en las tasas de captura en las Areas 1 y 9, las áreas más al norte y al sur, a partir de mediados de los años 1960. A partir de principios de la década de los 1980 las tasas de captura fueron más o menos estables en la mayoría de las áreas, aunque hubo fluctuaciones relativamente grandes en el Area 9 durante 1985-1990.

En la Figura 34 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de aleta amarilla en el OPO durante 1955-1997. Se usaron los datos de todas las áreas del OPO porque se capturan cantidades sustanciales de aleta amarilla en todas. El esfuerzo de pesca fue bajo (1 a 34 millones de anzuelos) durante 1954-1961, intermedio (46 a 138 millones de anzuelos) durante 1962-1985, y alto (160 a 200 millones de anzuelos) durante 1986-1994, y luego disminuyó a menos de 130 millones de anzuelos a partir de 1994 (Tabla 4). Las capturas fueron mínimas durante 1954-1960 (6 a 165 mil peces) y máximas durante 1963-1964 (472 a 528 mil peces) y 1989-1994 (370 a 717 mil peces) (Tabla 5). Las tasas de captura variaron de unos 5 a 18 peces por 1000 anzuelos durante 1954-1965 y de unos 2 a 6 peces por 1000 anzuelos a partir de 1965 (Tabla 4). Las tasas de captura fueron máximas (unos 9 a 18 peces por 1000 anzuelos) durante 1956-1961 y mínimas (menos de 2 peces por 1000 anzuelos) durante 1978, 1981, 1987-1988, y 1992.

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

aquellas frente al norte de Sudamérica mostraron poca estacionalidad. Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) descubrieron lo mismo para 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 1981-1987. Uosaki y Bayliff (1999: Figura 24) comentaron que durante 1988-1992 hubo poca estacionalidad en las tasas de captura 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. No hubo estacionalidad obvia durante 1993-1997 excepto en el Area 7, donde la tasa de captura fue bastante elevada durante el primer trimestre (Figura 35).

Las tasas de captura fueron bajas, siempre inferiores a 1 pez por 1000 anzuelos, excepto en las Areas 7 y 8 (Figura 36). Aunque no hubo ninguna tendencia clara en las tasas de captura en la mayoría de las áreas, aquella del Area 1 parece ser contraria a las de las Areas 2 y 3. Las tasas de captura en el Area 1 fueron máximas desde mediados de los años 1970 hasta fines de los 1980, y luego disminuyeron a partir de 1988, mientras que aquellas en las Areas 2 y 3 fueron mayores hasta principios de los años 1970, tras lo cual disminuyeron paulatinamente hasta 1984. En el Area 8 ocurrieron reducciones precipitadas durante 1969-1971 y 1977-1981. Las tasas de captura en el Area 7 fluctuaron mucho, pero sin tendencia. Miyabe y Bayliff (1987) declararon que las fluctuaciones anuales relativamente grandes en el Area 7 se debían a que había 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 37 se presenta la relación entre el esfuerzo y la captura de pez espada en el OPO durante 1955-1997. Se usaron los datos de todas las áreas del OPO porque se capturan cantidades sustanciales de peces espada en todas áreas. Las capturas fluctuaron entre unos 29 mil y 77 mil peces durante 1963-1997, excepto 1969, cuando se capturaron unos 119 mil peces (Tabla 5). El esfuerzo varió de 1 a 46 mil anzuelos durante 1955-1962, 63 a 107 mil anzuelos durante 1963-1975, y 96 a 200 mil anzuelos durante 1976-1997 (Tabla 4). Las tasas de captura fueron mayores de 4 peces por 1000 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 1993-1997 las tasas de captura variaron de unos 0,3 a 0,4 peces por 1000 anzuelos.

Marlín rayado

Joseph *et al.* (1974: Figura 7) y Shingu *et al.* (1974: Figura 9e) informaron que durante 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. Durante 1993-1997 las tasas de captura fueron mayores en las Areas 1 y 3 durante los trimestres tercero y cuarto, en el Area 6 durante los trimestres primero y cuarto, y en el Area 9 durante los trimestres primero, segundo, y cuarto (Figura 38). Hay por lo tanto diferencias estacionales entre las áreas norte y sur. Las tasas de captura fueron bastante altas en el Area 7, frente a Baja California, durante los trimestres primero, tercero, y cuarto. No se ejerció esfuerzo en esta área durante el segundo trimestre, por lo que no se puede determinar si hubo una tendencia estacional en las tasas de captura en la misma. Durante 1971-1992 las tasas de captura fueron máximas durante los trimestres tercero y cuarto (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 20; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 22; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 24).

Las tasas de captura de marlín rayado fueron relativamente altas entre 1950 y 1970 en las Areas 1, 3, y 5, y luego disminuyeron (Figura 39). Fueron bastante altas en las Areas 8 y 9 a principios de los años 1960, pero disminuyeron bruscamente durante esa década. No hubo tendencia, pero sí una fluctuación considerable, en el Area 6. En el Area 7, la zona de pesca principal de esta especie, las tasas de captura media fue de unos 10 peces por 1000 anzuelos desde 1963 hasta 1991; en 1992 disminuyó a 2,3 peces por 1000 anzuelos, y en los dos años siguientes no se ejerció esfuerzo en esta área. Durante 1995-1997 las tasas de captura en el Area 7 aumentaron bruscamente de 18,5 en 1995 a 44,0 en 1997, aunque hubo poco esfuerzo en 1996 y 1997 (75 y 49 mil anzuelos, respectivamente).

En la Figura 40 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín rayado en las Areas 1, 3, y 5-9 durante 1955-1997. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron mayores allí que en las demás áreas. Las tasas de captura oscilaron entre unos 3,0 y 6,0, 1,0 y 2,0, y 0,3 y 0,9 peces por 1000 anzuelos durante los períodos de 1962-1972, 1973-1982 (excepto 1977 y 1978), y 1983-1997, respectivamente (Tabla 4).

Marlín azul

Joseph *et al.* (1974: Figura 8) notaron que las tasas de captura del marlín azul durante 1956-1970 solían ser mayores al norte de la línea ecuatorial durante el verano septentrional y al sur de la misma durante el verano austral. Durante 1971-1992 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; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 24). Fue observada la misma tendencia en las tasas de captura durante 1993-1997 (Figura 41). Esto podría indicar desplazamientos estacionales de peces entre las áreas norteñas (2 y 3) y sureñas (4 y 5). Cabe destacar, sin embargo, que las tasas de captura fueron relativamente altas durante el segundo trimestre en el Area 1, un área norteña, durante 1981-1987 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 22) y durante 1993-1997 (Figura 41).

Las tendencias anuales en las tasas de captura fueron descendentes en todas las áreas excepto el Area 7 durante los últimos años de la década de los 1950 y los primeros de la de los 1960 (Figura 43). En las Areas 4 y 6 las tasas de captura fueron mayores de 10,0 peces por 1000 anzuelos durante un breve período a fines de los años 1950. Después de 1970 las tasas de captura fueron menos que 1,0 en todas las áreas excepto el Area 6.

En la Figura 43 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín azul durante 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 5) aumentaron durante 1955-1963, y las tasas de captura (Tabla 4) disminuyeron de unos 13 a menos de 2 peces por 1000 anzuelos. Durante 1964-1997 el esfuerzo osciló entre 50 y 156 mil anzuelos, las capturas (en todas las nueve áreas) de 23 a 80 mil peces, y las tasas de captura de 0,3 a 0,8 peces por 1000 anzuelos. Las tasas de captura fueron más bajas (0,3 a 0,4 peces por 1000 anzuelos) durante 1975-1981, cuando el esfuerzo varió de 69 a 117 mil anzuelos, que durante 1986-1994 (0,4 a 0,6 peces por 1000 anzuelos), cuando el esfuerzo varió de 123 a 156 mil anzuelos.

Marlín negro

La estacionalidad de las tasas de captura de marlín negro no ha variado mucho entre períodos. 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 de 1971-1980. 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 de 1981-1987. Uosaki y Bayliff (1999: Figura 24) observaron que las tasas de captura fueron máximas en las Areas 2 y 3 durante los trimestres tercero y cuarto y en el Area 7 durante los trimestres segundo y tercero de 1988-1992. Durante 1993-1997 las tasas de captura fueron máximas en el Area 2 durante el tercer trimestre, en las Areas 3 y 7 durante los trimestres tercero y cuarto, en el Area 4 durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto, y en el Area 6 durante el cuarto trimestre (Figura 44). Estas fluctuaciones no indican necesariamente desplazamientos, ya que el número de peces capturado fue bajo, y cambios pequeños en el número de peces capturados podría causar cambios grandes en las tasas de captura.

Las tasas de captura son bajas en todas áreas, y han disminuido en todas las áreas excepto 6 y 7 (Figura 45).

En la Figura 46 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín negro en las Areas 2-8 durante 1955-1997. 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 5) aumentaron durante 1955-1963. Las tasas de captura (Tabla 4) oscilaron de unos 0,05 a 0,14 peces por 1000 anzuelos entre 1958 y 1970. Posteriormente disminuyeron aún más, con promedios de unos 0,02 y 0,01 peces por 1000 anzuelos durante 1978-1986 y 1987-1997, respectivamente.

Pez vela y marlín trompa corta

Tal como se comentó, no se distinguió entre el pez vela y el marlín trompa corta en las bitácoras de las embarcaciones palangreras hasta 1994. En informes anteriores se supuso que los peces capturados a menos de varios centenares de millas del continente (Areas 7-9) eran peces vela y los demás (Areas 1-6) marlines trompa corta. Las tasas de captura fueron máximas en las Areas 7 y 8, lo cual podría indicar que las capturas de pez vela para todas las áreas combinadas superaron las de marlín trompa corta. Durante 1994-1997, sin embargo, las distribuciones de las capturas de estas dos especies (Figuras 24 y 25) fueron similares, aunque el marlín trompa corta no fue capturado a menudo a menos de unas 200 millas del litoral de las Américas. Se ejerció poco esfuerzo de pesca en el Area 7, presuntamente principalmente un área de pez vela, durante 1994-1997 (Figura 7), y las capturas de marlín trompa corta en todas las áreas combinadas fueron unas 6 a 10 veces las de pez vela durante esos años (Tabla 7). Las capturas máximas de estas dos especies durante 1994-1997 provinieron de las Areas 1, 2, 4, y 5, y en todas estas excepto el Area 2 las capturas de marlín trompa corta fueron mayores que las de pez vela. Estos resultados indican que el supuesto usado en informes previos de esta serie es inadecuado para estimar las tendencias en abundancia de estas dos especies.

Durante 1994-1997 las tasas de captura de pez vela fueron máximas durante el primer trimestre en el Area 4, el tercer trimestre en las Areas 1 y 7, los trimestres tercero y cuarto en las Areas 3 y 8, y el cuarto trimestre en el Area 2 (Figura 47). En el caso del marlín trompa corta, las tasas de captura fueron máximas en las Areas 1, 4, y 5 durante los trimestres tercero y cuarto y en el Area 9 durante el cuarto trimestre (Figura 48).

En la Figura 49 se presentan las tasas de captura de pez vela y marlín trompa corta combinadas durante 1955-1997. Fueron máximas en las Areas 7 y 8 durante los años 1960 y 1970.

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

La pesca con palangre profundo fue introducida al OPO ecuatorial a mediados de los años

1970 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 31). 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 y 1994-1997 (Figura 9). Es por lo tanto imposible hacer comparaciones significativas para esas áreas de las tasas de captura de palangres convencionales, intermedios, y profundos. Además, tal como se comentó anteriormente, el número de anzuelos por canasta (APC) aumentó de unos 12 a 14 durante 1986-1992 a unos 16 ó 17 durante 1994-1997. A fin de expresar el cambio reciente de frecuencias de anzuelos por canasta, se dividen los palangres profundos en dos categorías, profundo-A (10 a 14 APC) y profundo-B (más de 14 APC). Durante 1994-1997 más del 90% del esfuerzo con palangres profundos en las Areas 2, 3, 4, 5 y 8, en las que el patudo es la principal especie objetivo, fue esfuerzo profundo-B.

En la Figura 50 se presentan las tasas de captura de todas las especies excepto aleta azul por palangres intermedio, profundo-A, y profundo-B en cuatro a seis áreas. Las condiciones para inclusión en un estrato de especie-área fueron que: (1) que hubo más que 100 mil anzuelos de al menos dos categorías de palangre durante cada año del período de 1994-1997; (2) la especie analizada fue capturada durante cada año de dicho período. Se incluyen solamente datos de 1994-1997 para el pez vela y marlín trompa corta.

Albacora

Para la albacora las tasas de captura de palangres intermedios fueron mayores que las de palangres profundo-A en el Area 1, pero menores que las de palangres profundo-A y profundo-B en el Area 9 (Figura 50). Las tasas de captura de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Areas 4, 5, y 9, aunque las tasas de captura de los palangres profundo-A superaron las de los palangres profundo-B durante 1996 y 1997 en el Area 4.

Patudo

Para el patudo las tasas de captura de palangres profundo-A fueron mayores que las de palangres intermedios en el Area 1, mientras que estuvieron a casi el mismo nivel (excepto en 1995) en el Area 9 (Figura 50). Las tasas de captura de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Areas 2, 4, 5, y 8, aunque las tasas de captura de los palangres profundo-B superaron las de los palangres profundo-A en el Area 9 durante 1995, 1996, y 1997.

Aleta amarilla

Para el aleta amarilla las tasas de captura de palangres intermedios y profundo-A fueron aproximadamente iguales en el Area 1, pero mayores para los palangres intermedios en el Area 9 durante 1993-1995 (Figura 50). Las tasas de captura de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Areas 2, 4, 5, y 8, mientras que las de palangres profundo-A fueron mayores que las de palangres profundo-B en el Area 9 durante 1994-1997. 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 intermedios y profundos 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). Uosaki y Bayliff (1999: Figura 42) descubrieron que las tasas de captura fueron casi iguales para los palangres intermedios y profundo-A en el Area 1 y mayores para los palangres intermedios en las Areas 8 y 9.

Pez espada

Para el pez espada las tasas de captura de palangres intermedios fueron mayores que las de palangres profundo-A en el Area 1 (Figura 50). Uosaki y Bayliff (1999: Figura 42) reportaron que las tasas de captura de palangres intermedios fueron asimismo mayores en el Area 9, pero éste no fue el case en este estudio. Las tasas de captura en el Area 2 fueron mayores para los palangres profundo-B que para los profundo-A, pero fueron aproximadamente iguales para las dos categorías de palangres profundos en las Areas 4, 5, 8, y 9.

Marlín rayado

Para el marlín rayado las tasas de captura de palangres profundo-A fueron mayores que las de palangres intermedios en el Area 1, pero no en el Area 9 (Figura 50). Las tasas de captura de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Areas 2, 4, 5, y 8. Las tasas de captura fueran mayores para palangres profundo-B en el Area 9 durante 1994-1997.

Marlín azul

Para el marlín azul las tasas de captura de palangres profundo-A fueron mayores que las de palangres intermedios en el Area 1, mientras que ocurrió lo contrario en el Area 9 durante 1994 y 1996 (Figura 50). Las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para palangres profundo-A y profundo-B en las Areas 4, 5, y 8, pero algo mayores para palangres profundo-A en el Area 2 durante 1997 y para palangres profundo-B en el Area 9 durante 1994-1997.

Marlín negro

Para el marlín negro las tasas de captura de palangres profundo-A fueron mayores que las de palangres intermedios en el Area 1 (Figura 50). Las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para palangres profundo-A y profundo-B en las Areas 5 y 8, pero algo mayores para palangres profundo-B en las Areas 2, 4, y 9.

Pez vela

Para el pez vela las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para palangres intermedios y profundo-A en el Area 1 y para palangres intermedios, profundo-A, y profundo-B en el Area 9, y las de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Areas 2, 4, 5, y 8 (Figura 50).

Marlín trompa corta

Para el marlín trompa corta las tasas de captura de palangres profundos fueron mayores que las de palangres intermedios en el Area 1 y, en grado menor, Area 9 (Figura 50). Las tasas de captura de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Areas 2, 4, 8, y 9, pero en el Area 5 las tasas de captura de palangres profundo-B fueron mayores que las de palangres profundo-A.

Tal como se comentó anteriormente, los palangres profundos fueron desarrollados para incrementar las capturas de patudo. Hanamoto (1974) descubrió que el patudo es capturado con mayor frecuencia en los anzuelos más profundos de los palangres convencionales, y Saito (1975) reportó que las tasas de captura de patudo con palangres verticales experimentales fueron considerablemente mayores que las de palangres convencionales. Se podría suponer que el aumento en el número de anzuelos por canasta que ocurrió a mediados de los años 1990 incrementaría las tasas de captura de patudo, al menos, pero en la mayoría de los estratos de especie-área las tasas de captura son aproximadamente iguales para los palangres profundo-A y profundo-B. A fines de los años 1980 el monofilamento y nylon trenzado reemplazó la fibra de nylon para las líneas madres y las brazoladas, lo cual posiblemente hizo factible por primera vez, usar mayores números de anzuelos por canasta. Los nuevos materiales son más ligeros que los tradicionales, por lo que la profundidad a la cual pesca el arte es presuntamente más afectada por las corrientes. De ser así, sería necesario usar máquinas tales como los microbatitermógrafos descritos por Mizuno *et al.* (1996) para reunir datos sobre la profundidad de los anzuelos.

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, 1997). 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 16.419 atunes y peces picudos, obtenidos a bordo de buques palangreros de investigación y entrenamiento durante 1993-1997. 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 (Tabla 8). En vista de esto, se debe interpretar con cautela las distribuciones geográficas de los peces en distintas etapas de madurez.

En las Figuras 51, 54, 57, 60, 63, 66, 67, y 68 se ilustra la relación entre índice gonadal y talla. Se ilustra la proporción de hembras maduras a hembras totales en 1993-1997, por áreas de 5°, para todos los trimestres combinados en las Figuras 52, 55, 58, 61, 64, y 69, y para cada trimestre por separado en las Figuras 53, 56, 59, 62, 65, y 70. 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 talla. Es por consiguiente deseable eliminar los datos correspondientes a peces de talla menor a esa talla al intentar estimar las áreas y temporadas de desove. Con dos excepciones, los puntos de corte designados para este estudio son los mismos usados por Miyabe y Bayliff (1987): patudo y aleta amarilla, 120 cm (punta del hocico a cauda furcal: SFL); marlín rayado, 150 cm (borde posterior de la órbita a cauda furcal: EFL); marlín azul, 180 cm (EFL); y marlín negro, 200 cm (EFL). 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, pro-

duce resultados más precisos. El punto de corte para el marlín negro se basa en información publicada por Ueyanagi (1960: Tabla 2). 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 Brock (1943), Partlo (1955), Otsu y Uchida (1959), y Shingu *et al.* (1974). Shingu *et al.* 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. Las albacoras no son destripadas y desagalladas en el mar, y por lo tanto no se dispuso de datos nuevos sobre la madurez de la especie para este estudio.

Patudo

Información sobre la madurez del patudo en el OPO fue resumida por Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999) presentan información adicional. 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.

Se dispuso de los pesos de gónada de 9.977 patudos para este estudio. De éstos, 6.204 (62.2%) provinieron de peces capturados en el Area 1 durante el cuarto trimestre (Tabla 8). En la Figura 51 se ilustra la relación entre GI y talla. El individuo más pequeño con un GI de más de 3,1 fue un pez de 74 cm con un GI de 3,2. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 80 cm, y GI de más de 3,1 ocurrieron con frecuencia en peces de más de esa talla. Esto concuerda con los resultados de Nakano y Bayliff (1992) y Uosaki y Bayliff (1999). Aunque, tal como se comentó, es arriesgado estimar la condición reproductora sobre la base del GI solamente, parece probable que los patudos hembra comienzan a desovar alrededor de los 75 cm de talla en el OPO occidental (Areas 1, 2, y 4).

Del número total de individuos cuyas gónadas fueron pesadas, 2.849 (28,6%) fueron de más de 120 cm de talla. De estos peces mayores, 349 (12,2%) tenían GI de 3,1 o más. El GI máximo encontrado fue de 14,87, en un pez de 122 cm.

En las Figuras 52 y 53 se ilustra la distribución de las proporciones de hembras mayores con GI de 3,1 o más a todas las hembras mayores. Ocurrieron altas concentraciones de peces maduros entre 20°N y la línea ecuatorial al oeste de 130°O durante el segundo trimestre, y entre 5°S y 15°S al oeste de 125°O durante los trimestres primero y cuarto.

Aleta amarilla

Información publicada hasta 1992 sobre la madurez del aleta amarilla en el OPO fue resumida por Nakano y Bayliff (1992), e información adicional fue publicada subsecuentemente por Anónimo (1994a: 30-31), Román-Reyes *et al.* (1997), Schaefer (1998), y Uosaki y Bayliff (1999). 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.

Se dispuso de los pesos de gónada de 2.737 aletas amarillas para este estudio. De éstos, 1,052 (38.4%) provinieron de peces capturados en el Area 4 durante el segundo trimestre (Tabla 8). En la Figura 54 se ilustra la relación entre GI y talla. El individuo más pequeño con un GI de más de 2,1 fue un pez de 57 cm con un GI de 3,2. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 95 cm, y GI de más de 2,1 ocurrieron con frecuencia en peces de más de 100 cm. Nakano y Bayliff (1992) y Uosaki y Bayliff (1999) reportaron que los peces maduros más pequeños eran de la clase de talla de 71 a 80 cm. Schaefer (1998) estimó que la talla mínima de madurez sexual de hembras en el OPO, a partir de información histológica, es 59 cm, y que la talla predicha de 50% de madurez es 92 cm.

Del número total de individuos cuyas gónadas fueron pesadas, 1.327 (48,5%) fueron de más de 120 cm de talla. De estos peces mayores, 63 (4,7%) tenían GI de 2,1 o más. El GI máximo encontrado fue de 8,10, en un pez de 134 cm.

En las Figuras 55 y 56 se ilustra la distribución de las proporciones de hembras mayores con GI de 2,1 o más a todas las hembras mayores. Ocurrieron altas concentraciones de peces maduros al oeste de 140°O entre 15°N y la línea ecuatorial durante los trimestres segundo y tercero, y en el área delimitada por 5°S, 125°O, 15°S, y 135°E durante el primer trimestre.

Aleta azul del Pacífico

Se cree que el desove del aleta azul del Pacífico está restringido al Océano Pacífico occidental (Bayliff, 1994b). Se obtuvieron pesos de gónadas para dos individuos capturados en el Area 1 durante 1993-1997. Los peces midieron 168 y 175 cm, y su GI fue 0,78 y 0,93, respectivamente.

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), con información adicional en Uosaki y Bayliff (1999) y DeMartini *et al.* (2000). 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 O = peso de los ovarios en gramos y L = talla (EFL) 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. Una comparación de los métodos de Miyabe y Bayliff (1987) y Hinton *et al.* (1997) (Uosaki y Bayliff, 1999) indicó que el último es mejor, y se usa en este informe.

El presente estudio se basa en 157 hembras. De éstas, 126 (80,3%) fueron capturadas en las Areas 1 y 4 durante los trimestres segundo y cuarto (Tabla 8). En la Figura 57 se ilustra la relación entre GI y talla. De las 157 hembras, 59 (37,6%) tenían GI de 1,37 o más. El individuo más pequeño cuyo GI superó 1,37 fue un pez de 152 cm con un GI de 1,40. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 80 cm, y GI de más de 1,37 ocurrieron con frecuencia en peces de más de 155 cm. El GI máximo encontrado fue de 1,82, en un pez de 255 cm.

En las Figuras 58 y 59 se ilustra la distribución de las proporciones de hembras con GI de 1,37 o más a todas las hembras. Las concentraciones máximas de peces maduros ocurrieron al oeste de 130°O entre 25°N y 15°S.

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), con información adicional en González Armas *et al.* (1993 y 1999) y Uosaki y Bayliff (1999). 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 2.337 hembras. De éstas, 1.961 (83,9%) fueron capturadas en el Area 1 durante el cuarto trimestre (Tabla 8). En la Figura 60 se ilustra la relación entre GI y talla. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 140 cm.

Del número total de individuos cuyas gónadas fueron pesadas, 744 (31,8%) fueron de más de 150 cm de talla. Solamente tres de éstos tenían GI de más de 3,1; el más pequeño de éstos midió 138 cm y tenía un GI de 3,8. El GI máximo encontrado fue de 7,53, en un pez de 162 cm.

Los tres peces maduros fueron capturados en el Area 1 durante el segundo trimestre (Figuras 61 y 62). González Armas *et al.* (1993 y 1999) encontraron larvas de marlín rayado en el Area 7, o sea que presuntamente ocurren peces maduros en esa zona también.

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), con información adicional en Hopper (1990) y Uosaki y Bayliff (1999). 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 438 hembras. De éstas, 268 (61,2%) fueron capturadas en el Area 1 durante el cuarto trimestre (Tabla 8). En la Figura 63 se ilustra la relación entre GI y talla. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 160 cm, y GI de más de 3,1 ocurrieron con frecuencia en peces de más de 195 cm. El individuo más pequeño con un GI de más de 3,1 fue un pez de 196 cm con un GI de 3,7. El GI máximo encontrado fue de 6,21, en un pez de 213 cm.

Del número total de individuos cuyas gónadas fueron pesadas, 343 (78,3%) fueron de más de 180 cm de talla. De las 343 hembras mayores, solamente 9 (2,6%) tenían GI de más de 3,1.

En las Figuras 64 y 65 se ilustra la distribución de las proporciones de hembras mayores con GI de 3,1 o más a todas las hembras mayores. Los nueve peces maduros fueron capturados entre 20°N y 15°S al oeste de 125°O.

Marlín negro

Ueyanagi (1960) reportó que ocurre desove intensivo de marlín negro en el Mar de Coral, especialmente en octubre y noviembre. Sugirió que la talla de primera madurez es de 140 cm y 200 cm para machos y hembras, respectivamente, que la mayoría de los peces de más de 230 cm de talla son hembras, y que ovarios maduros pesan probablemente más de 1 kg. Información sobre la madurez del marlín negro en el OPO ha sido resumida por Nakano y Bayliff (1992), con información adicional en Uosaki y Bayliff (1999).

El presente estudio se basa en 11 hembras, 4 de ellas de más de 200 cm de talla. Las gónadas de dos de los cuatro pesaron 1,1 kg, y las de los otros dos menos de 1 kg. En la Figura 66 se ilustra la relación entre GI y talla. El GI máximo encontrado fue 1,07, en un pez de 215 cm.

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), con adicional información en Vidaurri

Sotelo *et al.* (1997), Hernández H. y Ramírez R. (1998), Uosaki y Bayliff (1999), y Hernández-Herrera *et al.* (2000). 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 23 hembras. En la Figura 67 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. Todos los peces tenían GI de menos de 3,1.

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), con adicional información en Uosaki y Bayliff (1999). 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 739 hembras. De éstas, 512 (69.3%) fueron capturadas en el Area 1 durante el cuarto trimestre (Tabla 8). En la Figura 68 se ilustra la relación entre GI y talla. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 115 cm, y GI de más de 4,1 ocurrieron con frecuencia en peces de más de 125 cm. El individuo más pequeño con un GI de más de 4,1 fue un pez de 102 cm con un GI de 6,1. El GI máximo encontrado fue de 11,7, en un pez de 144 cm.

Del número total de individuos cuyas gónadas fueron pesadas, 147 (19,9%) tenían GI de 4,1 o más.

En las Figuras 69 y 70 se ilustran las distribuciones de se ilustra la distribución de las proporciones de hembras con GI de 4,1 o más a todas las hembras. Se descubrieron las concentraciones máximas de peces maduros al oeste de 125°O entre 35°N y 15°S (Figura 69). Se encontraron concentraciones elevadas de peces maduros en esa área al norte de 5°N durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto y al sur de 10°S durante los trimestres primero, tercero, y cuarto (Figura 70).

COMPOSICIÓN 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. Las Figuras 71-96 son histogramas de frecuencia de talla para cada especie, agregadas en varias combinaciones de área y tiempo. En las figuras que ilustran frecuencias de talla anuales o trimestrales por área, no se ilustran estratos con menos de 10 peces; en las que ilustran frecuencias de talla de áreas con todos los años combinados, no se ilustran áreas con menos de 20 atunes, peces espada, marlines rayados, marlines azules, o marlines trompa corta, o menos de 10 marlines negros o peces vela.

Se obtienen las medidas de talla principalmente en palangreros comerciales y buques palangreros de investigación, la mayoría de ellos buques de entrenamiento de escuelas secundarias prefecturales. En la mayoría de los casos solamente se miden pescados retenidos en buques comerciales, mientras que en los buques de investigación se miden casi todos los pescados capturados, independientemente de su tamaño. Los buques de investigación concentran sus operaciones en las Areas 1 y 4, lo cual hace parecer que la captura de peces pequeños es poco frecuente en las otras áreas, pero éste no es necesariamente el caso. Este sesgo es probablemente más grave en el caso del pez espada porque las tasas de captura de peces pequeños son máximas para esa especie.

El número de machos suele ser mayor que el de hembras en las categorías mayores de talla de albacora (Otsu y Sumida, 1968), aleta amarilla (Murphy y Shomura, 1972), y patudo (Shomura y Keala, 1973) capturados con palangre. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) demostraron que ocurre lo contrario en el caso del pez espada, marlín rayado, marlín azul, marlín negro, y pez vela, y graficaron por separado los datos de machos, hembras, y peces de sexo desconocido. Desgraciadamente 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 talla. 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 talla (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 datos de enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre, y octubre-diciembre. Adicionalmente, para la albacora, por ejemplo, se combinan los datos de años y trimestres en la Figura 71, los de años en la Figura 72, y los de trimestres en la Figura 73. 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 talla 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), y Uosaki y Bayliff (1999). La talla de los 61.894 peces del presente estudio varió entre unos 40 y 140 cm, pero la mayoría midió entre unos 60 y 120 cm (Figura 71).

Los rangos de tallas de los peces fueron bastante amplios en las Areas 1 y 9, con la mayoría entre 70 y 120 cm en el Area 1 y 70 y 110 cm en el Area 9 (Figura 71). Por contraste, fueron relativamente estrechos en las Areas 4 y 5, con la mayoría de los peces entre 85 y 105 cm.

Las frecuencias de talla no variaron mucho entre trimestres en las Areas 4, 5, ó 9, pero son evidentes diferencias considerables para el Area 1 (Figura 71). 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 (Uosaki y Bayliff, 1999) y también durante 1993-1997 en el presente estudio. Durante el tercer trimestre todos los peces capturados en el Area 1 fueron relativamente grandes, la mayoría de más de 90 cm. Durante los trimestres primero y cuarto se capturaron peces grandes y pequeños, con una proporción considerablemente mayor de peces pequeños durante el primer trimestre. Este patrón es similar al que observó Suda (1962: Tabla 6) para peces capturados con palangre en el Océano Pacífico noroeste.”

En la Figura 73 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla para cada área durante 1993-1997. En las Areas 1 y 9 ocurrió una variación considerable entre años en la

composición por talla de las capturas en el Area 1 las tallas variaron ampliamente de unos 60 a 120 cm en 1993, 1994, y 1995, mientras que en 1996 y 1997 variaron de unos 90 a 115 cm. En el Area 9 fueron capturadas cantidades sustanciales de peces de entre 60 y 70 cm en 1993, pero no en años subsiguientes. Hubo modas predominantes en 100, 75, y 85 cm durante 1993, 1995, y 1996, respectivamente (Figura 73).

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de talla de albacoras capturadas por la pesquería palangrera durante 1971-1997 y la ecuación peso-talla de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). El peso medio varió de 12,1 kg en 1981 a 17,7 kg en 1996.

Patudo

Datos sobre las frecuencias de talla 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), Calkins *et al.* (1993), Uosaki y Bayliff (1999), y Watters y Maunder (2002). La talla de los 235.570 peces del presente estudio varió entre unos 30 y 220 cm, pero la mayoría midió entre unos 80 y 180 cm (Figura 74). Según Kume y Joseph (1966), los machos y hembras crecen a más o menos el mismo paso hasta alcanzar los 150 cm, aproximadamente, y Sun *et al.* (2001) manifestaron que no hay diferencia entre las tasas de crecimiento de machos y hembras en el rango de tallas de 46 a 189 cm, y se supone por lo tanto que el crecimiento diferencial de los dos sexos, si es que existe, no causa problemas en la interpretación de los datos de frecuencia de talla.

Peces de menos de 110 cm formaron el 55% (en número de peces) de las capturas en el Area 1 y el 22 a 24% de las mismas en las Areas 4, 8, y 9 (Figura 74). Peces de más de 140 cm formaron el 50 a 64% de las capturas en las Areas 2, 4, y 5.

Son evidentes tres grupos modales en varios de los histogramas trimestrales (Figura 75), 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 el Area 5. En el Area 1 el primer grupo destaca en los trimestres primero y cuarto, pero no tanto en los segundo y tercero. En el Area 4 el primer grupo destaca en los trimestres segundo, tercero, y cuarto. En las Areas 4 y 5 peces de entre 140 y 180 cm fueron capturados durante todo el año.

Las progresiones de modas dentro de años no son muy claras, pero pueden ser seguidas en cierto grado en el Area 1, y, posiblemente, pero en menor grado, en algunas de las otras áreas (Figura 75). Si las modas representan grupos de edad, las progresiones de la primera a la segunda moda y de la segunda a la tercera indican tasas de crecimiento de unos 25 y 20 cm/año, respectivamente, comparadas con estimaciones de 33,8 y 23,1 cm/año por Kume y Joseph (1966), 30,5 y 24,9 cm por Tomlinson (1998), 26,6 y 21,7 cm por Uosaki y Bayliff (1999), y 31,9 y 21,9 cm por Sun *et al.* (2001) (Tabla 9).

En la Figura 76 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de talla 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 (1992 (Uosaki y Bayliff, 1999) y 1993, 1994-1995, y 1996-1997), Area 4 (1996-1997), y Area 9 (1992 (Uosaki y Bayliff, 1999) y 1993). En muchos casos, tal como comentan Miyabe y Bayliff (1987), una moda prominente en un año no es seguida el año siguiente por otra moda prominente de peces presuntamente de la misma clase anual. 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. Los datos de 1995-1996 para las Areas 1 y 2 brindan un ejemplo posible de desplazamiento. Los peces de 130 a 150 cm, que for-

maron una gran porción de la captura en el Area 1 en 1995, podrían haber aparecido como peces de 150 a 170 cm en el Area 2 en 1996. 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 talla de patudos capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1997 y la ecuación peso-talla de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 43,4 kg en 1984 y 64,2 kg en 1997. El peso promedio disminuyó de 1973 a 1979, y aumentó de 1984 a 1997.

Aleta amarilla

Datos sobre las frecuencias de talla 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), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999). La talla de los 120.493 peces del presente estudio varió entre unos 20 y 200 cm, pero la mayoría midió entre 90 y 170 cm (Figura 77).

Aunque hubo diferencias en la composición por talla de los peces entre áreas (Figura 77), son menos pronunciadas que en el caso del patudo (Figura 74). Peces de más de 130 cm fueron capturados en todas las áreas, pero su incidencia fue máxima en las Areas 3, 5, y 8, donde formaron el 65 a 71% de las capturas. Peces de menos de 90 cm formaron el 10% de la captura en el Area 1 y menos del 10% en las demás áreas.

Son aparentes variaciones trimestrales en la talla de los peces capturados, especialmente aquéllos de las Areas 1, 2, 4, 5, y 9 (Figura 78). Son evidentes progresiones modales para las Areas 4 y 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 talla, 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 tallas fue amplio, de 60 a 170 cm, en los trimestres primero y cuarto, mientras que durante los trimestres segundo y tercero la mayoría de los peces midió entre 120 y 150 cm.

En la Figura 79 se ilustra la distribución anual de frecuencias de talla de cada área. Peces de más de 100 cm de largo predominaron en las capturas en todas las áreas durante todos los años. Son aparentes posibles progresiones de modas en unas pocas áreas, por ejemplo Areas 1, 2, 4, y 9 en 1996 y 1997 y Area 2 en 1995 y 1996. 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 talla disminuyó durante 1958-1987, pero no fue evidente esta tendencia para el período de 1988-1992 (Uosaki y Bayliff, 1999) o 1993-1997 (este estudio).

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados con datos de frecuencia de talla de aletas amarillas capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1997 y la ecuación peso-talla de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 29,4 kg en 1974 y 43,0 kg en 1994. El peso promedio fue relativamente bajo entre 1972 y 1989, oscilando entre 29 y 42 kg, pero mayor posteriormente, oscilando entre 40 y 43 kg.

Pez espada

Datos sobre las frecuencias de talla de peces espada en el OPO han sido publicados por Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), Nakano

y Bayliff (1992), Hanan *et al.* (1993), Coan *et al.* (1998), Vojkovich y Barsky (1998), Uosaki y Bayliff (1999), DeMartini *et al.* (2000), y Hinton y Bayliff (2002). La talla de los 6.554 peces del presente estudio varió entre 30 y 290 cm, pero la mayoría midió entre 60 y 240 cm (Figura 80).

Hubo una variación considerable entre áreas en las frecuencias de talla (Figura 80). 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, y algunos de estos peces pequeños son también capturados en el Area 4. Tal como se comentó anteriormente, las medidas de talla son obtenidas principalmente en buques palangreros comerciales y de investigación, y las medidas obtenidas en los últimos son más representativas de los peces capturados, mientras que las que se obtienen en los primeros son más representativas de los pescados retenidos. En el Area 1, donde fueron medidos 250 peces espada, 241 fueron capturados por buques de investigación, y 84 de éstos (34,9%) midieron menos de 70 cm. En el Area 4, de 245 peces espada medidos en buques de investigación, 47 (19,2%) midieron menos de 70 cm, mientras que solamente 22 (1,2%) de los 1.772 pescados medidos en buques comerciales midieron menos de 70 cm. (En el recuadro correspondiente al Area 1 en la Figura 80 se presentan las tallas de 309 peces, pero 59 de éstas fueron estimadas a partir del peso de los peces. Vale lo mismo para el Area 4, en el cual 114 de las tallas fueron estimadas de esta forma.)

Es evidente una variación en la ocurrencia de modas en distintos trimestres en los datos del Area 1, y, en grado menor, los del Area 4 (Figura 81).

En la Figura 82 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla para cada área. Uosaki y Bayliff (1999) reportaron que fue aparente una progresión de modas, de 108 cm en 1988 a 143 cm en 1989 a 173 cm en 1990, en el Area 9, y sugirieron que la tasa de crecimiento es aproximadamente 32,5 cm/año para peces en ese rango de talla. Su estimación de la tasa de crecimiento es similar a la de 35 cm/año estimada por Kume y Joseph (1969b) para peces de 62 a 165 cm. Sin embargo, Yabe *et al.* (1959: Figura 28) estimaron que el crecimiento era solamente unos 24,3 cm/año para peces de entre 73 y 145 cm en el Océano Pacífico noroeste. No es evidente una progresión clara de modas en los datos de frecuencia de talla de 1993-1997.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados con datos de frecuencia de talla de peces espada capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1997 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 46,5 kg en 1987 y 67,2 kg en 1984. El peso promedio aumentó de 1971 a 1984, disminuyó precipitadamente de 1984 a 1987, varió de 51,2 a 56,5 kg durante 1988-1991, y luego fue relativamente alto, entre 54,4 y 60,4 kg, de 1992 a 1997.

Marlín rayado

Datos sobre las frecuencias de talla 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), Ponce Díaz *et al.* (1991), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999). La talla de los 18.486 peces del presente estudio varió entre unos 60 y 300 cm, pero la mayoría midió entre 120 y 210 cm (Figura 83).

Los peces capturados fueron más pequeños en el Area 1 que en las demás áreas (Figura 83). En el Area 1 hubo una moda, en aproximadamente 140 cm, y en las Areas 3-9 hubo asimismo una moda, en aproximadamente 170-180 cm. En el Area 2 el rango de tallas fue mayor, e incluyó peces de las tallas capturadas en el Area 1 y las Areas 3-9.

Son aparentes variaciones trimestrales en las tallas de los peces capturados, especialmente aquéllos de las Areas 1, 2, y 8 (Figura 84). En la mayoría de los estratos de área-trimestre hubo solamente una moda; las excepciones principales fueron las Areas 1 y 2, en las que se capturaron

a menudo peces de menor tamaño. Peces de menos de 130 cm ocurrieron principalmente en los trimestres primero y cuarto en el Area 1, y en el tercer trimestre en el Area 2.

No son claras progresiones modales en ninguna área, pero hay dos modas, una en aproximadamente 105 cm y la otra en 140 cm, en el Area 1 en el cuarto trimestre. Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es aproximadamente 35 cm por año. Esto concuerda esencialmente con las tasas de 35 cm/año para peces de talla del cuerpo entre 120 y 160 cm estimada por Koto (1963), 36 cm/año para peces de entre 125 y 170 cm estimada por Nakano y Bayliff (1992) y para peces de entre 103 y 157 cm por Uosaki y Bayliff (1999), pero algo inferior a la tasa de 40 cm por año para peces de 100 a 170 cm estimada por Miyabe y Bayliff (1987).

En la Figura 85 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de talla para cada área. Es evidente una bimodalidad en el Area 1 para 1994 y 1995. Peces pequeños fueron aparentemente más abundantes en el Area 1 en 1994, 1995, y 1997 que en 1993 y 1996.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de talla de marlines rayados capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1997 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 30,4 kg en 1982 y 45,3 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 sudoeste, e infirieron de esto que tiene lugar un desplazamiento del Pacífico oriental al central sur y sudoeste. 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 sudeste [tropicales y subtropicales] del Pacífico.” Observaron también que los peces de talla 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 talla 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), Nakano y Bayliff (1992), Uosaki y Bayliff (1999), y Hinton (2001). La talla de los 15.365 peces del presente estudio varió entre unos 70 y 350 cm, pero la mayoría midió entre 130 y 260 cm (Figura 86).

El tamaño de los peces tendió a ser mínimo en las Areas 1, 2, 3 y 4, intermedio en las Areas 5 y 8, y máximo en el Area 9 (Figura 86).

Las distribuciones trimestrales de frecuencia de talla (Figura 87) fueron generalmente unimodales; las excepciones principales fueron las Areas 1 (trimestres segundo y tercero) y 2 (primer trimestre). Kume y Joseph (1969b) comentaron que los peces fueron más grandes en el Area 8 durante los trimestres segundo y tercero, y sugirieron que esto pudiera ser debido a desplazamiento de peces al Area 8 de las Areas 3 y 5 durante el cuarto trimestre y lo contrario durante el segundo. Los datos de 1993-1997 no sugieren desplazamientos entre áreas dentro del OPO.

En la Figura 88 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de talla para cada área. No es evidente mucha variación entre áreas o años.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de talla de marlines azules capturados por la pesquería palangrera durante 1971-1997 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 83,1 kg en 1984 y 106,6 kg en 1971. El peso promedio fue mínimo, oscilando entre 83,1 y 85,5, durante 1983-1988.

Marlín negro

Datos sobre las frecuencias de talla del marlín negro en el OPO han sido publicados por Shiohama (1969), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff, (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999). La talla de los 216 peces del presente estudio varió entre unos 130 y 350 cm (Figura 89). Estos datos son insuficientes para formar la base de una discusión, excepto para señalar que individuos pequeños predominaron en el Area 1 y que individuos mayores ocurrieron con mayor frecuencia en las Areas 4 y 5.

En las Figuras 90 y 91 se presentan las distribuciones trimestrales y anuales, respectivamente, de la frecuencia de talla de varias áreas. Los tamaños de las muestras son demasiado pequeños para poder detectar tendencias que pudieran existir.

Pez vela

Datos sobre las frecuencias de talla del pez vela en el OPO han sido publicados por Howard y Ueyanagi (1965), Kume y Joseph (1969b), Yurov y González (1971), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999). La talla de los 112 peces del presente estudio varió entre unos 100 y 210 cm, pero la mayoría midió entre 110 y 205 cm (Figura 92).

No es evidente una bimodalidad en las frecuencias de talla de ninguna de las áreas (Figura 92). Peces de menor tamaño formaron proporciones mayores de las capturas en las Areas 1 y 2.

En las Figuras 93 y 94 se presentan las distribuciones trimestrales y anuales, respectivamente, de la frecuencia de talla de cada área.

En la Tabla 3 se presentan datos de pesos medios, calculados a partir de datos de frecuencia de talla de peces vela capturados en la pesquería palangrera durante 1994-1997 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Los pesos variaron de 19,2 kg en 1994 a 21,1 kg en 1997.

Marlín trompa corta

Datos sobre las frecuencias de talla del marlín trompa corta en el OPO han sido publicados por Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999). La talla de los 3.435 peces del presente estudio varió entre unos 70 y 200 cm, pero la mayoría midió entre 100 y 160 cm (Figura 95).

La mayoría de los datos de talla disponibles para esta especie provienen de las Areas 1, 4, 5, y 9. Uosaki y Bayliff (1999) sugirieron que “es evidente una moda en aproximadamente 140 cm en la mayoría de los estratos de área-trimestre ..., y ocurrió una moda adicional en aproximadamente 120 cm en las Areas 4, 5, y 6.” En este estudio, empero, las distribuciones de frecuencia de talla fueron unimodales, con modas en 145, 135, 125, y 130 cm en las Areas 1, 4, 5, y 9, respectivamente (Figura 95). La moda estuvo en aproximadamente 125 cm, sin embargo, en el Area 1 durante el primer trimestre, en el Area 4 durante el tercer trimestre, y en el Area 5 durante el cuarto trimestre (Figura 96).

En la Figura 97 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla para cada área. No hubo mucha variación entre años en ninguna de las áreas.

En la Tabla 3 se presentan datos de pesos medios, calculados a partir de datos de frecuencia de talla de marlines trompa corta capturados en la pesquería palangrera durante 1994-1997 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Los pesos variaron de 10,5 kg en 1996 a 12,0 kg en 1994 y 1997.

CAPTURAS DE TIBURONES CON PALANGRE

Las principales especies de tiburones capturadas por la pesquería palangrera japonesa en el Océano Pacífico oriental son:

Nombre español	Nombre japonés	Nombre inglés	Nombre científico
Tiburón azul	yoshikiri zame	blue shark	<i>Prionace glauca</i>
Tiburón jaquetón	kurotogari zame	silky shark	<i>Carcharhinus falciformis</i>
Tiburón oceánico	yogore	oceanic whitetip shark	<i>Carcharhinus longimanus</i>
Tiburón cocodrilo	mizuwani	crocodile shark	<i>Pseudocarcharias kamoharai</i>
Marrajo dientuso	ao zame	shortfin mako shark	<i>Isurus oxyrinchus</i>
Marrajo carite	bakeao	longfin mako shark	<i>Isurus brasiliensis</i>
Marrajo salmón	nezumi zame	salmon shark	<i>Lamna ditropis</i>
zorro ojón	hachiware	bigeye thresher shark	<i>Alopias superciliosus</i>
zorro pelágico	nitari	pelagic thresher shark	<i>Alopias pelagicus</i>

La resolución sobre captura incidental aprobada en la 66ª reunión de la CIAT en junio de 2000 reconoció la necesidad de información sobre las capturas incidentales de buques palangreros y otras embarcaciones pesqueras atuneras. A raíz de su larga vida, crecimiento lento, y fecundidad baja (Holden, 1973 y 1974; Hoenig y Gruber, 1990; Smith *et al.*, 1998; Walker, 1998; Frisk *et al.*, 2001; Nakano y Seki, 2003), se considera generalmente que los tiburones son particularmente vulnerables a la explotación excesiva. Es por lo tanto importante que los efectos de la pesquería palangrera y otras que capturan tiburones sean investigados.

En la Tabla 10 se presentan el esfuerzo de pesca anual de la pesquería palangrera japonesa y las capturas de tiburones reportadas por la misma en el OPO durante 1971-1997. Las capturas fueron de menos de 90 mil peces en cada año del período de 1971-1979 excepto 1973. Durante 1980-1995 superaron este nivel en cada año excepto 1985 y 1986. La captura máxima, 139,2 mil peces, ocurrió en 1987. En 1996 y 1997, coincidente con una disminución del esfuerzo de pesca, las capturas anuales disminuyeron a menos de 80 mil peces.

En la Figura 98 se presentan las distribuciones trimestrales de las capturas de tiburones reportadas durante 1993-1997. Fueron capturados principalmente en (1) una banda ecuatorial norteña que se extiende desde aproximadamente 5°N en 150°O hasta la línea ecuatorial frente al litoral del norte de Sudamérica y (2) una banda ecuatorial sureña que se extiende desde aproximadamente 150°O hasta 20°S frente al litoral de Sudamérica. Las capturas de tiburones en la banda ecuatorial sureña al este de 100°O ocurrieron principalmente durante los trimestres segundo y tercero. Además, se capturaron tiburones frente a la punta de la península de Baja California durante los trimestres tercero y cuarto y al norte de 20°N y oeste de 125°O durante los trimestres primero y cuarto. Estos cambios en las capturas de tiburones parecen reflejar los cambios en el esfuerzo ilustrados en la Figura 7.

En la Figura 99 se presentan las distribuciones trimestrales de las tasas de captura de tiburones durante 1993-1997. Las tasas de captura frente a la punta de la península de Baja California durante los trimestres tercero y cuarto fueron marcadamente altas y concentradas. Ocurrieron también tasas de captura altas, pero en menor grado, al este y oeste de las Islas Galápagos durante los cuatro trimestres.

Las capturas de tiburones, en número de peces, fueron registradas en la base de datos de palangres japoneses como "tiburones" entre 1971 y 1993. Posteriormente fueron registradas como tiburón azul, marrajo dientuso, marrajo salmón, u "otros tiburones." Los tiburones son de valor comercial mucho menor que los atunes y peces picudos, y no todos son retenidos. En el caso de

ciertas especies, tales como los marrajos dientuso y salmón, se retiene a veces la carne; en el caso de otras, como los tiburones azul y jaquetón, solamente las aletas. Otros son descartados enteros. Algunos buques reportan el número de tiburones capturado si se retiene la carne o las aletas, y otros reportan solamente aquéllos cuya carne retienen. Pocos, aparte de buques de investigación y entrenamiento, reportan los tiburones que descartan enteros. Por consiguiente, las capturas reportadas son mínimas. Hay asimismo problemas con la identificación de especies. En la Figura 100 se presentan las capturas reportadas y las CPUE correspondientes de “marrajo salmón,” pero esta especie ocurre solamente en el Océano Pacífico norte, y rara vez al sur de 30°N (Compagno, 1984; Nakano, 1996), por lo que la gran mayoría de los tiburones reportados como marrajos salmón son casi seguramente otras especies. En vista de esto, no es posible obtener estimaciones realistas de la abundancia de tiburones a partir de datos obtenidos de las bitácoras de todos los palangreros comerciales.

Se obtendrían las mejores estimaciones de la abundancia relativa de tiburones en el OPO de los resultados de buques de investigación y entrenamiento y de buques comerciales cuyos datos de captura de tiburones se creen ser completos y exactos. Matsunaga y Nakano (1999) y Simpfendorfer *et al.* (2002) usaron datos obtenidos de buques de investigación y entrenamiento en los Océanos Pacífico occidental y Atlántico Norte occidental, respectivamente, para este propósito. Nakano y Honma (1997), Kiyota y Nakano (2001), Matsunaga y Nakano (2001), y Nakano (2001) estimaron la abundancia relativa de tiburones en el Océano Atlántico con datos obtenidos de buques palangreros comerciales cuyas bitácoras parecían ser, a partir de una comparación con datos tomados por observadores, completas y exactas. Sería tal vez posible hacer lo mismo con datos del OPO, pero un estudio de este tipo está fuera del alcance de este informe.

INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERÍAS ATUNERAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA

Patudo

En las Tablas 5 y 6 de este informe se presentan datos sobre las capturas de patudo en el OPO por la pesquería palangrera japonesa, y en la Tabla 8c de Anónimo (2002a) datos sobre las capturas de las pesquerías de superficie. Durante 1971-1997 las capturas de patudo en el OPO por buques palangreros japoneses oscilaron entre 28,9 y 92,0 mil toneladas métricas. Las capturas de patudo en el OPO con artes de superficie oscilaron entre 0,8 y 15,4 mil toneladas entre 1971 y 1993, y luego aumentaron a 29,4 mil toneladas en 1994, y a 51,6 mil toneladas en 1997. 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. La mayoría de estos objetos flotantes son dispositivos para agregar peces (“plantados”) colocados en el agua por los pescadores. Esta pesquería tiene lugar principalmente entre 10°N y 10°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. Cuatro patudos capturados con caña y anzuelo y línea de mano y marcados fueron recapturados por buques palangreros japoneses, y dos patudos capturados con palangre y marcados fueron recapturados por buques cerqueros (Tabla 11), lo cual indica que las dos pesquerías no explotan stocks completamente separados. (Todos los peces capturados con línea de mano fueron capturados originalmente bajo plantados, y fueron vulnerables a la captura con red de cerco en ese momento.) Los peces capturados con artes de superficie suelen ser más pequeños que aquéllos

capturados con palangre (Watters y Maunder, 2002: Figura 4.3), 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.

Aleta amarilla

En las Tablas 5 y 6 de este informe se presentan datos sobre las capturas de aleta amarilla en el OPO por la pesquería palangrera japonesa y en la Tabla 8a de Anónimo (2002a) datos equivalentes para las pesquerías de superficie. Las pesquerías de superficie y palangrera no ocurren en exactamente las mismas áreas. No hubo pesca de superficie en el OPO al oeste del Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA; Figura 1) antes de 1968 (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971). La pesquería palangrera comenzó en la parte occidental del OPO en los años 1950, pero no se extendió a la zona donde había pesca de superficie hasta aproximadamente 1961 (Suda y Schaefer, 1965a: Figura 1). En el Área 7 las pesquerías de superficie capturan grandes cantidades de aleta amarilla (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971; Calkins, 1975; Orange y Calkins, 1981; Anónimo, 1989a-1997a: Figura 2; Anónimo, 1998a-2002a: Figura 3), pero, ya que hay poco esfuerzo palangrero en dicha área, la captura palangrera es baja (Figura 7). Durante 1993-1997 hubo relativamente poco esfuerzo palangrero entre 8°N y 19°N (Figura 4), pese a que 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 12 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 buques cañeros 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 buques cañeros. 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). Los peces capturados con artes de superficie suelen ser más pequeños que los que capturan los palangres (Maunder y Watters, 2002: Figura 4.2), por lo que el impacto de la pesquería de superficie sobre la pesquería palangrera es probablemente mayor que el de la palangrera sobre la de superficie.

Simulaciones en computadora

Watters y Maunder (2002) y Maunder y Watters (2002) realizaron simulaciones de las pesquerías de superficie y palangrera a fin de pronosticar los efectos de (1) reducir el esfuerzo de pesca de superficie en el OPO al 75% de su nivel en 1999-2000, (2) mantener el esfuerzo de pesca de superficie en el nivel de 1999-2000 con descartes, (3) mantener el esfuerzo de pesca de superficie en el nivel de 1999-2000, pero sin descartes, y (4) incrementar el esfuerzo de pesca de superficie al 125% de su nivel en 1999-2000 sobre (1) el cociente de biomasa reproductora durante el cuarto trimestre de 2005, (2) el peso promedio de los peces en las capturas combinadas durante 2001-2005, (3) la mediana de las capturas trimestrales en el OPO por la flota de superficie durante 2001-2005, y (4) la mediana de las capturas trimestrales en el OPO por la flota palangrera durante 2001-2005. (El cociente de biomasa reproductora es el cociente de la biomasa reproductora durante períodos de explotación al que se acumularía en ausencia de pesca.) (Parte

del patudo capturado es descartado en el mar, y todos estos peces, o casi todos, están muertos o moribundos. Los peces descartados no son considerados capturas en estas simulaciones (ni en la mayoría de los datos estadísticos de captura). En el segundo escenario se supone que existe la situación normal; en el tercero se supone que no se captura ninguno de los peces que normalmente serían descartados, o, al mismo efecto, que todos los peces descartados sobreviven.) En cada caso el esfuerzo palangrero durante 2001-2005 sería igual que en 1999. Tal como comentan tanto Watters y Maunder (2001) como Maunder y Watters (2001), “se deben interpretar con cautela los resultados de los estudios de simulación porque se realizaron bajo una serie de supuestos que, en el futuro, podrían resultar ser falsos. Se deben considerar los patrones y tendencias generales en los resultados de una serie de simulaciones, no los valores predichos por una sola simulación. Por ejemplo, en lugar de considerar el nivel predicho de biomasa futura de una sola simulación, es más apropiado considerar si simulaciones múltiples (por ejemplo, realizadas bajo varios escenarios de reclutamiento) suelen pronosticar que biomasa futura serán mayores o menores que un cierto nivel.”

Se realizaron cien simulaciones para cada uno de los escenarios descritos en las Secciones 6.1 y 6.2. Es asimismo apropiado considerar los resultados de un estudio de simulación comparando los resultados relativos de distintos supuestos acerca del futuro.

Patudo

En la Tabla 13 se resumen los resultados de las simulaciones de Watters y Maunder (2002). Reducir el esfuerzo de superficie al 75% de su nivel en 1999-2000 redujo la captura de superficie un 18% e incrementó la palangrera un 11%, mientras que incrementar el esfuerzo de superficie al 125% de dicho nivel incrementó la captura de superficie un 15% y redujo la palangrera un 9%.

Aleta amarilla

En la Tabla 13 se resumen los resultados de las simulaciones de Watters y Maunder (2002). Reducir el esfuerzo de superficie al 75% de su nivel en 1999-2000 redujo la captura de superficie un 10% e incrementó la palangrera un 32%, mientras que incrementar el esfuerzo de superficie al 125% de dicho nivel incrementó la captura de superficie un 2% y redujo la palangrera un 24%.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Shimazu Yasuhiko, Director del NRIFSF al realizarse el estudio, Dr. Ziro Suzuki, Jefe de División, y Sr. Naozumi Miyabe, 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 del Sr. Koji Uosaki, del NRIFSF, con los datos estadísticos. Se agradece también al Dr. Robin Allen, 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 los Dres. Michael G. Hinton y Ashley J. Mullen y el Sr. Patrick K. Tomlinson proporcionaron datos sobre la pesquería de superficie, ayudaron con el procesamiento de los datos, y ayudaron en muchas otras formas, y el Sr. Kurt M. Schaefer proporcionó datos sobre los resultados de un experimento de marcado iniciado en 2000. El manuscrito fue revisado por los Dres. Allen, Deriso, Hinton, Suzuki, Hideki Nakano, el Sr. Miyabe, y la Srta. Jenny M. Suter, y todos hicieron sugerencias útiles para mejorarlo. El Sr. Nicolás Webb tradujo el manuscrito del inglés al castellano.

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Anonymous—Anónimo. 1989a-2002a. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1988-2000.
- Anonymous—Anónimo. 1993b. Annual catch statistics of Taiwanese tuna longline fishery 1992. Tuna Res. Center, Inst. Ocean., Nat. Taiwan Univ., Rep. China.
- 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. 1991. Status of northern bluefin tuna in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep., 7: 29-88.
- Bayliff, W. H. 1994. 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.
- Brock, V. E. 1943. Contribution to the biology of the albacore (*Germo alalunga*) of the Oregon coast and other parts of the North Pacific. Stanford Ichthy. Bull., 2 (6): 199-248.
- 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.
- Clemens. 1961. The migration, age, and growth of Pacific albacore (*Thunnus germo*), 1951-1958. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 115: 128 pp.
- Coan, A. L., Jr., M. Vojkovich, and D. Prescott. 1998. The California harpoon fishery for swordfish, *Xiphias gladius*. U.S. Nat. Mar. Fish., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 37-49.
- Cochran, W. G. 1977. Sampling Techniques, Third Edition. John Wiley and Sons, New York: xvi, 428 pp.

- Compagno, L. J. V. 1984. Sharks of the world. FAO Fish. Synop., 125 (4): 655 pp.
- DeMartini, E. E., J. H. Uchiyama, and H. A. Williams. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 98 (3): 489-506.
- Frisk, M. G., T. J. Miller, and M. J. Fogarty. 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci., 58 (5): 969-981.
- 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.
- González Armas, R., R. Funes Rodríguez, and V. A. Levy Pérez. 1993. Primer registro de larvas de marlín rayado (*Tetrapturus audax*), (Scombroidei: Istiophoridae) en las costas de Jalisco, Pacífico oriental de México. Rev. Biol. Trop., 41 (3): 919-920.
- González Armas, R., O. Sosa-Nishikawa, R. Funes Rodríguez, and V. A. Levy Pérez. 1999. Confirmation of the spawning area of the striped marlin, *Tetrapturus audax*, in the so-called core area of the eastern tropical Pacific off Mexico. Fish. Ocean., 8 (3): 238-242.
- 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.
- Hernández-H., A., and M. Ramírez-R. 1998. Spawning seasonality and length at maturity of sailfish (*Istiophorus platypterus*) off the Pacific coast of Mexico. Bull. Mar. Sci., 63 (3): 459-467.
- Hernández-Herrera, A., M. Ramírez-Rodríguez, and A. Muhlia-Melo. 2000. Batch fecundity and spawning frequency of sailfish (*Istiophorus platypterus*) off the Pacific coast of Mexico. Pacif. Sci., 54 (2): 189-194.
- Hinton, M. G. 2001. Status of blue marlin in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 1: 284-319.
- Hinton, M. G., and W. H. Bayliff. 2002. Assessment of swordfish in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 2: 297-338.
- Hinton, M. G., and H. Nakano. 1996. 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. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 21 (4): 169-200.

- 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.
- Hisada, K. 1979. Relationship between water temperature and maturity status of bigeye tuna caught by longline in the central and eastern tropical Pacific Ocean. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 17: 159-175.
- Hoenig, J. M., and S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. U.S. Dept. Comm., NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 1-16.
- Holland, K. N., R. W. Brill, R. K. C. Chang, J. R. Sibert, and D. A. Fournier. 1992. Physiological and behavioural thermoregulation in bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Nature, 358 (6385): 410-412.
- Holden, M.J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs sustainable? Cons. Int. Explor. Mer, Rapp. Proces-Verb., 164: 360-367.
- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In Harden-Jones, F. R. (editor), Sea Fisheries Research, John Wiley and Sons, New York: 117-137.
- Hopper, C. N. 1990. Patterns of blue marlin reproduction in Hawaiian waters. In Stroud, Richard H. (editor), Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 29-39.
- 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.
- Itoh, T., S. Tsugi, and A. Nitta. submitted. Migration and behavior of young bluefin tuna *Thunnus orientalis* in the Pacific Ocean observed with archival tags.
- 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.
- Kiyota, M., and H. Nakano. 2001. Validation of shark catch data of the logbook records in the Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 51: 8 pp.

- 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.
- Kume, S. 1979. Fishery biology of the bigeye tuna resource in the Pacific Ocean. Suisan Kenkyu Sousho, 32: 54 pp (in Japanese).
- 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.
- Matsunaga H., and H. Nakano. 1999. Species composition and CPUE of pelagic sharks caught by Japanese longline research and training vessels in the Pacific Ocean. Fish. Sci., 65 (1): 16-22.
- Matsunaga H., and H. Nakano. 2001. Report on information of bycatch fishes obtained ;from observer program for Japanese tuna longline fisheries in the Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 51: 8 pp.
- Maunder, M. N., and G. M. Watters. 2001. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 1: 5-86.
- Maunder, M. N., and G. M. Watters. 2002. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 2: 5-90.
- 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.
- Mizuno, K., M. Okazaki, T. Watanabe, and S. Yanagi. 1996. A micro bathythermograph system for longline boats in view of large scale ocean observing system. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish., Bull., 33: 1-15.
- 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. 1996. Distribution of pelagic elasmobranchs in the North Pacific Ocean. Monthly Kaiyo, 28 (7): 407-415 (in Japanese).
- Nakano, H. 2001. Updated standardized CPUE for pelagic sharks caught by Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 51: 8 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., and M. Honma. 1997. Historical CPUE of pelagic sharks caught by the Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 46 (4): 393-398.
- 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.
- Nakano, H., and M. Seki. 2003. Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus. Fish. Res. Agency [Japan], Bull., 6: 18-55.
- 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. 1959. Sexual maturity and spawning of albacore in the Pacific Ocean. U.S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull., 59 (148): 287-305.
- Partlo, J. M. 1955. Histological studies on albacore (*Thunnus alalunga*) gonads from the eastern Pacific. Fish. Res. Bd. Canada, Jour., 12 (1): 61-67.
- Ponce Díaz, G., S. Ortega García, and P. G. González Ramirez. 1991. Análisis de tallas y relación peso-longitud del marlín rayado, *Tetrapterus audax* (Philippi, 1887) en Baja California Sur, México. Ciencias Marinas, 17 (4): 69-82.
- 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.
- Román Reyes, J. C., R. E. Morán-Angulo, and S. Santos-Guzmán. 1997. Análisis espacio temporal de la madurez sexual del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Pacífico oriental mexicano. Ciencias del Mar, 15: 39-42.
- 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.
- 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.
- Skillman, R. A., and M. Y. Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 126-137.
- Simpfendorfer, C. A., R. E. Hueter, U. Bergman, and S. M. H. Connett. 2002. Results of a fishery-independent survey for pelagic sharks in the western North Atlantic, 1977-1994. Fish. Res., 55 (1-3): 175-192.

- Smith, S. E., D. W. Au, and C. Show. 1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Mar. Freshwater Res.*, 49 (7): 663-678.
- Squire, J. L., and Z. Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific Ocean. In Stroud, Richard H. (editor), *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond*. 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 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.
- Sun, C., C. Huang, and S. Yeh. 2001. Age and growth of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the western Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 99 (3): 502-509
- 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. 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.
- Uchiyama, J. H., E. E. DeMartini, and H. A. Williams. 1999. Length-weight interrelationships for swordfish, *Xiphias gladius* L., caught in the central North Pacific. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Mem. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-284*: viii, 82 pp.
- Ueyanagi, Shoji. 1960. On the larvae and the spawning areas of the shirokajiki, *Marlina marlina* (Jordan & Hill). *Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep.*, 12: 85-96.
- Uosaki, K., and W. H. Bayliff. 1999. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 21 (6): 273-488.

- Vidaurre Sotelo, A. L., R. Macías Zamora, and H. Santana Hernández. 1997. Notas sobre juveniles de pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw and Nodder, 1791) capturados en el Pacífico mexicano. Rep. Inves. Mar., 18 (2): 108-115.
- de Vlaming, V., G. Grossman, and F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. Comp. Biochem. Physiol., 73A (1): 31-39.
- Vojkovich, M., and K. Barsky. 1998. The California-based longline fishery for swordfish, *Xiphias gladius*, beyond the U.S. Exclusive Economic Zone. U.S. Nat. Mar. Fish., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 147-152.
- Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. Mar. Fresh. Res., 49 (7): 553-572.
- Wares, P. G., and G. T. Sakagawa. 1974. Some morphometrics of billfishes from the eastern Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 107-120.
- Watters, G. W., and M. N. Maunder. 2001. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 1: 109-210.
- Watters, G. W., and M. N. Maunder. 2002. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 2: 147-246.
- 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.
- 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.
- 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 Rybokhoziaistvennye Issledovaniya, 3: 104-110 (translated by W. L. Klawe, Inter-American Tropical Tuna Commission).

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, (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels that will afford maximum sustainable catches, and (3) to collect information on compliance with Commission resolutions. The principal responsibilities of the Tuna-Dolphin Program are (1) to monitor the abundance of dolphins and their mortality incidental to purse-seine fishing in the eastern Pacific Ocean, (2) to study the causes of mortality of dolphins during fishing operations and promote the use of fishing techniques and equipment that minimize these mortalities, (3) to study the effects of different modes of fishing on the various fish and other animals of the pelagic ecosystem, and (4) to provide a secretariat for the International Dolphin Conservation Program.

An important part of the work of the IATTC is the prompt publication and wide distribution of its research results. The Commission publishes its results in its Bulletin, Special Report, and Data Report series, all of which are issued on an irregular basis, and its Stock Assessment Reports, which are published annually.

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.

Additional information on the IATTC's publications can be found in its web site.

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 a fin de determinar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia, (2) recomendar medidas apropiadas de conservación para permitir mantener los stocks de peces a niveles que brinden las capturas máximas sostenibles, (3) reunir información sobre el cumplimiento de las resoluciones de la Comisión. Las responsabilidades principales del segundo son (1) dar seguimiento a la abundancia de los delfines y la mortalidad de los mismos incidental a la pesca con red de cerco en el Océano Pacífico oriental, (2) estudiar las causas de la mortalidad de delfines durante las operaciones de pesca y fomentar el uso de técnicas y aparejo de pesca que reduzcan dicha mortalidad al mínimo, (3) estudiar los efectos de distintas mortalidades de pesca sobre los varios peces y otros animales del ecosistema pelágico, (4) proporcionar la Secretaría para el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines.

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, Informes Especiales, e Informes de Datos, los cuales son emitidas en forma irregular, y sus Informes de Evaluación de Stocks, que son publicados anualmente.

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.

Información adicional de las publicaciones de la CIAT puede ser encontrado en su sitio de internet.

Editor—Redactor
William H. Bayliff

Inter-American Tropical Tuna Commission
Comisión Interamericana del Atún Tropical
8604 La Jolla Shores Drive
La Jolla, California 92037-1508, U.S.A.
www.iatcc.org

