

ISSN: 0074-0993

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

Bulletin—Boletín

Vol. 24, No. 1

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1998-2003**

**ANALISIS DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1998-2003**

by—por

Takayuki Matsumoto and—y William H. Bayliff

**La Jolla, California, USA
2008**

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, Spain in 2003, the Republic of Korea in 2005, and Colombia in 2007. 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, España en 2003, la República de Corea en 2005, y Colombia en 2007. 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

COLOMBIA

María Andrea Albán
Vladimir Puentes
Jose Alfredo Ramos
Carlos Robles

COSTA RICA

Bernal Alberto Chavarría Valverde
Asdrubal Vásquez Nuñez
Carlos Villalobos Sole

ECUADOR

Jimmy Martínez Ortiz
Ramón Montaño Cruz
Guillermo Morán Velásquez
Luis Torres Navarrete

EL SALVADOR

Manuel Calvo Benivides
Manuel Ferín Oliva
Sonia Salaverriá
José Emilio Suadi Hasbun

ESPANA—SPAIN

Rafael Centenera Ulecia
Fernando Curcio Ruigómez
Samuel J. Juárez Casado

FRANCE—FRANCIA

Marie-Sophie Dufau-Richet
Jonathen Lemeunier
Christiane Laurent-Monpetit
Michel Sallenave

GUATEMALA

Fraterno Diaz Monge
Carmen Sandoval

JAPAN—JAPÓN

Masahiro Ishikawa
Shingo Ota
Ryotaro Suzuki

MÉXICO

Marío Aguilar Sanchez
Miguel Angel Cisneros Mata
Ramón Corral Ávila
Michel Dreyfus León

NICARAGUA

Steadman Fagoth Müller
Julio César Guevara
Danilo Rosales Pichardo
Armando Segura Espinosa

PANAMÁ

María Patricia Díaz
Arnulfo Franco Rodríguez
Leika Martínez
George Novey

PERÚ

Gladys Cárdenas
Alfonso Miranda Eyzaguirre
Doris Sotomayor Yalan
Jorge Vértiz Calderón

REPUBLIC OF KOREA—

REPÚBLICA DE
Chiguk Ahn
Young-Hoon Chung
Jeongseok Park

USA—EE.UU.

Robert Fletcher
Rodney McInnis
Patrick Rose

VANUATU

Christophe Emelee
Roy Mickey Joy
Dmitri Malvirlani

VENEZUELA

Alvin Delgado
Gilberto Gimenez
Nancy Tablante

DIRECTOR

Dr. Guillermo A. Compeán

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. 24, No. 1

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1998-2003**

**ANALISIS DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1998-2003**

by—por

Takayuki Matsumoto and—y William H. Bayliff

**La Jolla, California, USA
2008**

CONTENTS—INDICE
ENGLISH VERSION—VERSIÓN EN INGLÉS

	Page
ABSTRACT	3
INTRODUCTION	3
SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA.....	4
RESULTS AND DISCUSSION.....	5
Trends in effort	5
Trends in catch	8
Distributions of the various species by fishing grounds and quarters.....	8
Trends in relative apparent abundance	11
Inferences regarding spawning	18
Size composition	21
Catches of sharks by longline gear	27
Interactions between the surface and longline fisheries for tunas.....	29
ACKNOWLEDGEMENTS.....	30

FIGURES—FIGURAS	31
------------------------------	-----------

TABLES—TABLAS	137
----------------------------	------------

VERSIÓN EN ESPAÑOL--SPANISH VERSION

	Página
RESUMEN.....	150
INTRODUCCIÓN	150
FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	151
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	152
Tendencias en el esfuerzo	152
Tendencias en la captura	155
Distribución de las especies por zona de pesca y trimestre.....	156
Tendencias en la abundancia aparente relativa.....	168
Inferencias con respecto al desove.....	166
Composición por tamaño	169
Capturas de tiburones con palangre	175
Interacciones entre las pesquerías atuneras de superficie y palangrera	177
RECONOCIMIENTOS	179

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	180
--	------------

A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1998-2003

by

Takayuki Matsumoto¹ and William H. Bayliff

ABSTRACT

This report reviews the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean during the 1998-2003 period, extending the studies for the 1956-1997 period made by other investigators. The spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, inferences regarding spawning, 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, SAILFISH, SHARKS, SHORTBILL SPEARFISH, SIZE COMPOSITION, SPAWNING, SWORDFISH, TUNA

INTRODUCTION

This report is one of a series prepared by scientists of the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFF; 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; Okamoto and Bayliff, 2003) analyzed the fishery and certain aspects of the biology of the fish for the 1956-1997 period; the present report analyzes similar data for 1998-2003. In this study, as in those of Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003), 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 190 and 270 thousand metric tons (mt) in recent years (Anonymous, 2008: Table A-1). 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 was usually about 50 to 60 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 and those by longliners have decreased. In 1996 the catch of the purse-seine fishery exceeded that of the longline fishery for the first time. Since then the catches of the two fisheries have been approximately equal.

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 35 thousand mt during 1998-2003 (Table 6).

The other species caught, in order of importance during 1998-2003, were yellowfin tuna, albacore tuna, swordfish, blue marlin, 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, China (Miyake, 2005: Table 2; Anonymous, 2008: Table A-10), Chinese Taipei (Anonymous, 1993b), French Polynesia (Anonymous, 2008: Table A-10), and the Republic of Korea (Lee *et al.*, 1979; Gong *et al.*, 1993), are major participants in the longline fishery of the EPO. Judging by their catches (Anonymous, 2008: Table A-3), most of the effort of Chinese, Chinese Taipei, and Korean vessels is directed toward bigeye, and most of that of French Polynesian vessels is directed toward albacore. The combined catches of bigeye, yellowfin, and albacore by those vessels have been greater than those of Japanese vessels since 2002 (Anonymous, 2008: Table A-3). The catches of bigeye of Chinese longline vessels have sharply increased in recent years, to about 10 thousand mt in 2003 (Anonymous, 2008: Table A-3).

Japan reduced the size of its distant-water tuna longline fleet by about 20 percent in 1999 in order to reduce fishing pressure on tunas, and, more recently, Chinese Taipei has reduced the size of its fleet (Joseph, 2005), which has probably affected the total amount of longline fishing effort in the EPO.

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

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 training and research longline vessels, and those on the sizes of fish caught were obtained from both commercial and training and research longline vessels. Catch and effort, maturity, and size data collected and compiled by May 2006 were used for the present study. Minor updates of the catch and effort data for years previous to 1998 that were incorporated into the data base after the publication of Okamoto and Bayliff's (2003) report were incorporated into the present analyses. The corresponding data for the surface fisheries were obtained from various reports 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 onward, 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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). 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 86.1 to 96.4 percent per year during 1998-2003 (Table 1).

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

The equation $GI(1) = (W/L^3) \times 10^4$, where $GI(1)$ = gonad index, W = gonad weight in grams, and L = length of fish in centimeters, was used to calculate gonad indices, which serve as indices of maturity of the females. The equation $GI(2) = \ln(W)/\ln(L)$, which Hinton *et al.* (1997) found to be superior to the first index for swordfish and which was used for that species by Uosaki and Bayliff (1999) and Okamoto and Bayliff (2003), was not used in the present study because no gonad data for swordfish were available.

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, blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish (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. These definitions for bigeye, yellowfin, swordfish, striped marlin, and blue marlin are the same as those of Okamoto and Bayliff (2003: Figure 2). The definition for albacore was changed because there were no size data for the southwestern area of Okamoto and Bayliff's report (south of 20°S, west of 100°W) during 1998-2003. Also, area definitions for sailfish and shortbill spearfish have been added; these are identical to that for striped marlin. If an area-year-quarter stratum included less than 50 fish it was not used in the analyses. Some of the strata for albacore, bigeye, yellowfin, swordfish, and striped marlin, and many of those for blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish, 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 1991. After that the effort decreased precipitously to about 100 million hooks in 1996 and to about 80 million hooks in 1999 and 2000, after which it increased to about 100 million hooks in 2001, 2002, and 2003. The decline up to 1998 was due mainly to a shift of effort to the western Pacific and to the Atlantic and Indian Oceans (Figure 3a), and that in 1999 was probably due mainly to the 20-percent reduction in the longline fleet, as mentioned above.

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 0.40 relative to the entire Pacific Ocean and to about 0.20 relative to all oceans combined in 2000, but then increased to about 0.49 and 0.27, respectively, in 2003.

The Japanese longliners that fish in the EPO range in size from 100 to about 500 gross tons (GT). The proportion of the effort by vessels of 50 to 100 GT decreased markedly during 1988-1989 (Uosaki and Bayliff, 1999: Table 1), and vessels of that size have not fished in the EPO since 1991. Between 0.6 and 2.5 percent of the effort was generated by vessels of 100 to 200 GT, and between 97.5 and 99.4 percent by vessels of 200 to 500 GT during 1998-2003 (Table 1). The proportion of effort by vessels of 100 to 200 GT decreased steadily during 1993-2000, and was less than 1 percent of the total effort from 2000 onward. The distribution of the effort of vessels of 100 to 200 GT was similar to that of vessels of 200 to 500 GT, but the proportion of the effort exerted in the equatorial area between 140°W and 150°W was greater, and that between the equator and 10°N east of 140°W was less, for the vessels of 100 to 200 GT (Figure 4). The average number of hooks per set was about 2,550 for vessels of all sizes combined throughout the 1998-2003 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 the 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 1998-2003 there was little fishing effort along the equator, south of the Galapagos Islands (about 0° to 10°S, 85°W to 100°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; Anonymous, 2008: Figure A-1a). The same was the case during 1971-1997 (Miyabe and Bayliff, 1987; Nakano and Bayliff, 1992; Uosaki and Bayliff, 1999; Okamoto and Bayliff, 2003). 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, especially during daytime, below the thermocline (Holland *et al.*, 1992), but have fairly high oxygen requirements. (Hanamoto (1975) also stated that the minimum requirement of dissolved oxygen for bigeye tuna is 1ml/l.).

Annual trends in effort by area (Figure 1) are shown in Figure 5. The recent trends of the effort differed among areas. The effort for Area 4 was relatively stable, while that for Area 5 increased and those for most of the others fluctuated.

Quarterly trends of effort for 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 1998-2003 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 and third quarters and in Area 9 during the third quarter. In Area 8 no major quarterly variation in the effort is apparent, but the effort was somewhat greater during the first and second quarters than during the third and fourth quarters. There was very little fishing effort in Areas 6 and 7 throughout the year. There was no clear quarterly variation in effort for all areas combined.

The quarterly distributions of effort are shown in Figure 7. There was a high concentration of effort along the horizontal band between 0° and 10°N, but relatively little effort along this band east of 105°W during the third quarter and between 105°W and 135°W during the fourth quarter. There was also a high concentration of effort along the horizontal band between 0° 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, third, and fourth quarters, especially during the fourth quarter, 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), Miyabe and Bayliff (1998), Bigelow *et al.* (2002), and Bigelow *et al.* (2006). 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 mostly from 4 to 15. Okamoto and Bayliff (2003) showed that deeper longline (more than 14 HPB) has become dominant in the EPO since around 1995. The mainlines of each type 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 hook 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), Punsky and Nakano (1992), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003) 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 1975-1997. The first report includes maps showing the distributions of fishing grounds in which conventional and deep longlines are more effective, and the third, fourth, and fifth include maps showing the areas in which deep longlining takes place. The sixth report divided deep longline gear into two categories (deep-A: 10 to 14 HPB, and deep-B: more than 14 HPB), and

displayed maps showing the areas in which deep-B longlining takes place and the annual trends for the hook rates for each species of tuna and billfish by normal, deep-A, and deep-B longliners. 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 m 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 hook rates for bigeye were obtained at temperatures of about 10° to 17°C.) Bigelow *et al.* (2002) estimated the effective fishing effort and standardized CPUE for Pacific bigeye tuna from data on hook depths and on the preferred habitat of bigeye, as inferred from data on ambient temperature (as opposed to sea-surface temperature) and dissolved oxygen. Interestingly, there is more suitable habitat for bigeye in the western and central Pacific Ocean (WCPO) than in the EPO because the concentrations of dissolved oxygen that are within the range suitable for bigeye extend further beneath the surface in the WCPO than in the EPO. This would, of course, make deep longlining more effective in the WCPO than in the EPO. Bigelow *et al.* (2006) used temperature-depth recorders to obtain actual hook depths for longliners directing their effort at tunas, with an average of about 27 hooks between floats, and at swordfish, which typically use 4 hooks between floats. They showed that the actual depths of the hooks were usually shallower than those calculated by catenary algorithm because of shoaling by wind stress, surface currents, and current shear.

Historical changes in the numbers of hooks per basket used in the EPO from 1975 to 1997 are summarized, for all areas combined, by Miyabe and Bayliff (1987: Figure 30), Nakano and Bayliff (1992: Figure 7), Uosaki and Bayliff (1999: Figure 8), and Okamoto and Bayliff (2003: 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. In 1993 the mode was at 13 HPB. In 1994 an additional mode appeared at 17 HPB, and from 1995 to 2003 it was greater than that at 13 HPB. The distributions of HPB during 1998-2003 (Figure 8) are similar to those of 1995-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 8). There was one minor change during the 1998-2003 period, however; the use of intermediate longline gear virtually disappeared after 1999. 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 1975-2003 are shown in Figure 9. As mentioned above, deep longline gear was divided into 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, and since then most of the effort has been deep-B effort. In Areas 6 and 8, which are also in tropical waters, the pattern was somewhat similar. However, there was considerable use of conventional and intermediate longline gear in Area 6 during 1992-1994 and considerable use of deep-A longline gear in Area 6 during 1999-2001. Also, 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, and almost all of the sets were made with deep longline gear after 2000. Also, the proportion of deep-B longline has been increasing, and about 80 percent of the effort was deep-B effort in 2003. In Area 9 the use of deep longline gear increased rapidly after 1991 and almost all the sets were made with deep longline gear after 1998, and about 65 percent of the effort was deep-B effort in 2003. In Area 7, in contrast to the other areas, conventional longline gear had been predominant until 1998, except 1992 and 1993. However, beginning in 2000, deep longline gear completely replaced conventional longline gear.

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; Uosaki and Bayliff, 1999). After that, deep-B longlining was adopted almost simultaneously over the tropical region of the EPO, from about 10°N to 15°S, during 1993-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 10). The geographical distributions of the proportions of the total longline effort that were deep-B effort are shown in Figure 10. Most of the sets in the tropical region during 1998-2003 were made with deep-B longline gear. In addition, deep-B longline gear dominated in the northwestern area (north of 16°N and west of 130°W) in 2003.

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 values in Tables 3-5 are slightly different from those in Tables 3-5 of Okamoto and Bayliff (2003) because the data for the years previous to 1998 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 then decreased precipitously to about 1.0 million fish in 2003, the lowest catch level since 1960.

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 to 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 5). The proportion of the total catch of tunas that was 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 53 percent of the catch in 1994. Since then the proportion of bigeye tuna has been relatively constant, fluctuating between 51 and 60 percent. The percentages of yellowfin and albacore were about equal during the early 1960s, but after that the percentages of albacore decreased more than did the percentages of yellowfin. After 1997, the catches of both albacore and yellowfin fluctuated greatly, and in 1998 and 1999 the catches of albacore exceeded those of yellowfin for the first time since 1966. After that the two species showed opposite trends, *i.e.*, the catch of yellowfin increased when that of albacore decreased and *vice versa*, but the catches of yellowfin exceeded those of albacore except in 1998 and 1999.

The principal components of the billfish catch were blue plus black marlins 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 the catches of sailfish plus shortbill spearfish declined and those of 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 trends in either of these two species separately. The proportion of sailfish in the combined catches of sailfish and shortbill spearfish was 9 to 14 percent during 1994-1998, but it decreased to 4 to 9 percent after 1998. 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 Ocean 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 2003 was less than one third of the average of 1985-1992. The catches of yellowfin and swordfish have been more or less constant since the early 1960s, although those of swordfish in the EPO were somewhat greater during 2001 and 2002. The catches of blue marlin showed a slight upward trend from the 1970s to 1994, 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, but the catches of striped marlin decreased during 1998-2000.

The species compositions of the catches for 1971-1997, by area, are shown by Miyabe and Bayliff (1987: Figure 10), Nakano and Bayliff (1992: Figure 12), Uosaki and Bayliff (1999: Figure 14), and Okamoto and Bayliff (2003: Figure 14), and those for 1998-2003 are shown in Figure 14 of this report. No conspicuous changes in species composition are evident for 1971-1997. During 1998-2003 bigeye was usually the most important species, except in Area 7, where billfishes were usually 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. Bigeye has been the predominant species in Area 1 since 1999, which was not the case in earlier years.

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 1998-2003, 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 (Boggs, 1992; 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 1998-2003, 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 125°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 1971-1997 data (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 11; Nakano and Bayliff, 1992: Figure 13; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 15; Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 15) or the 1998-2003 data in this report. It should be noted, however, that there was not much fishing effort south of 15°S (Figure 7).

Bigeye

During 1998-2003 the hook rates of bigeye (Figure 16) were relatively high in most of the EPO in which fishing took place. The area-time periods of greatest hook rates were (1) a horizontal band between the equator and 10°N extending from 150°W to Ecuador throughout the year, (2) a horizontal band between 5°S and 20°S extending from 150°W to about 80°W throughout the year, (3) the area between 15°N and 35°N and between 125°W and 150°W during the first, third, and fourth quarters, and (4) the area between 10°S and 30°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 0° 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 (Okamoto and Bayliff, 2003) and 1998-2003 (present study), however, the greatest hook rates coincided rather well with the distribution of effort, perhaps due to the use of deeper longlines from 1995 onward. 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 those areas were not particularly high. Furthermore, although the hook rates were fairly high northeast of Hawaii during the first, third, and fourth quarters, east and west of the Galapagos Islands during the first, second, and fourth 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 1998-2003 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 sampled in the EPO are estimated to reach to maturity at about 3.4 years (Schaefer and Fuller, 2006), 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 hook rates are lower than those for small bigeye, and this might explain the relatively high hook rates in areas in which the effort is relatively low.

Substantial amounts of bigeye were taken by purse seiners between 5°N and 10°S during 1994-2006 (Anonymous, 2008: Figures A-3a and A-3b). 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 1998-2003 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 0° and 15°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; Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 18; this report: Figure 18), but it should be noted that there was relatively little fishing effort in those areas.

Large amounts of yellowfin are taken by purse seiners between 5°N and 15°N (Anonymous, 2008: Figures A-1a and A-1b). 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**.

Pacific bluefin

Bluefin are caught infrequently in the EPO by longline vessels. Relatively high hook rates occurred between 20°N and 35°N west of 125°W during the fourth quarter during 1998-2003 (Figure 19). In addition, the hook rates were relatively high between 10°S and 15°S west of 120°W during the first quarter and between 10°S and 20°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 and 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.*, 2003). 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 Ocean.

Swordfish

Swordfish were caught almost everywhere where longline fishing took place during 1998-2003 (Figure 20). The hook rates were relatively high off Peru and northern Chile during the second and third quarters, west of 90°W between the equator and 5°N throughout the year, west of 110°W between the equator and 5°S during the first quarter, and between 100°W and 135°W and between 10°S and 20°S during the third and fourth quarters. 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 1993-2003 (Okamoto and Bayliff, 2003; this report). It should be noted, however, that the effort in this area was low during 1993-2003 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 7; this report: 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 1993-2003 (Okamoto and Bayliff, 2003; this report).

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, second, and third quarters of 1998-2003 (Figure 21). Above-average hook rates also occurred northeast of Hawaii during the fourth quarter, off Peru during the second quarter, south of the equator between 90°W and 120°W during the first quarter, and between 90°W and 100°W and between 5°S and 20°S 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 (Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 7; Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 7; this report: Figure 7).

Blue marlin

Blue marlin were caught in the EPO between 30°N and 25°S during 1998-2003 (Figure 22). The hook rates were greatest in two equatorial bands, one west of 100°W between the equator and 10°N and the other west of 100°W between the equator and 15°S. Also, the hook rates were relatively high west of 140°W between 10°N and 20°N during the third and fourth quarters and around 115°W between 15°S and 25°S during the fourth quarter. 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 during 1988-1997 (Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 7; Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 7). During 1998-2003 there were some fishing effort in the latter area during the fourth quarter (Figure 7) and the hook rate of blue marlin was high (Figure 22).

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 1956-1997 (Joseph *et al.*, 1974: Figure 9; Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 17; Nakano and

Bayliff, 1992: Figure 20, Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 22, Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 23). There were no areas in which 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 the past 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). Okamoto and Bayliff (2003) analyzed the catch and hook rates of these two species only for 1994-1997, the period for which separate data were available for the two species. Catch and hook rate data for the entire period of the present study (1998-2003) are analyzed, of course, since separate data for the two species are available for all of those years. The catches of sailfish and shortbill spearfish in each area are shown in Table 7. Sailfish usually predominated in Areas 2, 3, and 8, and shortbill spearfish in Areas 1, 4, 5, and 9.

The distributions of the hook rates of sailfish during 1998-2003 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 35°N and 20°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 1998-2003 are shown in Figure 25. The hook rates were greatest west of 90°W between the equator and 15°S and west of 125°W between 35°N and 15°N throughout the year, and between 110°W and 125°W and between 20°S and 30°S during the fourth quarter. 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 1981-2003 (Nakano and Bayliff, 1992: Figure 6; Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 7; Okamoto and Bayliff, 2003: 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 1954-2003 are used to measure the relative abundances of the various species of tunas and billfishes. 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 1998-2003 (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 15-25 that the hook rates were not uniform over wide geographical 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 Ushijima (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 quarter in Area 1, the fourth quarter in Area 6, the first quarter in Area 7, and the third quarter in Areas 5 and 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, somewhat higher during 1990-1996, much higher during 1997-1998, but then decreased precipitously from 1999 to 2003. The increased hook rates from 1977 through 1985 are considered to have been partially due to increased abundance of albacore on the fishing grounds north of 25°N and a shift in fishing effort to that part of Area 1. In contrast, in the Southern Hemisphere the hook rates declined steeply during the 1960s and early 1970s.

The relationships between effort and catch of albacore during 1955-2003 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 1986-2003 the effort fluctuated between 3 and 24 million hooks. During 1986-1989 the hook rates ranged from about 2 and 6 fish per 1000 hooks, but after that they increased through 1998, ranging from about 4 to 12 fish per 1000 hooks, and then they decreased sharply to about 1 fish per 1000 hooks during 2001-2003. For southern albacore, the effort increased rapidly, from 0.2 to 53 million hooks, during 1955-1963, 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. The hook rates during 1998-2003, with the exception of that of 2000, exceeded those of any year of the 1971-1997 period.

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 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 29). During 1998-2003 the hook rates in Areas 3, 6, and 7 were greater during the first, the fourth, and the first quarters, respectively, while there was little or no seasonality in the other areas or all areas combined (Figure 29).

The trends in the hook rates for the various areas (Figure 30) were relatively similar, which suggests that there is only one stock of bigeye in the EPO. The hook rates dropped sharply during the early 1960s to less than half the rates of the late 1950s, but remained relatively constant after the mid-1960s. 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, with relatively minor fluctuations (Table 4). 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 1955-2003 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 1966-1995 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 1996-2003 the effort and catches were lower—72 to 99 thousand hooks and 470 to 760 thousand fish—while the hook rates ranged from 6 to 8 fish per 1000 hooks, except in 2003, when they decreased to 4 fish per 1000 hooks.

According to Bigelow *et al.* (2002), who also used Japanese data, “[The] nominal and standardized CPUE indices [for bigeye] in the EPO show similar trends,” which is encouraging because it seems to indicate that the data for nominal CPUE of bigeye presented in this series of reports on the Japanese longline fishery in the EPO are not seriously biased.

Yellowfin

There was little seasonality in the hook rates of yellowfin (Figure 32) in most of the areas, the principal exceptions being Area 4, in which the hook rate was higher in the second quarter, and Area 6, in which it was higher in the fourth quarter. 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 1998-2003 except in Area 6 during the fourth quarter.

The hook rates declined sharply in Areas 2-5 during the late 1950s and early 1960s and in Areas 6 and 7 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 Areas 5 and 9 during 1998-2003.

The relationship between effort and catch of yellowfin in the EPO during 1955-2003 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 about 100 million hooks in 1996 and remained at about that level after that (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. The hook rates ranged from 2 to 4 fish per 1000 hooks from 1993 to 2003, except in 2000, when the hook rate was 6 fish per 1000 hooks.

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, in which they were greatest during the first quarter, and Area 7, in which they were greatest during the first and fourth quarters. Okamoto and Bayliff (2003: Figure 35) remarked that there was no obvious seasonality during 1993-1997 except in Area 7, in which the hook rate was quite high during the first quarter. During 1998-2003 seasonal differences in the hook rates are apparent in Areas 3, 6, 7, 8, and 9 (Figure 35).

The hook rates were low, rarely 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. Hinton (2003: Figure 5) stated that the standardized CPUE for swordfish in the EPO is negatively correlated with Southern Oscillation Index. (The Southern Oscillation Index is the difference between the anomalies of sea-level atmospheric pressure at Tahiti, French Polynesia, and Darwin, Australia. It is a measure of the strength of the easterly surface winds, especially in the tropical Pacific in the Southern Hemisphere.) He also stated that CPUE was relatively stable in the northern area (north of 5°S) and was increasing in the southern area (south of 5°S). These results essentially agree with the results of the present study.

The relationship between effort and catch of swordfish in the EPO during 1955-2003 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 27 thousand and 77 thousand fish during 1963-2003, except for 1969, when about 119 thousand fish were caught (Table 5). The

fishing effort was low (1 to 34 million hooks) during 1954-1961, intermediate (46 to 140 million hooks) during 1962-1985, and high (160 to 200 million hooks) during 1986-1994, and then decreased to about 100 million hooks in 1996 and remained at about that level after that (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 2000-2003 the hook rates ranged from about 0.5 to 0.7 fish per 1000 hooks, exceeding those of any year of the previous two decades. This is probably due, at least in part, to the increased use of deep longline gear.

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 1971-1997 the hook rates, with a few exceptions, 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; Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 38), and the same was the case for 1998-2003 (Figure 38). In Area 9, however, the hook rates were relatively high also during the first quarter.

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. In 1997 the hook rate in Area 7 was extremely high (44.0 fish per 1000 hooks), and then decreased sharply to 13.2 fish per 1000 hooks in 1998. There was little or no effort (0 to 33 thousand hooks) during 1998-2003 and little or no catch during 1999-2003.

The relationship between effort and catch of striped marlin in Areas 1, 3, and 5-9 during 1955-2003 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 1983-2003 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 1971-1997 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; Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 41). A similar tendency was observed in the hook rates during 1998-2003, although there was almost no seasonality in the hook rates in Area 5 (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 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 41). It should also be noted that the hook rates in Areas 6 and 8 were much greater during the fourth quarter of 1998-2003 than during the other quarters of that period.

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 mostly less than 1.0 fish per 1000 hooks in all areas except Area 6.

The relationship between effort and catch of blue marlin in Areas 2-8 during 1955-2003 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 1964-2003 the effort ranged from 50 to 156 thousand hooks, the catches (in all nine areas) from 21 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 1986-2000 (0.4 to 0.6 fish per 1000 hooks, except in 1996), when the effort ranged from 54 to 156 thousand hooks. The hook rates during 2001-2003 were about 0.3 fish per 1000 hooks—less than those during the previous two decades.

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. Okamoto and Bayliff (2003: Figure 44) observed that 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 of 1993-1997. During 1998-2003 the hook rates were greatest in Areas 1, 3, 7, and 8 during the third quarter, Area 4 during the second and third quarters, Area 5 during the second quarter, and Area 9 during the first 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 1955-2003 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 1987-2000, respectively. The hook rates of 0.005 fish per 1000 hooks during 2001-2003 were the lowest on record.

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish were not separated in the logbooks of the longline vessels until 1994. In previous reports, except for that of Okamoto and Bayliff (2003), 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 hook 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 1994-2003, however, the distributions of the catches of the two species were more or less similar, although shortbill spearfish were not often caught within about 200 miles of the coast of the Americas (Okamoto and Bayliff, 2003: Figures 24 and 25; this report: Figures 24 and 25). There was little fishing effort exerted in Area 7, presumably primarily a sailfish area, during 1994-2003 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 7; this report: Figure 7), and the catches of shortbill spearfish in all areas combined were about 7 to 23 times those of sailfish during those years (Table 7). The greatest catches of these two species during 1998-2003 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. In Area 2 the catches of sailfish exceeded those of shortbill spearfish in some years, but in other years the reverse was the case (Table 7). The catches of sailfish exceeded those of shortbill spearfish in this area during every year of the 1994-1997 period (Okamoto and Bayliff, 2003: Table 7), so the catches of sailfish have predominated overall in Area 2. 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.

The hook rates for sailfish during 1994-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 47) and 1998-2003 (Figure 47) were quite dissimilar. During 1998-2003 they were greatest during the third quarter in Area 8 and the first and fourth quarters in Area 7. The hook rates for shortbill spearfish (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 48) and 1998-2003 (Figure 48) were also quite dissimilar. During 1998-2003 they were greatest in Area 6 during the fourth quarter.

The hook rates for sailfish and shortbill spearfish combined for 1955-2003 are shown in the Figure 49. The hook rates were greatest in Areas 7 and 8 during the 1960s and 1970s. The hook rates declined in all areas during 1970s and 1980s. During some years of the 1998-2003 period the hook rates were relatively high (1.6 to 2.4 fish per 1000 hooks) in Areas 6 and 7, and hook rates in Areas 4 and 5 increased during that period.

Indices of apparent abundance obtained from different types of 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 had been used almost exclusively in Area 7, especially during 1986-1991 and 1994-1998 (Figure 9). After 1998 deep longlining became dominant in all areas, and there was almost no conventional or intermediate longlining in the EPO, so it is not possible to make meaningful comparisons of the hook rates of conventional, intermediate, and deep longline gear during recent years. 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 1994-2003. Okamoto and Bayliff (2003) divided deep longlines into two categories, deep-A (10 to 14 HPB) and deep-B (more than 14 HPB). However, because most of the sets were made with gear consisting of more than 14 HPB during 1998-2003 (Figure 8), deep-B longline gear was further divided into two categories, deep-B1 (15 to 16 HPB) and deep-B2 (more than 16 HPB) to compare the hook rates by gear type. During 1998-2003 more than 90 percent of the longline effort in Areas 2, 3, 4, 5, and 8, in which bigeye is the principal target species, was deep-B effort, and about 50 to 70 percent of the deep-B longline effort in those areas was deep-B2 effort.

The hook rates of all species except bluefin by deep-A and deep-B longline gear in one to five areas are shown in Figure 50 and by deep-B1 and deep-B2 longline gear in four to seven areas in Figure 51. The requirements for inclusion of a species-area stratum were that: (1) there were more than 100 thousand hooks of each of the two types of longline deployed during each year of the 1998-2003 period; (2) the analyzed species was caught during each year of that period. Hook rates for conventional and intermediate longline gear are not shown because they did not meet the above requirements.

Albacore

For albacore the hook rates for deep-A longlines were usually greater than those for deep-B longlines in Areas 1 and 4 (Figure 50). The hook rates for deep-B1 and deep-B2 longlines were about equal in Areas 4 and 5 (Figure 51). The hook rates for deep-B1 longlines exceeded those for deep-B2 longlines in Area 1 in 1998 and in Area 9 in 1999 and 2002.

Bigeye

For bigeye the hook rates for deep-A longlines were greater than those for deep-B longlines in Areas 2 and 4 (except in Area 4 in 2003), whereas they were at almost same level in the other areas (Figure 50). The hook rates for deep-B1 and deep-B2 longlines were about equal in all areas, with the exception of Area 8 in 1999, where the hook rate for deep-B2 longlines was nearly double that of deep-B1 longlines.

Yellowfin

For yellowfin the hook rates for deep-A and deep-B longlines were about equal in Areas 1 and 2, but greater for deep-A longlines in Area 4 during three years, Area 5 in two years, and Area 9 in one year (Figure 50). The hook rates for deep-B1 and deep-B2 longlines were about equal in Areas 1-5, but somewhat greater for deep-B1 longlines in Area 8 during two years and considerably greater in Area 9 during one year. 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 during 1988-1992. Similarly, Okamoto and Bayliff (2003: Figure 50) found that the hook rates were about equal for intermediate and deep-A longlines in Area 1 and greater for intermediate longlines in Area 9 during 1993-1995. As mentioned above, it was not possible to compare hook rates for intermediate and deep longliners during 1998-2003 because there were almost no sets of intermediate longliners during recent years.

Swordfish

Okamoto and Bayliff (2003: Figure 50) reported that during 1993-1997 the hook rates of swordfish in Areas 2 and 5 were greater for deep-B than for deep-A longlines (except for one year in each of those areas). During the 1998-2003 period (Figure 50) the hook rates for deep-B longlines were greater than those for deep-A longlines in Areas 2 (except in 2001 and 2003) and 9 (except in 1999) and about equal in Areas 1, 4, and 5 (Figure 50). No clear differences between the hook rates of deep-B1 and deep-B2 longliners are apparent (Figures 51).

Striped marlin

Okamoto and Bayliff (2003: Figure 50) reported that the hook rates of striped marlin in Area 9 were greater for deep-B than for deep-A longlines during 1994-1997 (but not during 1993), and the same was the case for 1998-2003 (Figure 50). However, the opposite was the case for Area 5, where the hook rates for deep-A longlines were greater than those for deep-B longlines. The hook rates for deep-B1 and deep-B2 longlines were about equal in Areas 1, 2, 4, and 9 during 1998-2003. The hook rates were greater for deep-B1 longlines in Areas 3, 5, and 8 during most years of the 1998-2003 period (Figure 51).

Blue marlin

For blue marlin during 1994-1997 the hook rates for deep-B longlines were greater than those for deep-A longlines in Area 2, but the opposite was the case in Area 9 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 50). During 1998-2003 the hook rates were about equal for deep-A and deep-B longlines, except in Areas 1 and 2, where the hook rates for deep-B longlines exceeded those for deep-A longlines (Figure 50). The hook rates were about equal for deep-B1 and deep-B2 longlines in Areas 1, 2, 4, 5, 8, and 9, but somewhat greater for deep-B1 longlines in Area 3 (Figure 51).

Black marlin

For black marlin the hook rates for deep-B longlines were greater than those for deep-A longlines in Areas 2, 4, and 9 during some years of the 1993-1997 period (Okamoto and Bayliff, 2003). During 1998-2003, however, the hook rates for deep-A longlines were greater than those for deep-B longlines in Area 9 (Figure 50). No clear differences in the hook rates between deep-B1 and deep-B2 longliners are apparent (Figure 51).

Sailfish

For sailfish the hook rate for deep-A longliners greatly exceeded that for deep-B longliners in Area 4 during 1996 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 50). Data were available only for Area 2 for the 1998-2003 period, and there were no clear differences between the hook rates except in 2003, when that for deep-B longliners was greater than that for deep-A longliners (Figure 50). The hook rates were about equal for deep-B1 and deep-B2 longlines in Areas 2 (except in 2003), 4, and 5, but somewhat greater for deep-B1 longliners in Area 3 in 2000 and 2001 (Figure 51).

Shortbill spearfish

For shortbill spearfish the hook rates were mixed during 1994-1997—greater for deep-B longlines in Area 5 in all four years, but greater for deep-A longlines in Areas 4 and 9 in 1997 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 50). The hook rates were also mixed during 1998-2003, especially in Areas 4 and 5, where they were greater for deep-A longline in some years and greater for deep-B longlines in other years (Figure 50). The hook rates for deep-B1 and deep-B2 longlines were about equal in Areas 2, 3, and 9, but in Areas 4 and 5 the hook rates of deep-B1 longlines were greater, in most cases, than those of deep-B2 longlines (Figure 51).

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 hook 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 and for deep-B1 and deep-B2 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-bathythermographs described by Mizuno *et al.* (1996), to collect data on the depths of the hooks and the depths at which the fish were captured, as was done, for example, by Boggs (1992).

Possible reasons for the precipitous declines in hook rates during the early years of the fishery

Steep declines in the hook rates are apparent for albacore, bigeye, yellowfin, and blue marlin in nearly every area during the late 1950s and early 1960s (Table 4, Figures 27, 30, 33, and 42). There are several possible explanations, other than precipitous declines the abundance of the fish, for this, including removal of a group of highly-vulnerable fish during the first few years of the fishery, the fact that commercial fishing is not an unbiased method of sampling the population, increases in the supply of food due to removal of substantial amounts of top-level predators, and changes in the fishing gear that make some species less vulnerable to capture.

First, Gulland (1974) stated that "... in the longline fishery, I have suggested once that the c.p.u.e. declined during the first years of the fishery faster than seems realistic in the light of later events, and that this might be learning/removal of most vulnerable animals." Hilborn and Walters (1992: 176) mentioned the possibility "that there is a small but highly vulnerable subset of fish which is depleted, leaving behind a much less vulnerable, but still abundant subset of the stock." Nakano and Bayliff (1992) noted the precipitous declines in longline CPUEs of the tunas and billfishes in the EPO during the 1950s and 1960s, and stated that "It is ... possible that greater vulnerability to longline gear is genetically determined, and that fish which were especially vulnerable to capture by longline gear were decimated during the first years of the longline fishery, so that the portions of such fish in the populations were less in later years. This would cause the catch rates to decline more rapidly than the abundances of the fish."

Second, Walters (2003) pointed out that the hook rate data are obtained by dividing the total catch in all areas by the total effort in all areas, and stated that "ignoring the unfished strata (averaging only over the areas that were fished) amounts to assuming that they behaved the same as the fished strata and can lead to severe hyperdepletion in abundance indices for fisheries that developed progressively over large regions."

Third, tunas, billfishes, and sharks are top-level predators in the tropical waters of the Pacific Ocean (Cox *et al.*, 2002; Olson and Watters, 2003). They feed on smaller epipelagic and mesopelagic fishes (Moteki *et al.*, 2001) and various invertebrates,

most of which (with the notable exception of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*) are not utilized commercially. According to Walters *et al.* (2005), “We commonly found strong evidence for top-down effects of harvesting (or protecting) large predators on the productivity of their prey. ... In the central North Pacific and the eastern tropical Pacific, the exploitation of large piscivores (tuna, marlin) has apparently resulted in increased productivity of smaller piscivores (skipjack tuna, mahi mahi [*Coryphaena* spp.]).” When the longline fishery for large pelagic fishes began, the abundance of tunas, billfishes, and sharks became reduced, which probably increased the abundance of their prey. If such is the case, a large predatory fish that was searching for food would be more likely to encounter its normal prey and become satiated before encountering a baited hook. This would decrease the CPUEs of the longline gear.

Support for the “satiation hypothesis” with respect to tunas comes from research by Bard (2001) and Bertrand *et al.* (2002a and 2002b). According to Bertrand *et al.* (2002a), “... it can be assumed that if a tuna succeeds in consuming a large quantity of myctophids it will become quickly satiated and will not continue to search for additional prey outside of the prey aggregations. Thus longlining catchability is reduced. ... On the other hand, in the absence of prey aggregations, tuna are assumed to forage in the scattering layers, where prey density is several orders of magnitude lower than in prey aggregations, and have a higher probability to be caught by longline.” Bard (2001) recognized the implications of this, stating that “a comparison with observations of tuna caught by the most active gears, such as purse seine or gillnet suggest that only tunas with a low rate of stomach repletion are taken by longline. This suggestion leads to the hypothesis that the catch rate of longline fishing depends not only on tuna density, but also on the relative joint densities of prey and tuna, particularly in biologically heterogeneous environments. The consequences of such a hypothesis on the value of longline CPUE for indexing abundance of deep swimming tuna could be important.” Accordingly, if the abundance of prey aggregations increases in response to reduction in abundance of top-level predators, the CPUEs of the latter would be reduced more than their abundance. However, the situation is apparently more complicated than the summary above suggests, as the reductions in CPUEs vary among species and locations, due to, among other things, patchy distributions of the prey.

Fourth, it has already been stated that there has been a shift from conventional longlines to intermediate and then to deep longlines to increase the catches of bigeye. As stated previously, Suzuki *et al.* (1977) and Nakano *et al.* (1997) observed that the hook rates for deep longlines were greater for bigeye and less for striped marlin, blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish. The shift to deep longlining could thus be responsible, or partially responsible, for the steep declines in the hook rates of at least some of the species other than bigeye. It does not appear that that is the case for the EPO, however. The switch from conventional and intermediate longlining to deep-A longlining took place mostly during the mid-1970s and the switch from deep-A to deep-B longlining took place mostly during the early 1990s (Figure 9). The hook rates of albacore may have increased in Areas 1 and 6 after the mid-1970s and in Area 9 after the early 1990s (Figure 27), but no trends are evident for the other species.

INFERENCES REGARDING SPAWNING

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 (Hunter *et al.* (1986), black skipjack, *Euthynnus lineatus* (Schaefer, 1987), bigeye (Nikaido *et al.*, 1991; Matsumoto and Miyabe, 2002; Schaefer *et al.*, 2005), yellowfin (Schaefer, 1998), swordfish (DeMartini *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2003; Young *et al.*, 2003), sailfish (Hernández-Herrera *et al.*, 2000), Atlantic bluefin, *Thunnus thynnus* (Medina *et al.*, 2002; Corriero *et al.*, 2003), Atlantic blue marlin, *Makaira nigricans* (Prince *et al.*, 2005), white marlin, *Tetrapturus albida* (Prince *et al.*, 2005), and Pacific bluefin (Chen *et al.*, 2006). 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 8,807 tunas and billfishes, sampled aboard training and longline vessels during 1998-2003, were available for this study—considerably fewer than the 16,419 samples for 1993-1997 reported on by Okamoto and Bayliff (2003). Furthermore, the data for 1998-2003 included more than 100 samples for only two species, bigeye and yellowfin tuna. In contrast, the data for 1993-1997 included more than 100 samples for six species, bigeye and yellowfin tuna, swordfish, striped marlin, blue marlin, and shortbill spearfish. 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 for bigeye, yellowfin, striped marlin, and shortbill spearfish are shown in Figures 52, 55, 58, and 59, respectively. The geographical distributions of the ratios of mature females to total females for 1998-2003, by 5-degree areas, are shown for all quarters combined in Figures 53 and 56, and each quarter separately in Figures 54

and 57. It has been shown for several species, *e.g.* bigeye and yellowfin (Kikawa, 1961 and 1962), that the ratios of mature to immature fish increase markedly for fish greater than certain lengths. Accordingly, when attempting to estimate the areas and times of spawning it is desirable to eliminate the data for fish less than those lengths. The cutoff points designated for this study for the four species mentioned above 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). No cutoff points were designated for shortbill spearfish because almost all of the fish were considered to be mature. Only data for 5-degree areas for which there were five or more fish whose lengths were greater than the cutoff points are shown in Figures 53, 54, 56, and 57.

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 usually 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 up to 1992 was summarized by Nakano and Bayliff (1992), and additional information is given by Uosaki and Bayliff (1999), Okamoto and Bayliff (2003), and Schaefer *et al.* (2005). 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 7,954 bigeye were available for this study. Of these, 6,635 (83.4 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 52. The smallest fish with a GI equal to or greater than 3.1 was a 70-cm fish with a GI of 3.2. It is possible, however, that this fish and some others between 70 and 90 cm in length were yellowfin misidentified or erroneously recorded as bigeye because, according to Schaefer *et al.* (2005), bigeye less than 90 cm in length are mostly immature. The average GI started to increase at about 95 cm, and GIs greater than 3.1 occurred frequently in fish exceeding 100 cm. These results are similar to those of Nakano and Bayliff (1992), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003), although there were fewer fish less than 100 cm in length whose GIs were greater than 3.1 than in the samples described in the previous reports. 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 80 cm in length in the western EPO (Areas 1, 2, and 4). Schaefer *et al.* (2005) estimated that the minimum length at sexual maturity of females in the central and eastern Pacific, based on histological information, is 102 cm, and that the predicted length at 50-percent maturity is 135 cm.

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 3,257 (40.9 percent) were greater than 120 cm in length. Of these larger fish, 269 (8.3 percent) had GIs of 3.1 or greater, which was somewhat less than the 12.2 percent obtained by Okamoto and Bayliff (2003) for the 1993-1997 period. The greatest GI encountered was 18.78, for a 107-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 53 and 54. High concentrations of mature fish were found between the equator and 5°N west of 145°W during the first quarter, between 5°N and 10°N west of 145°W during the second quarter, between 15°S and 5°S from 130°W to 135°W during the second quarter, and between 15°S and the equator west of 125°W during the second 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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). 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 819 yellowfin were available for this study. Of these, 635 (77.4 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 55. The smallest individual whose GI was equal to or greater than 2.1 was a 77-cm fish with a GI of 3.3, but the second smallest individual was a 99-cm fish

with GI of 2.6. 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, but Okamoto and Bayliff (2003) reported on a 57-cm fish that was mature. Schaefer (1998) estimated that the minimum length at sexual maturity of females in the EPO, based on histological information, is 59 cm, and that the predicted length at 50-percent maturity is 92 cm.

Of the individuals for which the gonads were weighed, 730 (89.1 percent) were greater than 90 cm in length. Of these larger fish, 30 (4.1 percent) had GIs of 2.1 or greater. The greatest GI encountered was 4.85, for a 140-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 56 and 57. In contrast to previous studies (Nakano and Bayliff, 1992, Uosaki and Bayliff, 1999; Okamoto and Bayliff, 2003), high concentrations of mature fish were not found in any of the area-quarter strata except for that between 5°N and 10°N and between 145°W and 150°W during the second quarter.

Pacific bluefin

The spawning of Pacific bluefin is believed to be confined to the western Pacific Ocean (Bayliff, 1994). No gonad weight data for Pacific bluefin were obtained during 1998-2003.

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), DeMartini *et al.* (2000), and Okamoto and Bayliff (2003). 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.

No gonad weight data for swordfish were obtained during 1998-2003.

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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). 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 only 30 females, all of which were caught in Area 1 during the fourth quarter (Table 8). The relationship between the GIs and lengths is shown in Figure 58. The average GI started to increase at about 140 cm.

Of the total number of individuals for which the gonads were weighed, 7 (23.3 percent) were greater than 150 cm in length. None of these had GIs equal to or greater than 3.1. The greatest GI encountered was 0.58, for a 151-cm fish.

Okamoto and Bayliff (2003: Figures 61 and 62) reported that three mature fish were caught in Area 1 during the second quarter of the 1993-1997 period. 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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). 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.

No gonad weight data for blue marlin were obtained during 1998-2003. Okamoto and Bayliff (2003) reported that the average GI of blue marlin started to increase at about 160 cm, and GIs equal to or greater than 3.1 occurred frequently in individuals exceeding 195 cm, but that only 2.6 percent of females greater than 180 cm in length had GIs equal to or greater than 3.1. They also reported that several 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 up to 1992 was summarized by Nakano and Bayliff (1992), and additional information is given by Uosaki and Bayliff (1999) and Okamoto and Bayliff (2003). No gonad weight data for black marlin were obtained during 1998-2003.

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 Aguilar Palomino *et al.* (1994), Vidaurre Sotelo *et al.* (1997 and 1998), Hernández H. and Ramírez R. (1998), Uosaki and Bayliff (1999), Hernández-Herrera *et al.* (2000), and Okamoto and Bayliff (2003). 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. No gonad weight data for sailfish were obtained during 1998-2003.

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) and Okamoto and Bayliff (2003). 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 only four females that were caught in Area 4 during the second quarter (Table 8). The relationship between the GIs and lengths is shown in Figure 59. The fish were between 133 and 141 cm in length, and three of them had GIs equal to or greater than 4.1. The greatest GI encountered was 6.20, for a 140-cm fish. The fish with GIs equal to or greater than 4.1 were caught between 130°W and 135°W and between 10°S and 15°S.

SIZE COMPOSITION

During 1998-2003 large amounts of data (more than 10,000 measurements) were obtained for albacore, bigeye, yellowfin, swordfish, and striped marlin, but lesser amounts (less than 8,000 measurements) were obtained for blue marlin, black marlin, sailfish, and shortbill spearfish. For most species the numbers of measurements were less than those reported on by Okamoto and Bayliff (2003), in spite of the fact that the period of sampling for the present report is one year longer than that of the previous report. Many area-time strata were insufficiently sampled, not only for the last four species, but for the first five as well. Figures 60-86 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 for which there were less than 8 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 training and research longline vessels, most of which are training vessels of prefectural high schools. In most cases, only fish that are retained are measured aboard the commercial vessels, whereas nearly all fish caught, regardless of their size, are measured aboard the research vessels. The 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 hook 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 in the data base of the NRIFSF until recently, so no information on sex is included in the previous reports of this series. Such information is now available in the NRIFSF data base, so, in this report, the length frequencies for which the data for years and quarters are combined (Figures 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, and 84) are segregated by sex, and data on the sex ratios (males/(males + females)) for each length class are superimposed on the graphs. 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 648 length-frequency histograms (9 areas x 6 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 60, the data for years are combined in Figure 61, and the data for quarters are combined in Figure 62. 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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). The 44,255 fish of the present study ranged from about 50 to 140 cm in length, but most of them were between 60 and 120 cm long (Figure 60). As mentioned in the section on maturity, albacore are not usually gilled and gutted at sea, so little information on the sexes of the fish caught was available for this study.

Data on the length frequencies of albacore by area are shown in Figure 60. As mentioned previously, it is considered in this report that there are two stocks of albacore in the Pacific Ocean, one north of the equator and the other south of the equator, so the fish caught in Area 1 would belong to the northern stock and those in Areas 4, 5, and 9 would belong to the southern stock. The ranges of lengths of the fish were rather wide in Areas 1 and 9, with most of them being 80 to 120 cm long in Area 1 and 60 to 110 cm long in Area 9 (Figure 60). In contrast, the ranges of lengths for Areas 4 and 5 were relatively narrow, with most of the fish being 85 to 110 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 61). 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), for 1993-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003), and for 1998-2003 in the present study. During the third quarter the fish caught in Area 1 were relatively large; all of them exceeding 90 cm, but the sample size was small. The same was the case for the fourth quarter, but some of the fish were less than 90 cm long. During the first quarter both large and small fish were caught, with the proportion of small fish being considerably greater than during the fourth 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 1998-2003 are shown in Figure 62. 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 1998 and 1999, whereas from 2000 to 2002 they ranged mostly from about 90 to 125 cm. In Area 9 almost no 60- to 70-cm fish were caught in 1998, but substantial amounts were caught in subsequent years (although data were not available for 1999 and 2003). Similar patterns of year-to-year variation in the length compositions in Areas 1 and 9 were reported for 1993-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003). In Areas 4 and 5 the lengths ranged from about 85 to 115 cm in every year.

Average weight data, calculated from length-frequency data for albacore caught by the longline fishery during 1971-2003 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 17.8 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), Watters and Maunder (2001), Watters and Maunder (2002), Maunder and Harley (2002), Anonymous (2003-2008), Okamoto and Bayliff (2003), Harley and Maunder (2004), Harley and Maunder (2005), Maunder and Hoyle (2006 and 2007), and Aires-da-Silva and Maunder (2007). The 192,245 fish (69,654 males, 40,648 females, and 81,943 of unknown sex) of the present study ranged from about 40 to 220 cm in length, but most of them were between 80 and 180 cm long (Figure 63). Males outnumbered females for both small (less than about 100 cm long) and large (more than about 150 to 170 cm long) fish. (However, it is possible that errors were made in assigning sexes to the smaller fish because the gonads of bigeye less than about 80 cm are usually very small.) The sex ratios (males/(males + females)) for fish of the same size groups differed among areas.

The proportion of males in the catch was usually close to 0.5 for fish between about 100 and 150 cm, but it began to increase (males becoming dominant) for fish at the upper end of that range. Males began to outnumber females at about 140 cm in Areas 1 and 2, about 150 cm in Area 3, and about 160 cm in Areas 4 and 5. No clear change in the sex ratio was observed for the large fish caught in Areas 8 and 9. In contrast, Shomura and Keala (1973) reported that in samples of fish caught in the central Pacific Ocean males outnumbered females for the fish larger than about 122 cm. 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) and Schaefer and Fuller

(2006) stated that there is no difference in the growth rates of males and females in the length range of 46 to 189 cm and 30 to 149 cm, respectively, 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. Taking these results into account, it is assumed that the changes in sex ratio with size are caused by differences in the mortality rates of fish of the two sexes.

Fish less than 110 cm long made up 49 percent (in numbers of fish) of the catches in Area 1, 28 percent of those in Area 4, and 12 to 15 percent of those in Areas 8 and 9 (Figure 63). Fish more than 140 cm long made up 44 to 55 percent of the catches in Areas 2, 4, and 5. Watters and Maunder (2001), Watters and Maunder (2002), Maunder and Harley (2002), Harley and Maunder (2004), Harley and Maunder (2005), Maunder and Hoyle (200 and 2007), and Maunder and Aires-da-Silva (2008) reported that the fish caught north of 15°N by longline gear were smaller than those caught south of 15°N by longline gear.

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 64). The first group is readily apparent in Area 1 (first, third, and fourth quarters), Area 2 (first quarter), Area 4 (second, third, and fourth quarters), Area 5 (third quarter), and, to a lesser extent, Area 9 (third and fourth quarters). Small amounts of fish less than 80 cm in length were caught in Area 1 during the first and second quarters. Fish exceeding 150 cm in length made up considerable portions of the catches in Areas 2, 3, 4, and 5 during all four quarters.

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 64). If the modes represent age groups, the progressions between the first (80 to 100 cm) and second (100 to 130 cm) modes and between the second and third (130 to 150 cm) 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), 31.9 and 21.9 cm by Sun *et al.* (2001), 25 and 20 cm by Okamoto and Bayliff (2003), and 35.2 and 31.7 cm by Schaefer and Fuller (2006) (Table 9).

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 65. If dominant year classes exist, they might be apparent from progressions of the modes. Such progressions appear in some cases, e.g. Area 1 (1998-1999, 2000-2001, and 2002-2003), Area 3 (2001-2002), Area 8 (2000-2002) and Area 9 (1997-1998, and 2000-2002). 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 1999-2000 data for Areas 1 and 2. The 110- to 130-cm fish, which made up a large portion of the catch in Area 1 during 1999, may have appeared as 130- to 150-cm fish in Area 2 in 2000. 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 longline fishery during 1971-2003 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, increased from 1984 to 1997, and showed no trend after 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), Uosaki and Bayliff (1999), Maunder and Watters (2001 and 2002), Maunder (2002), Anonymous (2003-2008), Okamoto and Bayliff (2003), Maunder and Harley (2004 and 2005), Hoyle and Maunder (2006 and 2007), and Maunder (2007). The 77,554 fish (30,607 males, 26,860 females, and 20,087 of unknown sex) of the present study ranged from about 40 to 200 cm in length, but most of them were between 90 and 170 cm long (Figure 66).

Although there were differences in the length compositions of the fish among areas (Figure 66), they are not as pronounced as those for bigeye (Figure 63). Fish greater than 130 cm in length were caught in all areas, but their incidence was highest in Areas 5, 6, and 8, where they comprised 64 to 68 percent (in numbers of fish) of the catches. Fish less than 90 cm in length made up 9 percent of the catch in Area 1 and less than 4 percent of it in the other areas. The sex ratio (males/(males + females)) was usually close to 0.5 for fish between 100 and 140 cm fish in all areas, but there was some variation, particularly for the areas for which there were small sample sizes. The sex ratio began to increase at about 140 cm in Areas 1-4 and at about 150 cm in Areas 5 and 8. No conspicuous change in the sex ratio was observed in Area 9. These trends were mostly similar to those of bigeye (Figure 63). Murphy and Shomura (1972) reported that in samples of fish caught in the central Pacific Ocean males outnumbered females in size intervals greater than 140 cm, which is similar to the results of the present study.

Quarterly variations in the lengths of fish caught are apparent, especially those from Areas 1, 2, 4, and 9 (Figure 67). Modal progressions are evident for Area 4 for the mode between 90 and 110 cm and Area 5 for the mode between 120 and 150 cm. If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 35 to 40 cm per year, as compared to 35

cm per year estimated by Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). Earlier studies, summarized by Wild (1986: Table 10b) have produced estimates of 36 to 47 cm per year. All of the earlier studies included data for fish less than 100 cm in length, which are faster growing than larger fish, so 35 to 40 cm per year seems reasonable for larger fish. In Area 2 the range of lengths was wide, from 60 to 170 cm, during the first quarter, whereas during the second to fourth quarters most of the fish were more than 90 cm long.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 68. Fish greater than 100 cm in length predominated in the catches of all areas during all years, with the possible exception of Area 1 in 2003. Possible progressions of modes are apparent in a few areas, e.g. Areas 2 and 4 in 1998 and 1999, Area 4 in 1999, 2000, and 2001, and Area 9 in 2000, 2001, and 2002. 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), 1993-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003), or 1998-2003 (this study).

Average weight data, calculated from length-frequency data for yellowfin caught by the longline fishery during 1971-2003 and the weight-length equation of Nakamura and Uchiyama (1966) (Table 2), are listed in Table 3. These weights ranged from 28.3 kg in 1975 to 45.7 kg in 2001. The average weights were relatively low from 1972 to 1989, ranging from 28.3 to 42.1 kg, but higher thereafter, ranging from 39.3 to 45.7 kg except for 2000, when the average weight was 35.8 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), Hinton and Bayliff (2002a), Okamoto and Bayliff (2003), and Hinton *et al.* (2005). The 10,150 fish (4,231 males, 3,735 females, and 2,184 of unknown sex) of the present study ranged from about 40 to 350 cm in length, but most of them were between 60 and 240 cm long (Figure 69).

There was some variation among areas in the length frequencies (Figure 69). Fish less than 120 cm in length were far more important in Area 1, and fish greater than 200 cm in length were more important in Areas 2, 4, and 5. A prominent mode at 70 cm is evident in Area 1, and a few of these small fish were also caught in Areas 2 and 4. As mentioned previously, the length measurements are collected mainly on commercial longliners and training and research longline vessels, and the measurements taken aboard the latter 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 567 swordfish were measured, 513 (90 percent) of them had been caught by research vessels, and 140 of these (27.2 percent) were less than 80 cm in length. In Area 4, of 145 swordfish measured aboard research vessels, 38 (26.3 percent) were less than 80 cm long, whereas only 54 (0.6 percent) of 2,761 fish measured aboard commercial vessels were less than 80 cm long. (The lengths of 567 fish are shown in the panel corresponding to Area 1 in Figure 69, but 41 of these lengths were estimated from the weights of the fish. The same applies to Area 4, for which 506 of the lengths were estimated from the weights of the fish.)

The sex ratio (males/(males + females)) was, for the most part, greater than 0.5 for the fish less than approximately 140-160 cm in length (differing in different areas), and it decreased with increasing fish size. It was usually less than 0.3 for the fish more than 220 cm long in Areas 4 and 5, where many of the samples of fish more than 220 cm long were collected. Sun *et al.* (2002) reported that for fish caught around Taiwan the proportion of females increased with size for the fish more than 195 cm in length from the anterior tip of the lower jaw to the fork of the tail (LJFL) (about 170 cm from the posterior margin of the orbit to the fork of the tail (EFL), calculated using an equation given by Uosaki and Bayliff, 1999, and that all the fish more than 210 cm LJFL (about 190 cm EFL) were females. The corresponding lengths reported by Wang *et al.* (2003) were 150 cm LJFL (about 130 cm EFL) and 210 cm LJFL (about 190 cm EFL), respectively, for fish caught around Taiwan, and those reported by Young *et al.* (2003) were 180 cm EFL and 220 cm EFL, respectively, for fish caught off eastern Australia. These results do not differ much from those of the present study.

Variation in the occurrences of modes in different quarters is evident in the data for Area 1 and, to a lesser extent, those for Areas 3 and 4 (Figure 70).

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 71. A possible modal progression from about 140 cm in 2000 to about 175 cm in 2001 is evident in Area 4. This estimate of the growth rate agrees with the rate of 35 cm per year estimated by Kume and Joseph (1969b) for 62- to 165-cm fish. 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, suggesting that the growth rate is approximately 32.5 cm per year for fish in that length range. Clear progressions of modes were not evident in the length-frequency data for 1993-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003). 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. Also, Uchiyama *et al.* (1998) estimated that the growth

was 27 cm per year for 88- to 168-cm fish in the central Pacific Ocean. The growth rates of the last two studies are less than that obtained from the analysis of modal progressions in the present study.

Average weight data, calculated from length-frequency data for swordfish caught by the longline fishery during 1971-2003 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 65.3 kg, from 1992 to 2003.

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 Diaz *et al.* (1991), Nakano and Bayliff (1992), Uosaki and Bayliff (1999), Hinton and Bayliff (2002b), and Okamoto and Bayliff (2003). The 10,174 fish (4,602 males, 3,938 females, and 1,634 of unknown sex) of the present study ranged from about 70 to 270 cm in length, but most of them were between 120 and 230 cm long (Figure 72).

The fish caught in Area 1 were smaller than those caught in the other areas (Figure 72). In Area 1 there was one mode, at about 145 cm, and in Areas 4, 5, 8, and 9 there was also one mode, at about 170-180 cm. In Areas 2 and 3 the ranges of lengths were greater, including fish of the lengths caught in Area 1 and in Areas 4, 5, 8, and 9, and also some fish greater than 200 cm in length. The sex ratio (males/(males + females)) was, in most cases, equal to or greater than 0.5 for the smaller fish. It decreased with fish size, beginning at about 170 cm, in Areas 1 and 4. No trends in sex ratio with fish size are discernible in the other areas. Ortega-Garcia *et al.* (2003) reported that females outnumbered males for the fish greater than 60 to 75 kg (differing in different seasons) for striped marlin caught near Baja California, Mexico. These fish are estimated, from the weight-length relationship of Kume and Joseph (1969b) (Table 2), to be more than about 190 to 200 cm in length—slightly larger than those in the present study. However, data for the Baja California area (Area 7) were not available for the present report.

Quarterly variations in the lengths of fish caught are apparent in Area 1 and, to lesser extent, in the other areas (Figure 73). In most area-quarter strata there was only one mode, the major exception being Area 1, where fish less than 130 cm in length were caught, mainly during the first quarter.

Modal progressions are not clear in any area, but there are two modes, at about 120 cm and about 165 cm during the first quarter, at about 135 cm and 170 cm during the second quarter, and at about 110 cm and 145 cm during the fourth quarter in Area 1. If the modes represent age groups, these data indicate that the growth rate is approximately 35-45 cm per year. This is essentially in agreement with the rates of 35 cm per year for fish with body lengths of 120 to 160 cm estimated by Koto (1963), 40 cm per year estimated by Miyabe and Bayliff (1987) for 100- to 170-cm fish, 40 cm per year estimated by Nakano and Bayliff (1992) for 125- to 170-cm fish, 36 cm per year estimated by Uosaki and Bayliff (1999) for 103- to 157 cm fish, and 35 cm per year estimated by Okamoto and Bayliff (2003) for 105- to 140 cm fish.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 74. Bimodality is evident in Area 1 for 2002 and, to a lesser extent, 1998 and 2003. Annual changes in the length-frequency distributions were observed in every area, although few data were available for many of the year-area strata. Hinton and Bayliff (2002b) reported that in the northern area (north of 10°N) of the EPO there were single modes at about 180 cm during the 1970s and at about 155 cm during the 1980s, and that there were two modes, at about 110 and 145 cm, during the 1990s.

Average weight data, calculated from length-frequency data for striped marlin caught by the longline fishery during 1971-2003 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 50.0 kg in 2001. 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. Hinton and Bayliff (2002b) stated that most of the recaptures of tagged fish released off the tip of the Baja California peninsula were made in that area, but some were made in the vicinity of the Revillagigedo Islands, a few near the Hawaiian Islands, and one near Norfolk Island, north of New Zealand.

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), Hinton (2001), and Okamoto and Bayliff (2003). The 7,818 fish (3,410 males, 2,240 females, and 2,168 of unknown sex) of the present study ranged from about 80 to 370 cm in length, but most of them were between 130 and 270 cm long (Figure 75).

The fish tended to be about the same size in Areas 1-5 and 8, but larger in Area 9 (Figure 75). The sex ratio (males/(males + females)) was usually greater than 0.5 for the fish less than 210 cm in length, but equal to less than 0.5 in for the fish more than 210 cm long in Areas 2, 4, and 5.

The quarterly length-frequency distributions (Figure 76) were mostly unimodal. 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 1998-2003 do not suggest movements among areas within the EPO.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 77. No conspicuous variation among areas or years is evident. However, the appearance of fish larger than 260 cm differed among areas and years; they were caught in Area 2 in 2002, in Area 5 in 2000 and 2001, in Area 9 in 2001, and so on.

Average weight data, calculated from length-frequency data for blue marlin caught by the longline fishery during 1971-2003 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 108.9 kg in 2000. The average weights were lowest, ranging from 83.1 to 85.5 kg, during 1983 through 1988 and highest, ranging from 98.4 to 108.9 kg, during 1999 through 2002.

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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). The 173 fish (75 males, 71 females, and 27 of unknown sex) of the present study ranged from about 120 to 340 cm in length (Figure 78). 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 2, 4, and 5.

The quarterly and annual length-frequency distributions for several areas are shown in Figures 79 and 80, 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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). The 137 fish (19 males, 30 females, and 88 of unknown sex) of the present study ranged from about 110 to 210 cm in length, but most of them were between 125 and 205 cm long (Figure 81).

There may be two or more modes for the data for Areas 4 and 5, but the modes are not well-defined, probably due to insufficient sample sizes (Figure 81). Smaller fish made up greater proportions of the catches in Areas 2, 3, and 4 than in Area 5.

The quarterly and annual length-frequency distributions for each area are shown in Figures 82 and 83, respectively. In Area 4, smaller fish were dominant in 1998 and 1999, but larger fish were dominant in 2000.

Average weight data, calculated from length-frequency data for sailfish caught by the longline fishery during 1994-2003 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 24.4 kg in 1999.

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), Uosaki and Bayliff (1999), and Okamoto and Bayliff (2003). The 2,470 fish (964 males, 837 females, and 669 of unknown sex) of the present study ranged from about 80 to 180 cm in length, but most of them were between 110 and 170 cm long (Figure 84).

Most of the available length data for this species were taken from Areas 1, 4, 5, and 9. Uosaki and Bayliff (1999) suggested that during 1988-1992 a mode at about 140 cm was evident in most of the area-quarter strata, and that an additional mode occurred at about 120 cm in Areas 4, 5, and 6. Okamoto and Bayliff (2003) reported, however, that during 1993-1997 the length-frequency distributions were unimodal, with modes at 145, 135, 125, and 130 cm in Areas 1, 4, 5, and 9, respectively. In this study, a mode is apparent between 120 and 130 cm in Areas 4, 5, and 9 and between 145 and 155 cm in Areas 1, 5, and 9 (Figure 84). Such being the case, the length-frequency distributions were bimodal for Areas 5 and 9.

Quarterly variations in the lengths of the fish caught were observed in Areas 1 and 5 (Figure 85). In Area 1 fish less than 130 cm in length were dominant during the first quarter, but during the second, third, and fourth quarters most of the fish were more than 130 cm long. In Area 5 one mode at about 150 cm was observed in the first quarter, and two modes at about 120 cm and 150-160 cm were observed during the third and fourth quarters.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 86. There was little variation among years except in Area 5.

Average weight data, calculated from length-frequency data for shortbill spearfish caught by the longline fishery during 1994-2003 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 14.4 kg in 2002.

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	mizuwanī	tiburón cocodrilo	<i>Pseudocarcharias kamoharai</i>
shortfin mako shark	ao zame	marrajo dientuso	<i>Isurus oxyrinchus</i>
longfin mako shark	bakeao zame	marrajo carite	<i>Isurus brasiliensis</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. Information on the catch rates of several species of sharks in the purse-seine fishery for tunas in the EPO is presented by Román-Verdesoto and Orozco-Zöller (2005), and additional studies on sharks caught by the purse-seine fishery are in progress.

Information on longline catches of sharks, tunas, and billfishes in the EPO is given by Wilson and Shimada (1955), Graham (1959), Mais and Jow (1960), O'Brien and Sunada (1994), Santana-Hernández (1998), and Okamoto and Bayliff (2003). It would be tempting to compare the ratios of sharks to tunas and billfishes over the period from the mid-1950s to the early 2000s to see if they had changed, but the differences in the gear used in the different experiments might invalidate whatever conclusions were drawn.

The annual longline fishing effort and the reported catches of sharks by the Japanese longline fishery in the EPO during 1971-2003 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, 139.8 thousand fish, was taken in 1987. After 1998 the annual catches decreased to less than 50 thousand fish. This precipitous decrease could have been due to reduced abundance of sharks, but it seems more likely that it was mostly or entirely due to decreased reporting of sharks by many of the vessels and/or increased use of nylon monofilament branch lines, which are often cut off by the teeth of the sharks. This will be examined in future studies.

The quarterly distributions of the reported catches of sharks during 1998-2003 are shown in Figure 87. 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 near 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 catches near the tip of the Baja California peninsula were less during 1998-2003 than they were during 1994-1997 (Okamoto and Bayliff, 2003: Figure 98).

The quarterly distributions of the hook rates for sharks during 1998-2003 are shown in Figure 88. High hook rates occurred east and west of the Galapagos Islands during all four quarters and off Peru and northern Chile during the second and third 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 (*Lamna ditropis*), or "other sharks." In the present form of the logbooks, which came into use in 1997, catch records of oceanic whitetip shark and thresher sharks (in general) are also included, but these two categories are not included in the part of the data base in which the data are aggregated by 5-degree areas. Generally, sharks are of much less commercial value than are tunas and billfishes, and not all of them are retained. Information obtained by scientific observers placed on Japanese distant-water longline vessels fishing in the Atlantic Ocean (Matsumoto, 2006) indicates that in recent years the flesh, in addition to the fins, is retained for many species of

sharks. In the past the flesh for only a few species, such as shortfin mako shark and salmon shark was retained, and for the other species only the fins were retained, or sometimes even the fins were 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 training and research 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 89. 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. The cause of the problem is probably the fact that Japanese fishermen sometimes call thresher sharks "nezumi," and the common name of salmon shark is "nezumi zame." The same problem was reported by Okamoto and Bayliff (2003) for the 1994-1997 period. 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 training and research 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), Simpfendorfer *et al.* (2002), Matsunaga *et al.* (2005), and Matsunaga and Shono (2006) used data obtained from training and research vessels in the western and central Pacific, western North Atlantic, western north Pacific, and central north Pacific Oceans, respectively, for this purpose. Nakano and Honma (1997), Kiyota and Nakano (2000), Matsunaga and Nakano (2000), Nakano (2000), Clarke *et al.* (2005), Matsunaga and Nakano (2005), and Nakano and Clarke (2006) 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. In this report, therefore, we conducted analyses of the hook rates of several species of sharks from logbook data of training and research vessel only, as these are considered to be much more accurate than those of commercial vessels.

Historical trends in the hook rates of blue sharks, shortfin mako sharks, and total sharks by training and research vessels are shown in Figures 90, 91, and 92, respectively.

There were no consistent trends in the hook rates of blue sharks during 1994-2003 in the areas for which data were obtained for each year (Areas 1, 2, and 4) nor for all areas combined (Figure 90). The hook rates during 2003 for Areas 1 and 2 and all areas combined were greater than those for any other year in those areas.

The hook rates for shortfin mako shark (Figure 91), like those for blue shark, showed no trends in the areas for which data were obtained for each year nor for all areas combined (Figure 91). The hook rates for all areas combined were especially stable after 1997.

The trends in hook rates of total sharks (Figure 92) were more variable among years and among areas than were those of blue sharks or shortfin mako sharks. The hook rates decreased, but with wide fluctuations, in Area 2, but no consistent trends were observed for the other areas, nor for all areas combined. For all areas combined, the hook rates were relatively high during 1993-1997 (2.6 to 6.0 fish per 1000 hooks), relatively low during 1998-2002 (0.9 to 1.6 fish per 1000 hooks), and then increased to about 3.9 fish per 1000 hooks in 2003.

Almost no salmon sharks were recorded by training and research vessels during 1994-2003, which bears out the contention that misidentifications are responsible for most or all of the reports of catches of salmon sharks by commercial vessels (Okamoto and Bayliff, 2003; Figure 100; this report: Figure 89).

For purposes of comparison, the trends in hook rates for total sharks by training and research vessels and by all the vessels are shown in Figure 93. The hook rates of training and research vessels were usually much greater than those of all vessels (upper panel), which is presumably the result of incomplete reporting rate by commercial vessels. When the hook rates are reported on different scales (lower panel) it can be seen that the trends are somewhat similar, although some differences are apparent. For example, the hook rates for training and research vessels decreased sharply from 1995 to 1998, and then increased sharply from 2002 to 2003, whereas the hook rates for all vessels decreased sharply from 1998 to 2002 and remained low in 2003. (As stated above, the decreased hook rates could be mostly or entirely due to decreased reporting of sharks by many of the vessels.)

The quarterly hook rates for blue shark, shortfin mako shark, oceanic whitetip shark, and thresher sharks during 1998-2003 by training and research vessels are shown in Figures 94-97, respectively. The absence of a dot for an area-quarter stratum, e.g. the first quarter in Area 4, indicates the absence of fishing effort in that stratum. The presence of a dot on the lower border for an area-quarter stratum, e.g. the first quarter in Area 8, indicates hook rates equal to or slightly greater than 0 in that stratum. The hook rates for blue sharks (Figure 94) were greatest during the second quarter in Areas 1, 2, 4, and all areas combined. No catches of blue sharks were recorded in Areas 3, 5, 6, 8, and 9, but it should be noted that there was very little fishing effort in those areas. The hook rates for shortfin mako sharks (Figure 95) were greatest during the second quarter in Areas 1, 3, 5, and 6, during the second and fourth quarters in Area 4, and during second and third quarters in Area 9. The hook rate for all areas combined was slightly greater for the fourth quarter than for the second and third quarters and much greater than for the first quarter. The hook rates of oceanic whitetip sharks (Figure 96) were greatest during the first quarter in Area 2, during the second quarter in the Area 1,

and during second and fourth quarters in Area 4. The hook rates for all areas combined were greatest during the first and second quarters, and zero, or nearly so, during the third and fourth quarters. The catch rates of oceanic whitetip sharks by purse seiners are greatest between about 12°N and 15°S (Román-Verdesota and Orozco-Zöller, 2005: Figure 5), which corresponds roughly to Areas 2-5 and 8. The hook rates of thresher sharks (Figure 97) were greatest during the second quarter in Areas 1 and 2 and during the fourth quarter in Area 4. The hook rates for all areas combined were greatest during the second quarter and only slightly greater than zero during the first quarter.

The information obtained from training and research vessels, although adversely affected by low effort in some year and/or area strata, will be of great value in future assessments of sharks.

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 A-2a of Anonymous (2008). During the 1972-2003 period the catches of bigeye in the EPO by Japanese longline gear ranged from 25.1 to 92.0 thousand metric tons (mt). The catches in the EPO by purse-seine gear ranged from 1.2 to 21.9 thousand mt from 1976 to 1993, and then increased to 34.9 thousand mt in 1994, and eventually to 94.1 thousand mt in 2000. 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. Tagged pole-and-line- and handline-caught bigeye have been recaptured by Japanese longline vessels and tagged longline-caught bigeye have been recaptured by purse seiners (Okamoto and Bayliff: Table 11), which indicates that the surface and longline fisheries do not exploit completely separate stocks. The fish caught by surface gear tend to be smaller than those caught by longline gear (Maunder and Hoyle, 2007: 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 A-2a of Anonymous (2008). 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 in which 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; Anonymous, 2008: Figure A-1a), but, since there was little longline effort in Area 7, few are caught there by that fishery (Figure 7). During 1998-2003 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 11. 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. Okamoto and Bayliff (2003: Table 11) reported that up to 2003 only six tags from yellowfin originally caught by surface gear had been returned by longline fishermen, and only one tag from a fish originally caught by longline gear had been returned by a surface fisherman. The fish caught by surface gear tend to be smaller than those caught by longline gear (Maunder, 2008: 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

Harley and Maunder (2004: Table 6.1) and Maunder and Harley (2004: Table 6.1) 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 2001-2002 level, (2) maintaining the surface fishing effort at the 2001-2002 level with discards, (3) maintaining the surface fishing effort at the 2001-2002 level, but without discards, and (4) increasing the surface fishing effort to 125 percent of its 2001-2002 level on (1) the spawning biomass ratio during the fourth quarter of 2007, (2) the average weight of the fish in the combined catch during 2007, (3)

the median of the quarterly catches in the EPO by the “primary” surface fleet during 2007, and (4) the median of the quarterly catches by the longline fleet in the EPO during 2007. (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 2003-2007 would be the same as it was during 2000 and 2001 (bigeye) or 2000 (yellowfin). As stated by both Watters and Maunder (2001) and Maunder and Watters (2001) in regard to earlier simulations, “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 Harley and Maunder (2004) are summarized in Table 12. Reduction of the surface effort to 75 percent of its 2001-2002 level reduced the surface catch by 7 percent and increased the longline catch by 34 percent, while increasing the surface effort to 125 percent of that level reduced the surface catch by 3 percent and the longline catch by 28 percent.

Yellowfin

The results of the simulations of Maunder and Harley (2004) are summarized in Table 12. Reduction of the surface effort to 75 percent of its 2001-2002 level reduced the surface catch by 7 percent and increased the longline catch by 31 percent, while increasing the surface effort to 125 percent of that level increased the surface catch by 3 percent and reduced the longline catch by 22 percent.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Dr. Yoshio Ishizuka, Director of the NRIFSF, Dr. Ziro Suzuki, Division Chief at the time that the study was initiated, and Dr. Hiroaki Okamoto, 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, and Drs. Miki Ogura and Tomowo Watanabe for arranging the senior author’s trip to La Jolla and his stay there. 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, Dr. Michael G. Hinton 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, Mark N. Maunder, and Cleridy E. Lennert-Cody, and Messrs. Schaefer and Tomlinson of the IATTC staff, and by Drs. Okamoto and Hitoshi Honda, and Mr. Hiroaki Matsunaga of the NRIFSF, all of whom made useful suggestions for its improvement. Mr. Nicholas J. Webb translated the manuscript from English to Spanish.

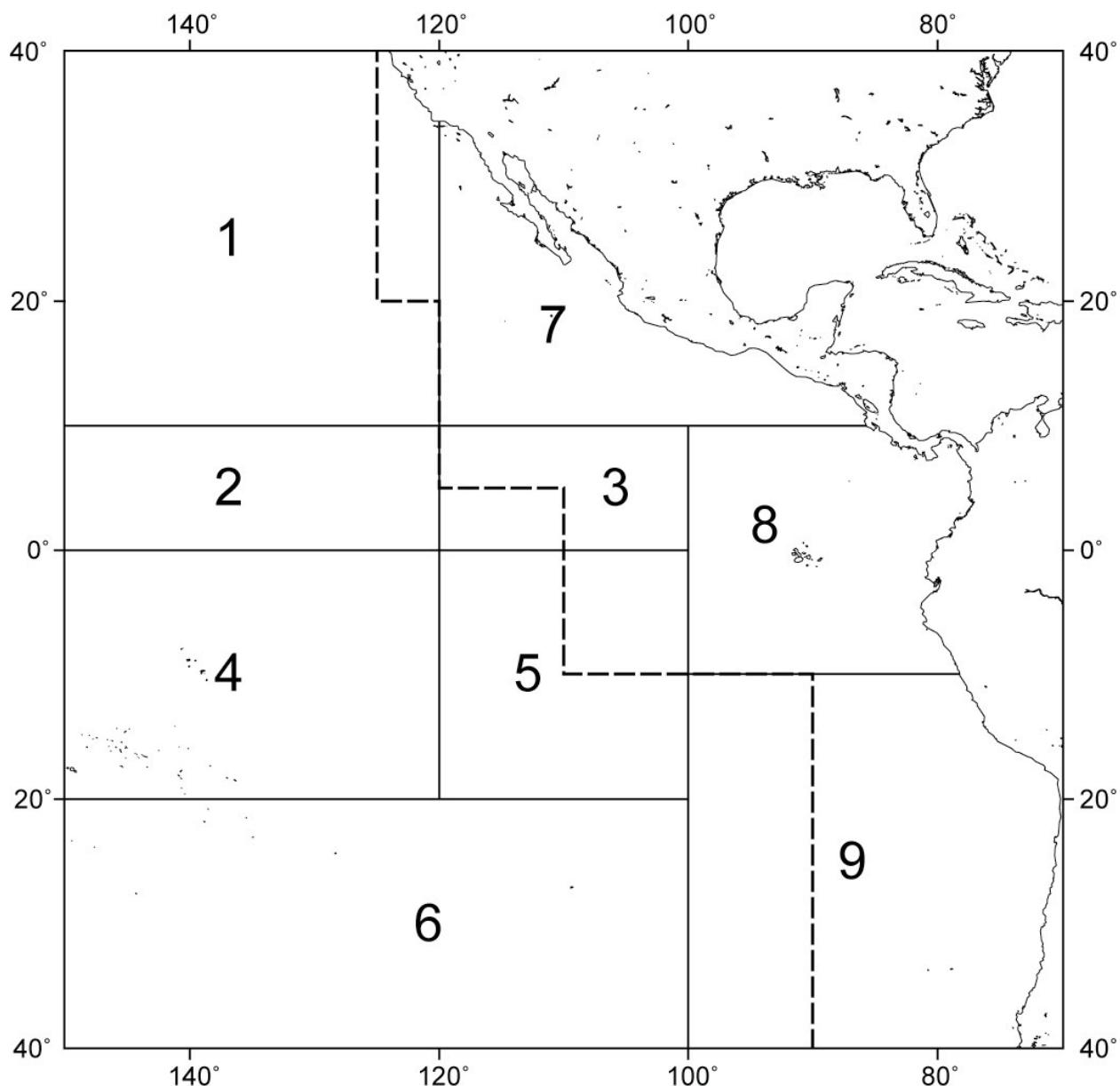


FIGURE 1. Areas of the eastern Pacific Ocean (EPO) designated for this study. The area to the east and north of the dashed line is the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

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).

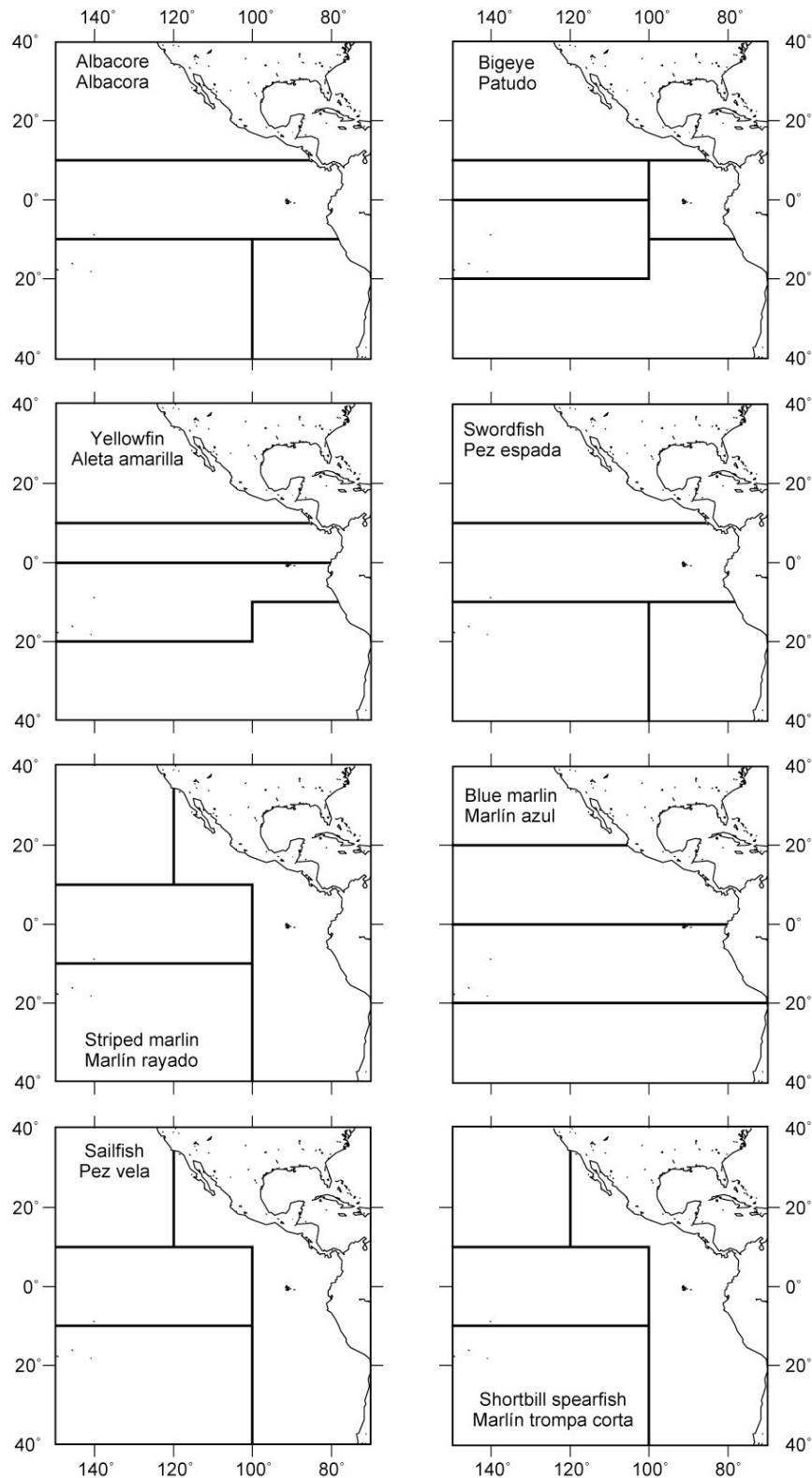


FIGURE 2. Area strata used for estimation of the average weights of tunas and billfishes.

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

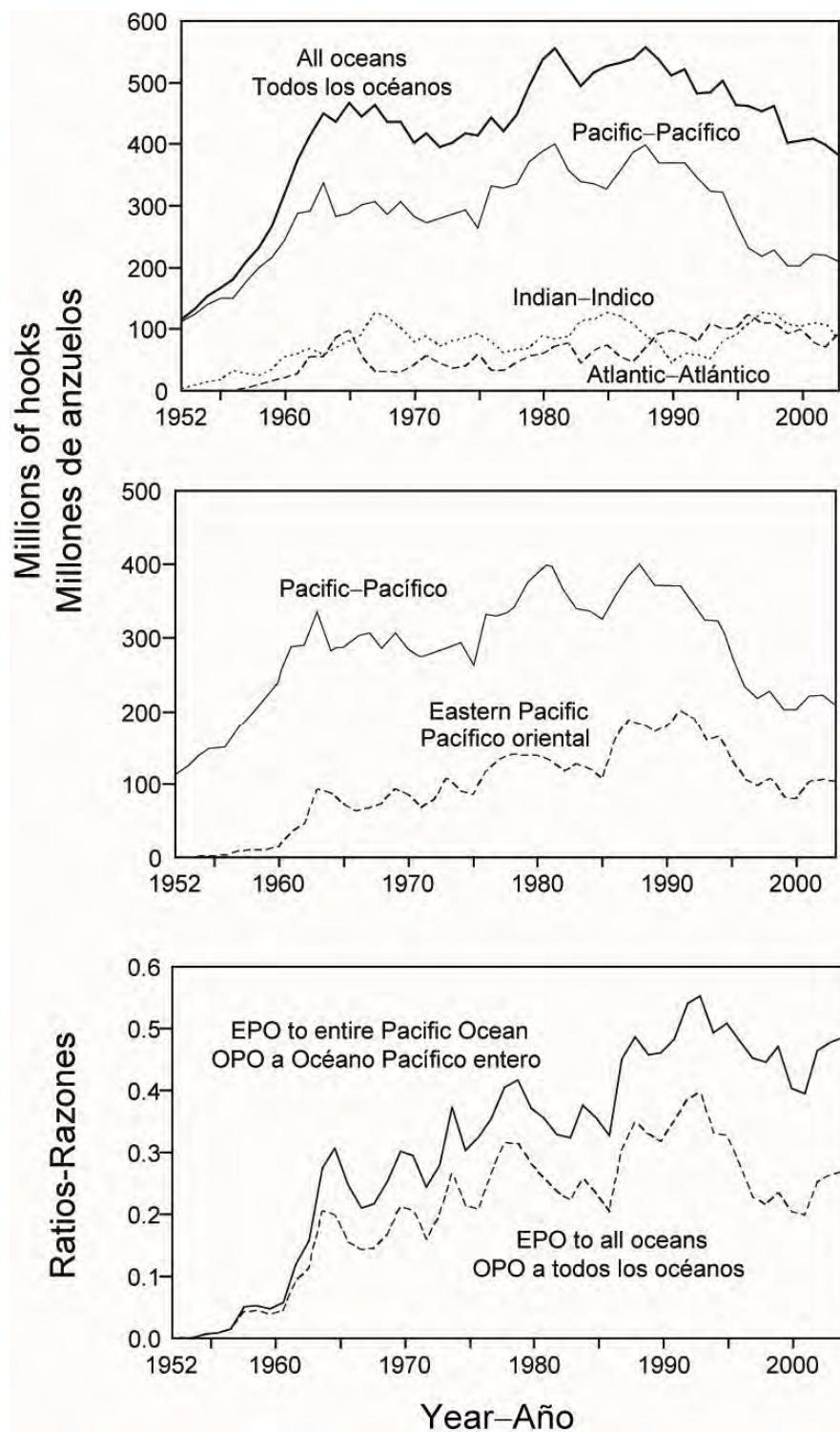


FIGURE 3. Japanese longline effort in all oceans and each individual ocean (upper), entire Pacific Ocean and EPO (middle), and ratios of effort in the EPO to that of the entire Pacific Ocean and that of all oceans (lower).

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

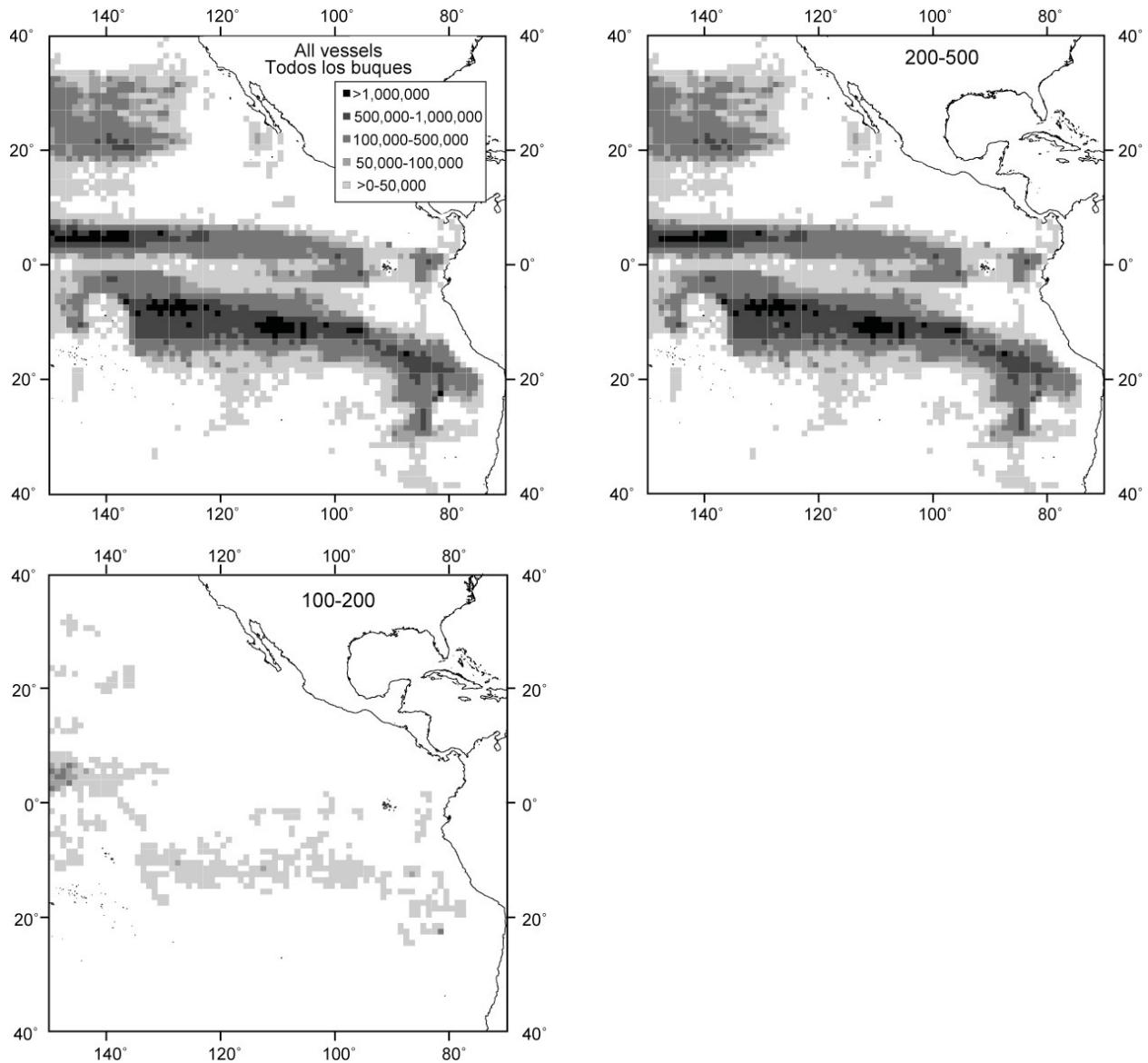


FIGURE 4. Distributions of fishing effort in the EPO by Japanese longline vessels of different size classes (in gross metric tons) during 1998-2003.

FIGURA 4. Distribuciones del esfuerzo de pesca en el OPO por palangreros japoneses de distintas clases de tamaño (en toneladas métricas brutas) durante 1998-2003.

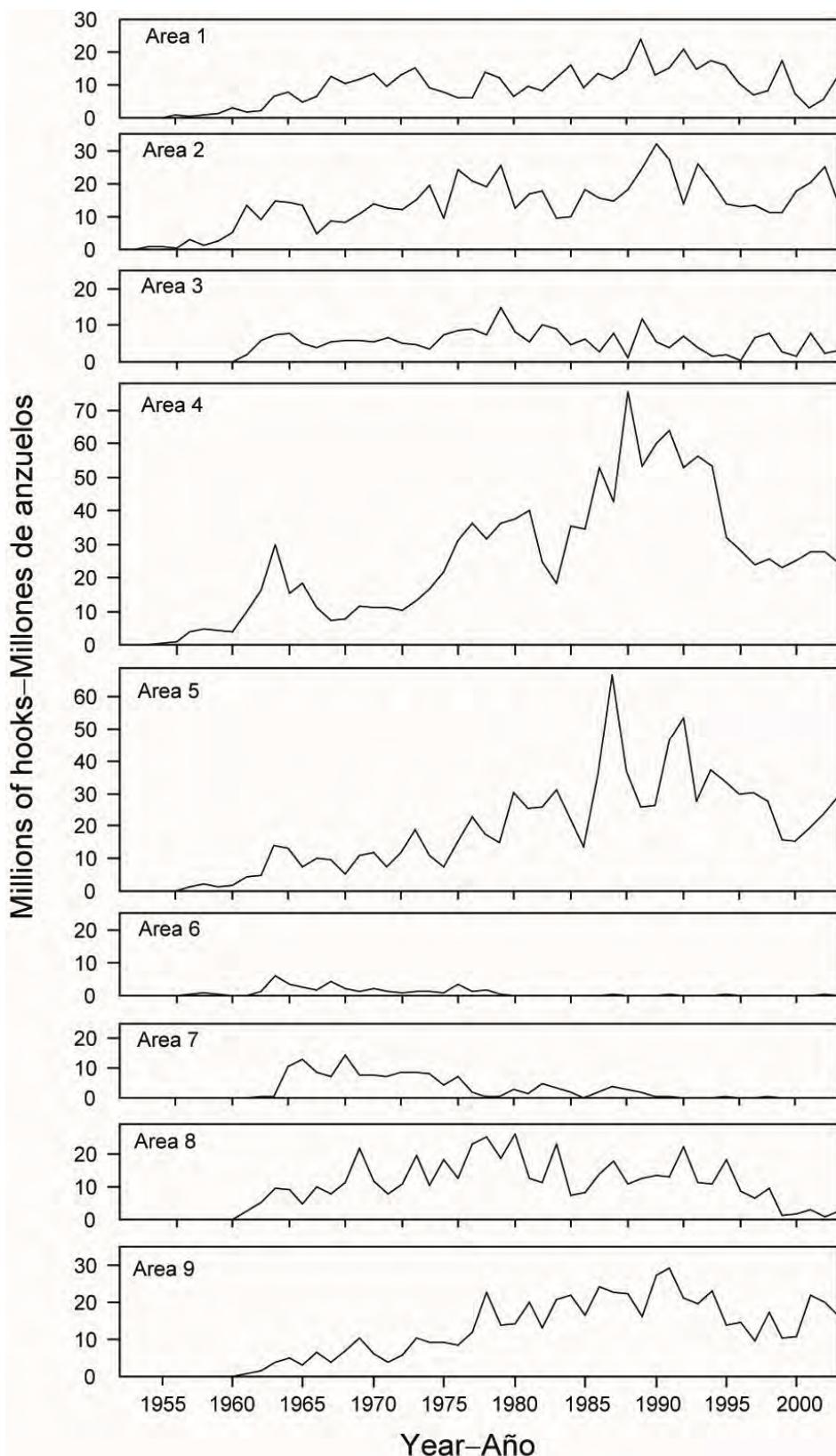


FIGURE 5. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO.

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

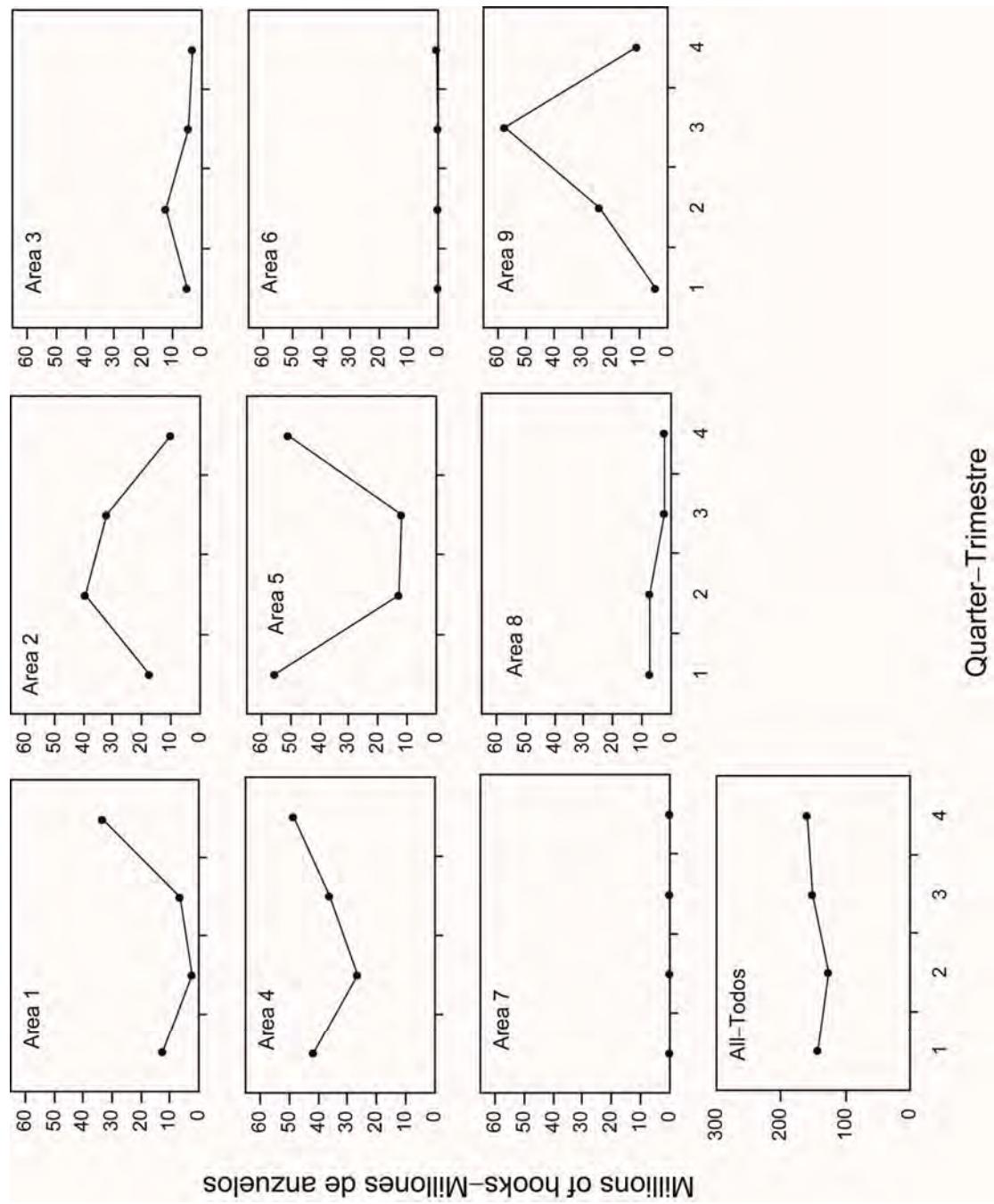


FIGURE 6. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO by quarters, 1998-2003.

FIGURE 6. Esfuerzo por palangreros japoneses en las áreas designadas del OPO por trimestre, 1998-2003.

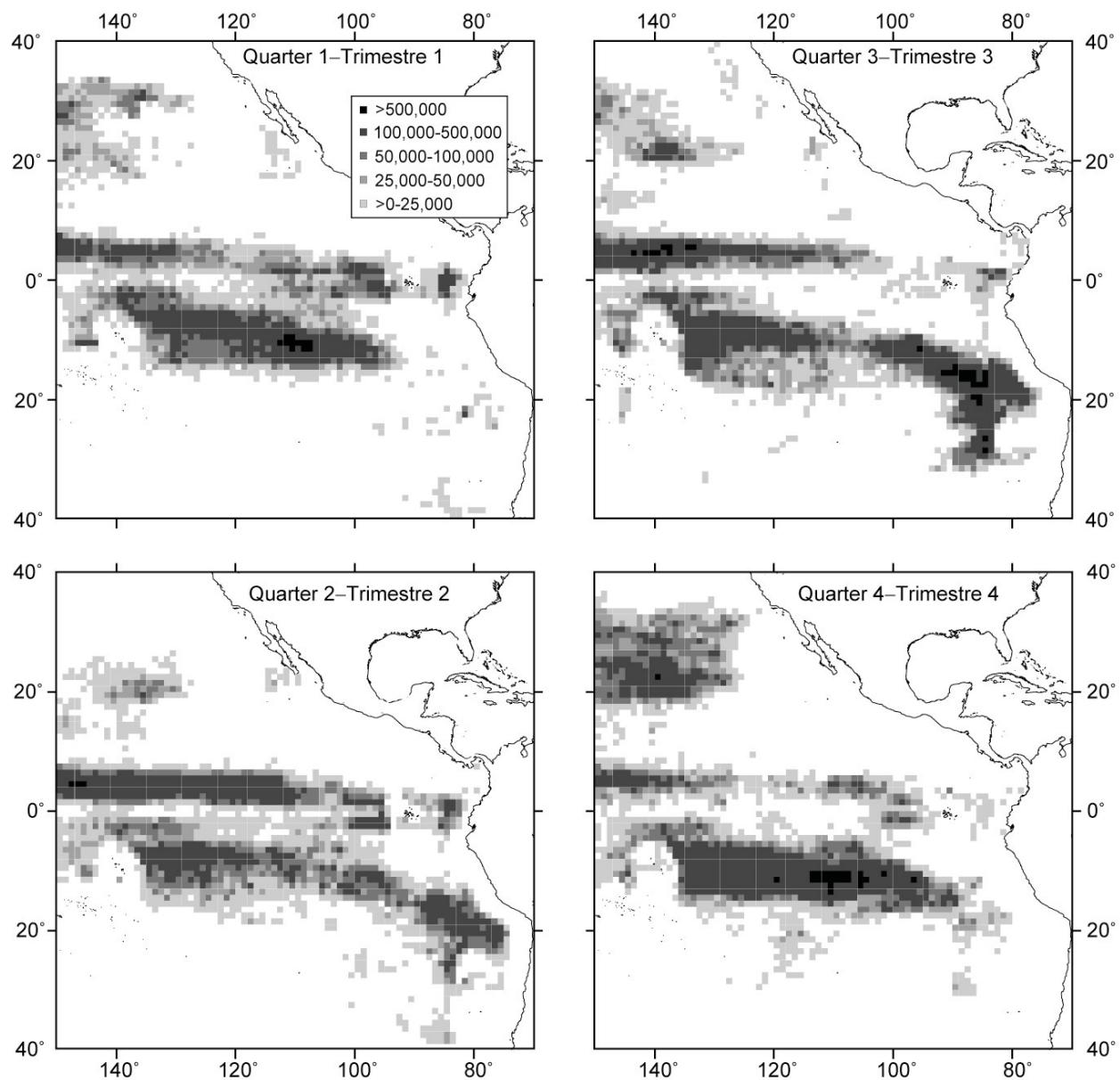


FIGURE 7. Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longliners in the EPO during 1998-2003.

FIGURA 7. Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, por palangreros japoneses en el OPO durante 1998-2003.

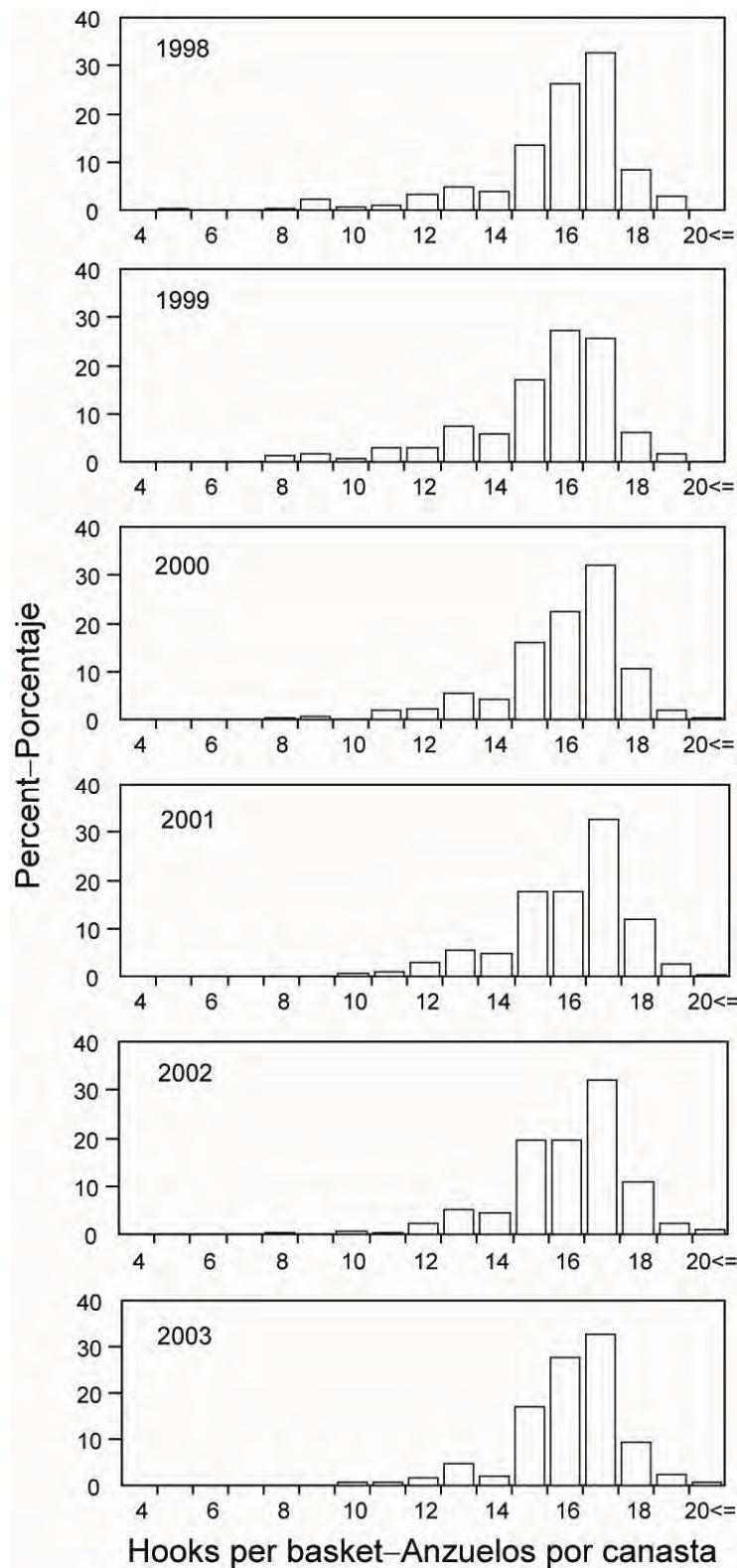


FIGURE 8. Percentages of the Japanese longline effort in the EPO, by numbers of hooks per basket, 1998-2003.

FIGURA 8. Porcentajes del esfuerzo palangrero japonés en el OPO, en número de anzuelos por canasta, 1998-2003.

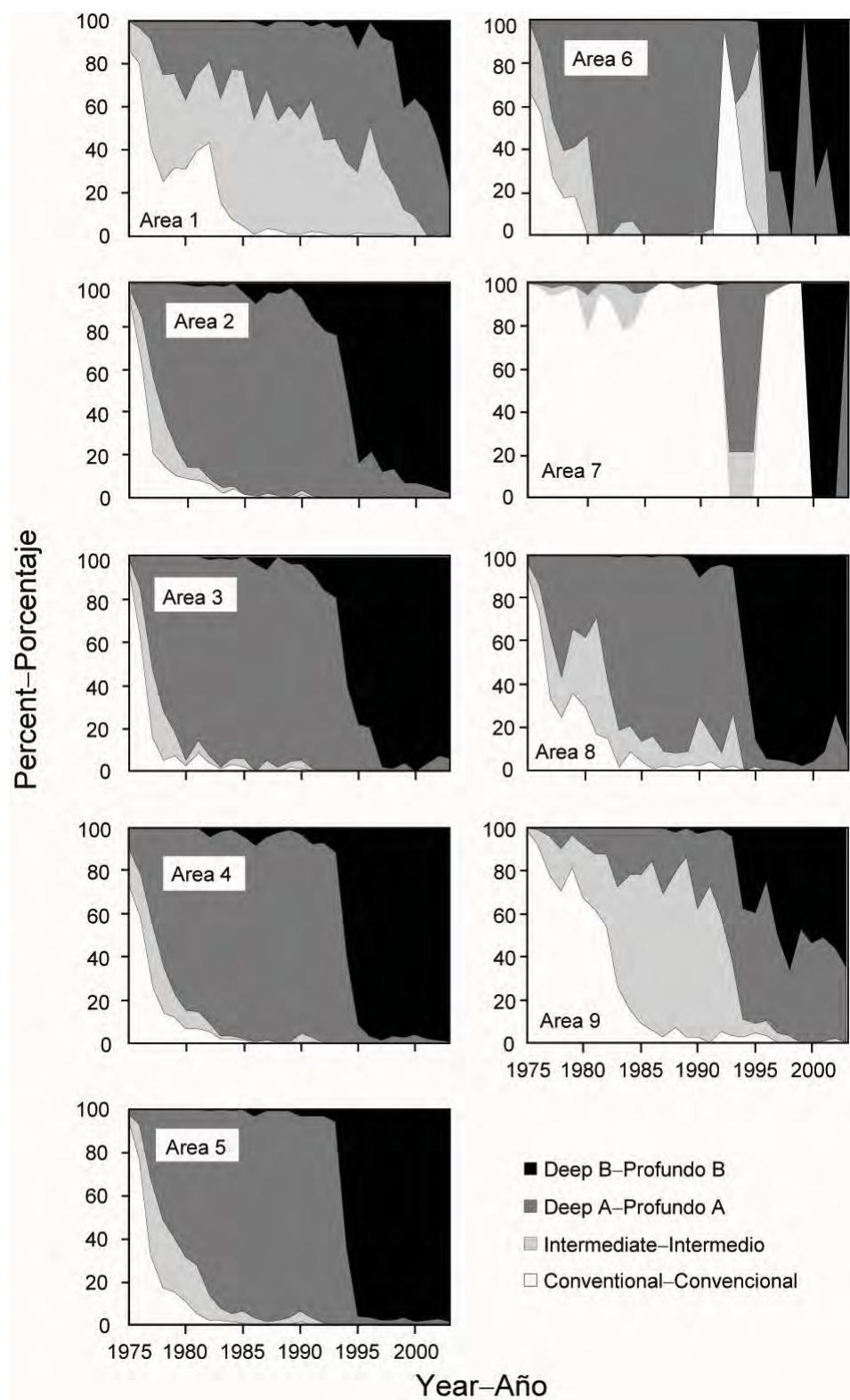


FIGURE 9. Percentages of the Japanese longline effort in the EPO exerted with conventional, intermediate, deep-A, and deep-B longline gear during 1975-2003.

FIGURA 9. Porcentajes del esfuerzo palangrero japonés en el OPO ejercido con palangres convencionales, intermedios, y profundos durante 1975-2003.

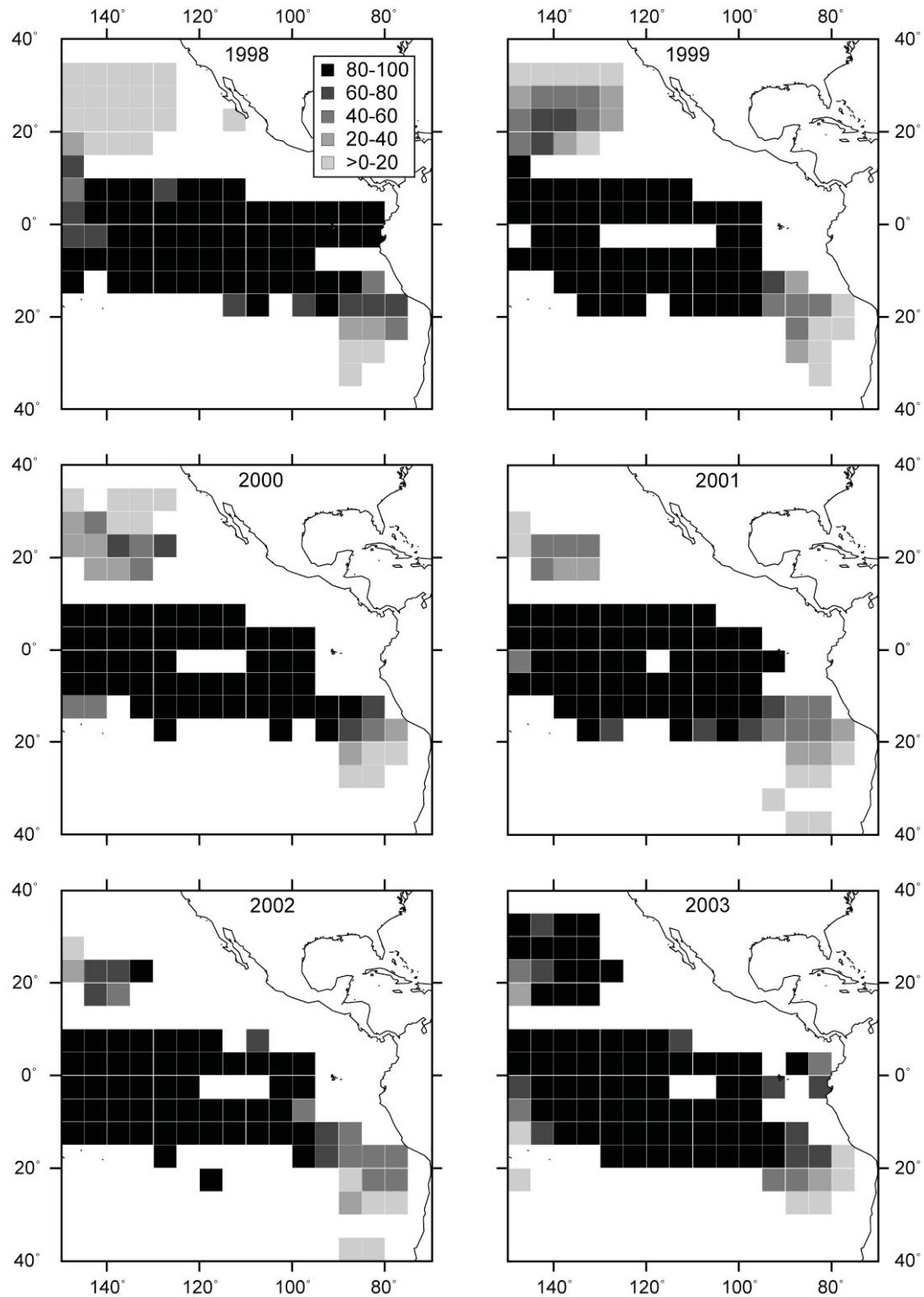


FIGURE 10. Distribution of the percentages of deep-B longlining effort by Japanese longliners during 1998-2003. Only area-time strata with effort of at least 50,000 hooks are included.

FIGURA 10. Distribución de los porcentajes de esfuerzo con palangre profundo de palangreros japoneses, 1998-2003. Se incluyen solamente estratos de área-tiempo con esfuerzo de al menos 50,000 anzuelos.

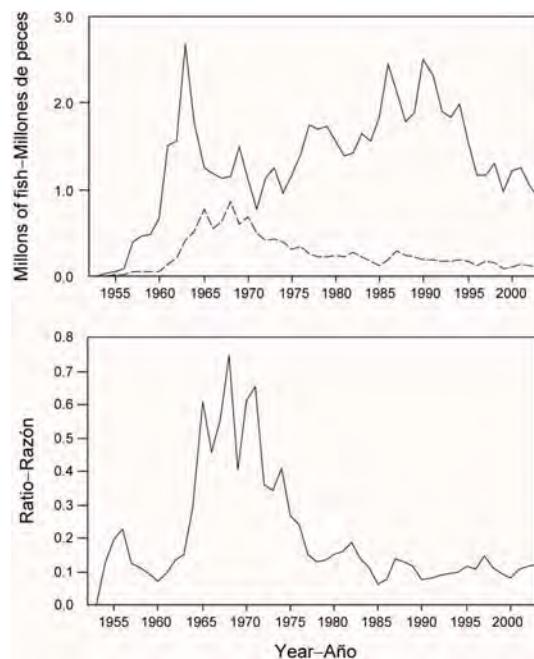


FIGURE 11. Catches of tunas (solid line) and billfishes (broken line) in the EPO by Japanese longliners (upper panel) and ratios of the billfish catches to the tuna catches (lower panel).

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

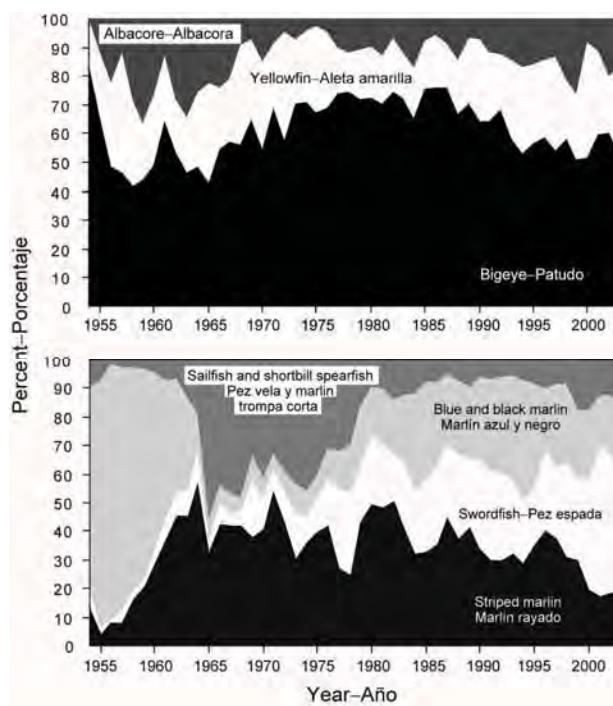


FIGURE 12. Percentage compositions, in numbers of fish, of the Japanese longline catches of tunas and billfishes.

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

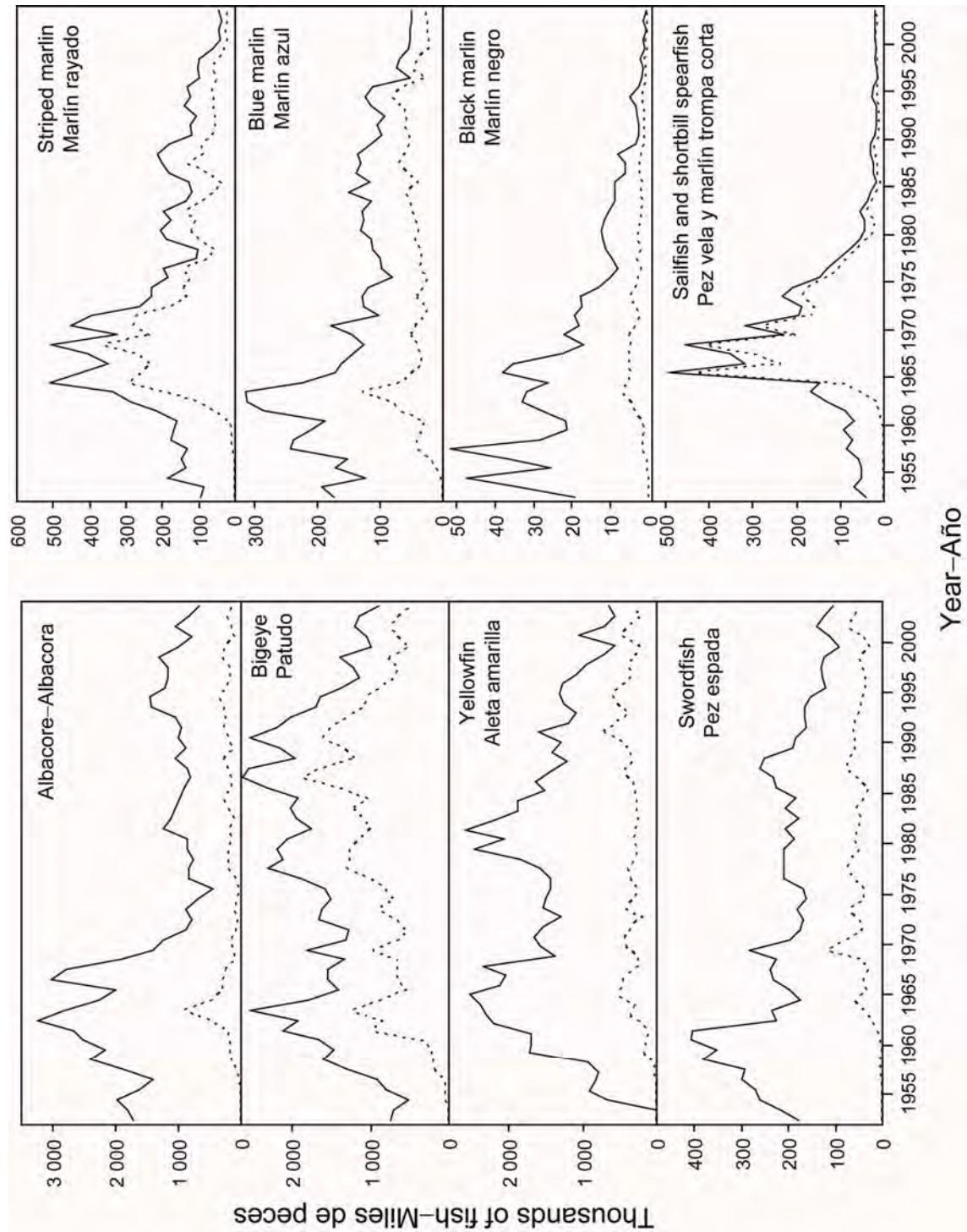


FIGURE 13. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the EPO (broken lines) and the entire Pacific Ocean (solid lines).

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

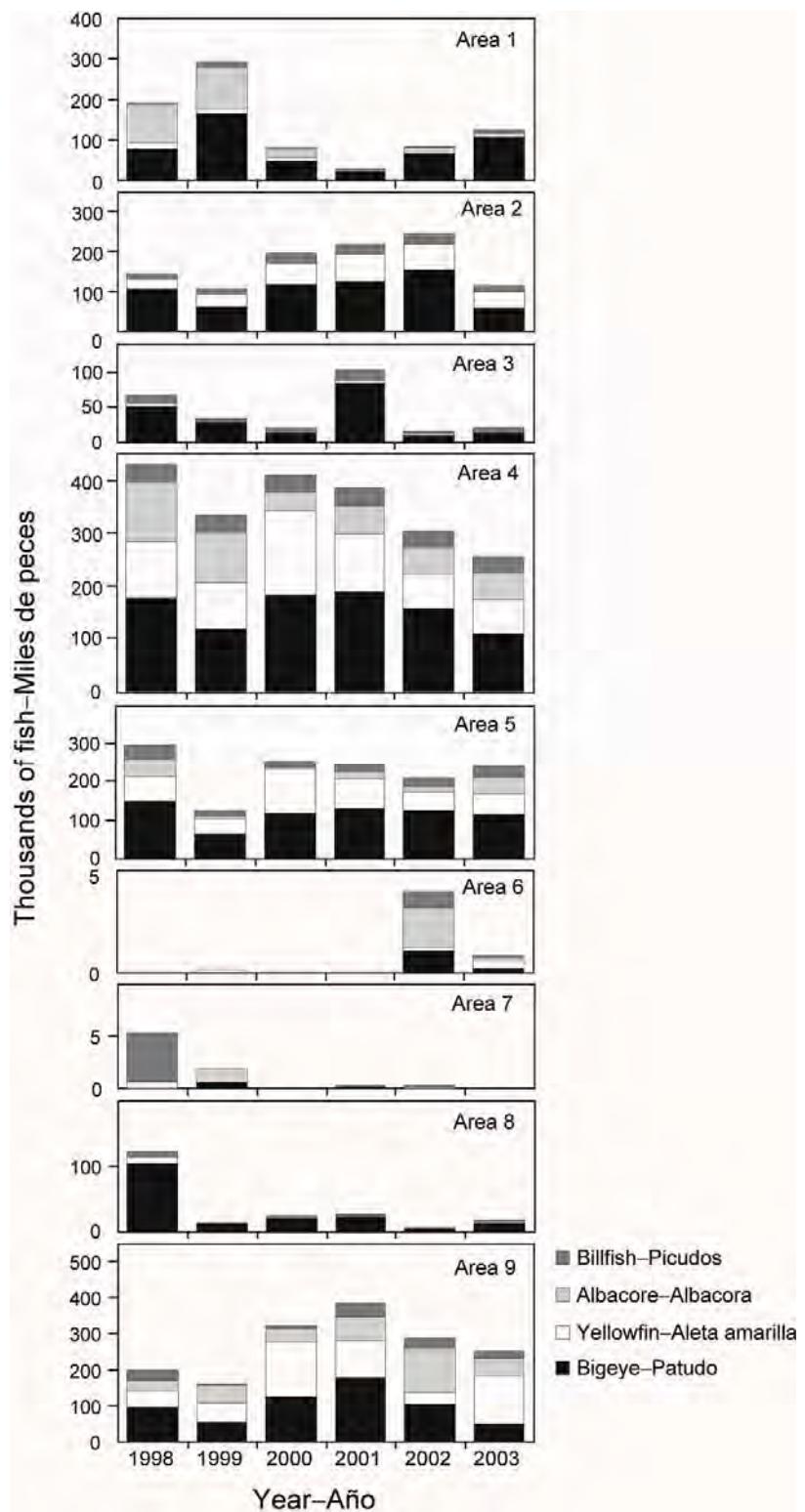


FIGURE 14. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the designated areas of the EPO.
FIGURA 14. Capturas por palangreros japoneses de las distintas especies de atunes y picudos en las áreas designadas del OPO.

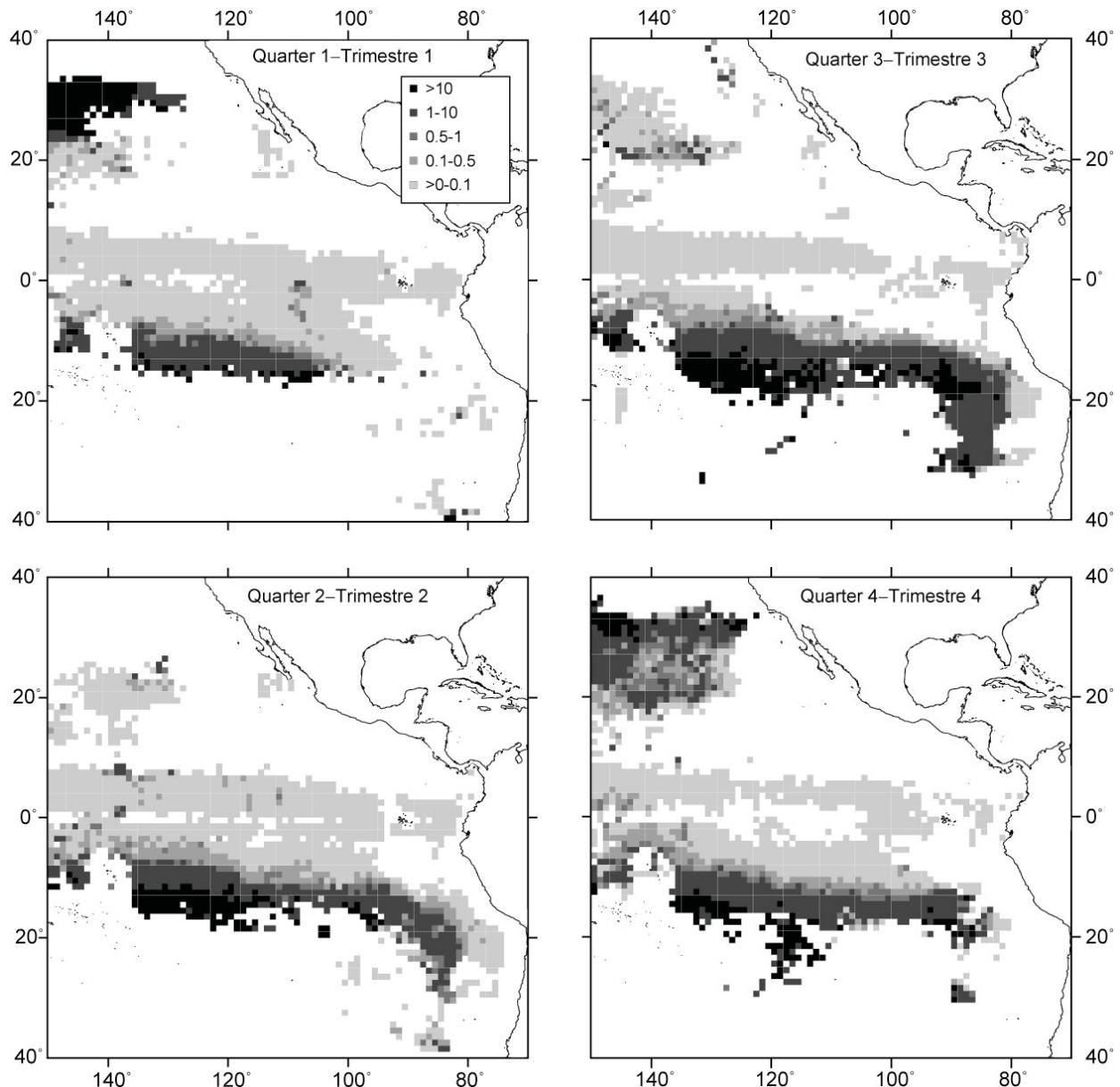


FIGURE 15. Quarterly distributions of hook rates of albacore in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 15. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de albacora en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

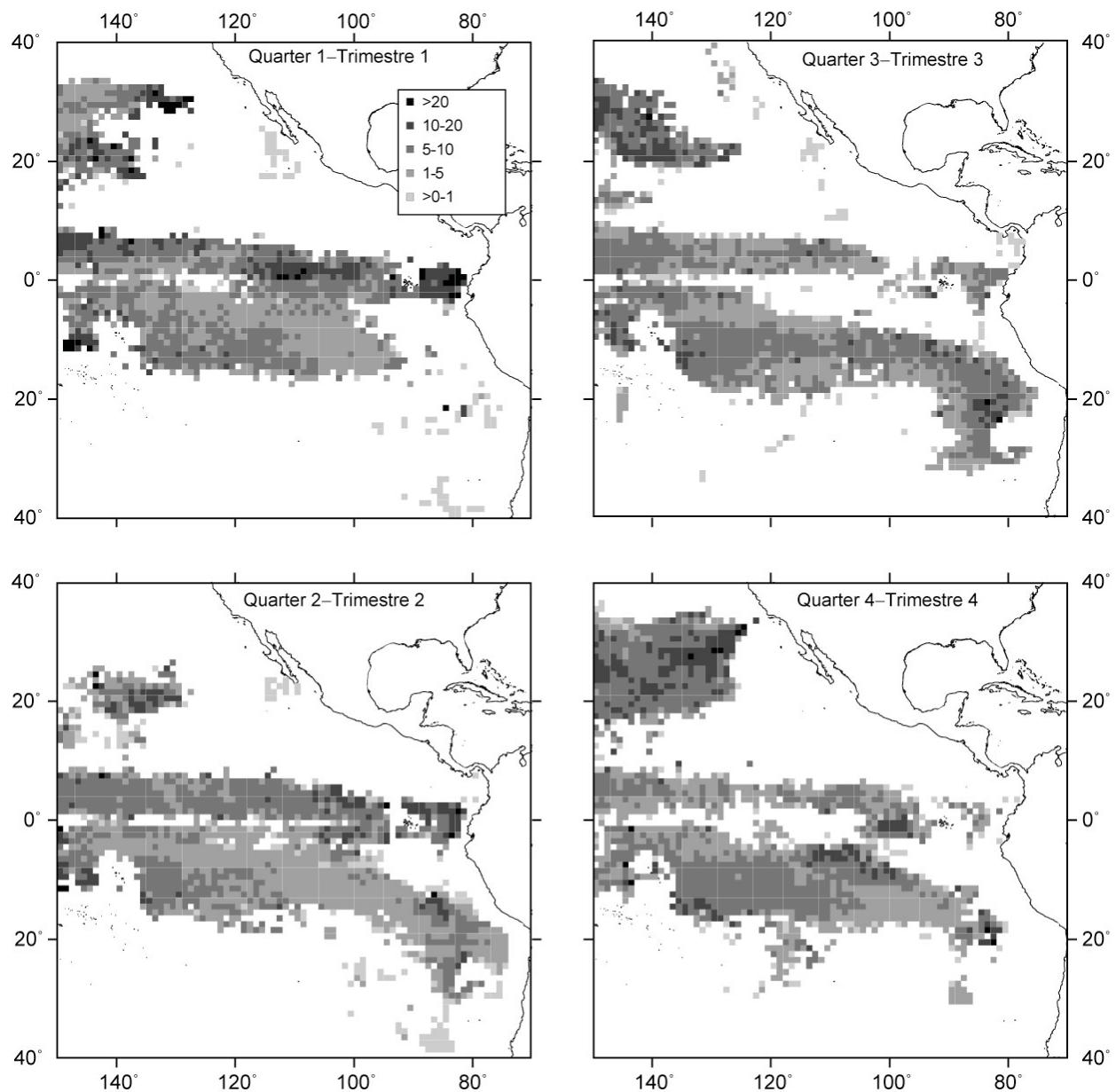


FIGURE 16. Quarterly distributions of hook rates of bigeye in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 16. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de patudo en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

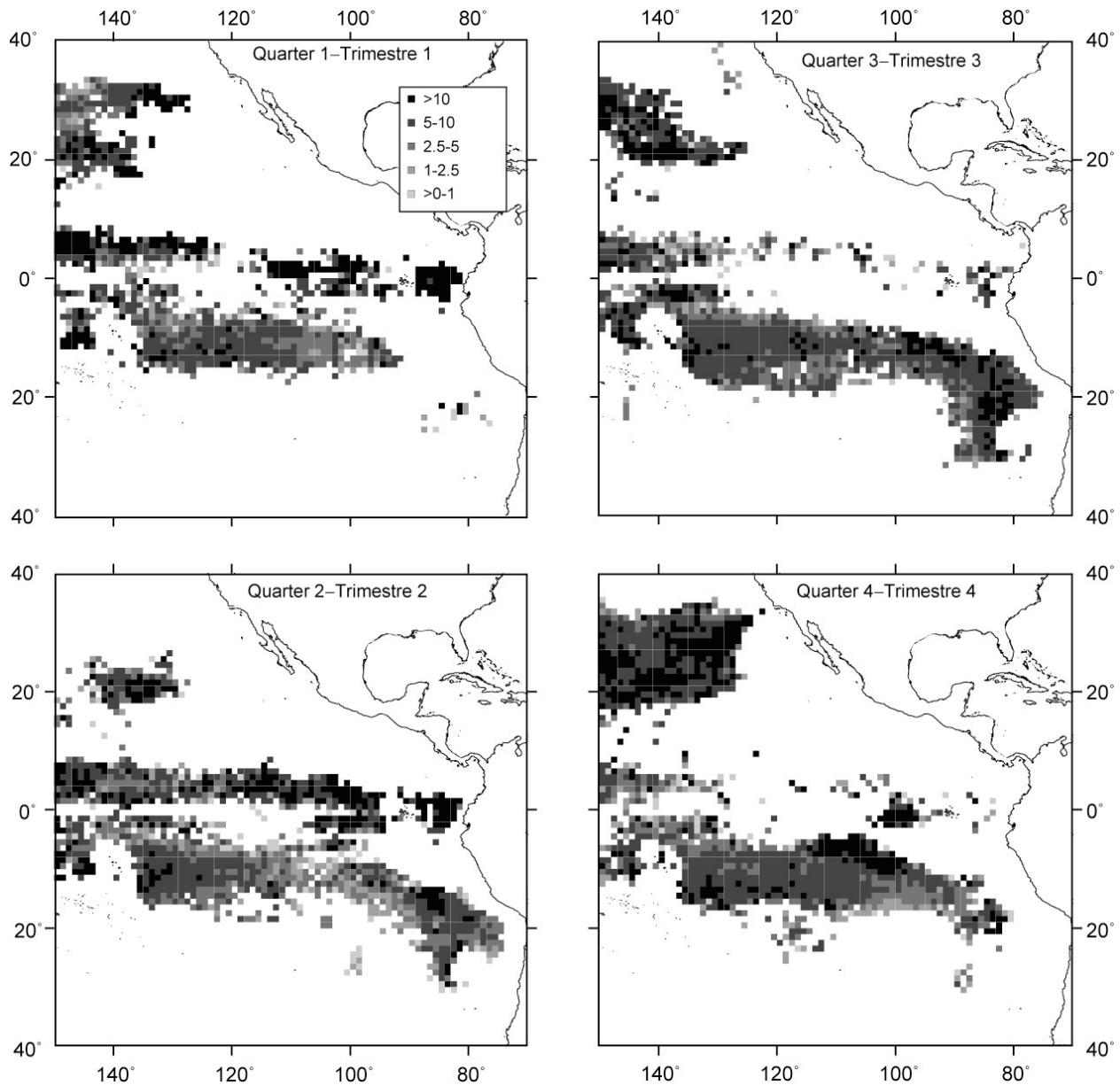


FIGURE 17. Quarterly distributions of hook rates of bigeye for sets in the EPO during 1998-2003 in which the average weight of bigeye was less than 35 kg, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 17. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de patudo para lances en el OPO durante 1998-2003 en cual el peso promedio de patudo era menos que 35 kg, en capturas por 1000 anzuelos.

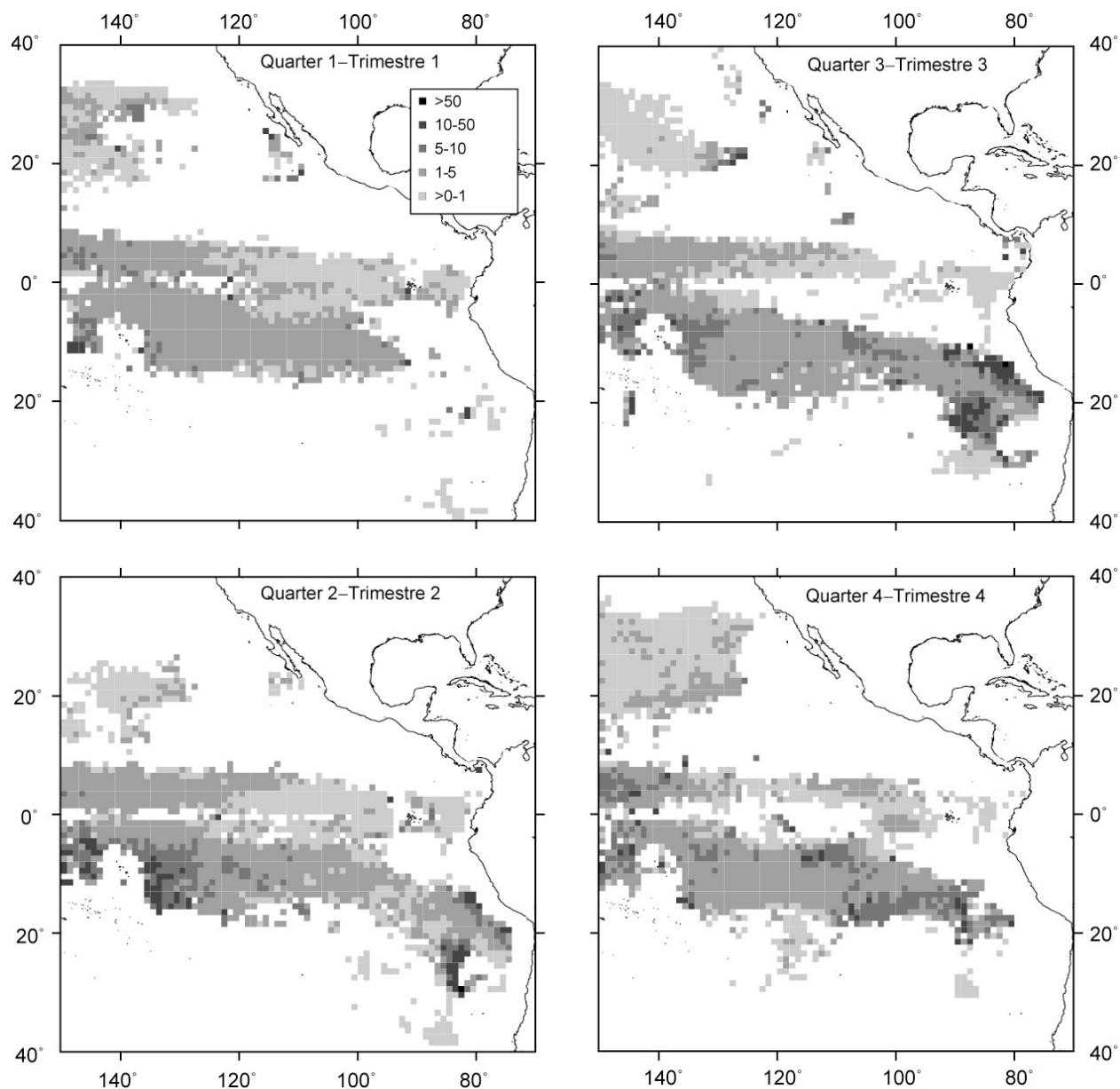


FIGURE 18. Quarterly distributions of hook rates of yellowfin in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 18. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de aleta amarilla en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

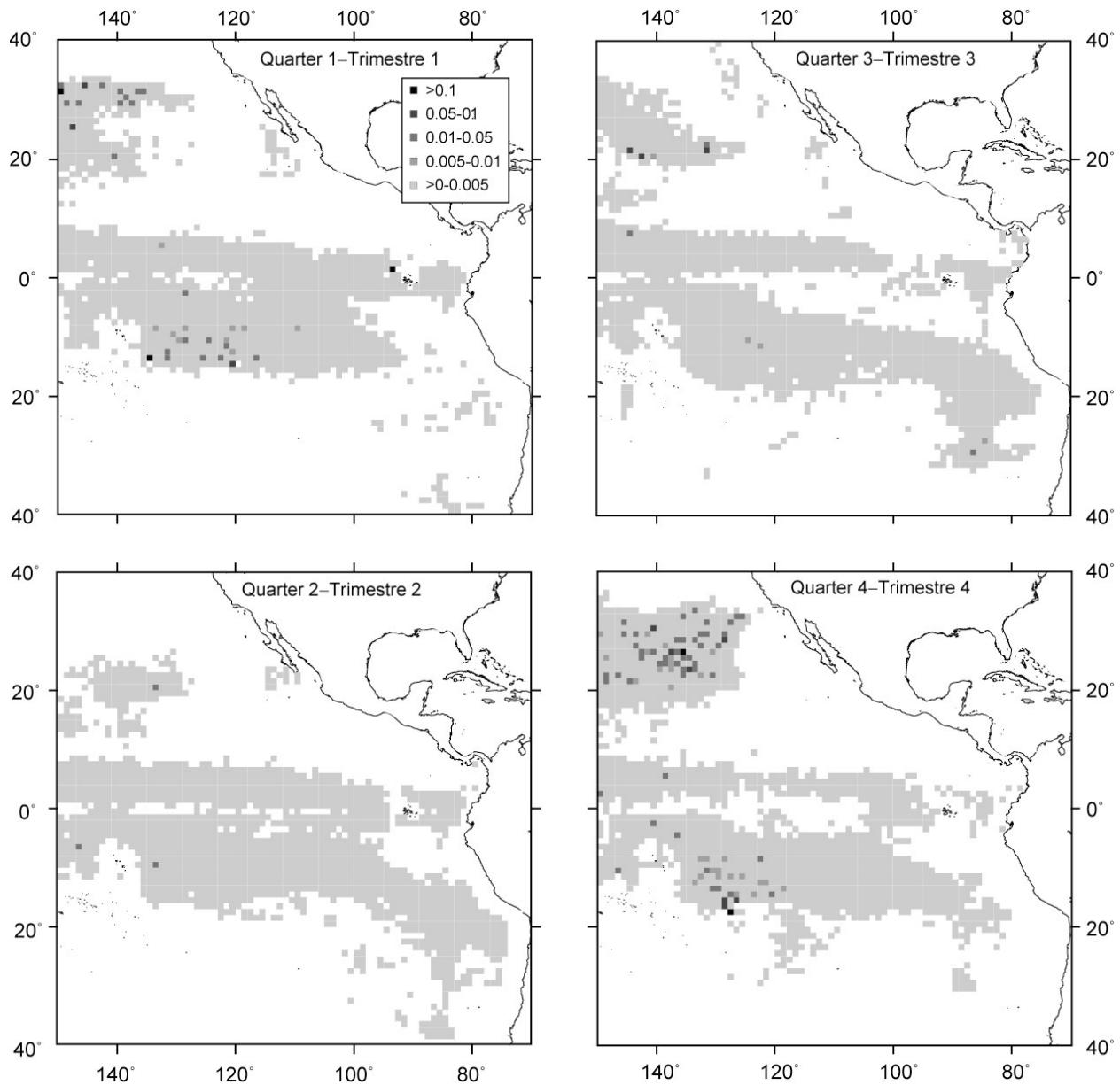


FIGURE 19. Quarterly distributions of hook rates of northern bluefin in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 19. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de aleta azul del norte en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

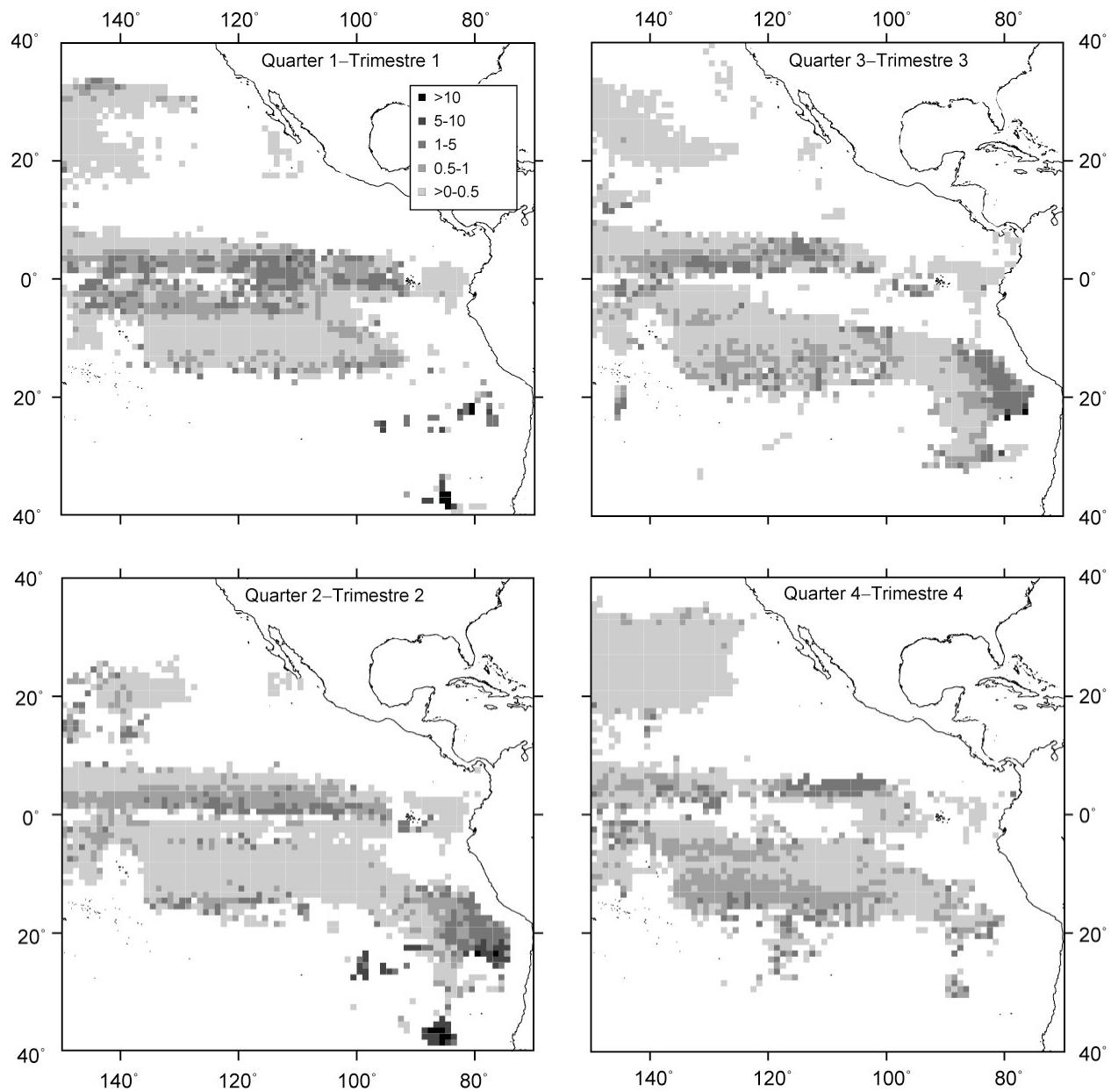


FIGURE 20. Quarterly distributions of hook rates of swordfish in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 20. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de pez espada en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

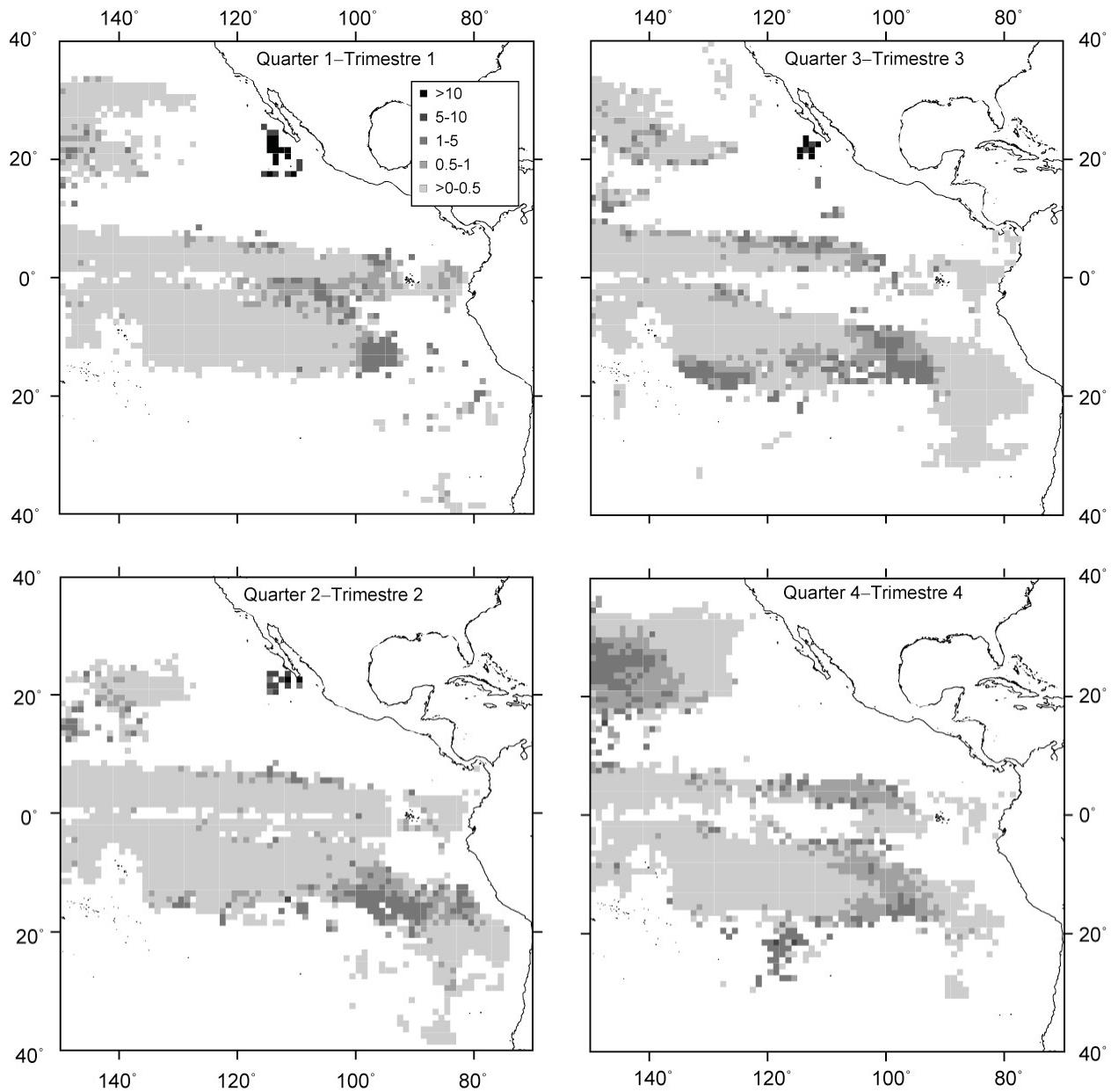


FIGURE 21. Quarterly distributions of hook rates of striped marlin in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 21. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín rayado en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

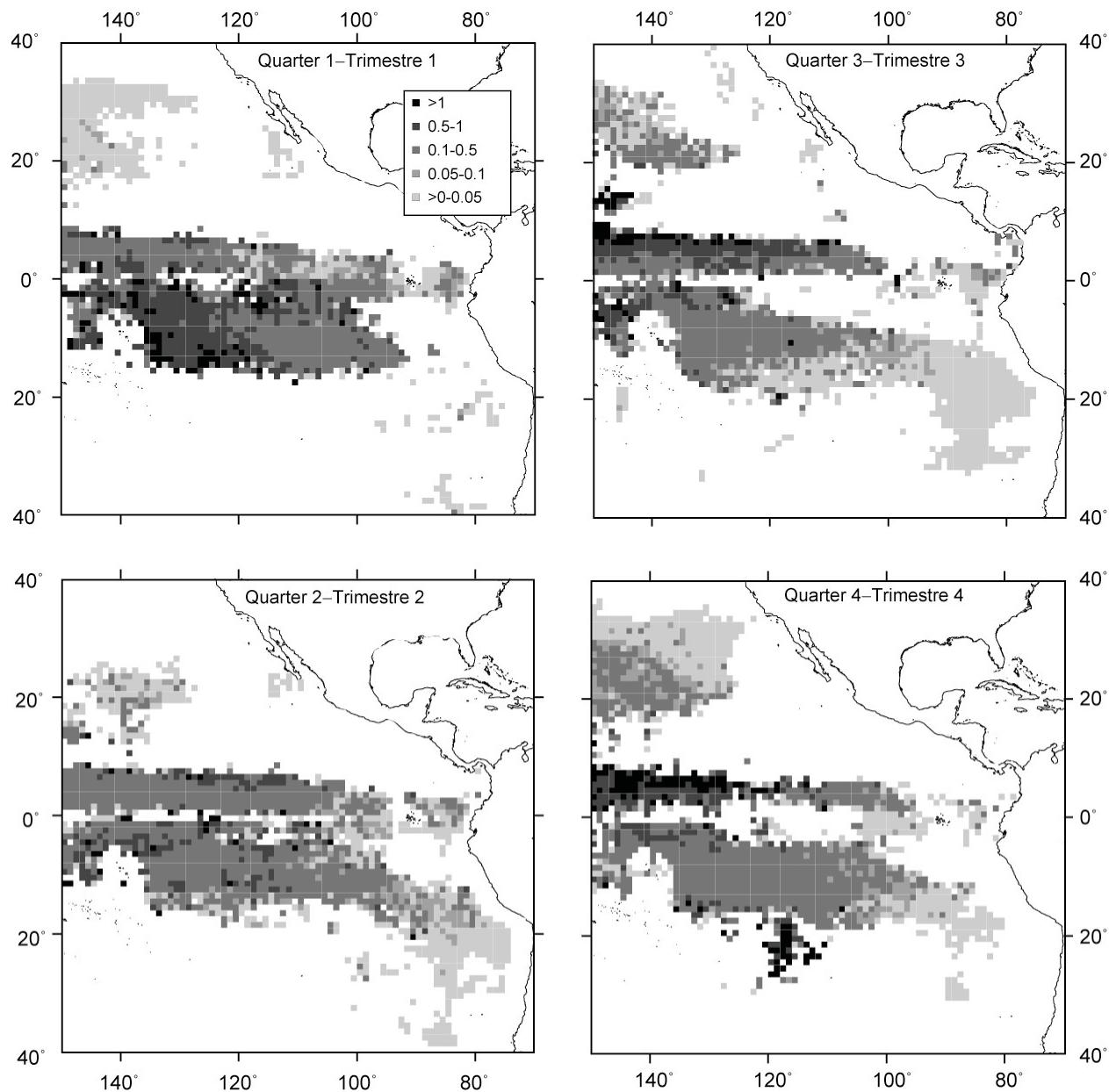


FIGURE 22. Quarterly distributions of hook rates of blue marlin in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 22. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín azul en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

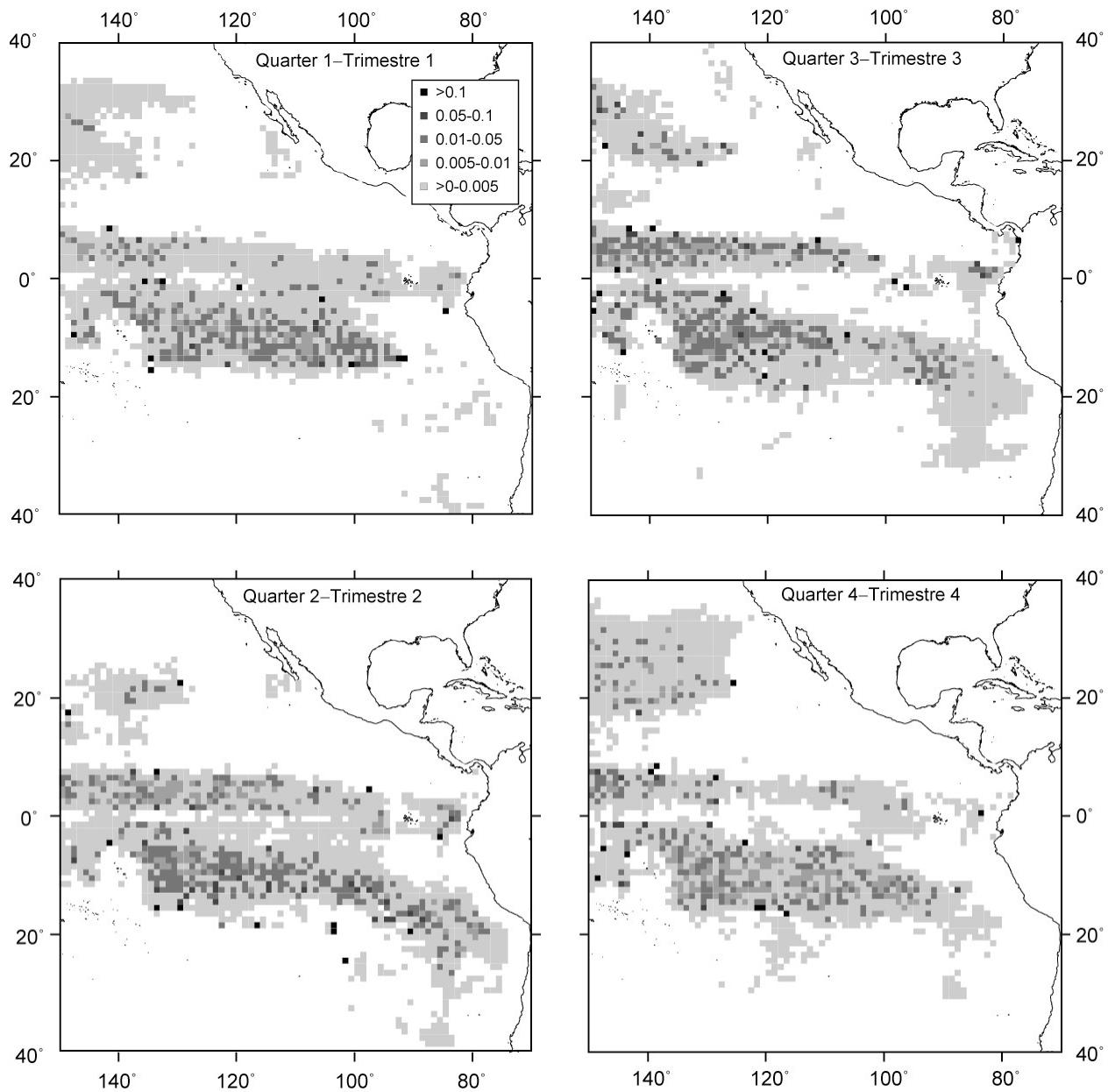


FIGURE 23. Quarterly distributions of hook rates of black marlin in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 23. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín negro en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

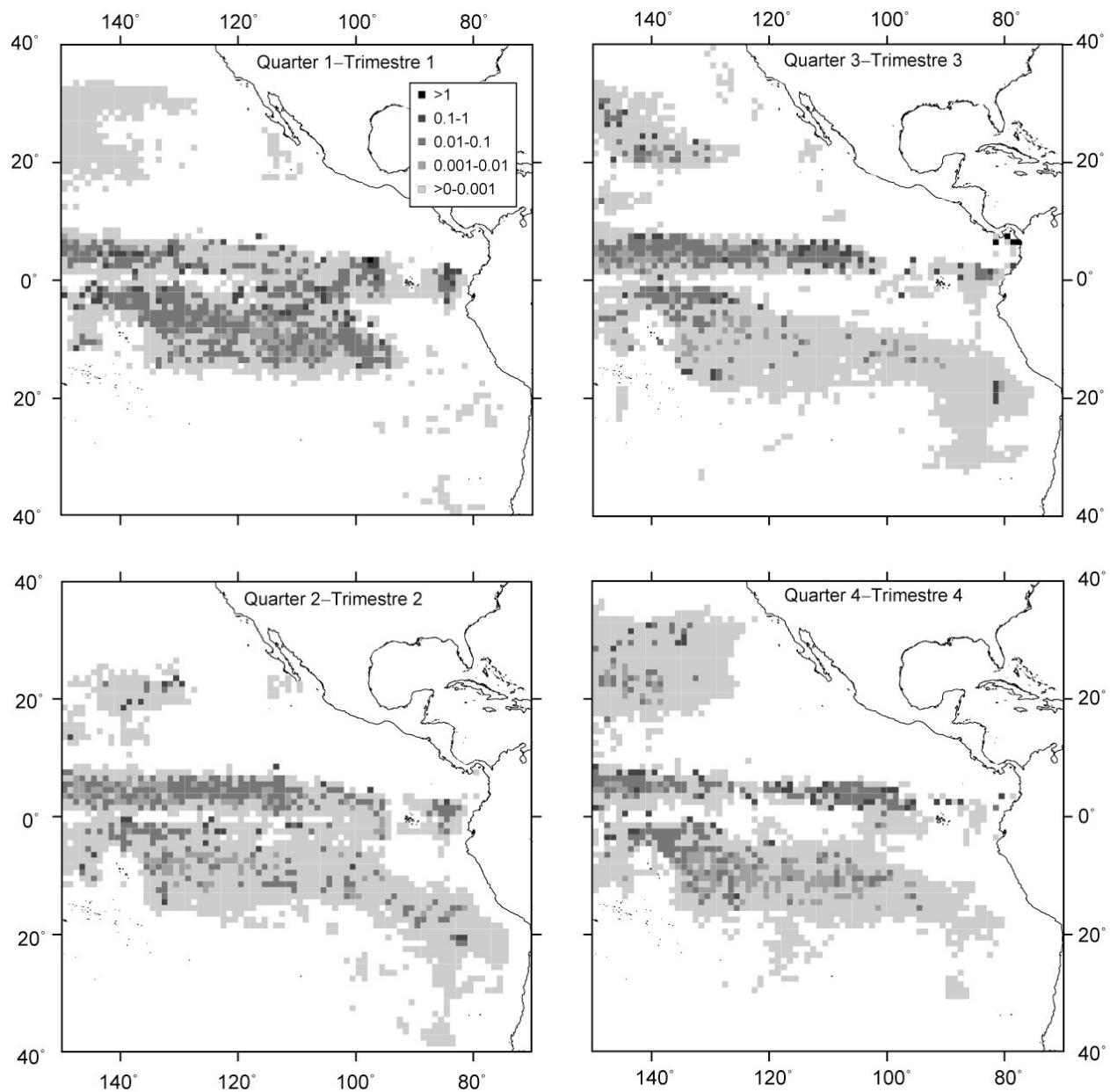


FIGURE 24. Quarterly distributions of hook rates of sailfish in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 24. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de pez vela en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

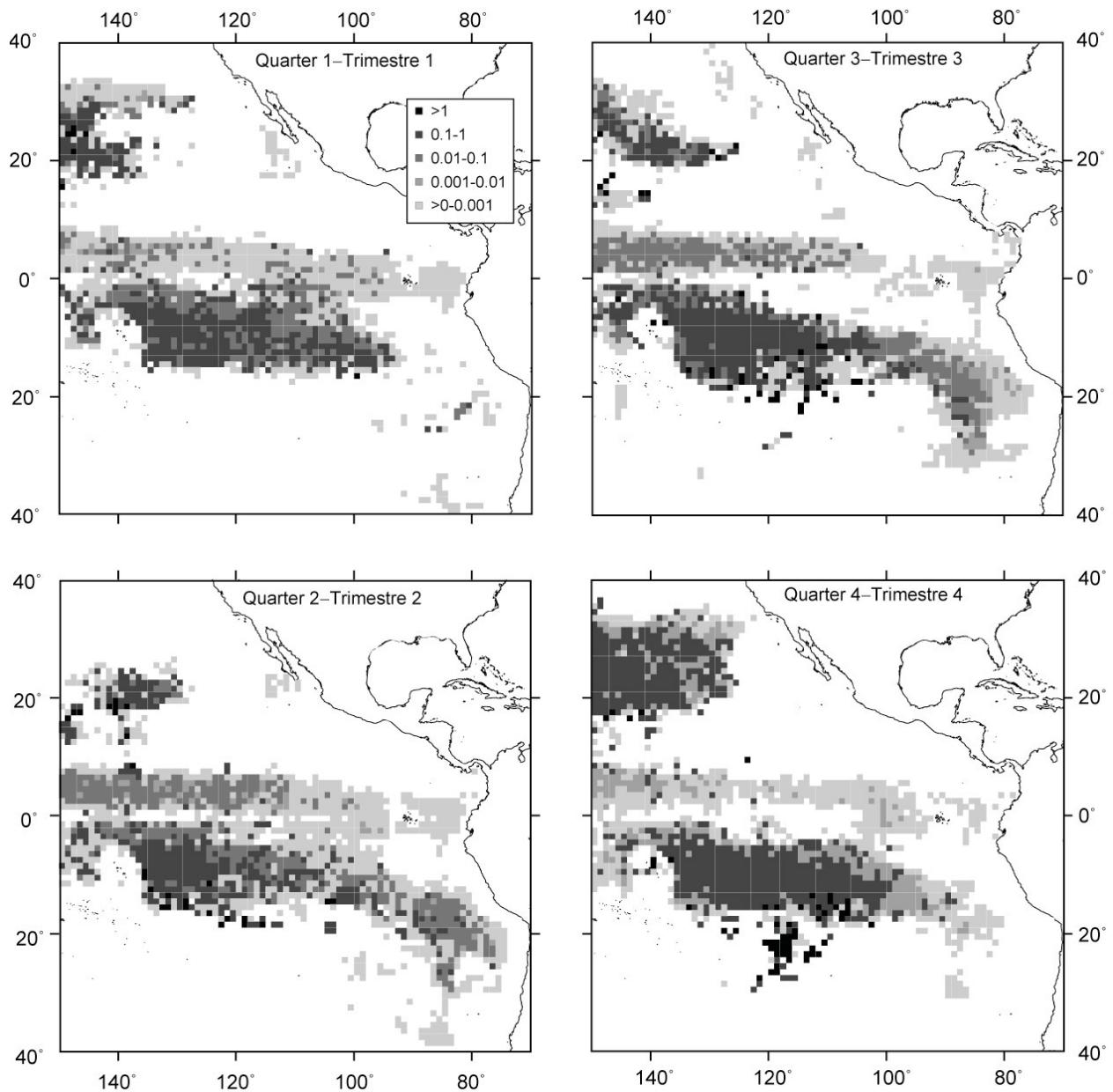


FIGURE 25. Quarterly distributions of hook rates of shortbill spearfish in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 25. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín trompa corta en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

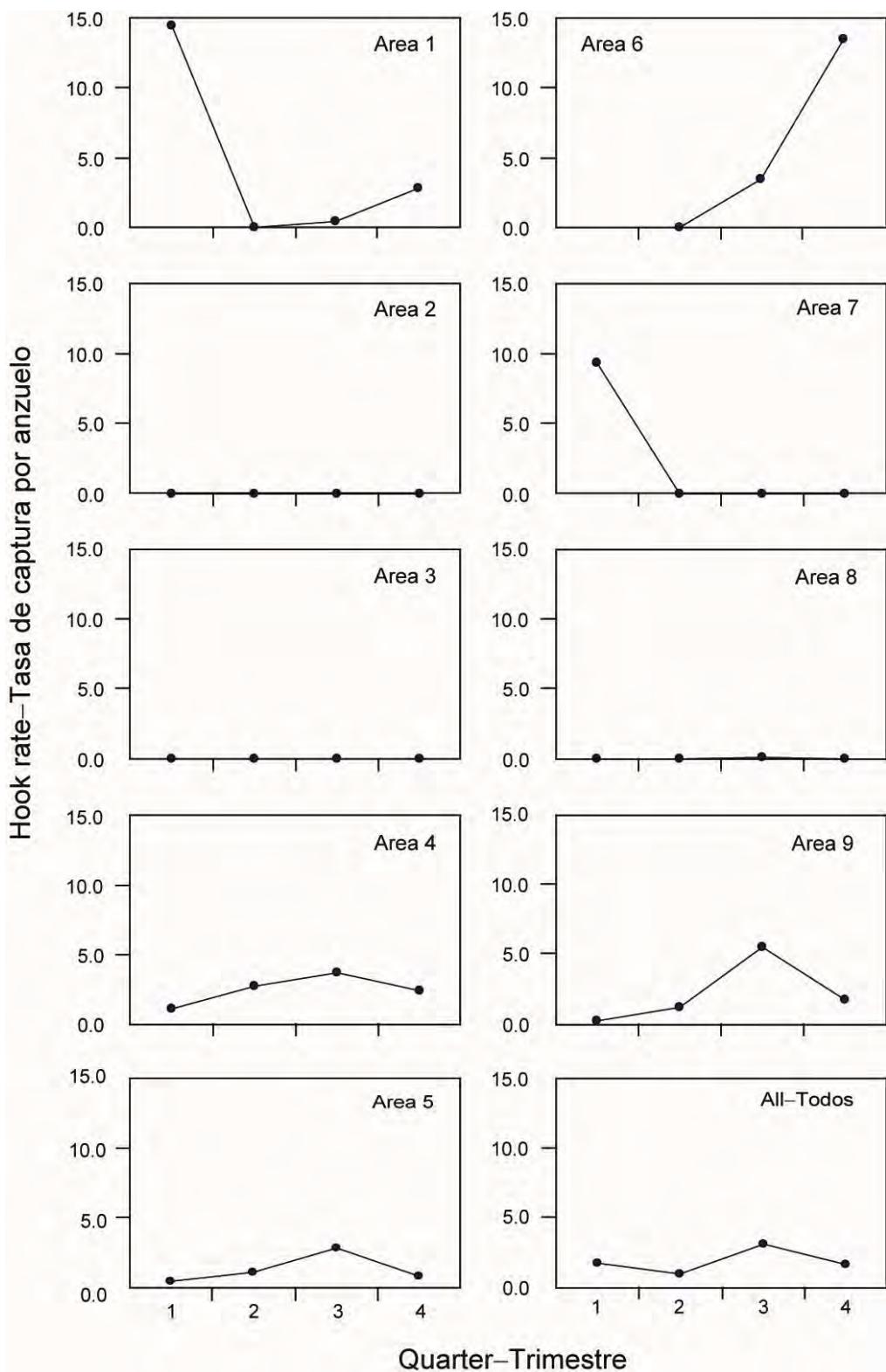


FIGURE 26. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of albacore by area, 1998-2003.

FIGURA 26. Tasas de captura trimestrales de albacora, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

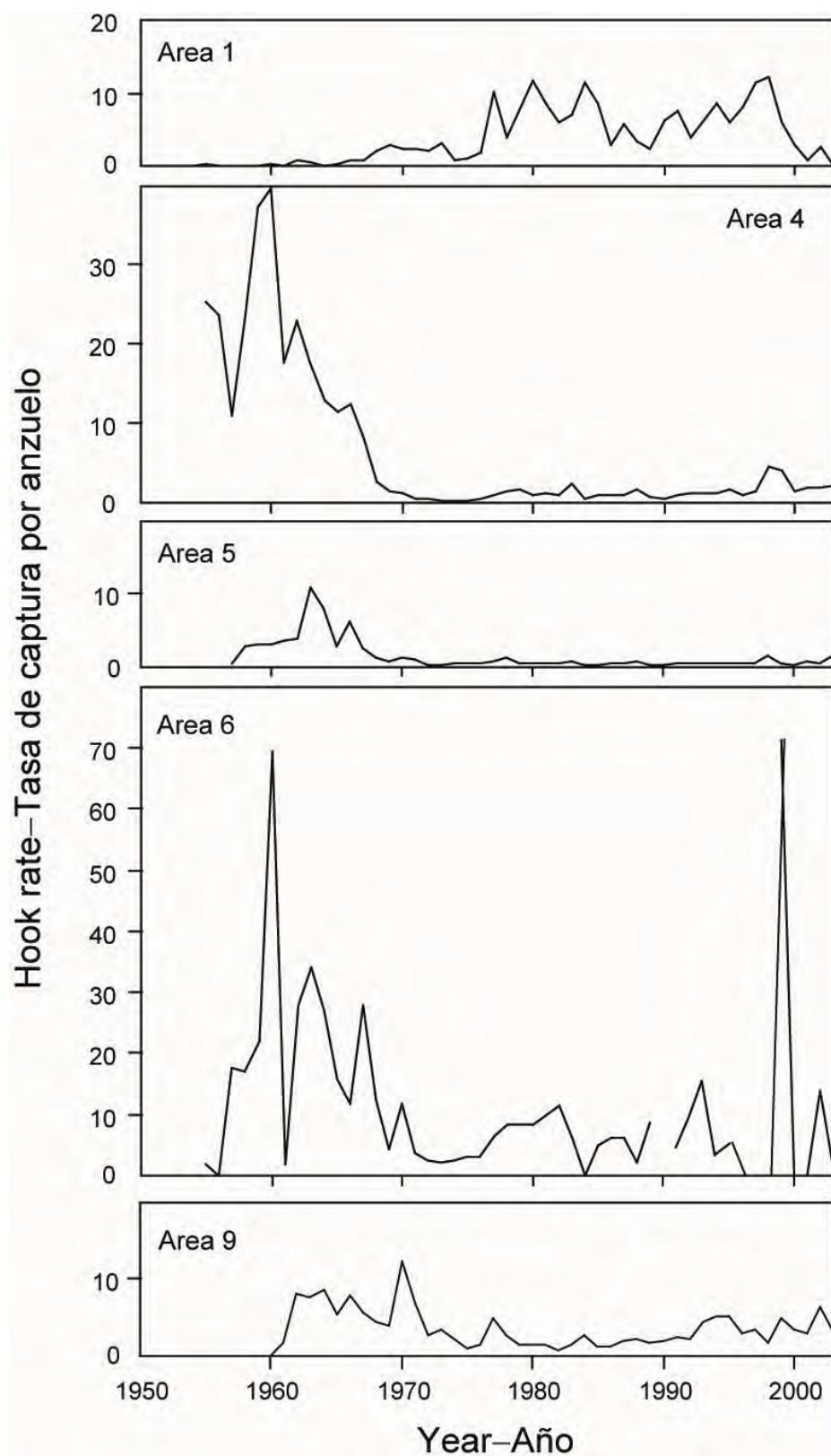


FIGURE 27. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of albacore by area.

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

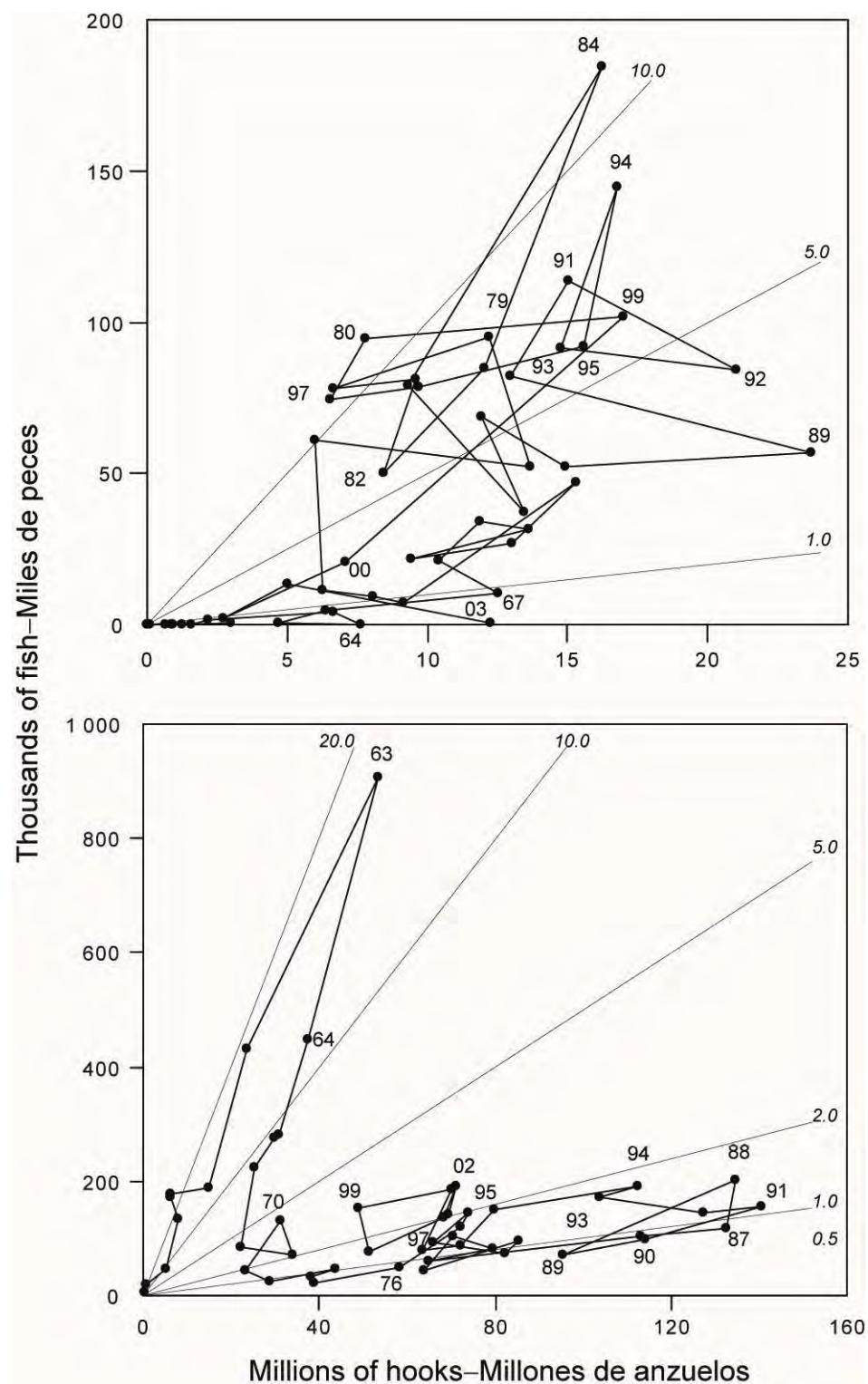


FIGURE 28. Relation between estimated longline catch and effort for albacore in Area 1 (north of the equator; upper panel) and Areas 4-6 and 9 (south of the equator; lower panel) for 1955-2003.

FIGURA 28. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para albacora en el Área 1 (al norte del ecuador; recuadro superior) y las Áreas 4-6 y 9 (al sur del ecuador; recuadro inferior) en 1955-2003.

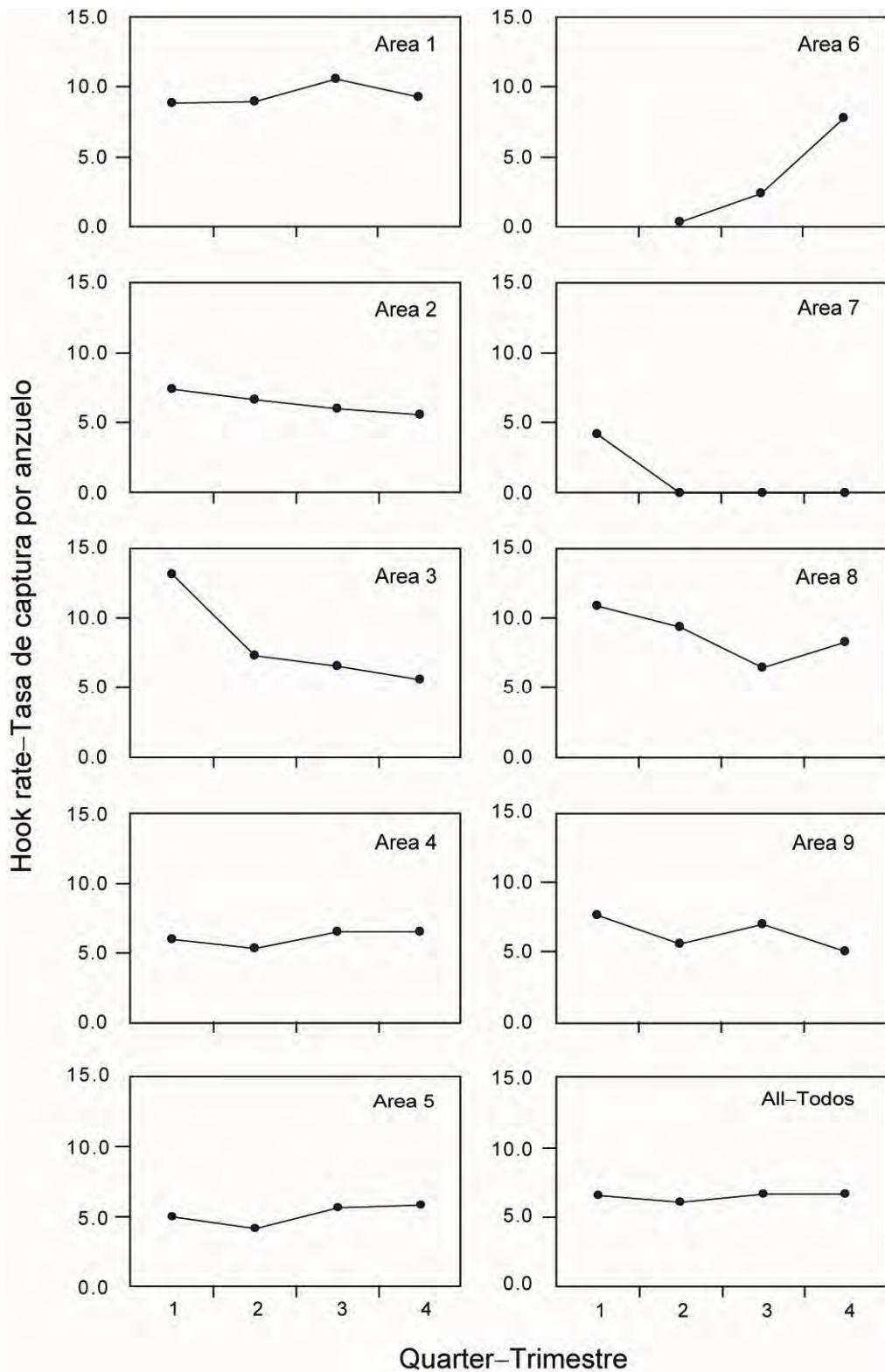


FIGURE 29. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of bigeye by area, 1998-2003.

FIGURA 29. Tasas de captura trimestrales de patudo, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

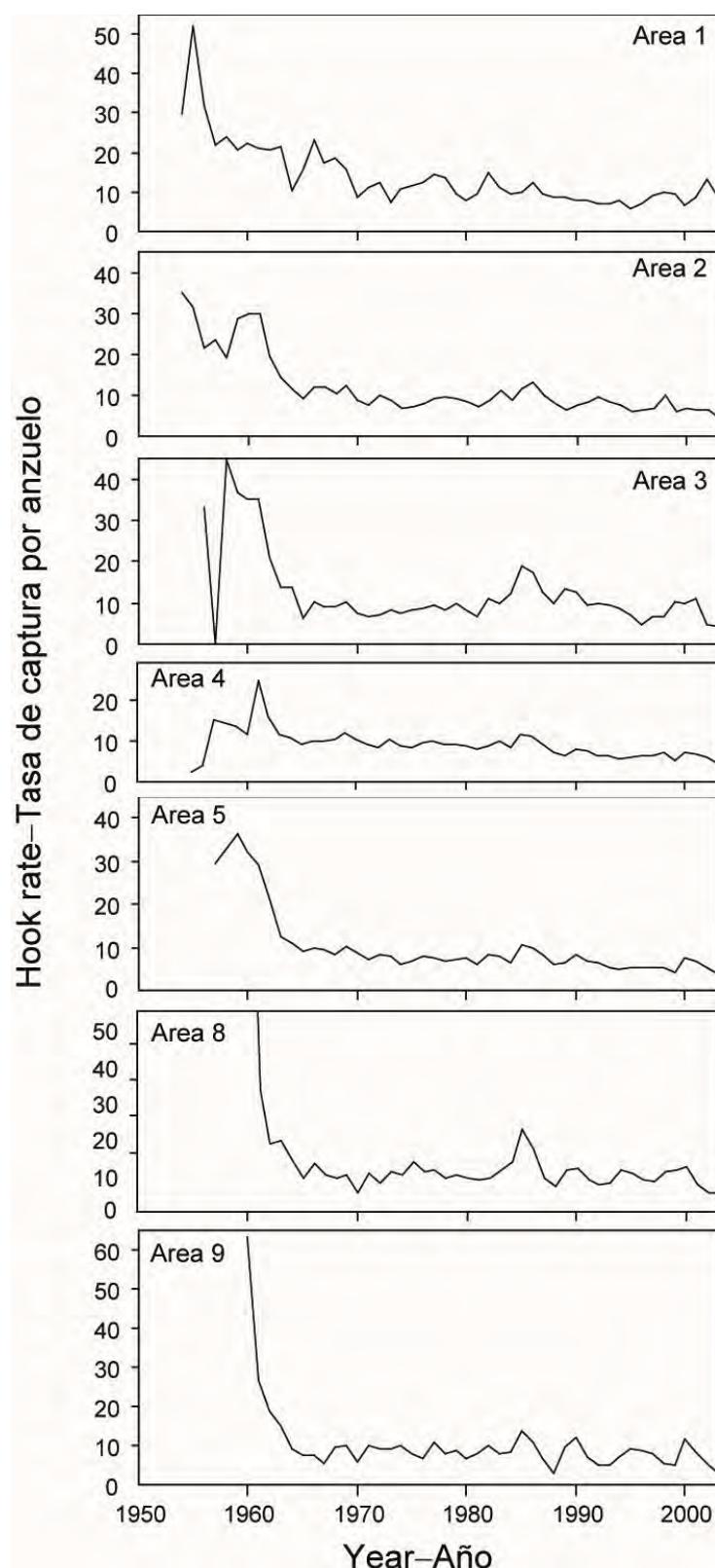


FIGURE 30. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of bigeye by area.

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

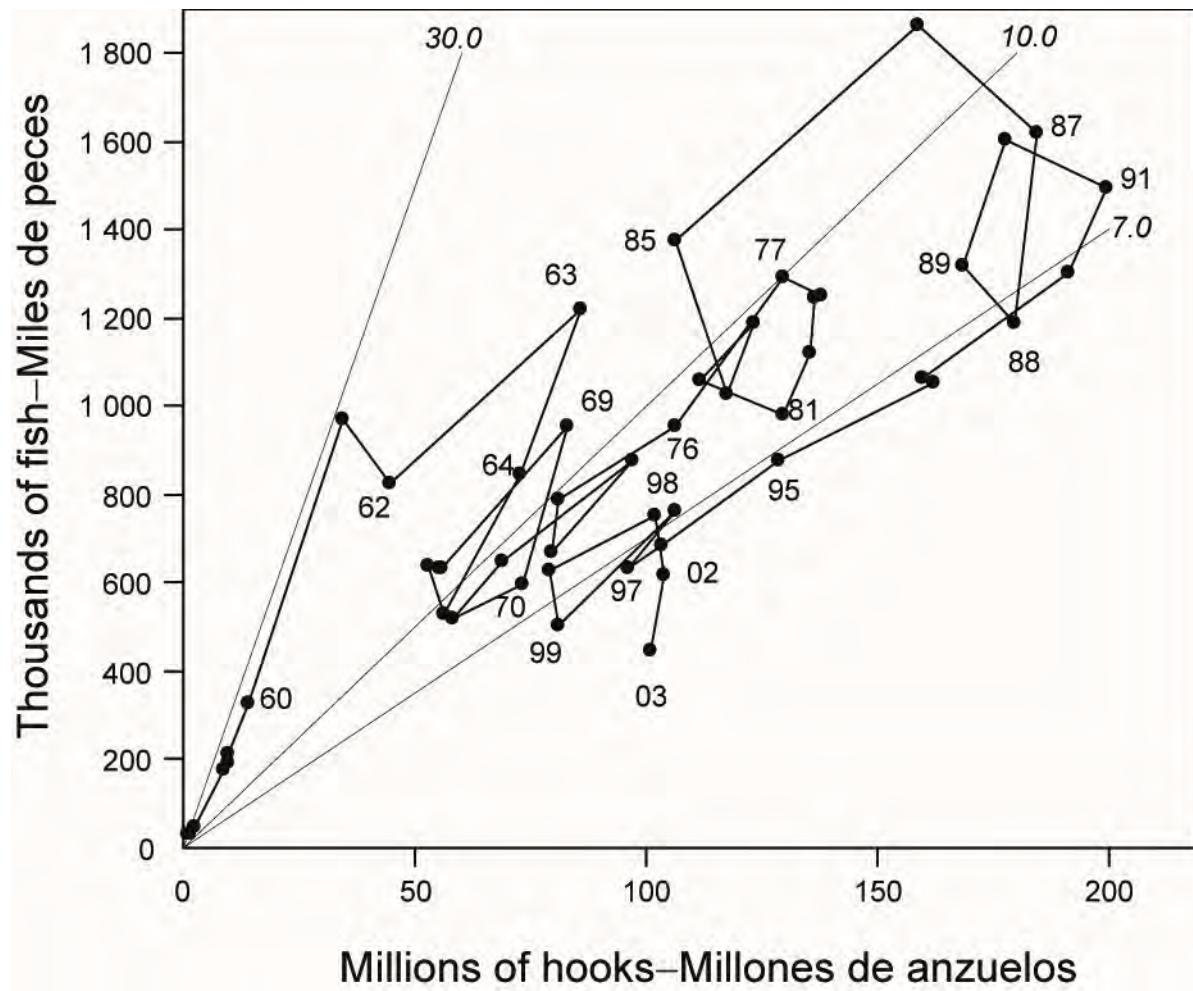


FIGURE 31. Relation between estimated longline catch and effort for bigeye in Areas 2-5, and 8-9 for 1955-2003.

FIGURA 31. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para patudo en las Areas 2-5, y 8-9 en 1955-2003.

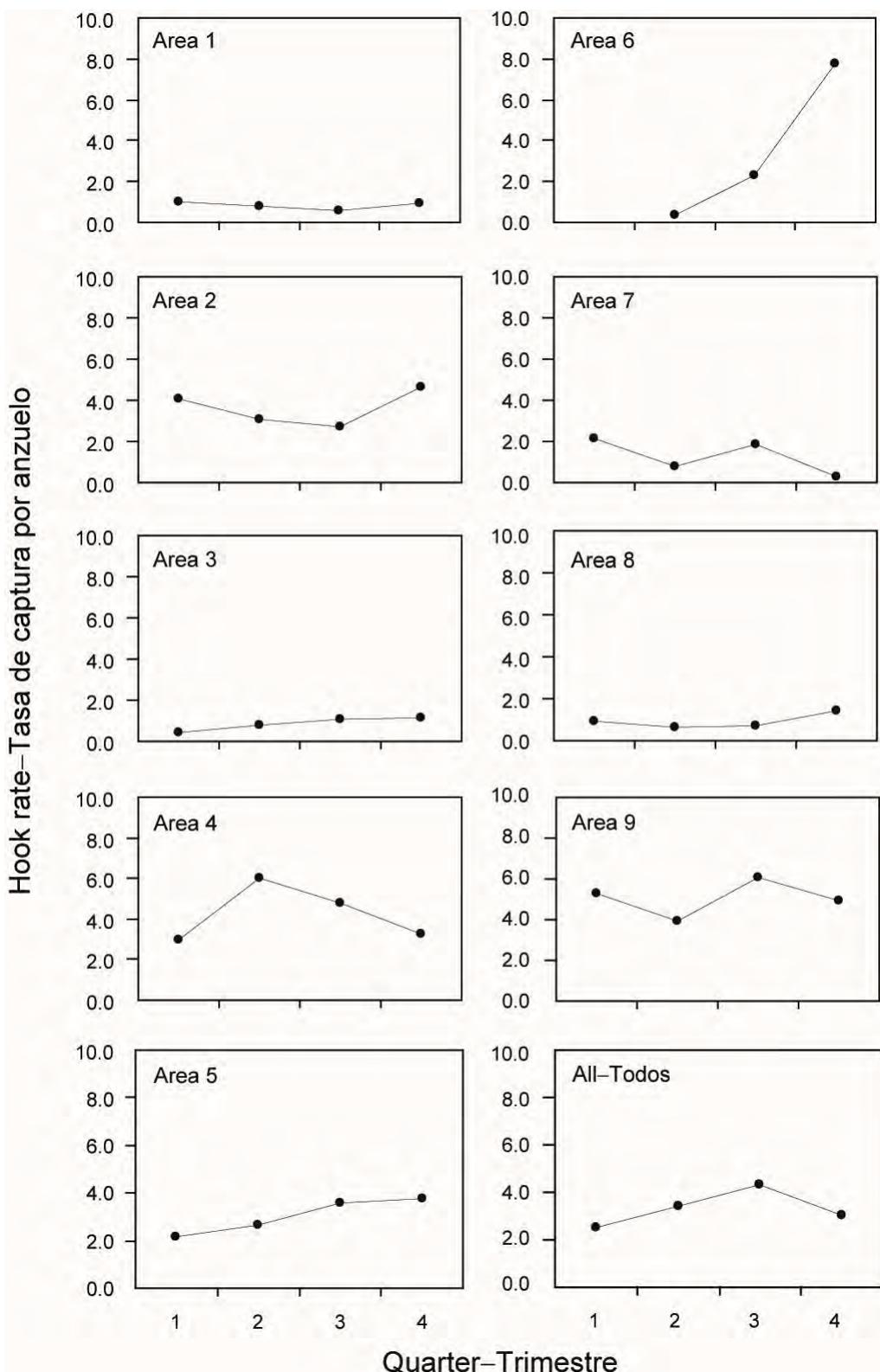


FIGURE 32. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of yellowfin by area, 1998-2003.

FIGURA 32. Tasas de captura trimestrales de aleta amarilla, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

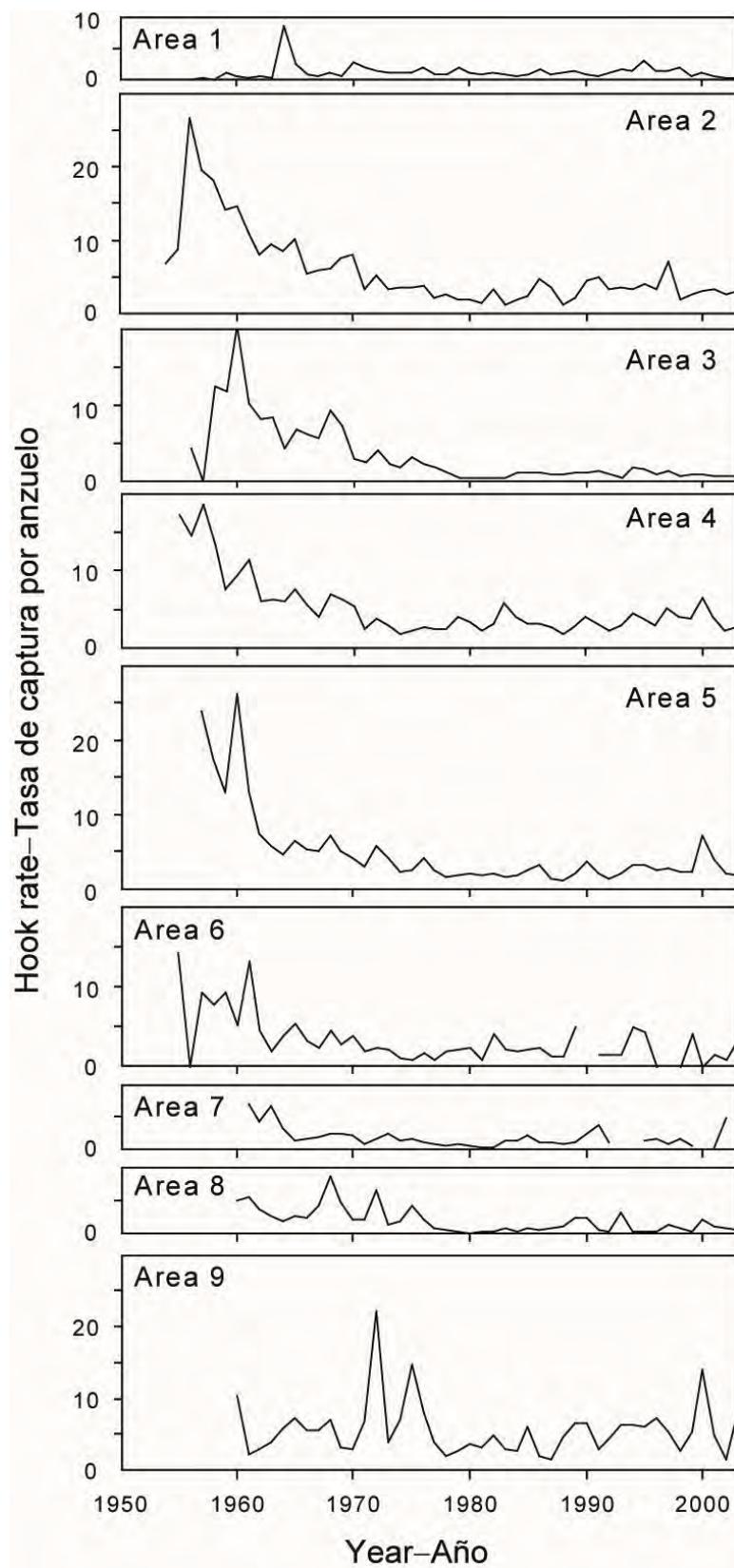


FIGURE 33. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of yellowfin by area.

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

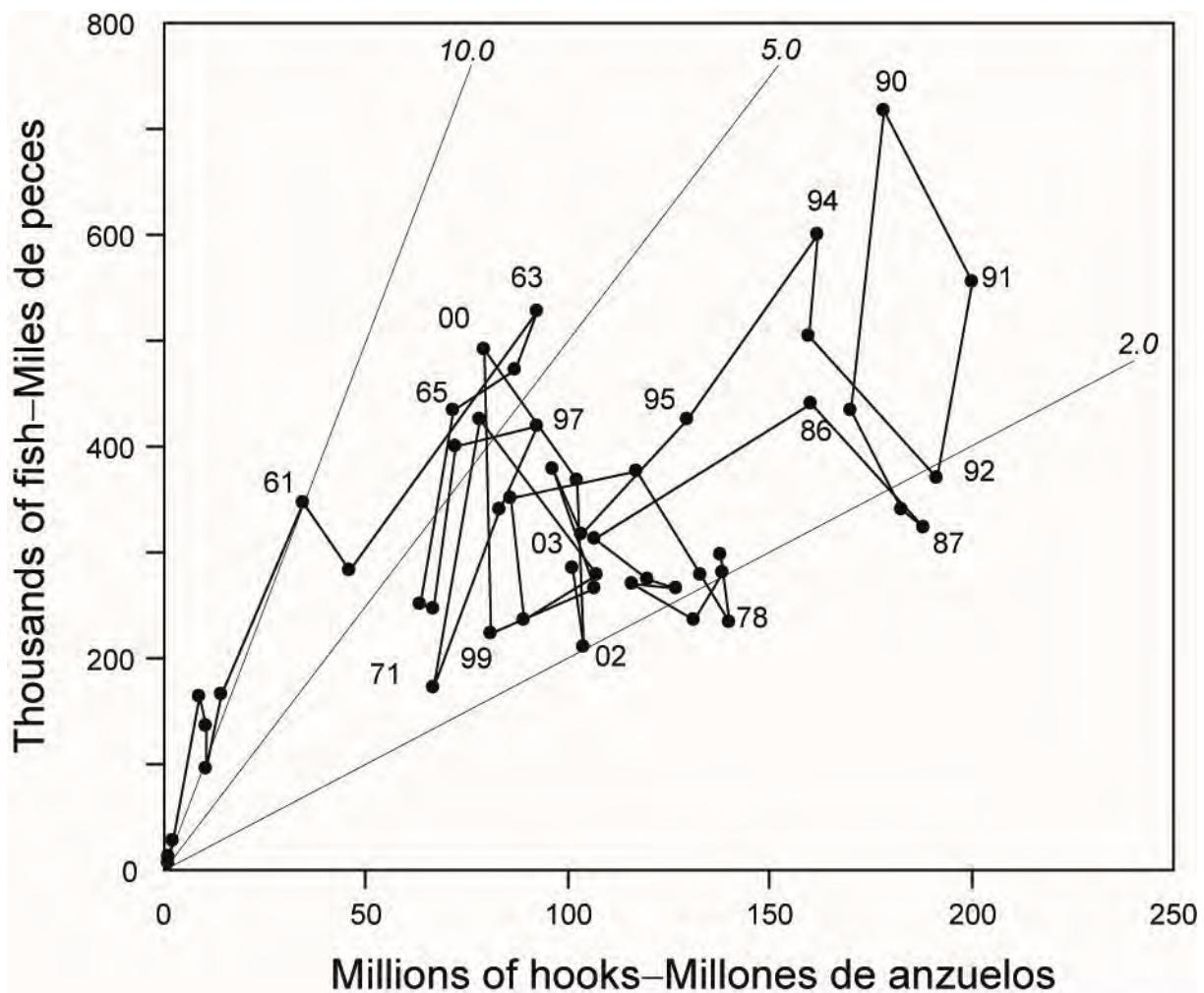


FIGURE 34. Relation between estimated longline catch and effort for yellowfin in the EPO for 1955-2003.

FIGURA 34. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para aleta amarilla en el OPO en 1955-2003.

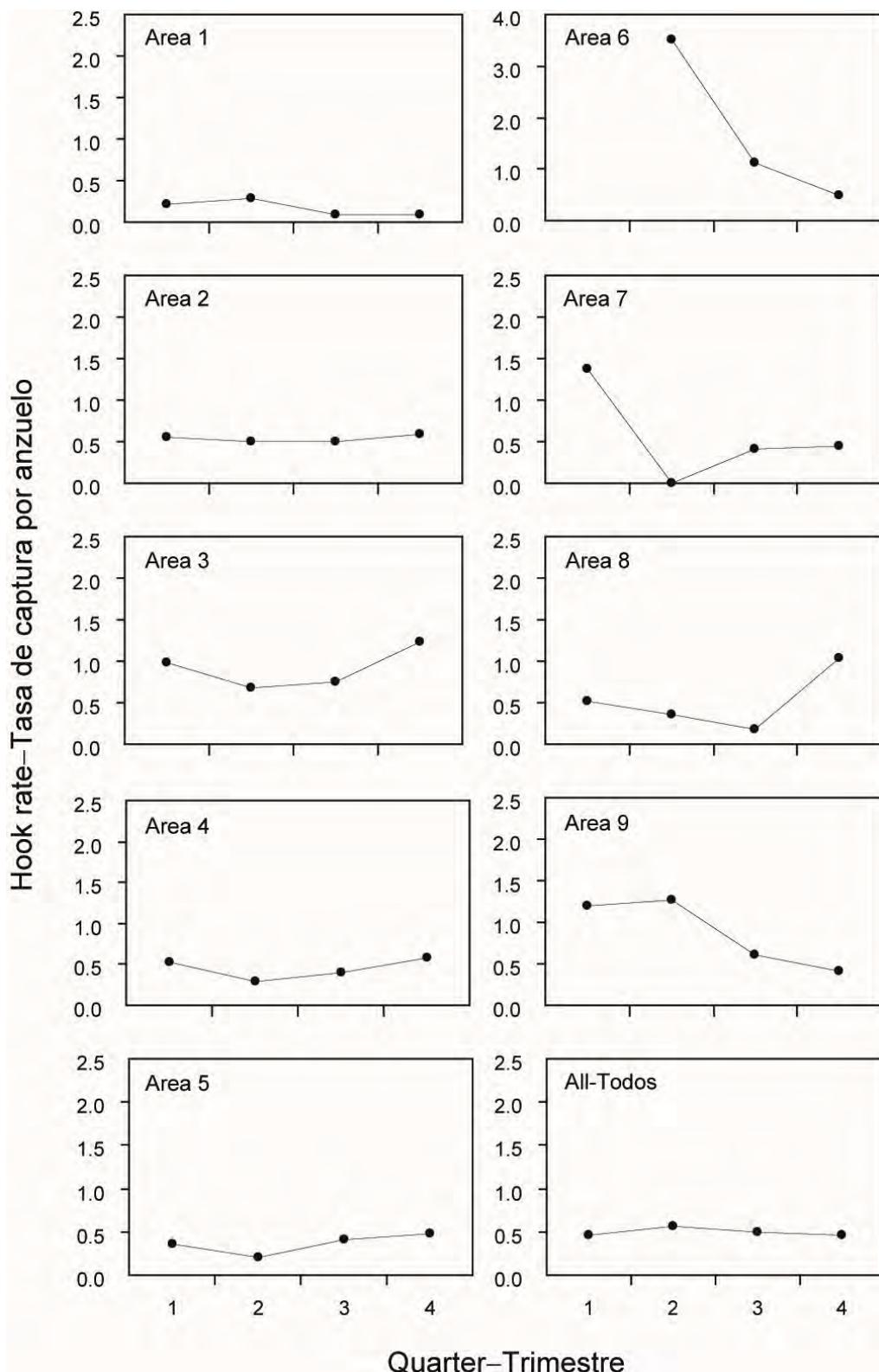


FIGURE 35. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of swordfish by area, 1998-2003.

FIGURA 35. Tasas de captura trimestrales de pez espada, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

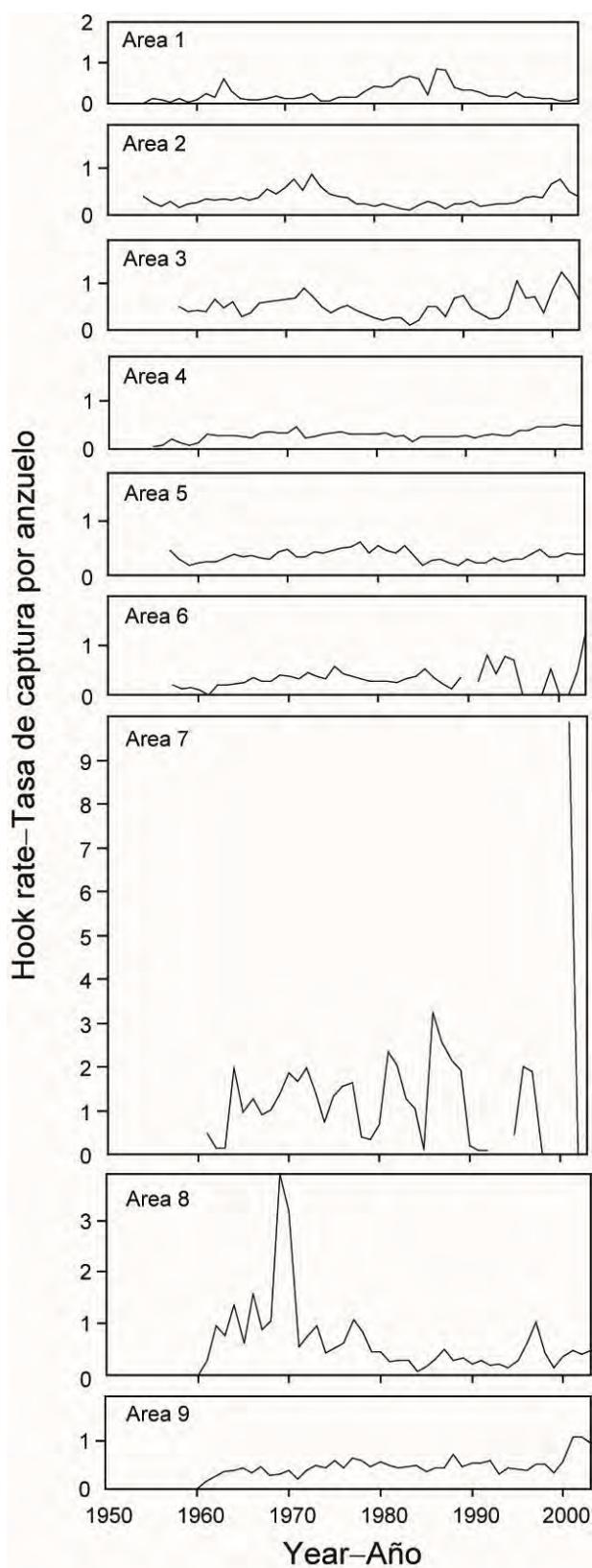


FIGURE 36. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of swordfish by area.

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

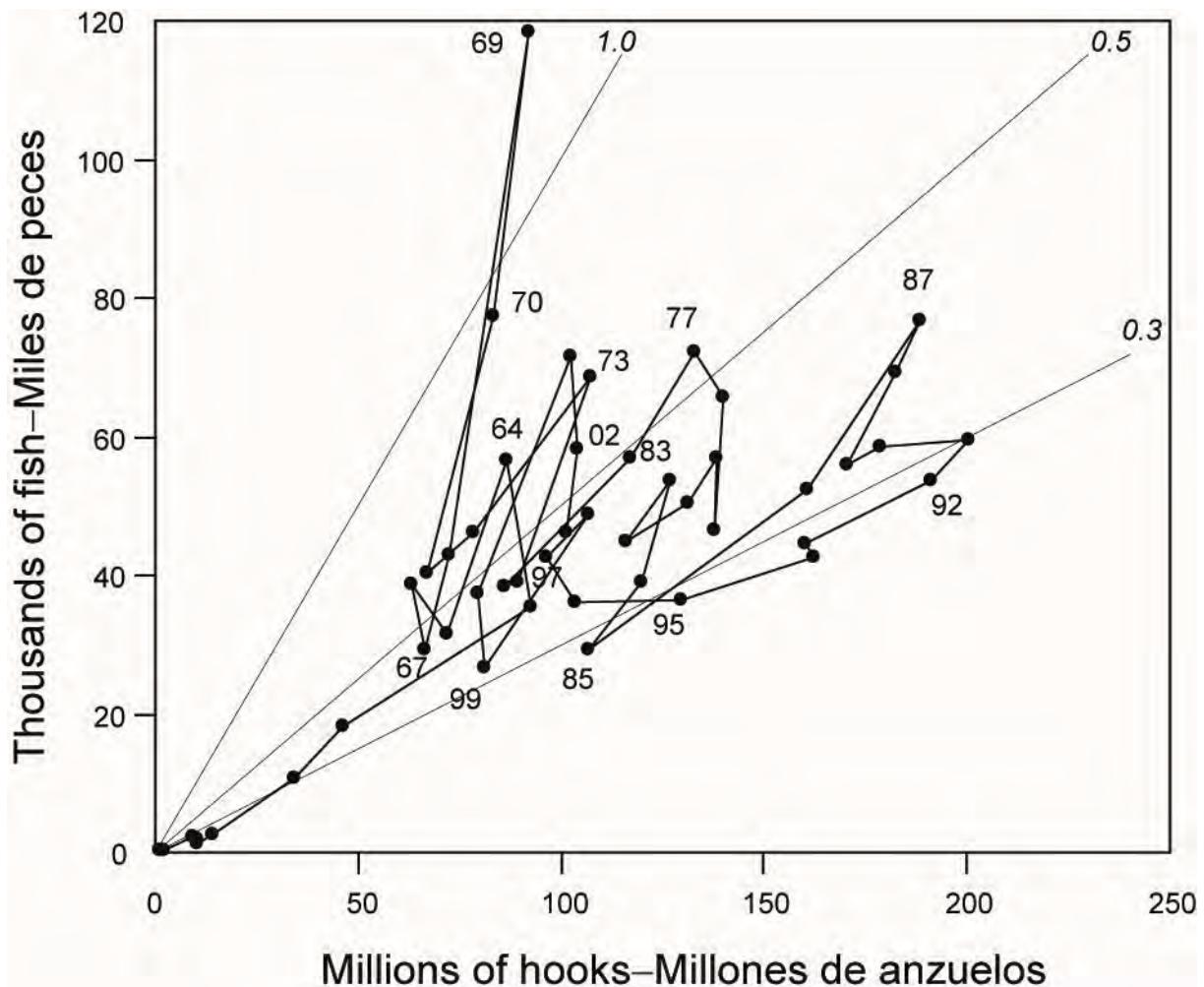
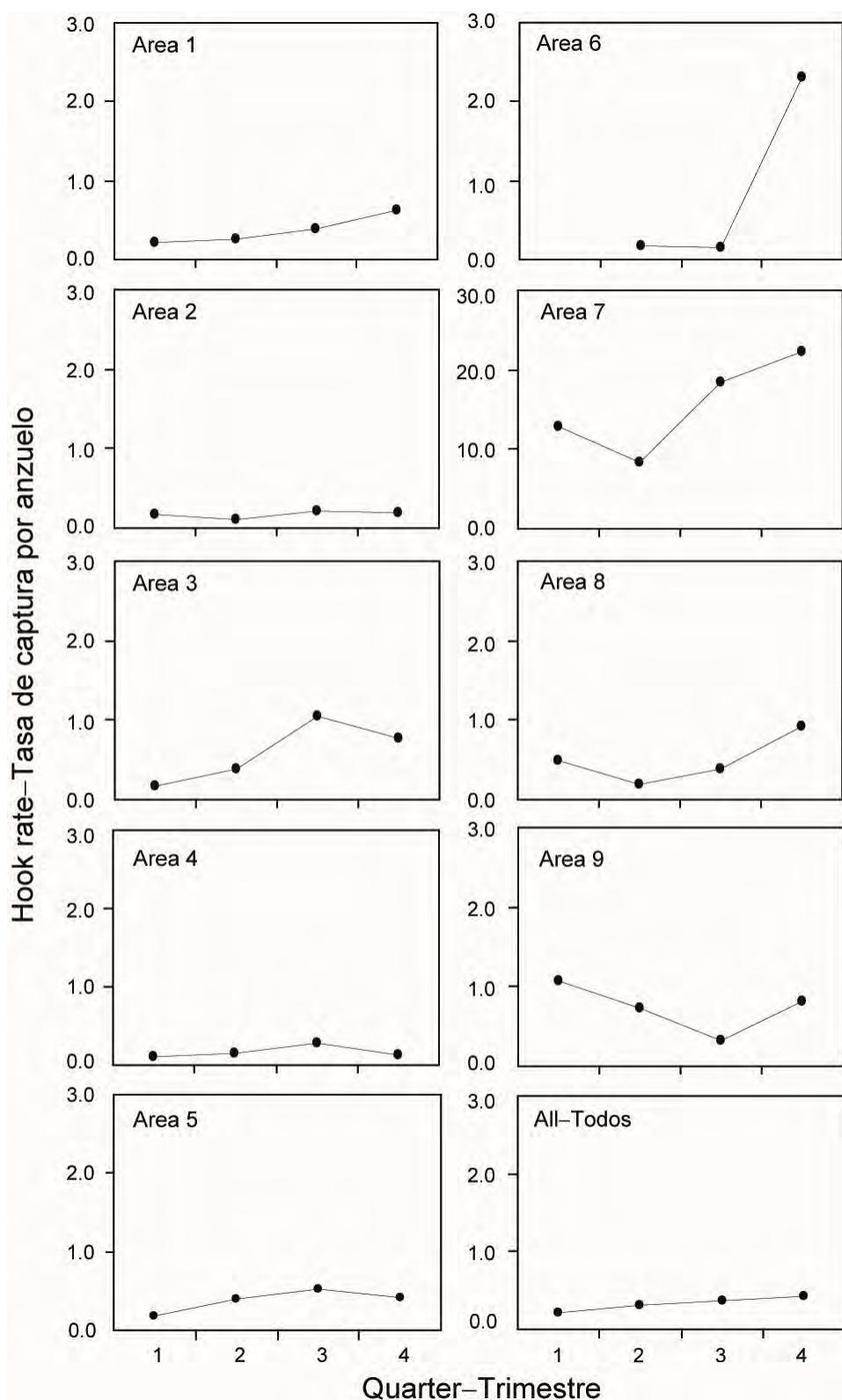


FIGURE 37. Relation between estimated longline catch and effort for swordfish in the EPO for 1955-2003.

FIGURA 37. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para pez espada en el OPO en 1955-2003.

**FIGURE 38.** Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of striped marlin by area, 1998-2003.**FIGURA 38.** Tasas de captura trimestrales de marlin rayado, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

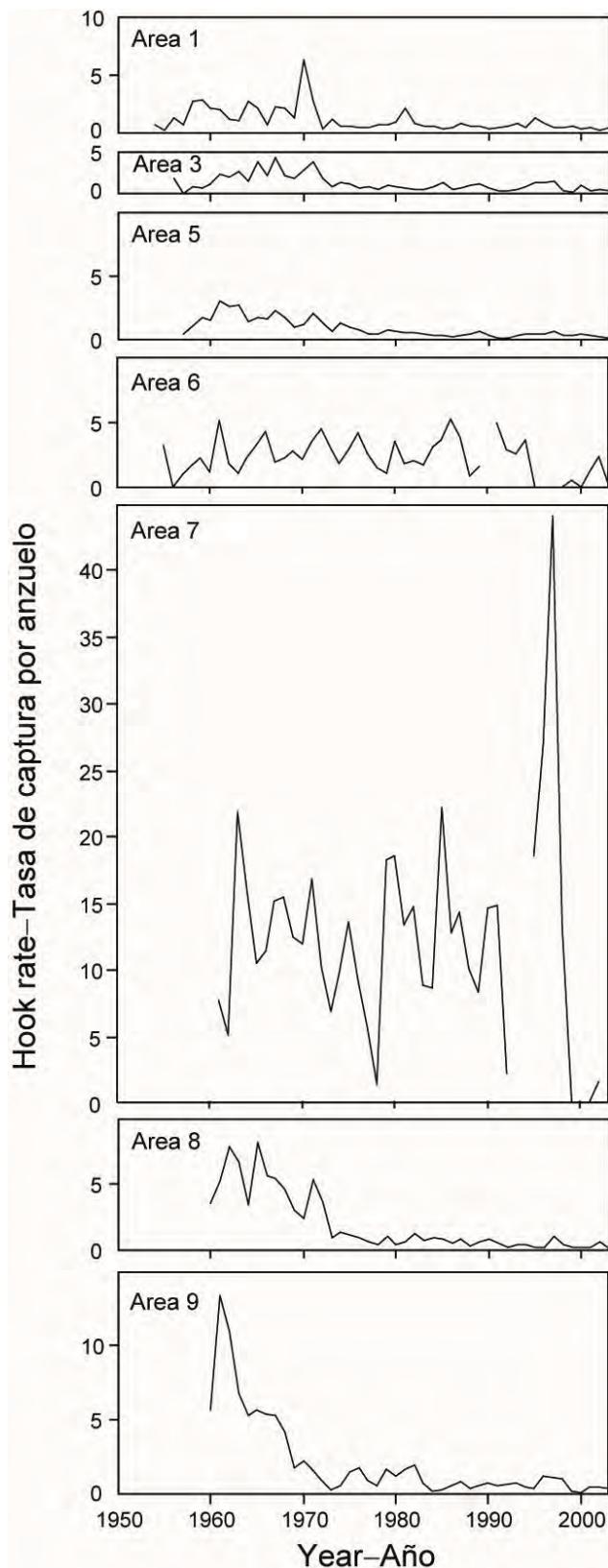


FIGURE 39. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of striped marlin by area.

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

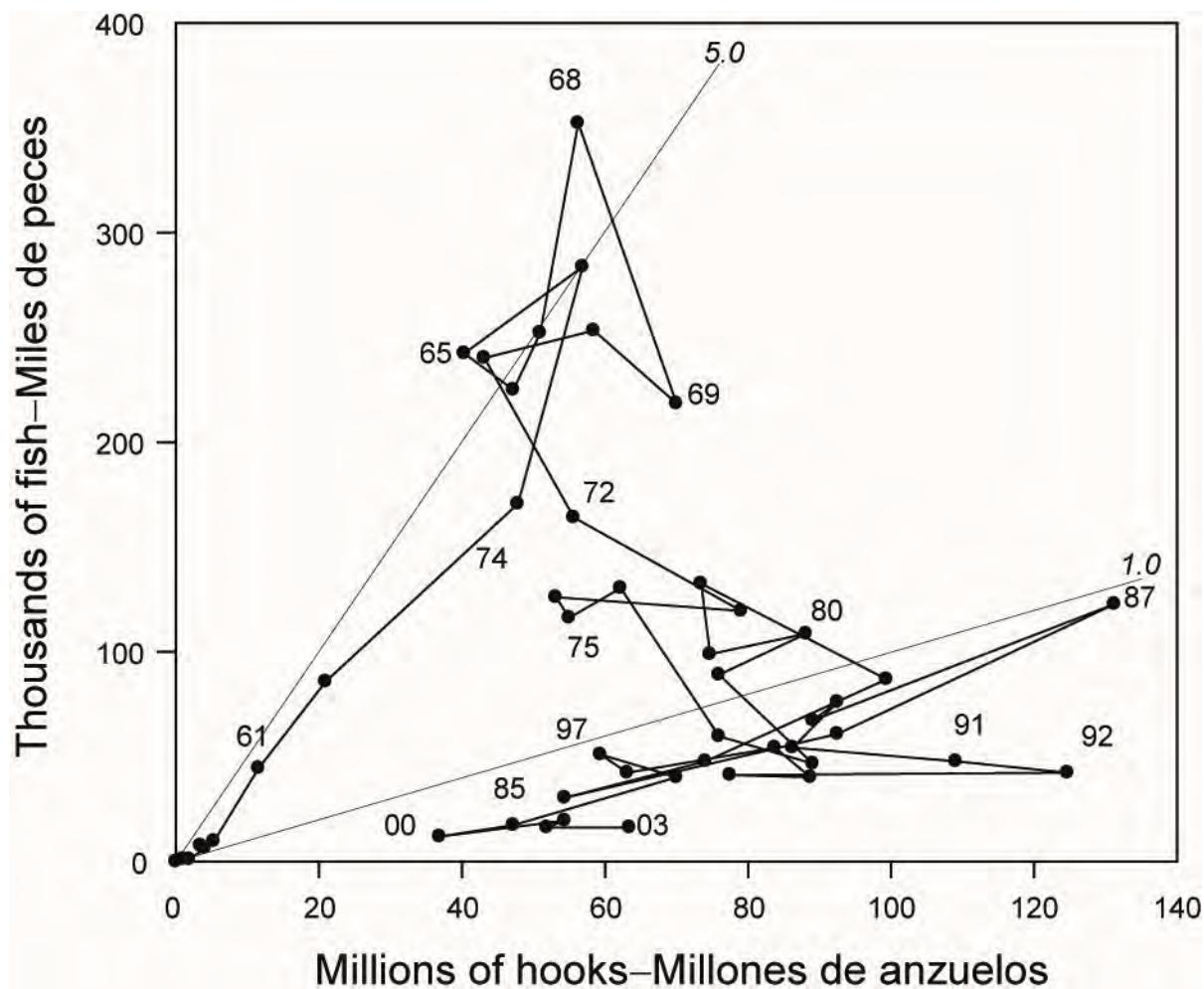


FIGURE 40. Relation between estimated longline catch and effort for striped marlin in Areas 1, 3, and 5-9 for 1955-2003.

FIGURA 40. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para marlín rayado en las Areas 1, 3, y 5-9 en 1955-2003.

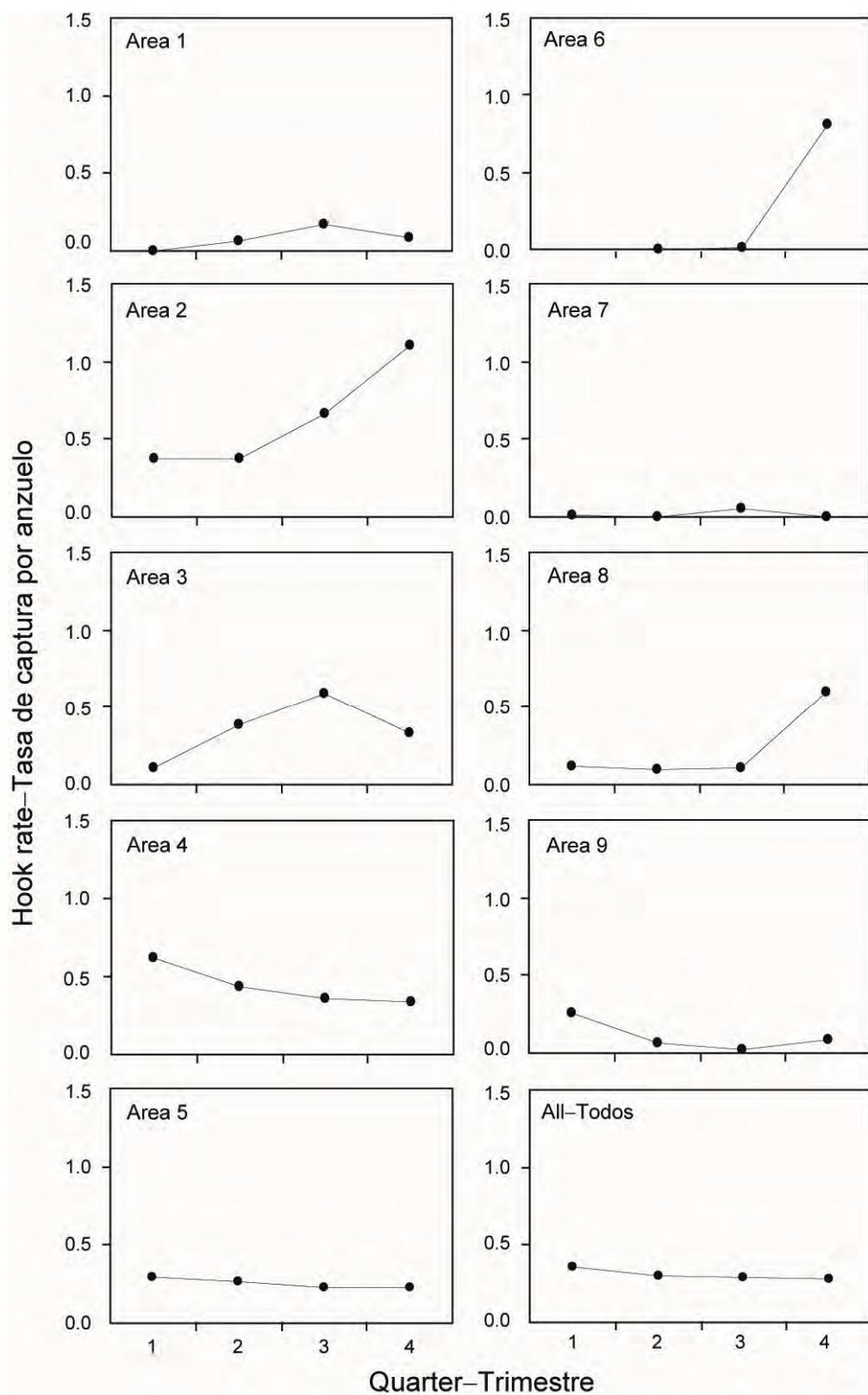


FIGURE 41. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of blue marlin by area, 1998-2003.

FIGURA 41. Tasas de captura trimestrales de marlin azul, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

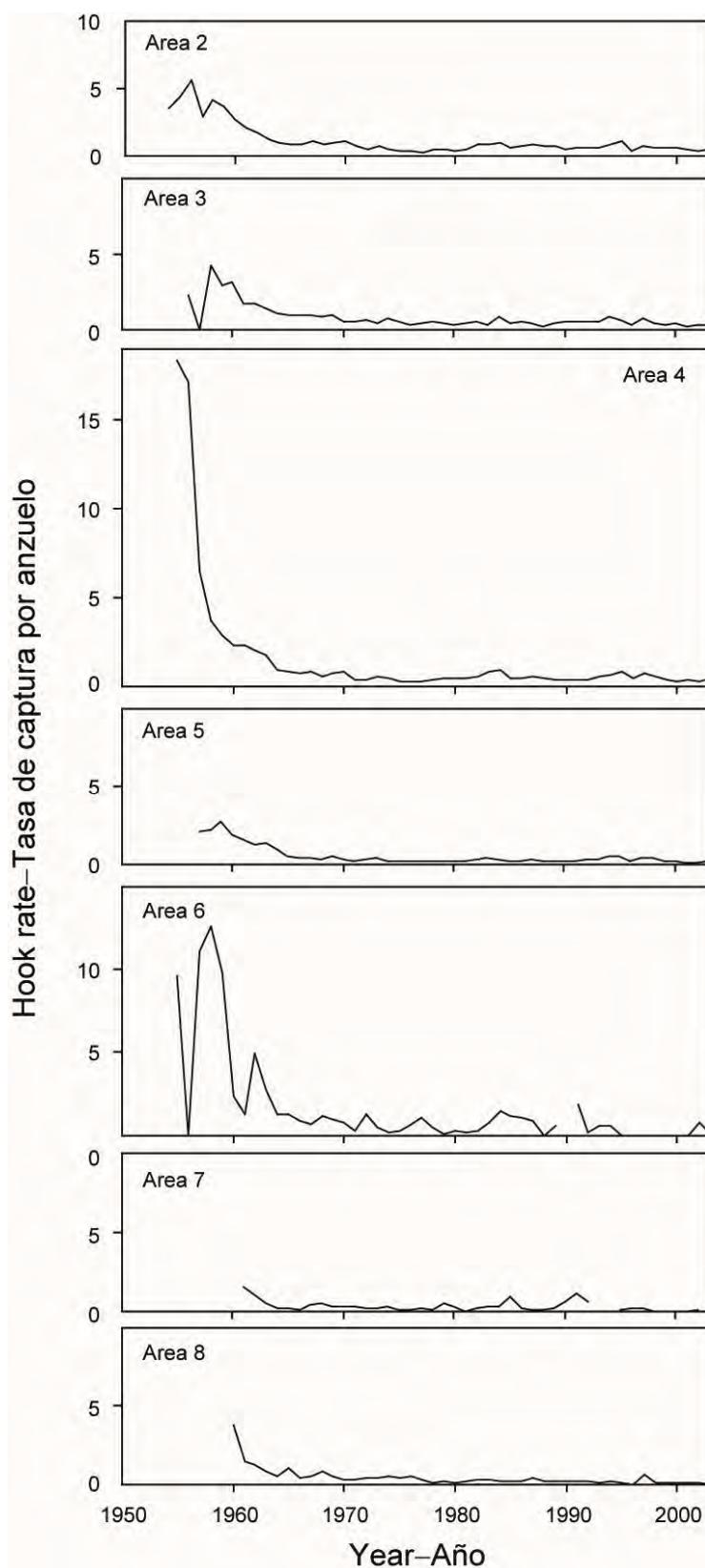


FIGURE 42. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of blue marlin by area.

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

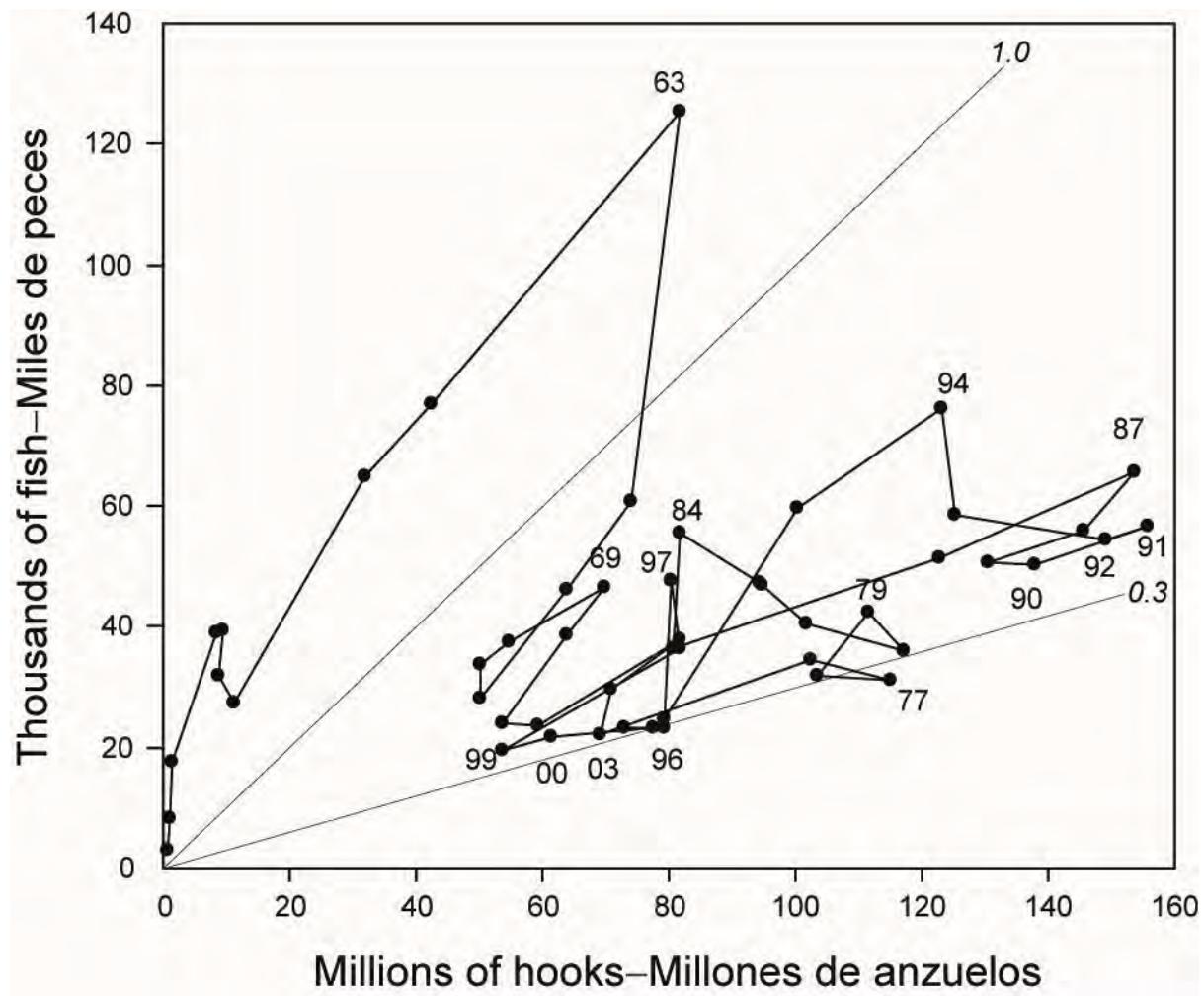


FIGURE 43. Relation between estimated longline catch and effort for blue marlin in Areas 2-8 for 1955-2003.

FIGURA 43. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para marlín azul en las Areas 2-8 en 1955-2003.

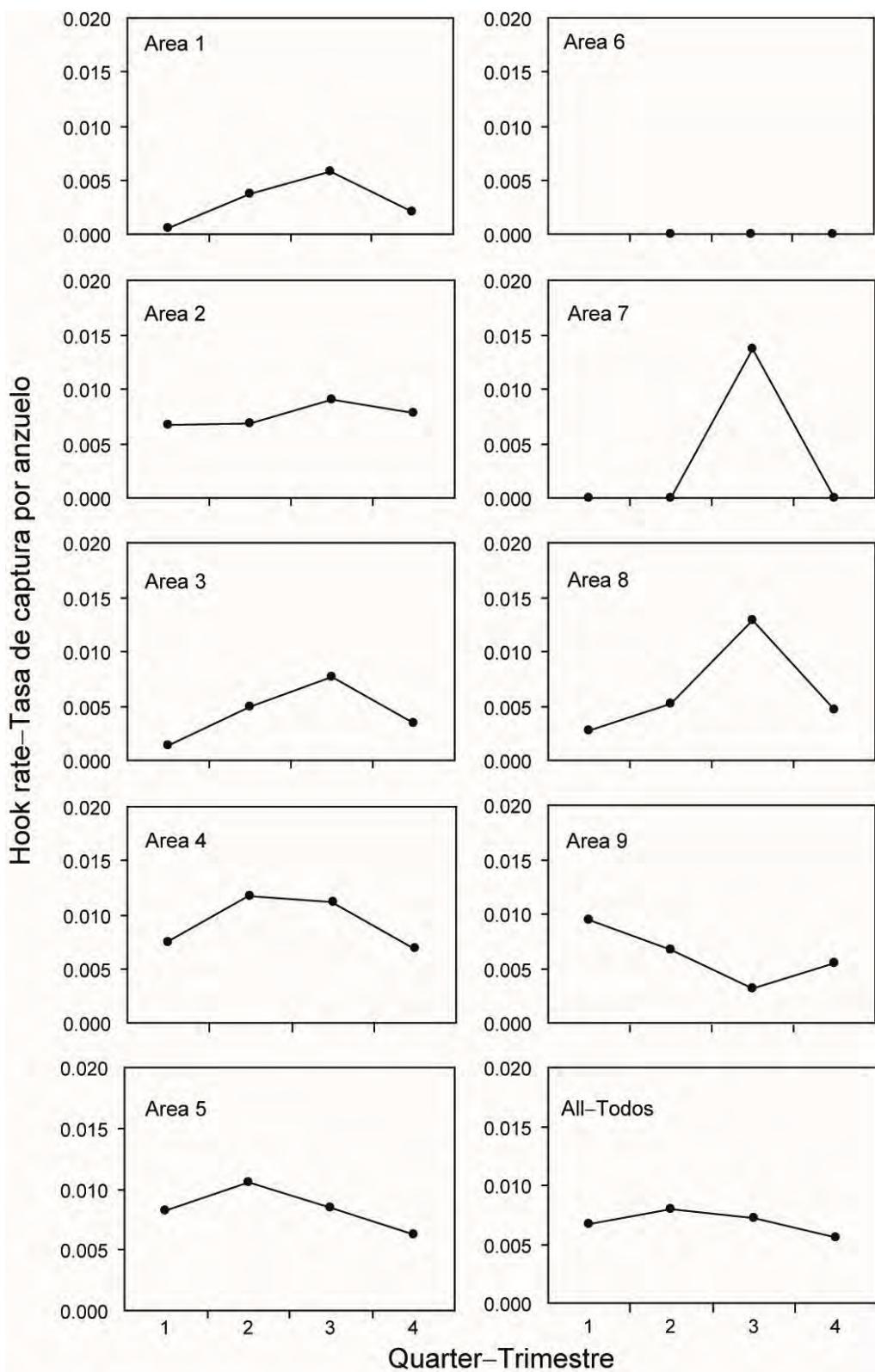


FIGURE 44. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of black marlin by area, 1998-2003.

FIGURA 44. Tasas de captura trimestrales de marlin negro, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

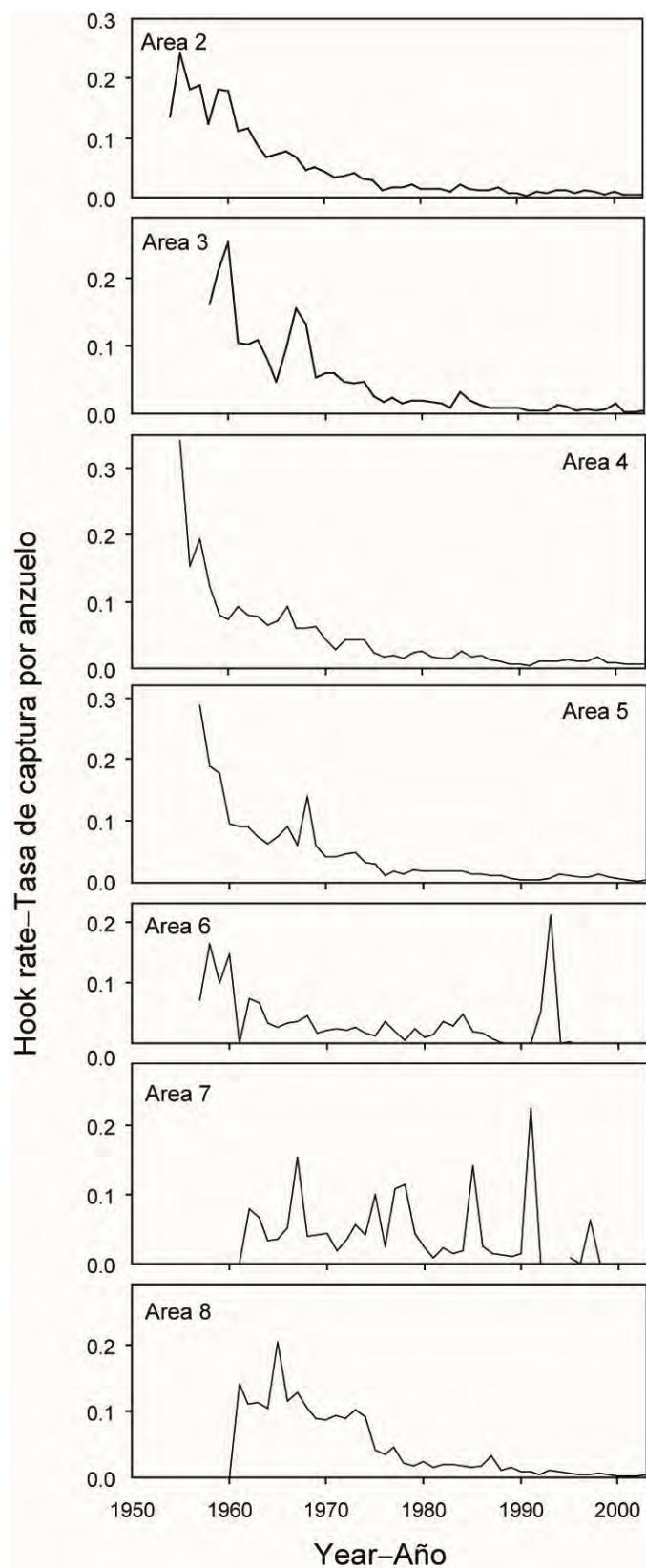


FIGURE 45. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of black marlin by area.

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

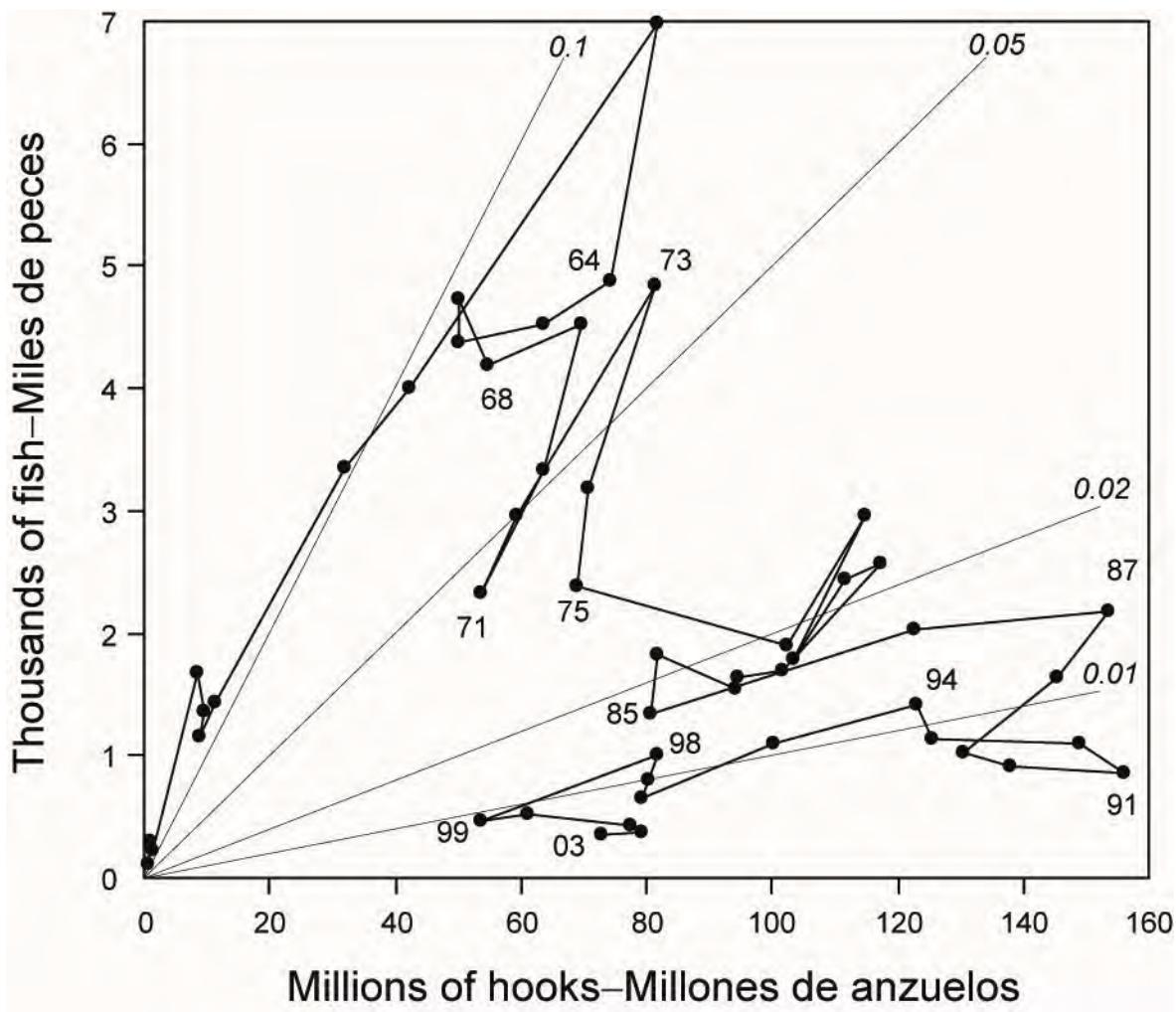


FIGURE 46. Relation between estimated longline catch and effort for black marlin in Areas 2-8 for 1955-2003.

FIGURA 46. Relación entre estimaciones de la captura y esfuerzo de palangreros para marlín negro en las Areas 2-8 en 1955-2003.

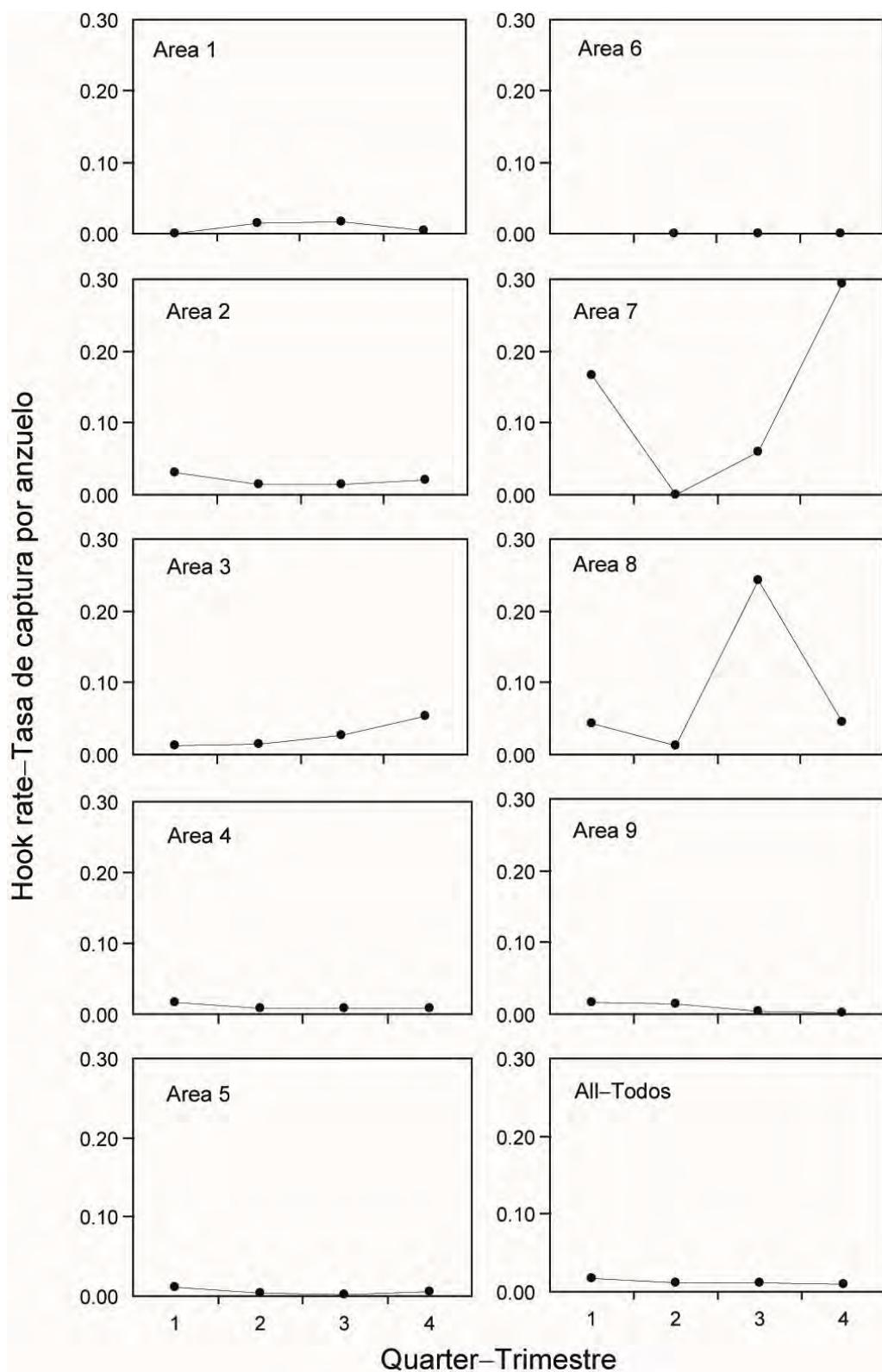
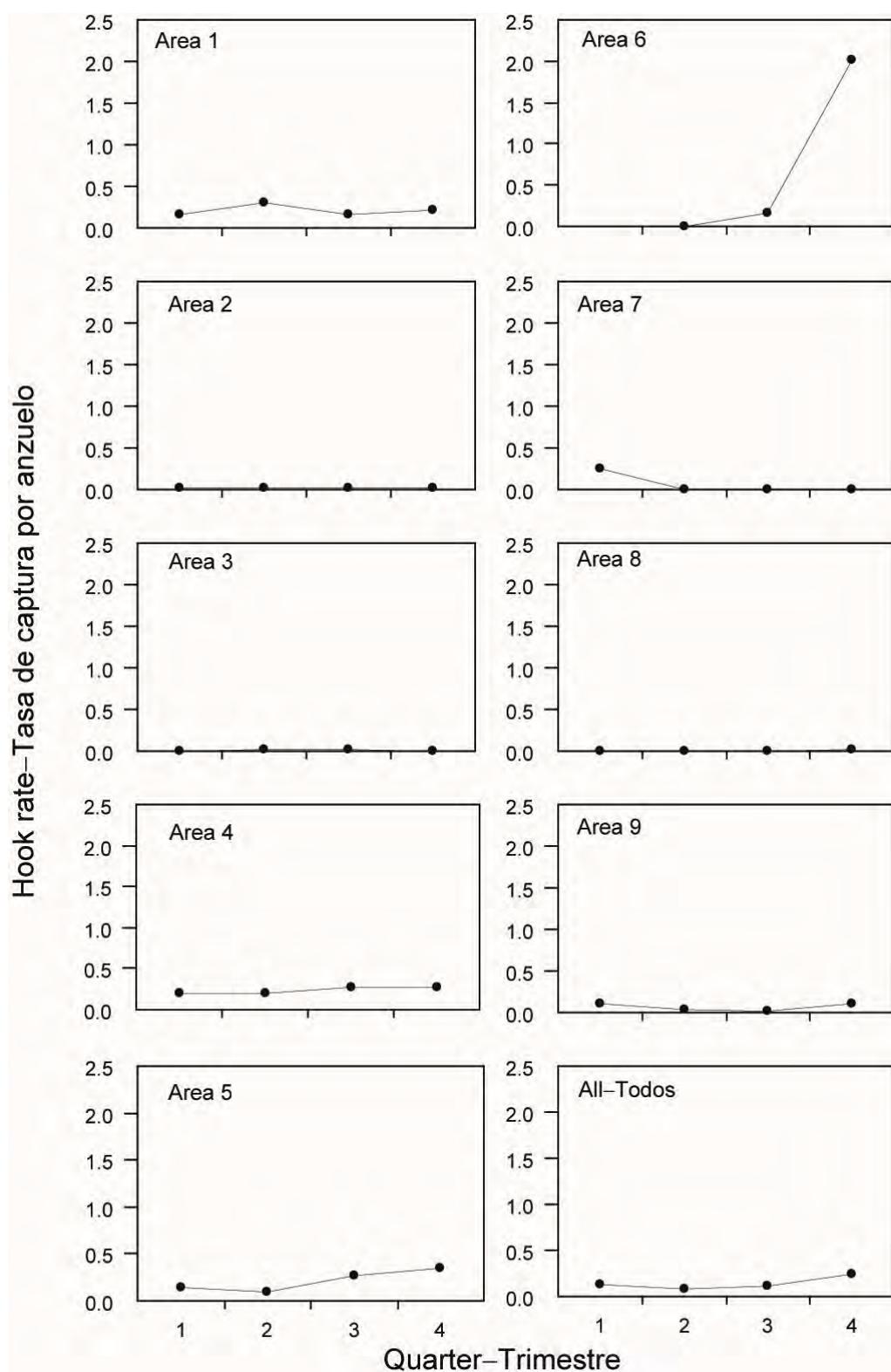


FIGURE 47. Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of sailfish by area, 1998-2003.

FIGURA 47. Tasas de captura trimestrales de pez vela, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

**FIGURE 48.** Quarterly hook rates, in catch per 1000 hooks, of shortbill spearfish by area, 1998-2003.**FIGURA 48.** Tasas de captura trimestrales marlin trompa corta, en captura por 1000 anzuelos, por área, 1998-2003.

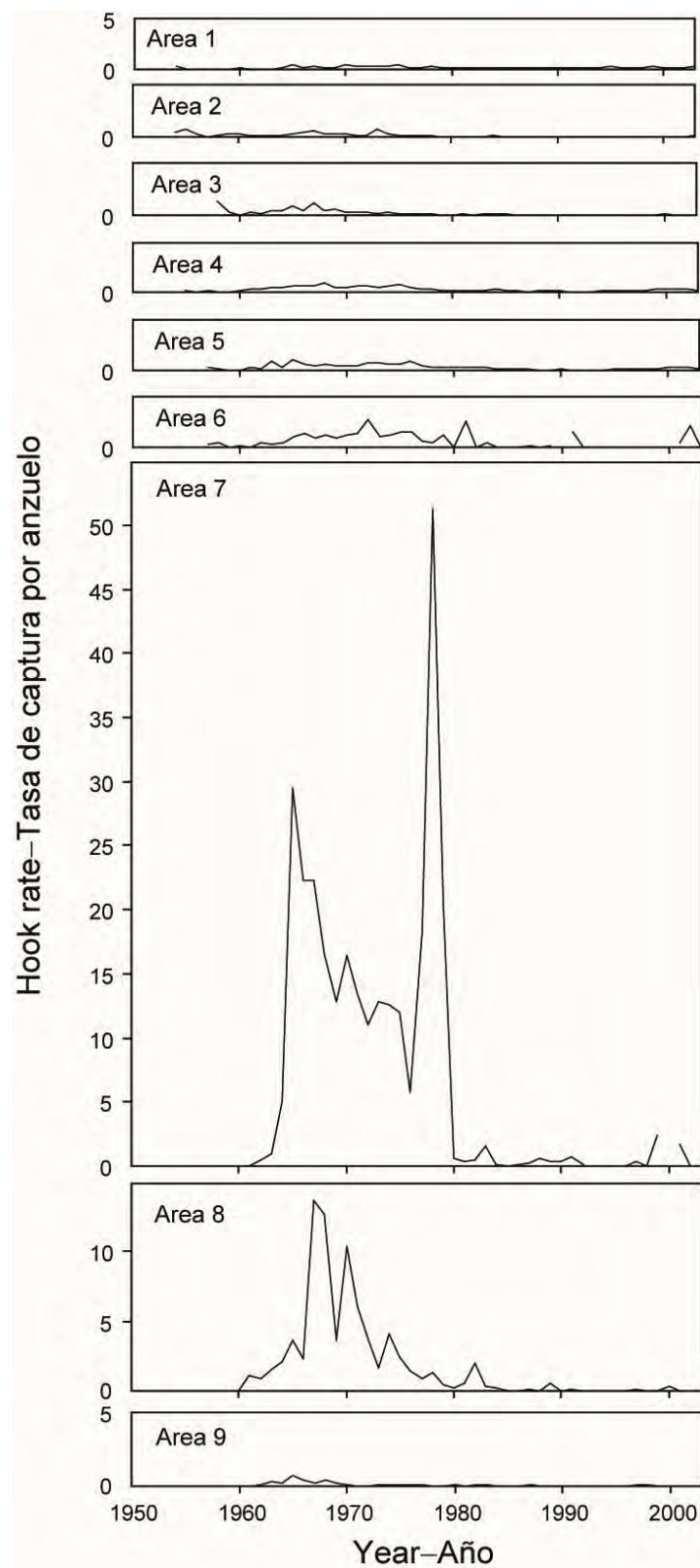


FIGURE 49. Annual hook rates, in catch per 1000 hooks, of sailfish and shortbill spearfish by area.

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

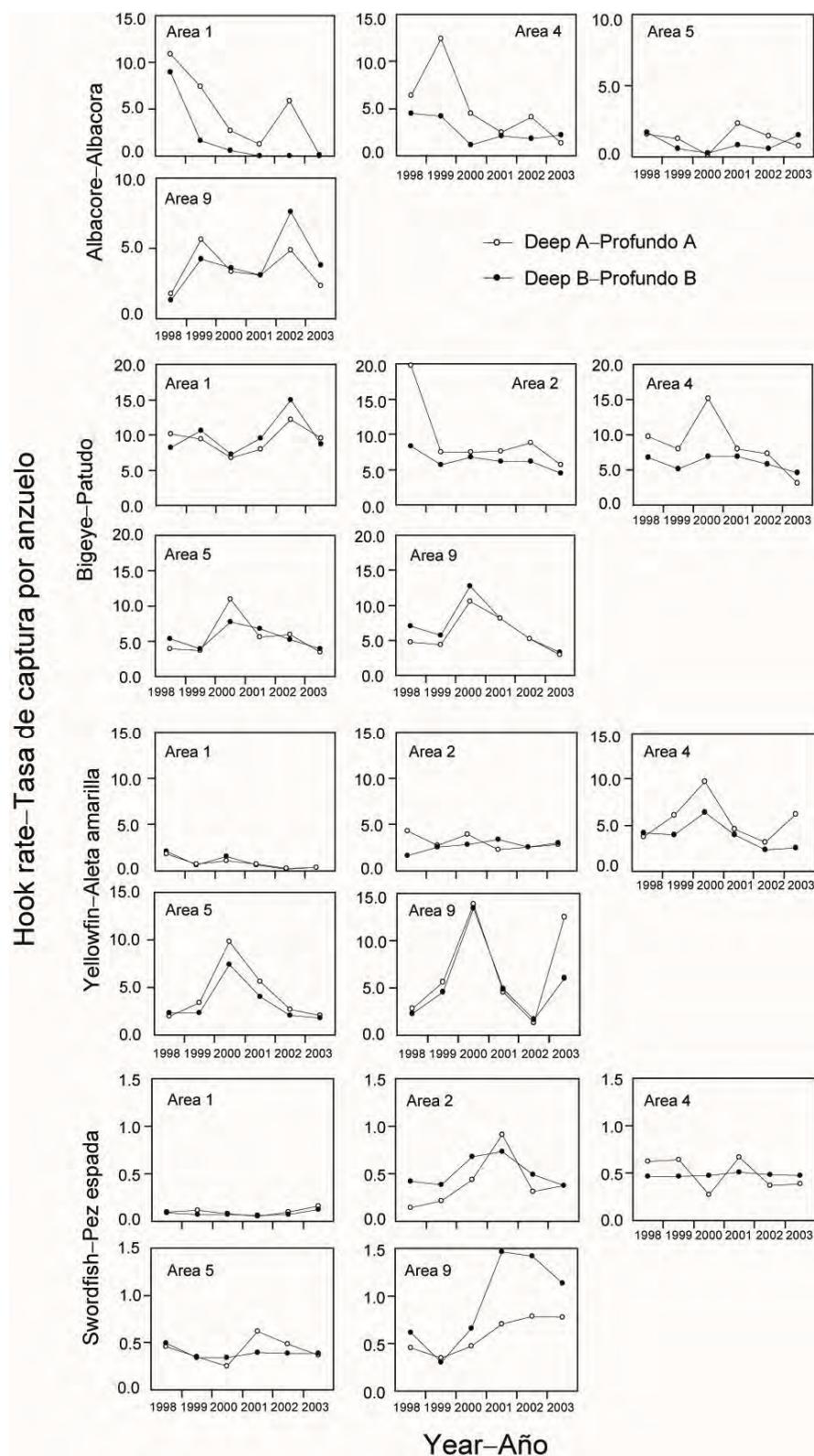
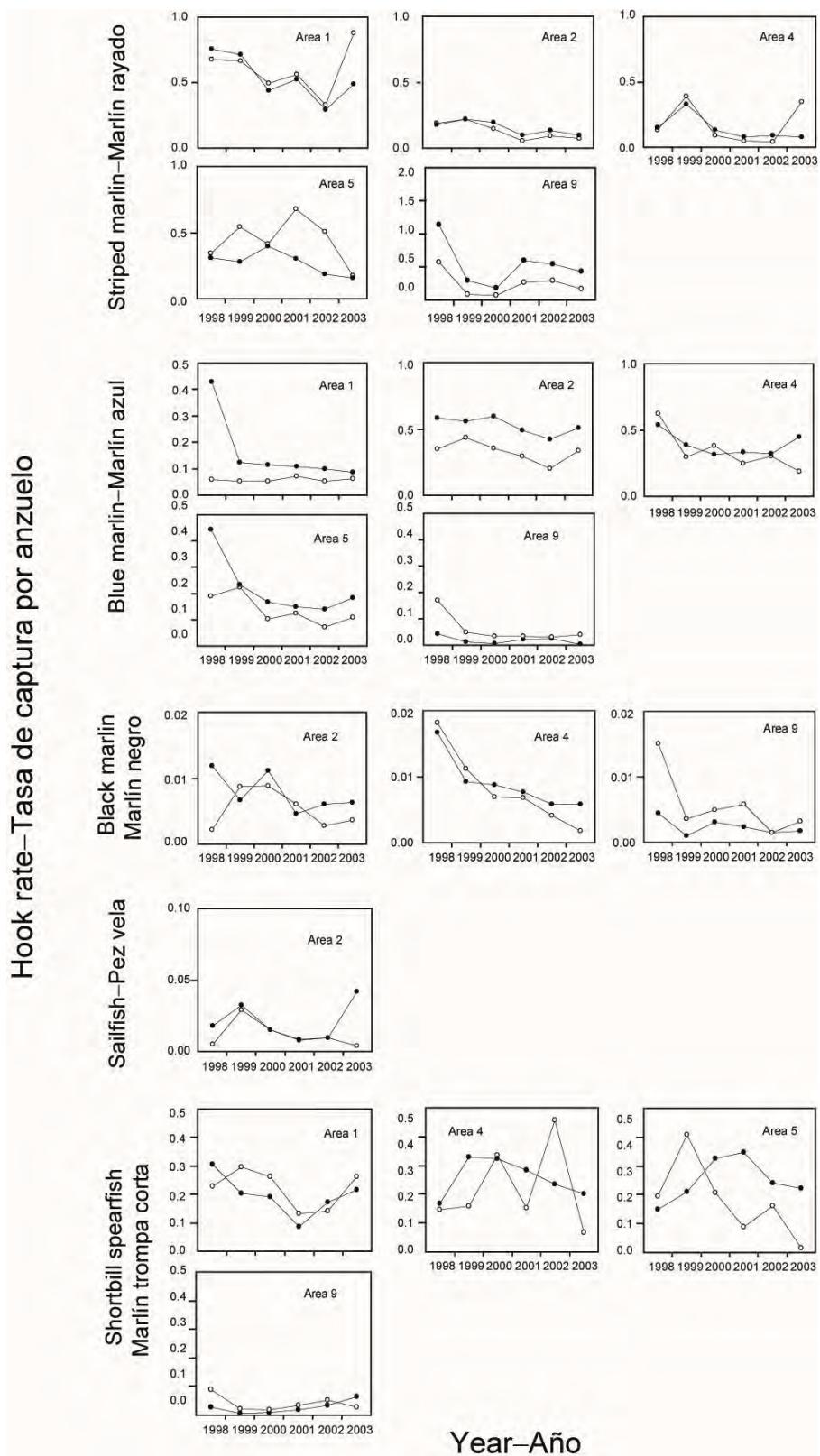


FIGURE 50. Comparisons of hook rates of deep-A and deep-B longline gear for tunas and billfishes.

FIGURA 50. Comparación de tasas de captura de atunes y picudos correspondientes a palangres profundo-A y profundo-B.

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

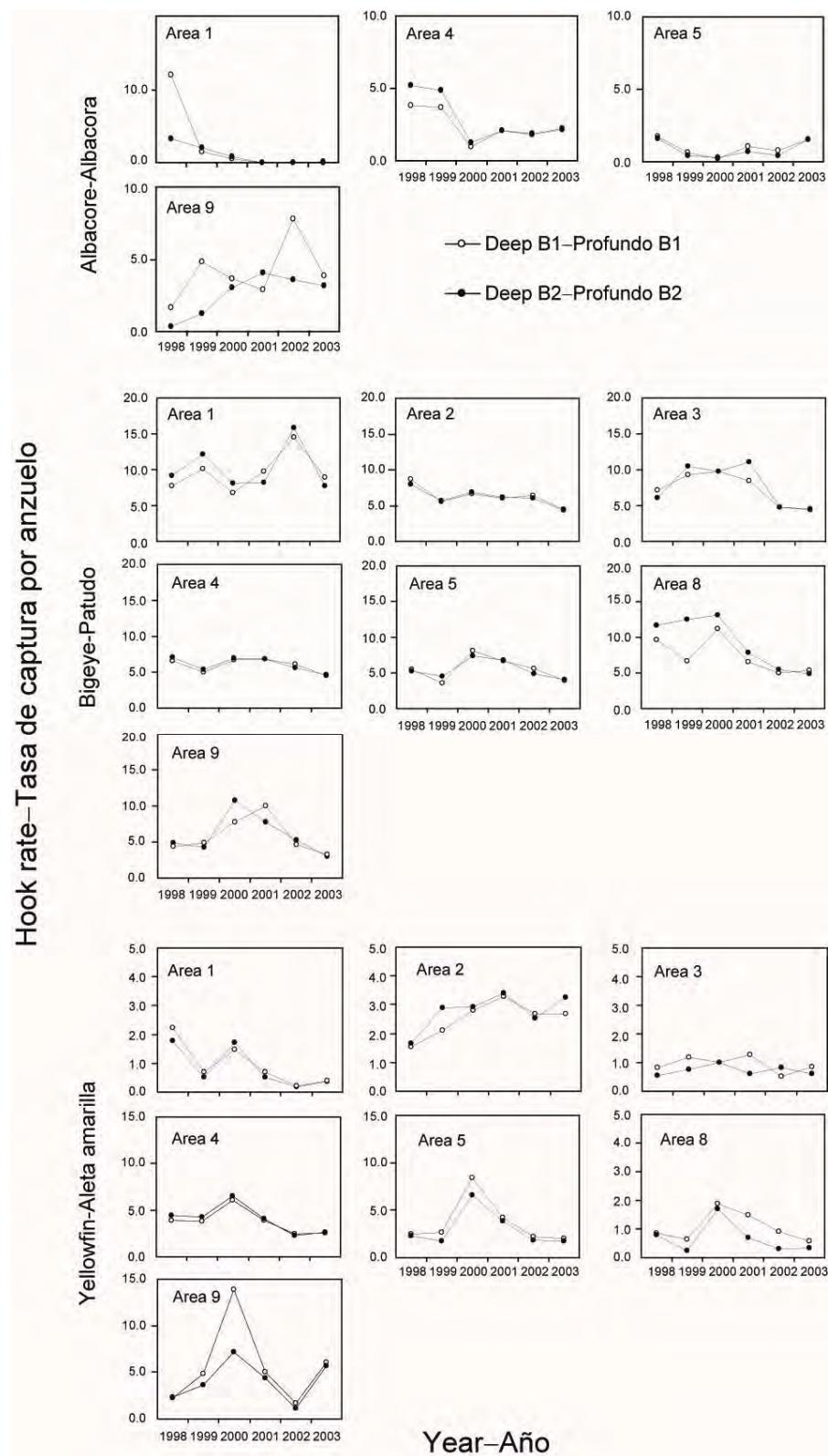
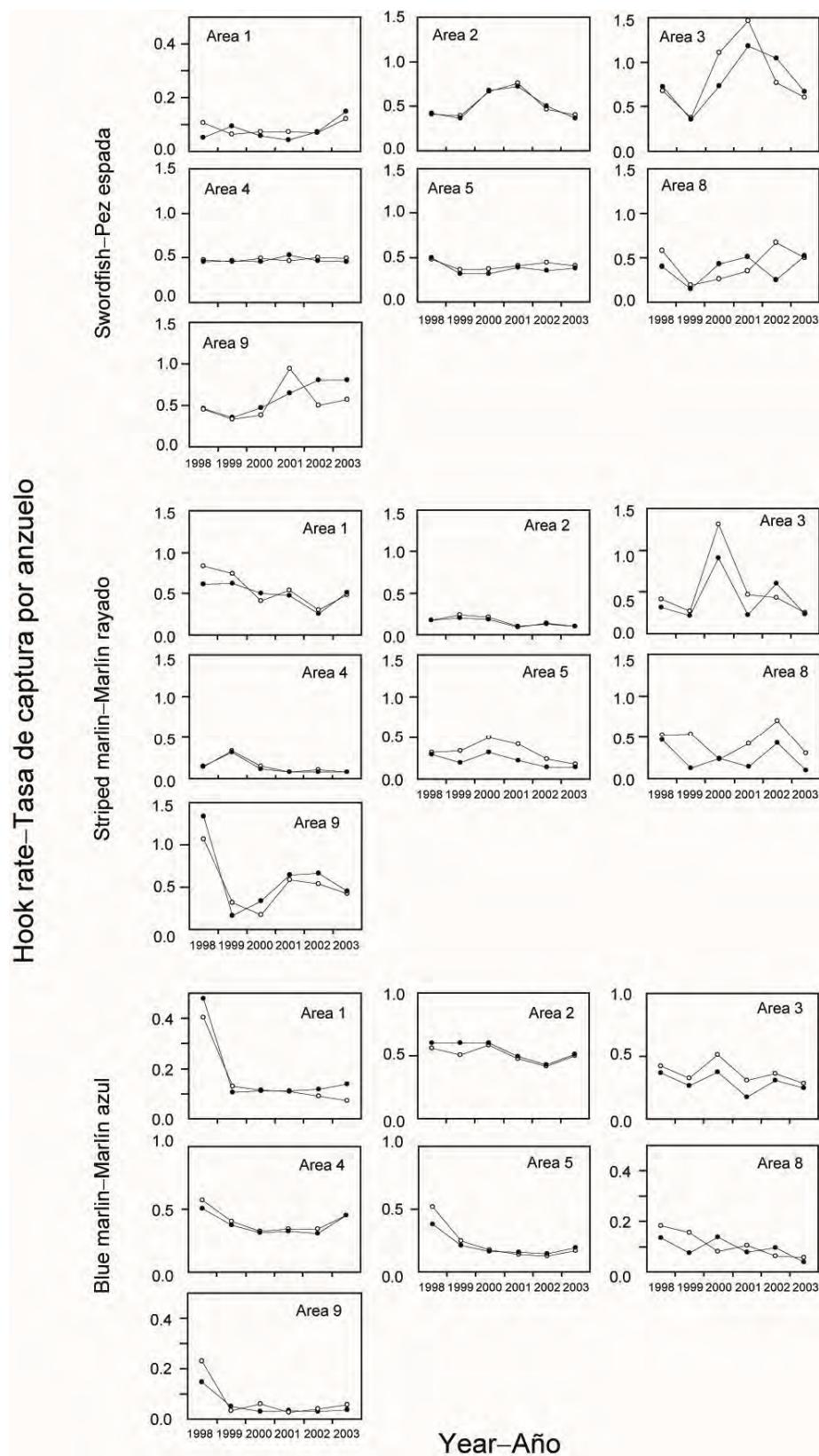


FIGURE 51. Comparisons of hook rates of deep-B1 and deep-B2 longline gear for tunas and billfishes.

FIGURA 51. Comparación de tasas de captura de atunes y picudos correspondientes a palangres profundo-B1 y profundo-B2.

**FIGURE 51.** (continued)**FIGURA 51.** (continuación)

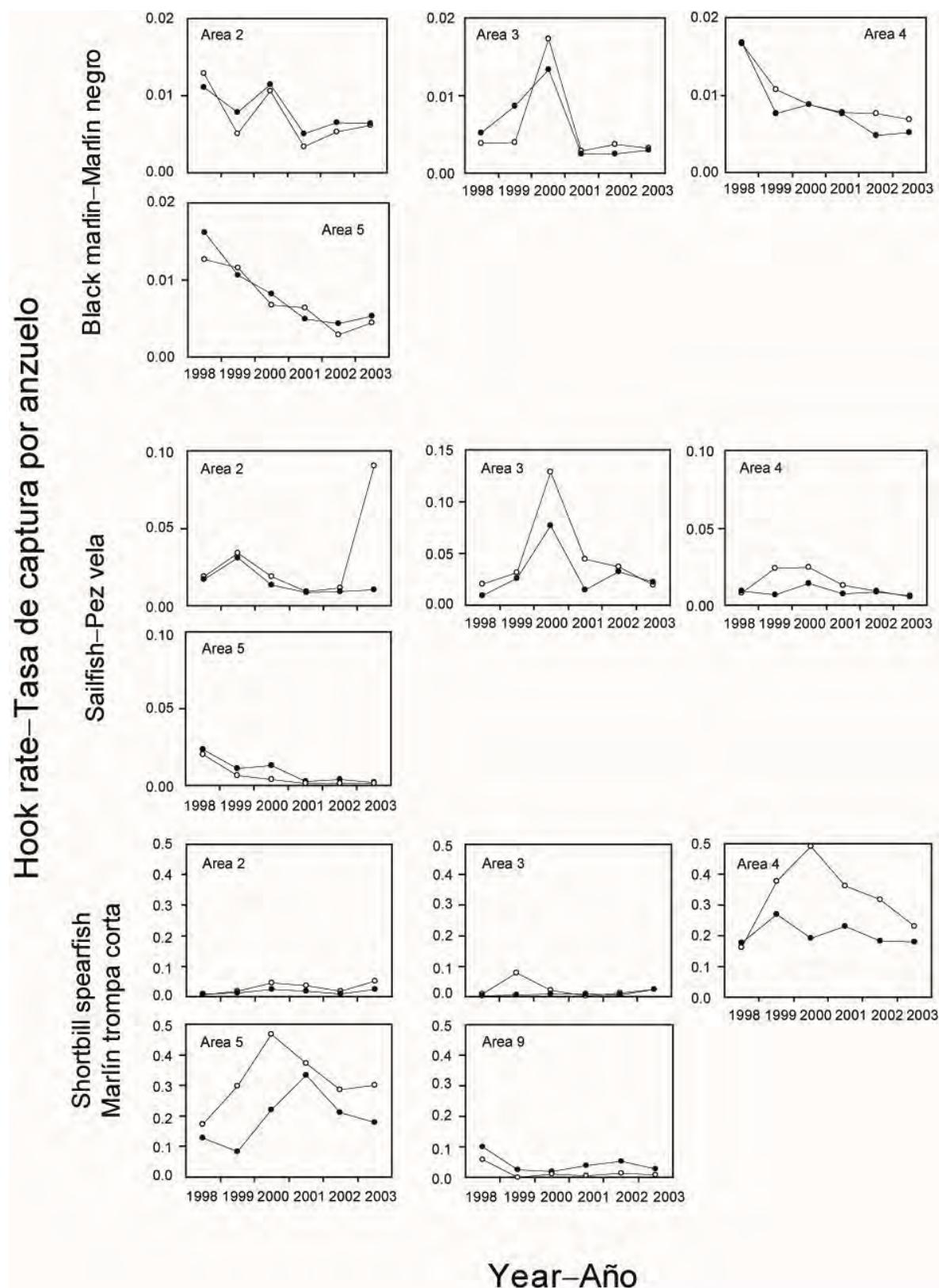


FIGURE 51. (continued)

FIGURA 51. (continuación)

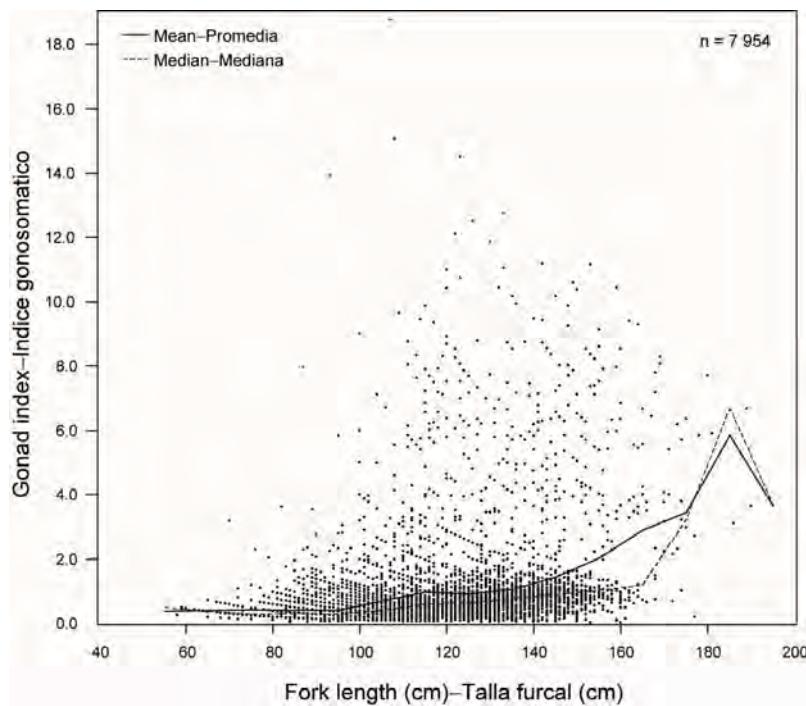


FIGURE 52. Relation between gonad index and length for female bigeye, 1998-2003.

FIGURA 52. Relación entre índice gonadal y longitud para patudos hembra, 1998-2003.

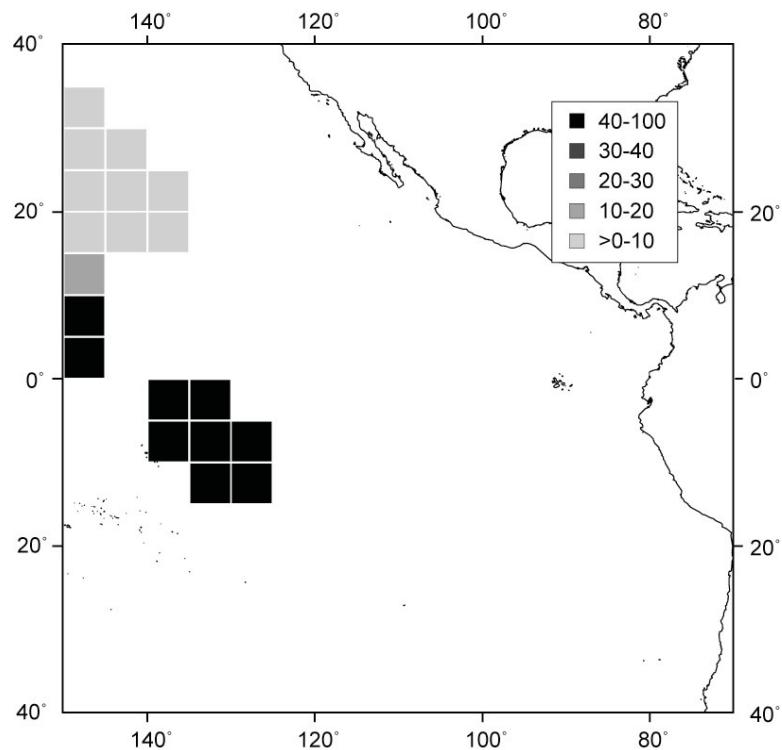


FIGURE 53. Distribution of ratios of mature females to all female bigeye larger than 120 cm in length, all quarters combined, 1998-2003.

FIGURA 53. Distribución de índices gonadales medios para patudos, todos los trimestres combinados, 1998-2003.

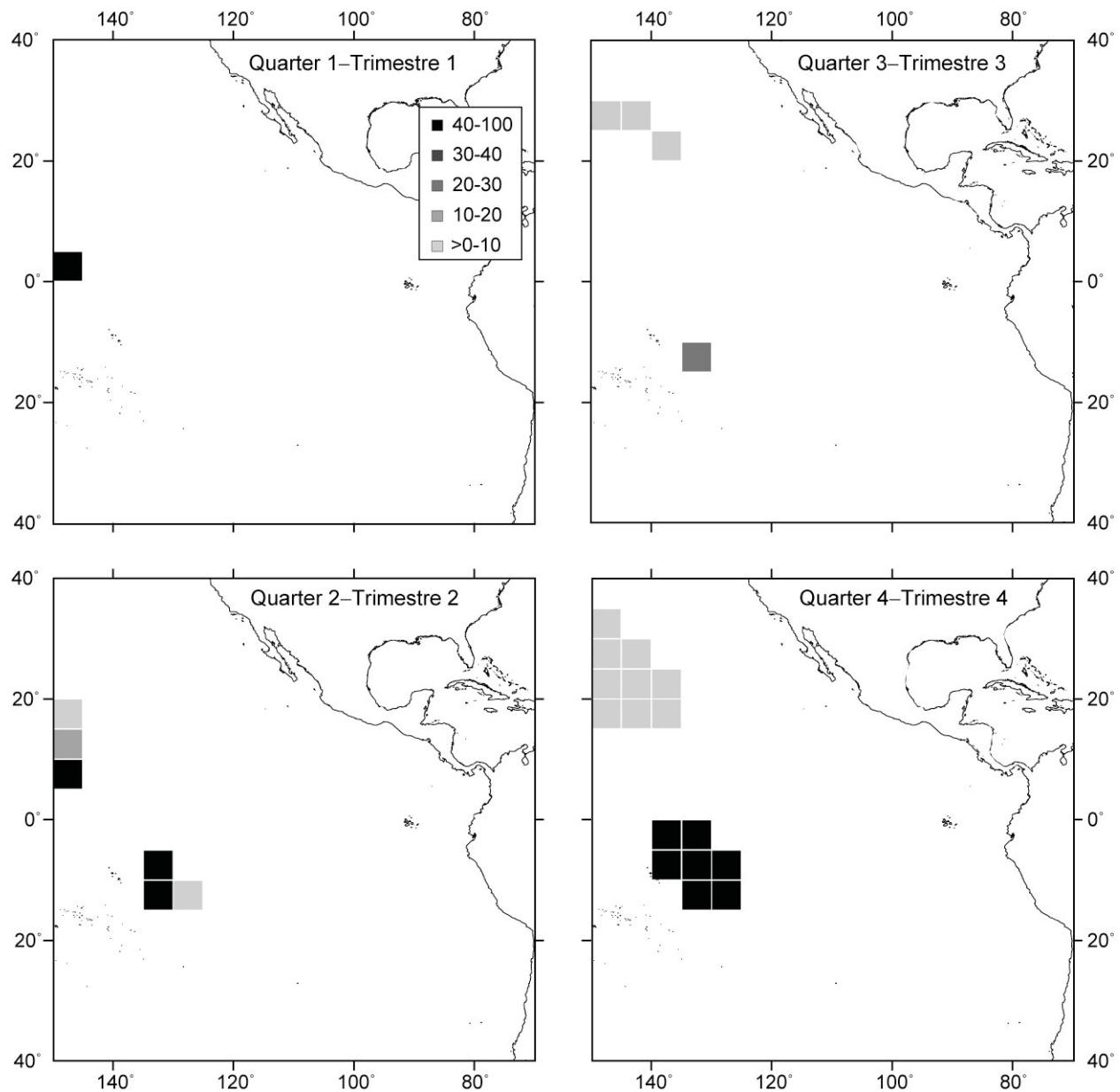


FIGURE 54. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female bigeye larger than 120 cm in length, 1998-2003.

FIGURA 54. Distribución trimestral de índices gonadales medios de patudos de más de 120 cm de longitud, 1998-2003.

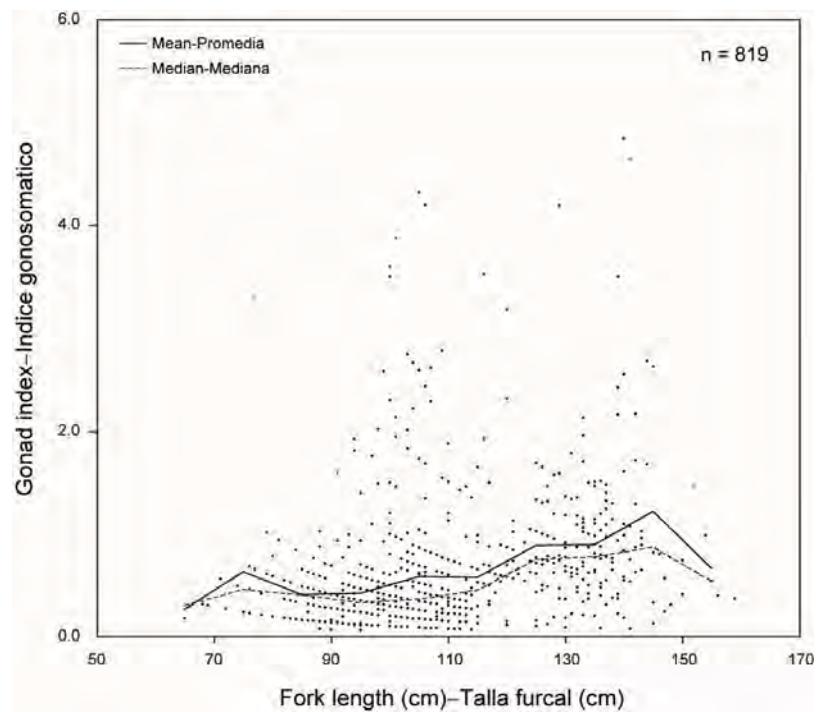


FIGURE 55. Relation between gonad index and length for female yellowfin, 1998-2003.

FIGURA 55. Relación entre índice gonadal y longitud para aletas amarillas hembra, 1998-2003.

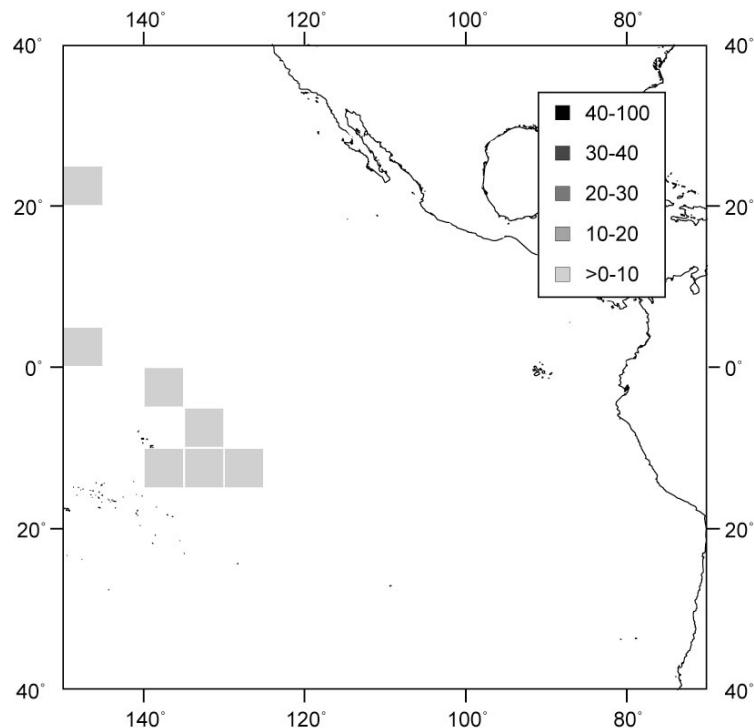


FIGURE 56. Distribution of ratios of mature females to all female yellowfin larger than 120 cm in length, all quarters combined, 1998-2003.

FIGURA 56. Distribución de índices gonadales medios para aletas amarillas, todos los trimestres combinados, 1998-2003.

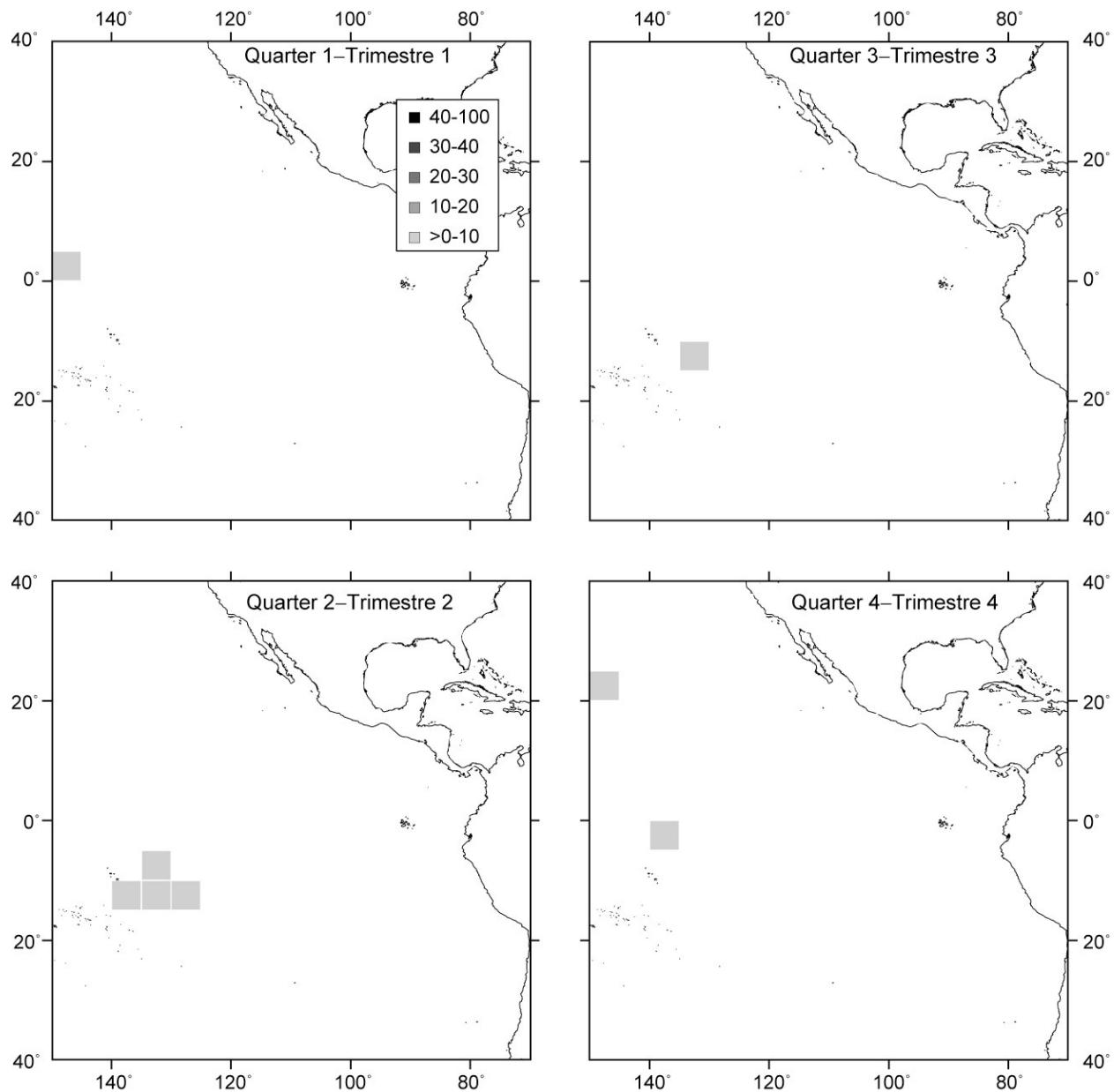


FIGURE 57. Quarterly distributions of ratios of mature females to all female yellowfin larger than 120 cm in length, 1998-2003.
FIGURA 57. Distribución trimestral de índices gonadales medios de aletas amarillas de más de 120 cm de longitud, 1998-2003.

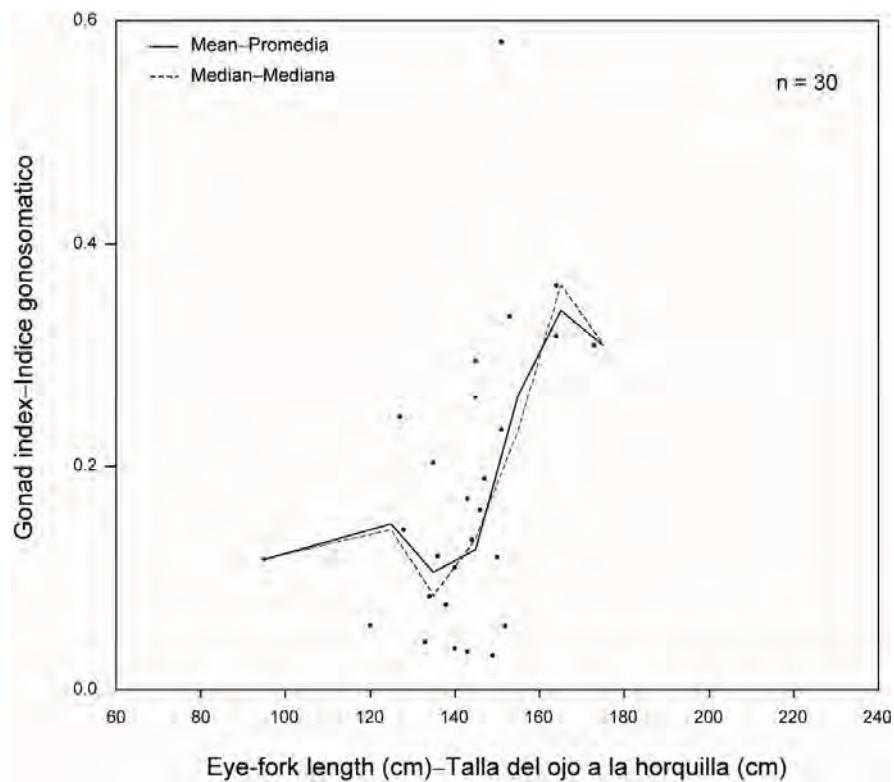


FIGURE 58. Relation between gonad index and length for female striped marlin, 1998-2003.

FIGURA 58. Relación entre índice gonadal y longitud para marlines rayados hembra, 1998-2003.

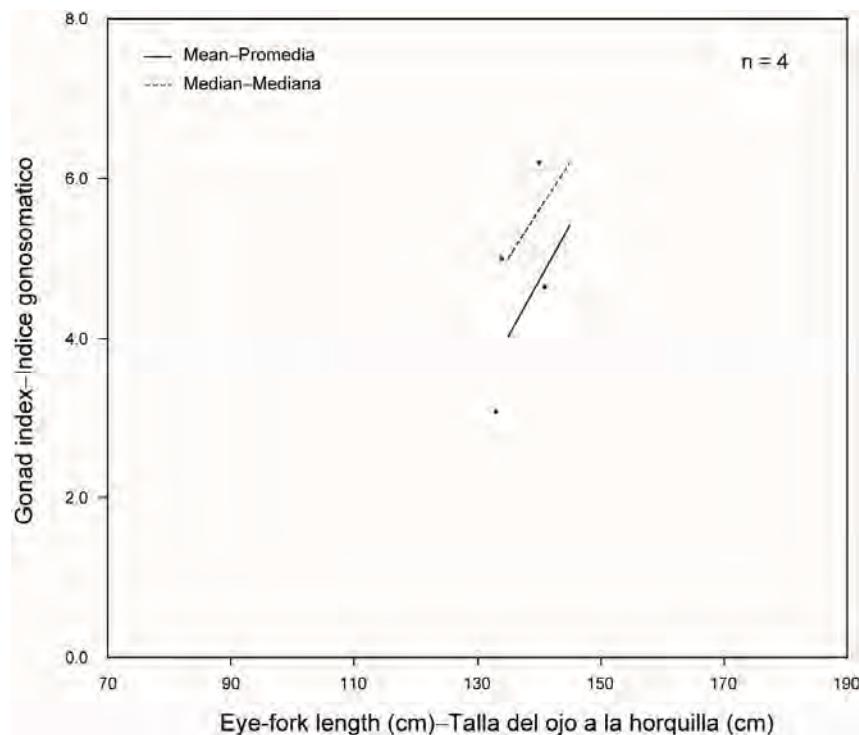


FIGURE 59. Relation between gonad index and length for female shortbill spearfish, 1998-2003.

FIGURA 59. Relación entre índice gonadal y longitud para marlines trompa corta hembra, 1998-2003.

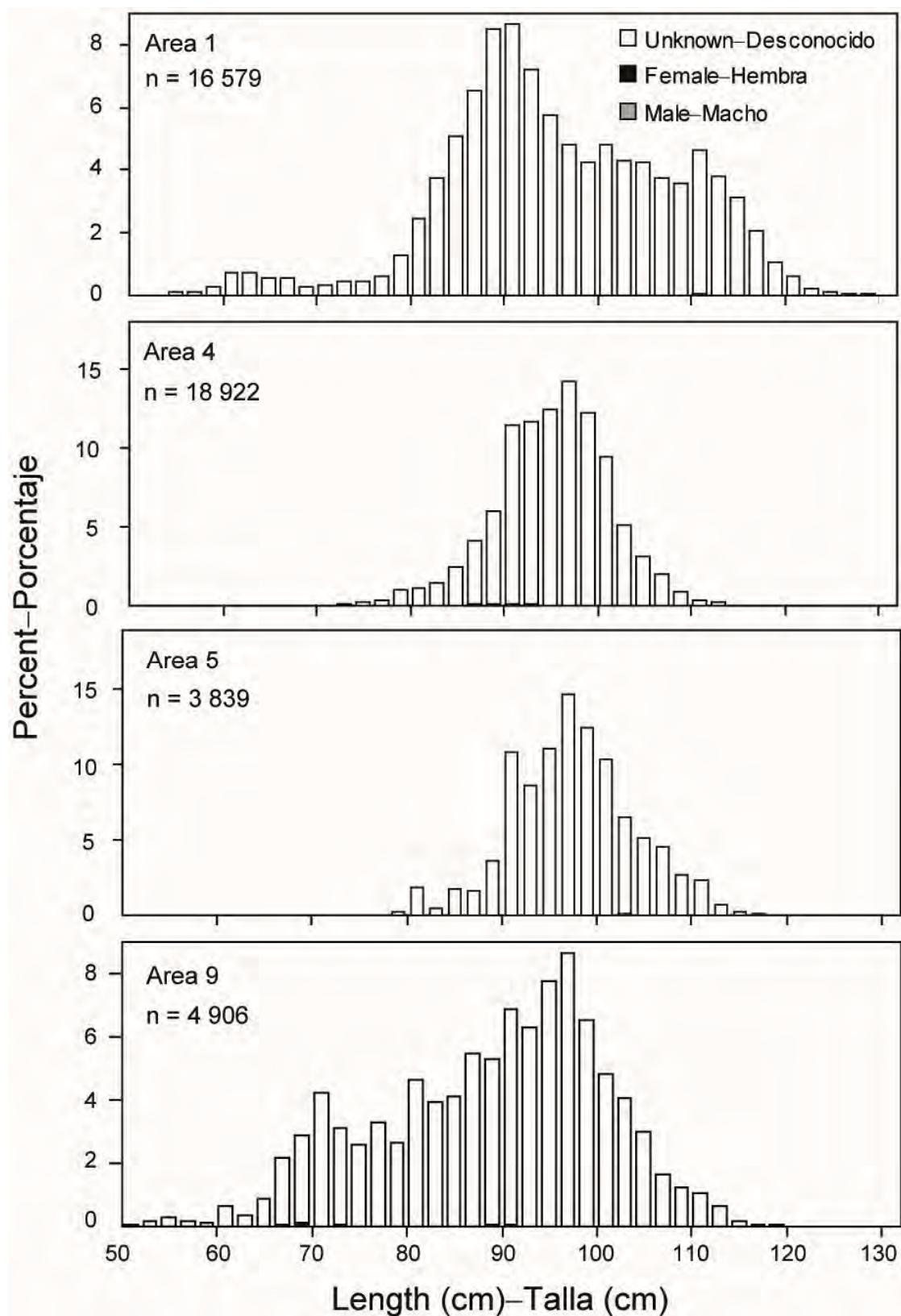


FIGURE 60. Length frequencies of albacore by area, 1998-2003.

FIGURA 60. Frecuencias de longitud de albacora por área, 1998-2003.

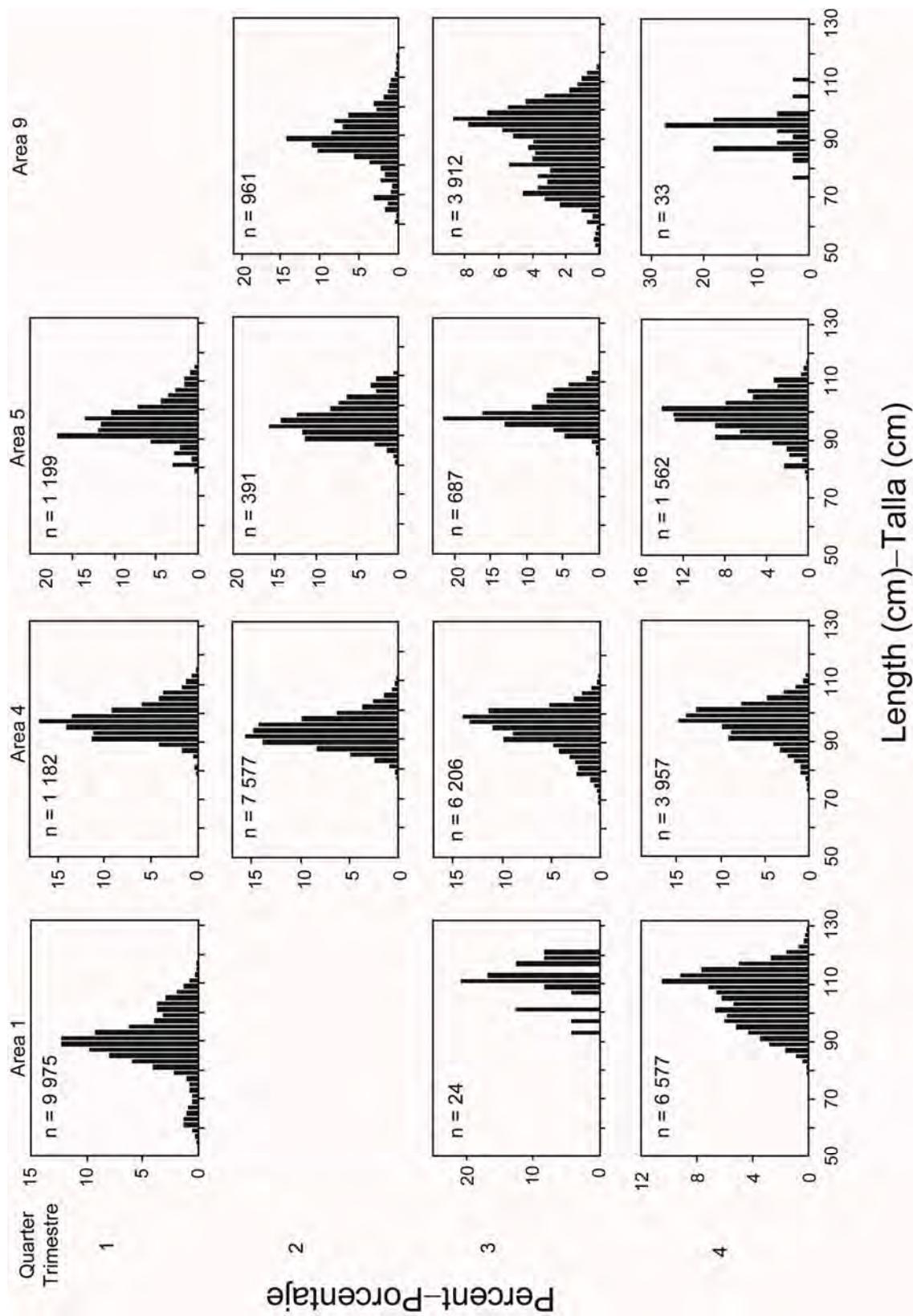


FIGURE 61. Quarterly length frequencies of albacore by area, 1998-2003.
FIGURA 61. Frecuencias de longitud trimestrales de albacora por área, 1998-2003.

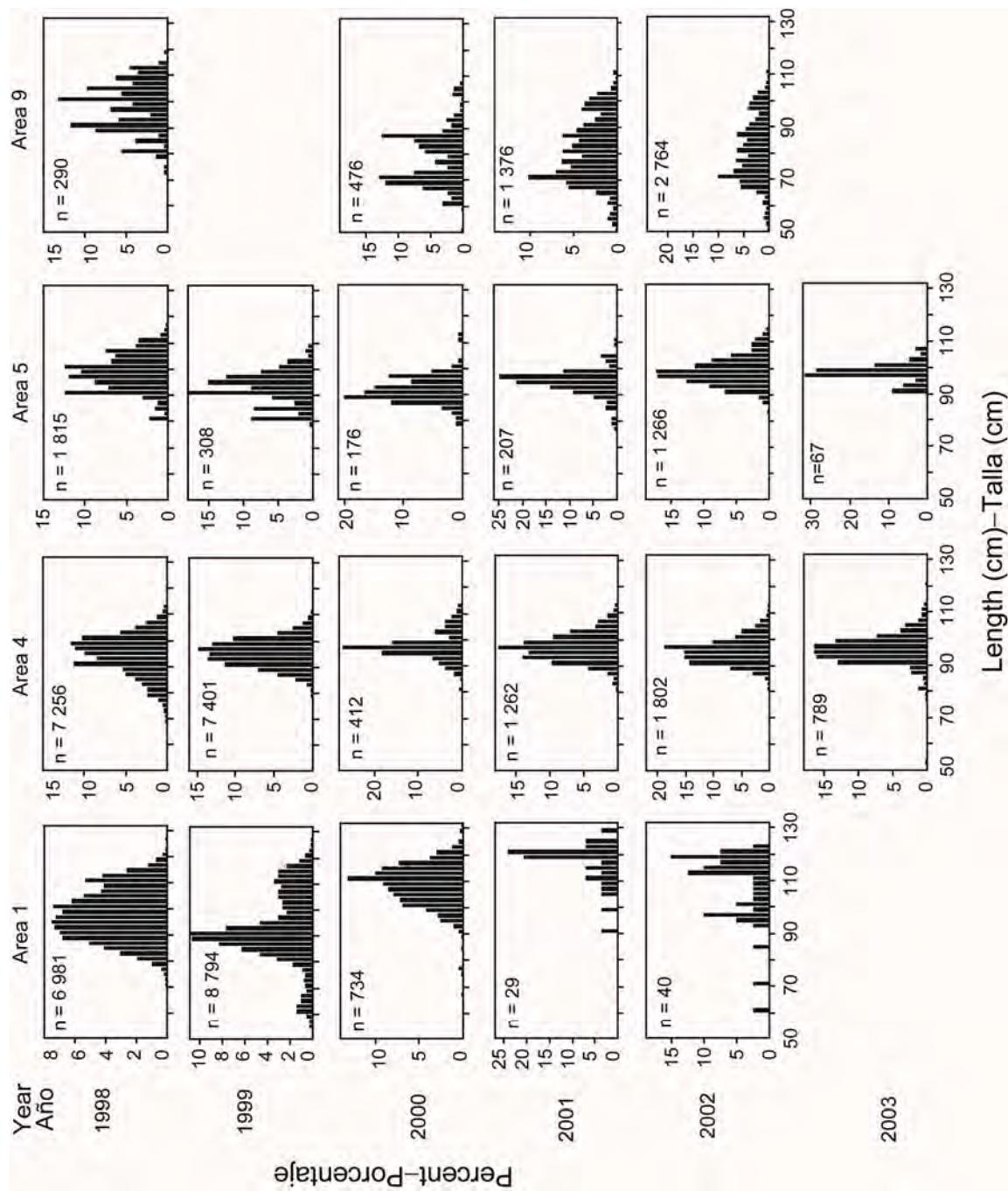


FIGURE 62. Annual length frequencies of albacore by area, 1998-2003.

FIGURA 62. Frecuencias de longitud anuales de albacora por área, 1998-2003.

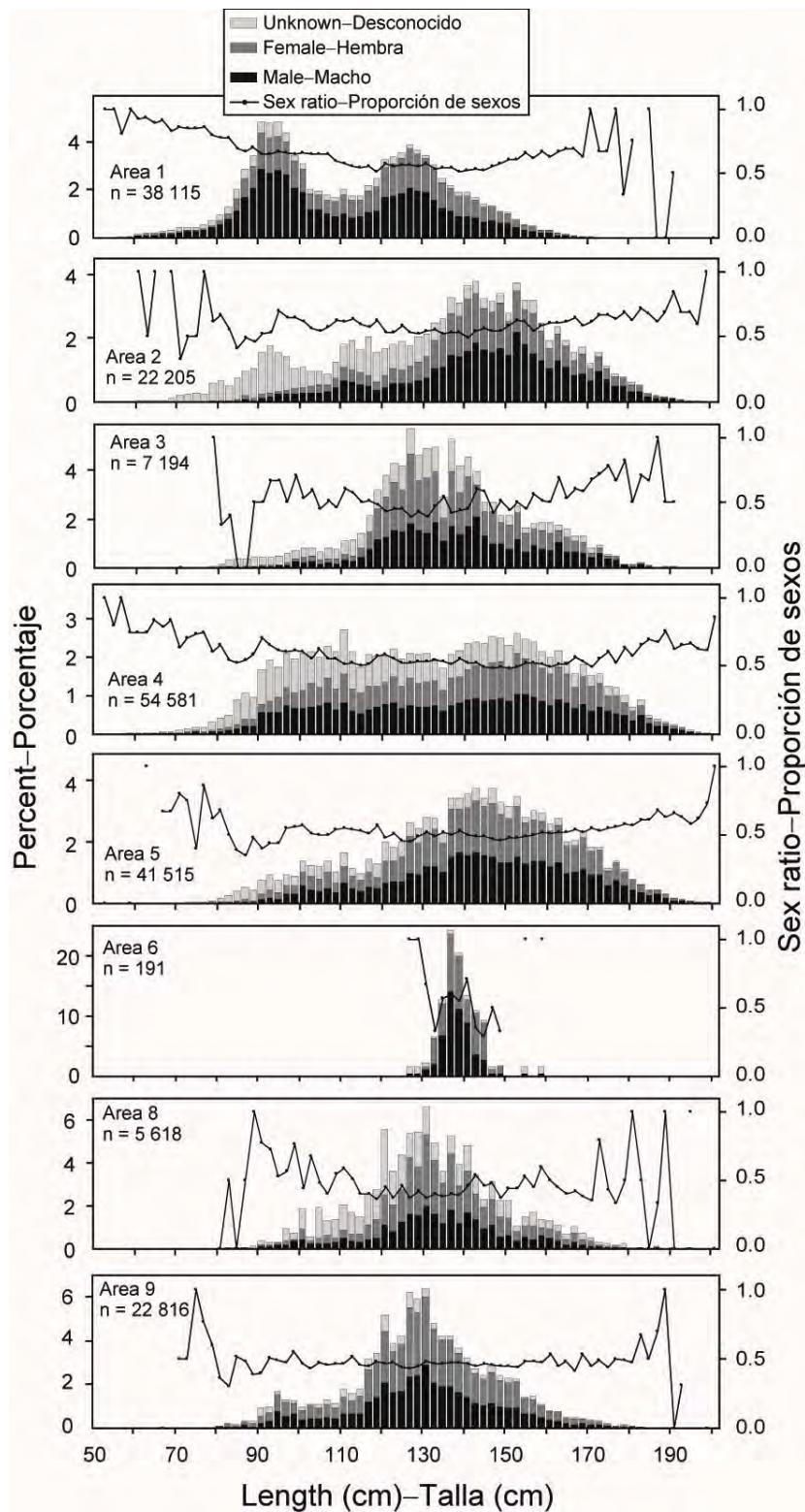


FIGURE 63. Length frequencies of bigeye by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 63. Frecuencias de talla de patudo por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

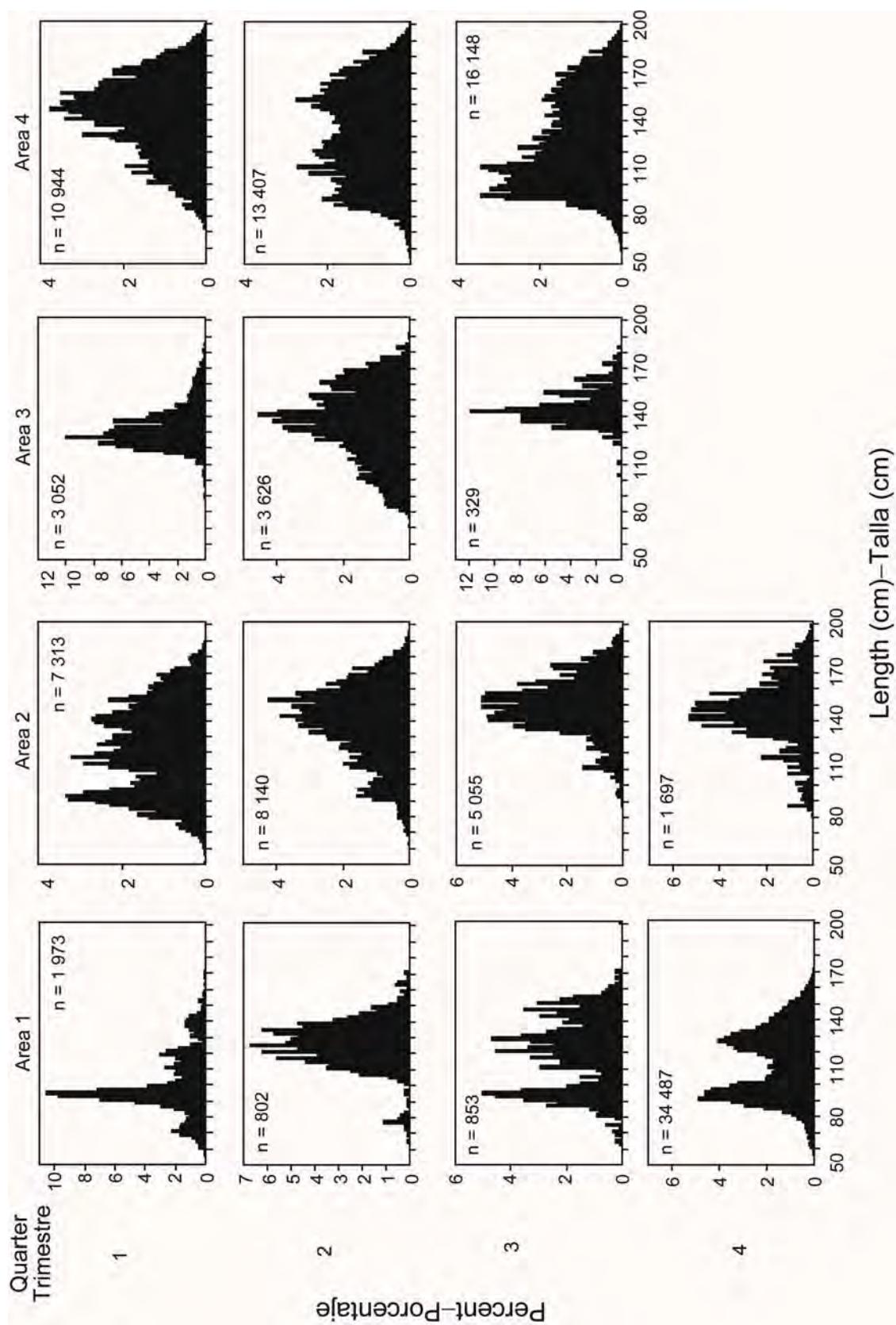


FIGURE 64. Quarterly length frequencies of bigeye by area, 1998-2003.

FIGURA 64. Frecuencias de longitud trimestrales de patudo por área, 1998-2003.

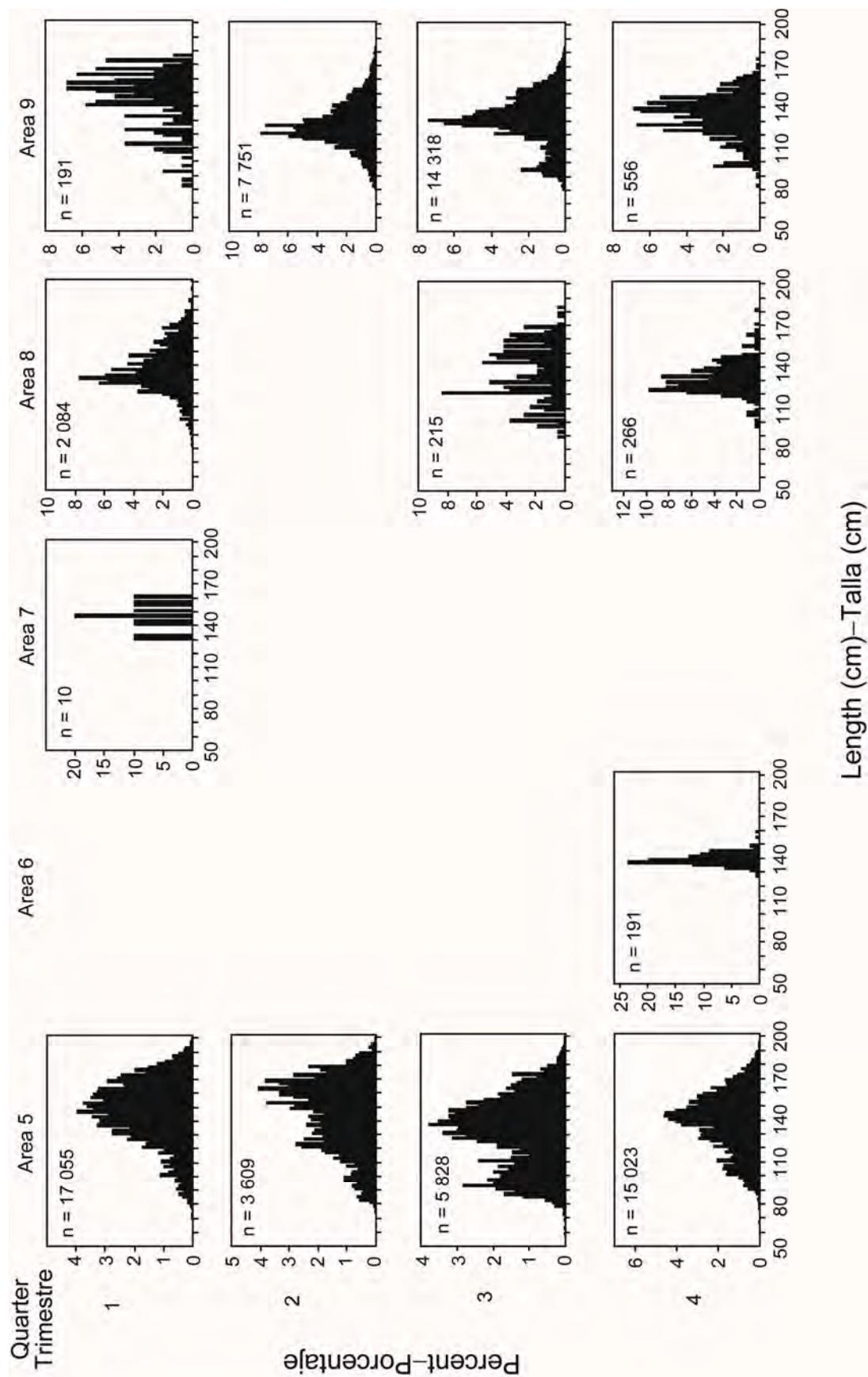


FIGURE 64. (continued)
FIGURA 64. (continuación)

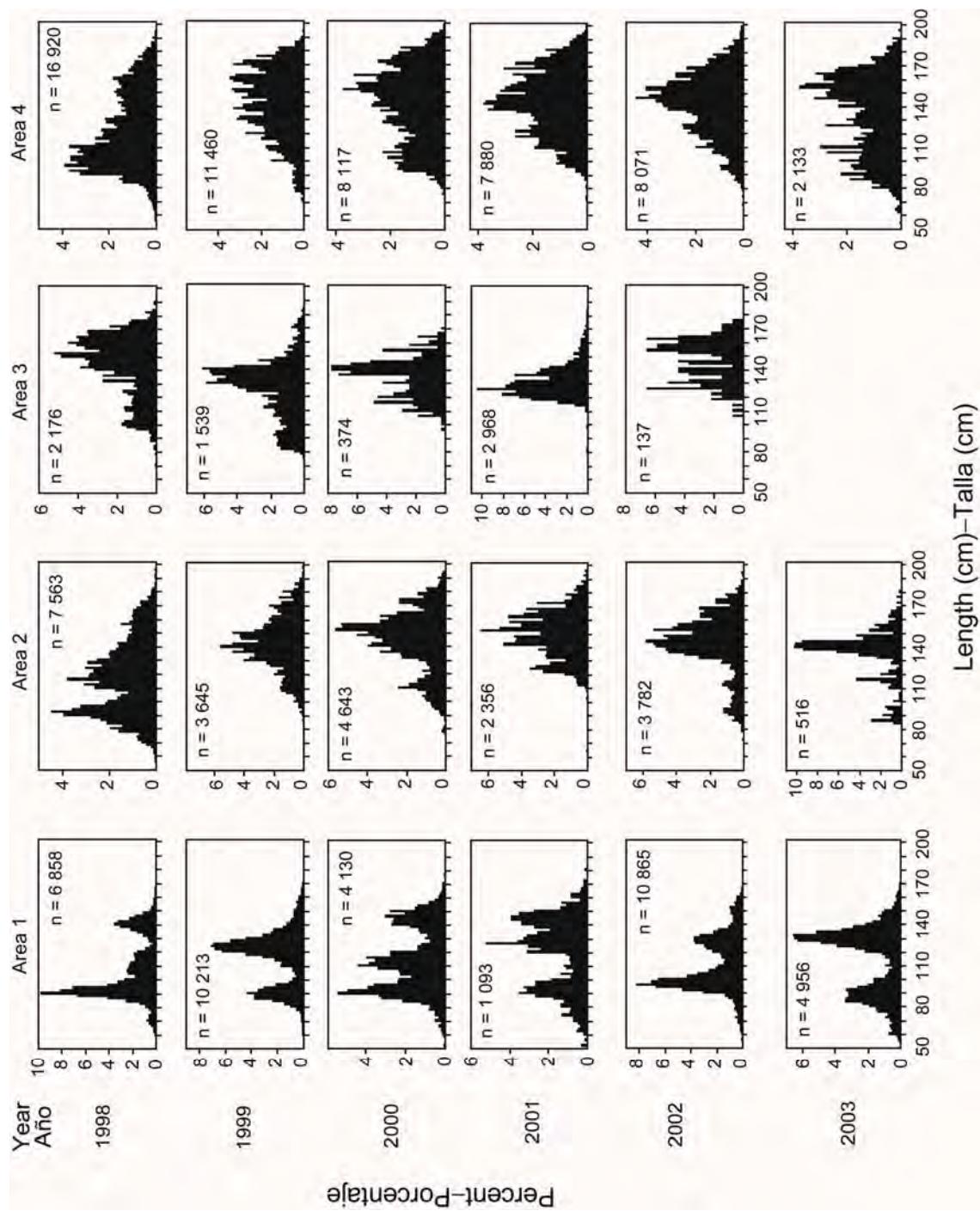


FIGURE 65. Annual length frequencies of bigeye by area, 1998-2003
FIGURA 65. Frecuencias de longitud anuales de patudo por área, 1998-2003.

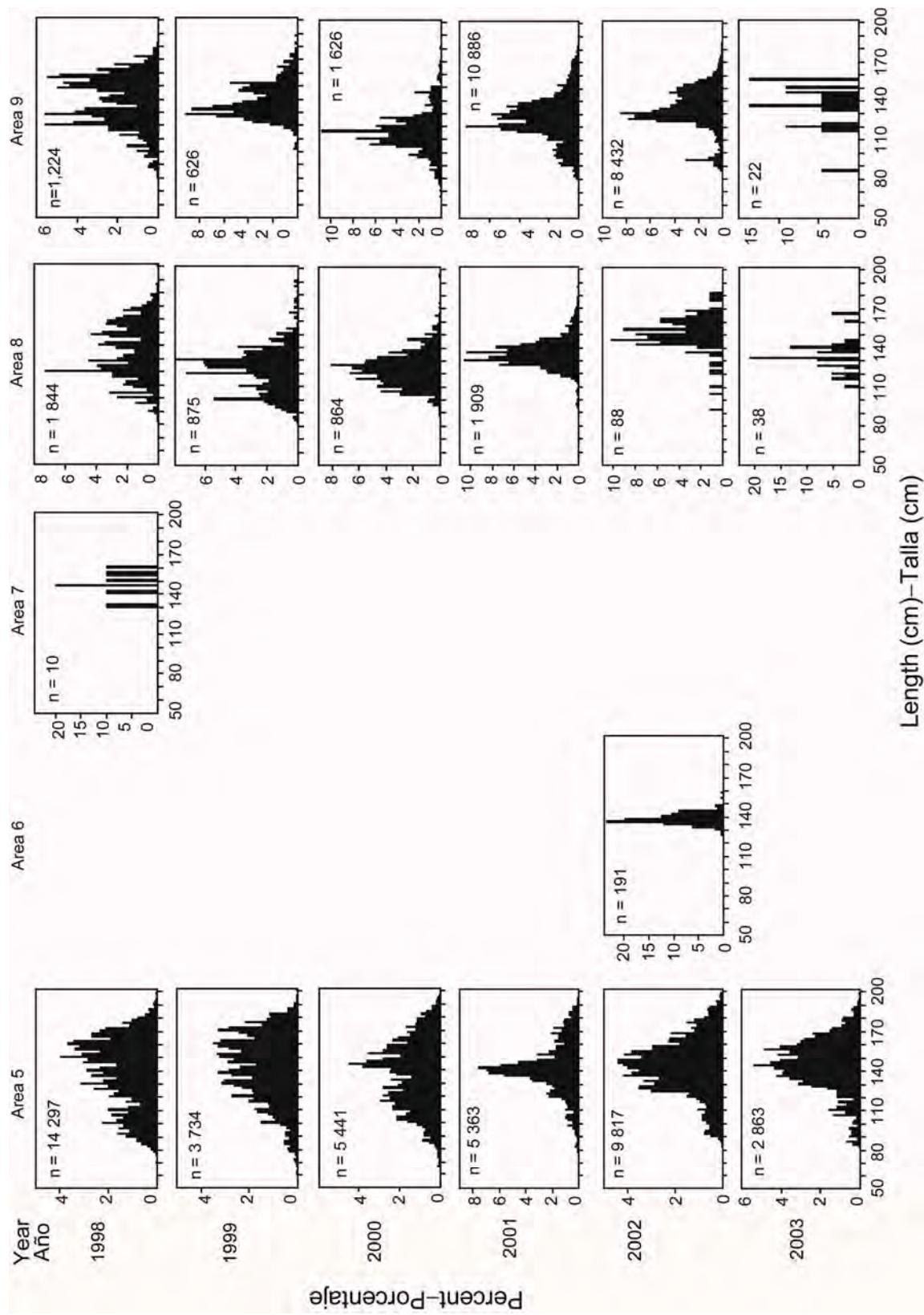


FIGURE 65. (continued)
FIGURA 65. (continuación)

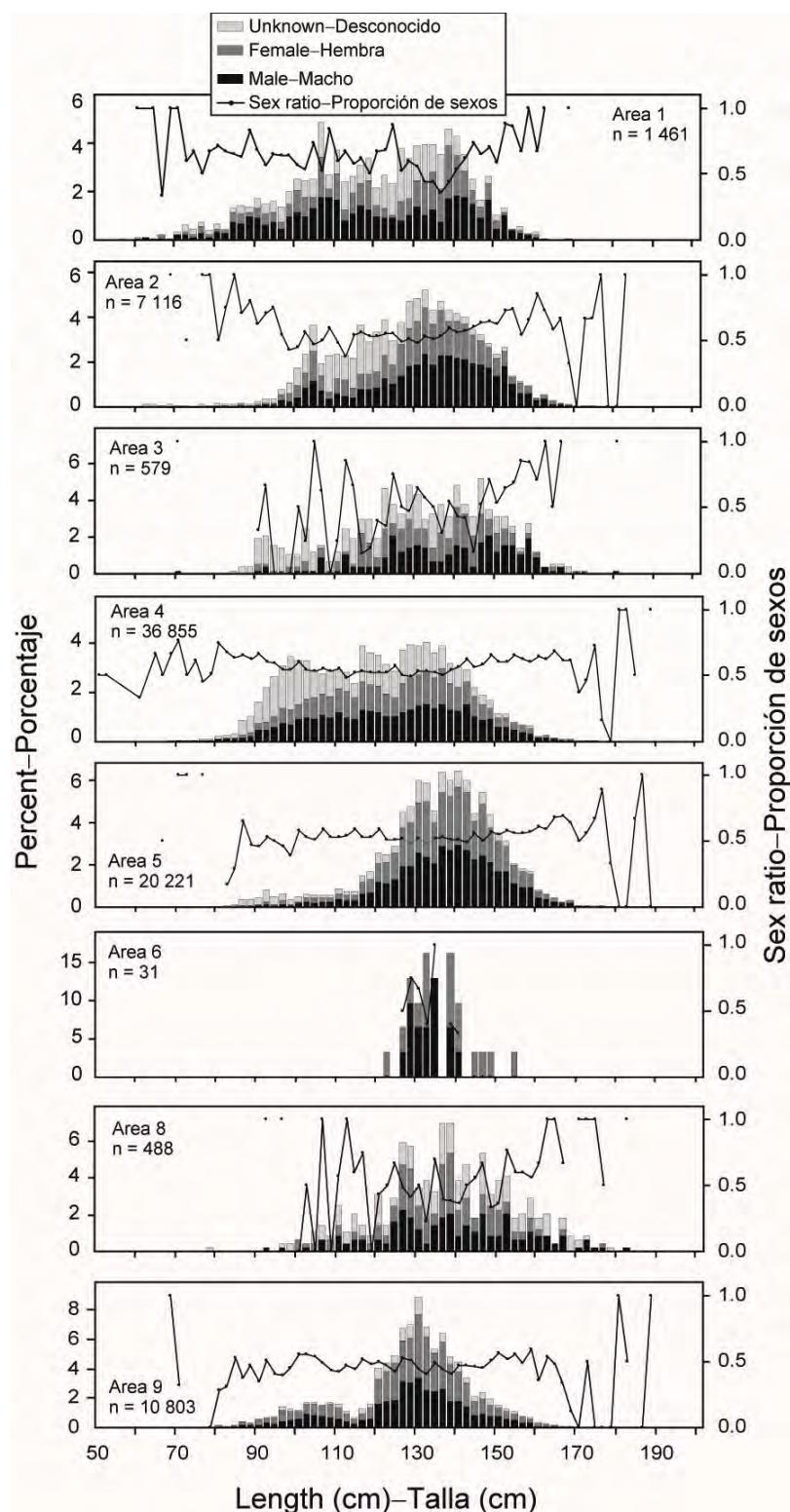


FIGURE 66. Length frequencies of yellowfin by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 66. Frecuencias de talla de aleta amarilla por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

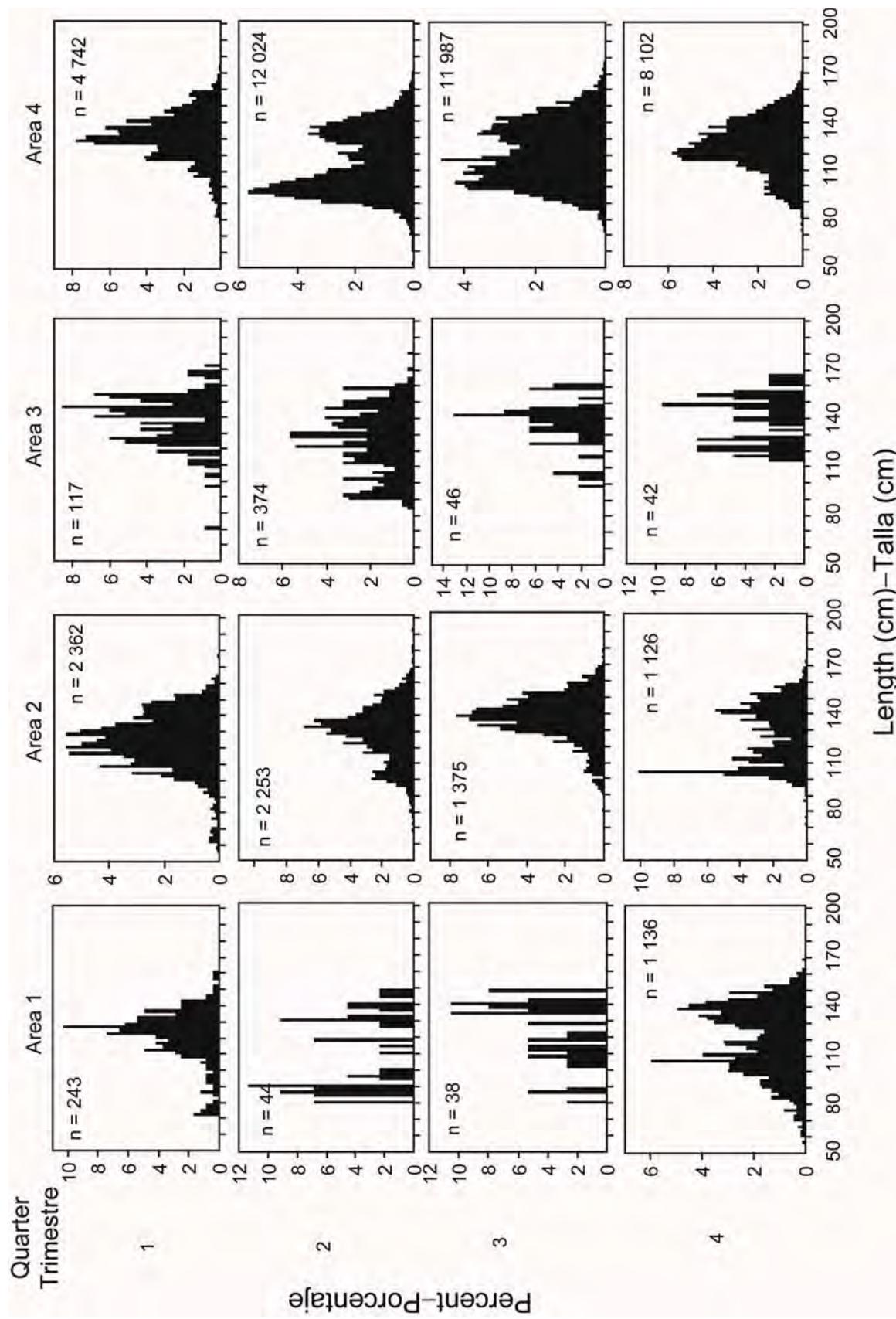


FIGURE 67. Quarterly length frequencies of yellowfin by area, 1998-2003
FIGURA 67. Frecuencias de longitud trimestrales de atleta amarilla por área, 1998-2003.

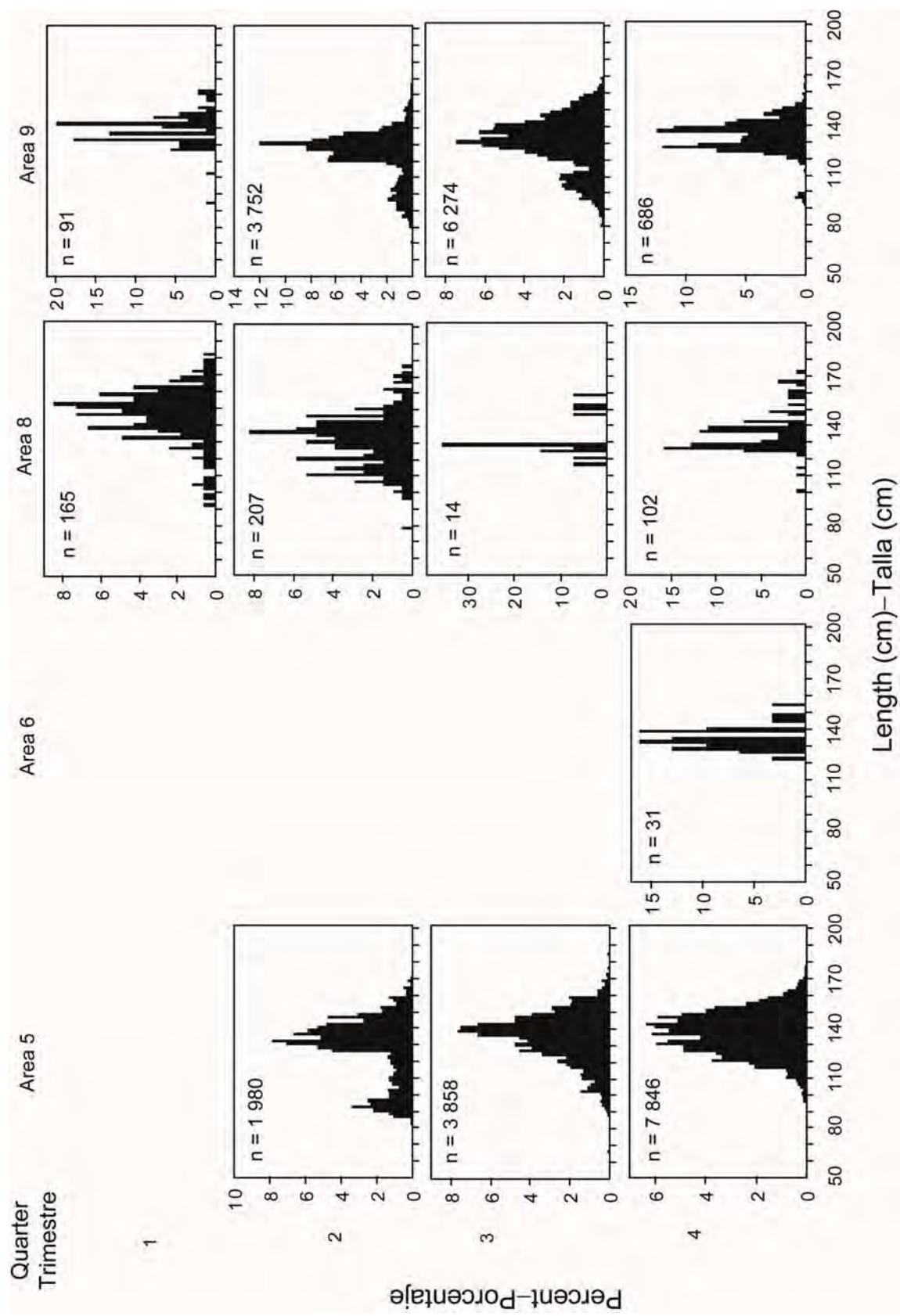


FIGURE 67. (continued)
FIGURA 67. (continuación)

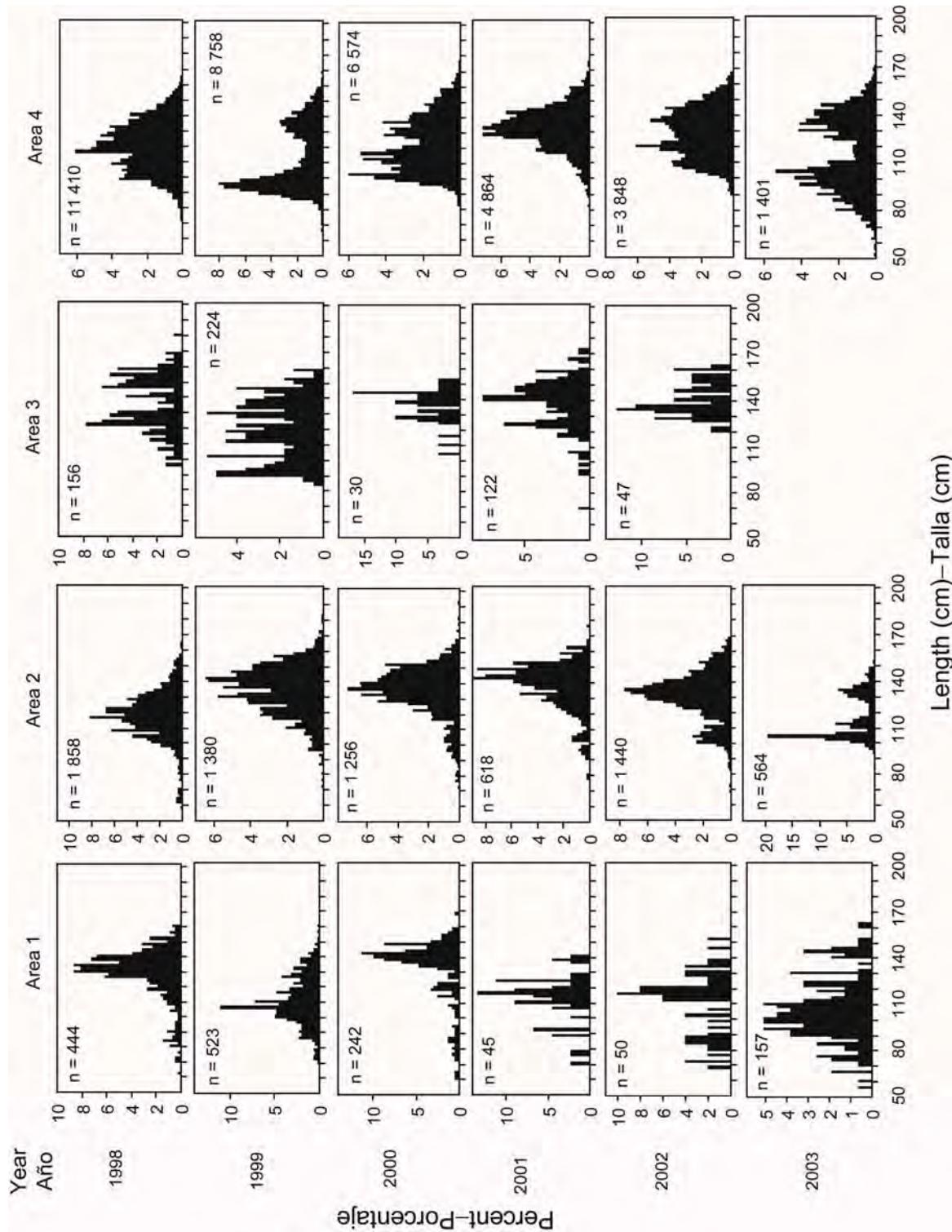


FIGURE 68. Annual length frequencies of yellowfin by area, 1998-2003.
FIGURA 68. Frecuencias de longitud anuales de aleta amarilla por área, 1998-2003.

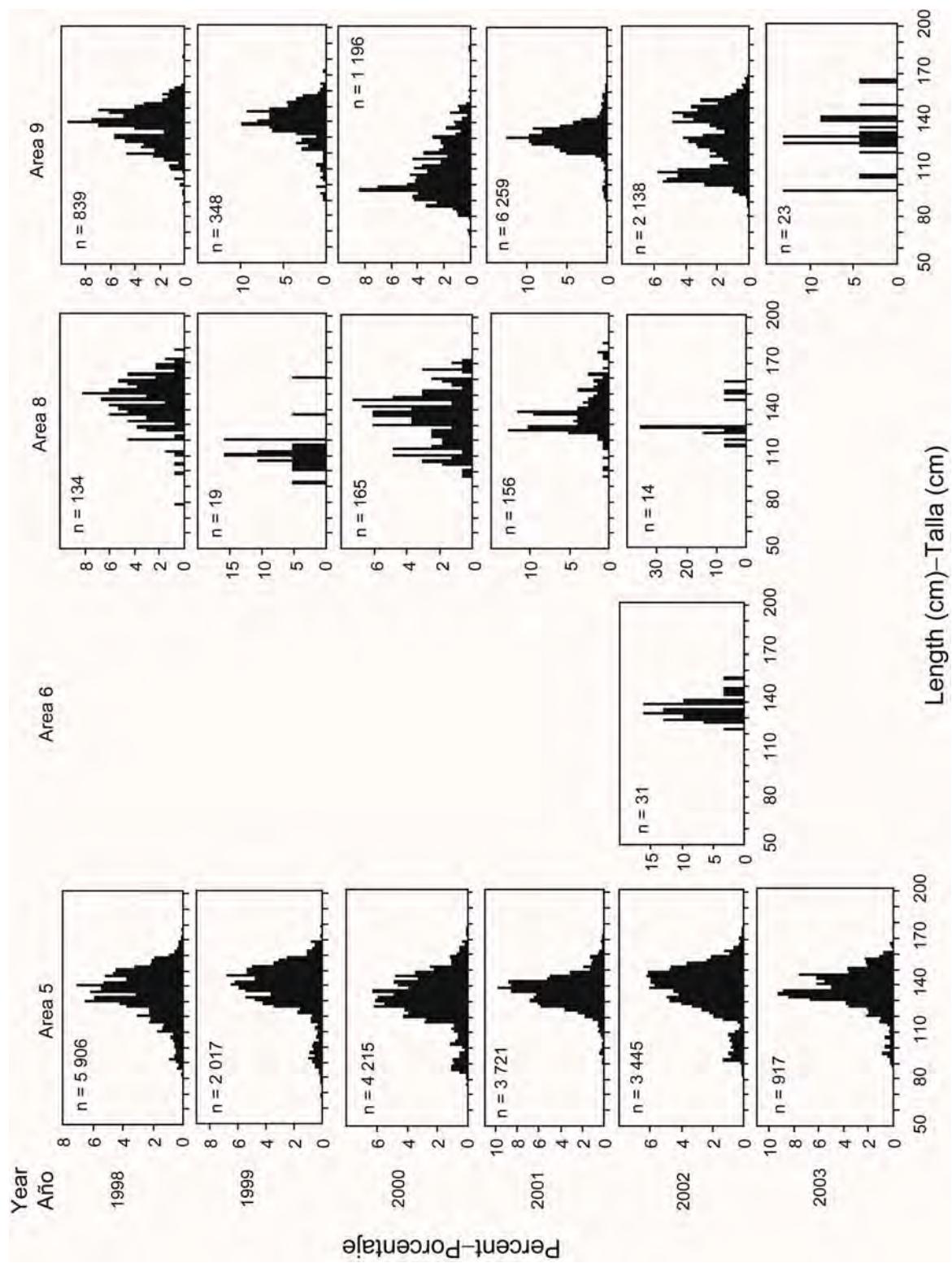


FIGURE 68. (continued)
FIGURA 68. (continuación)

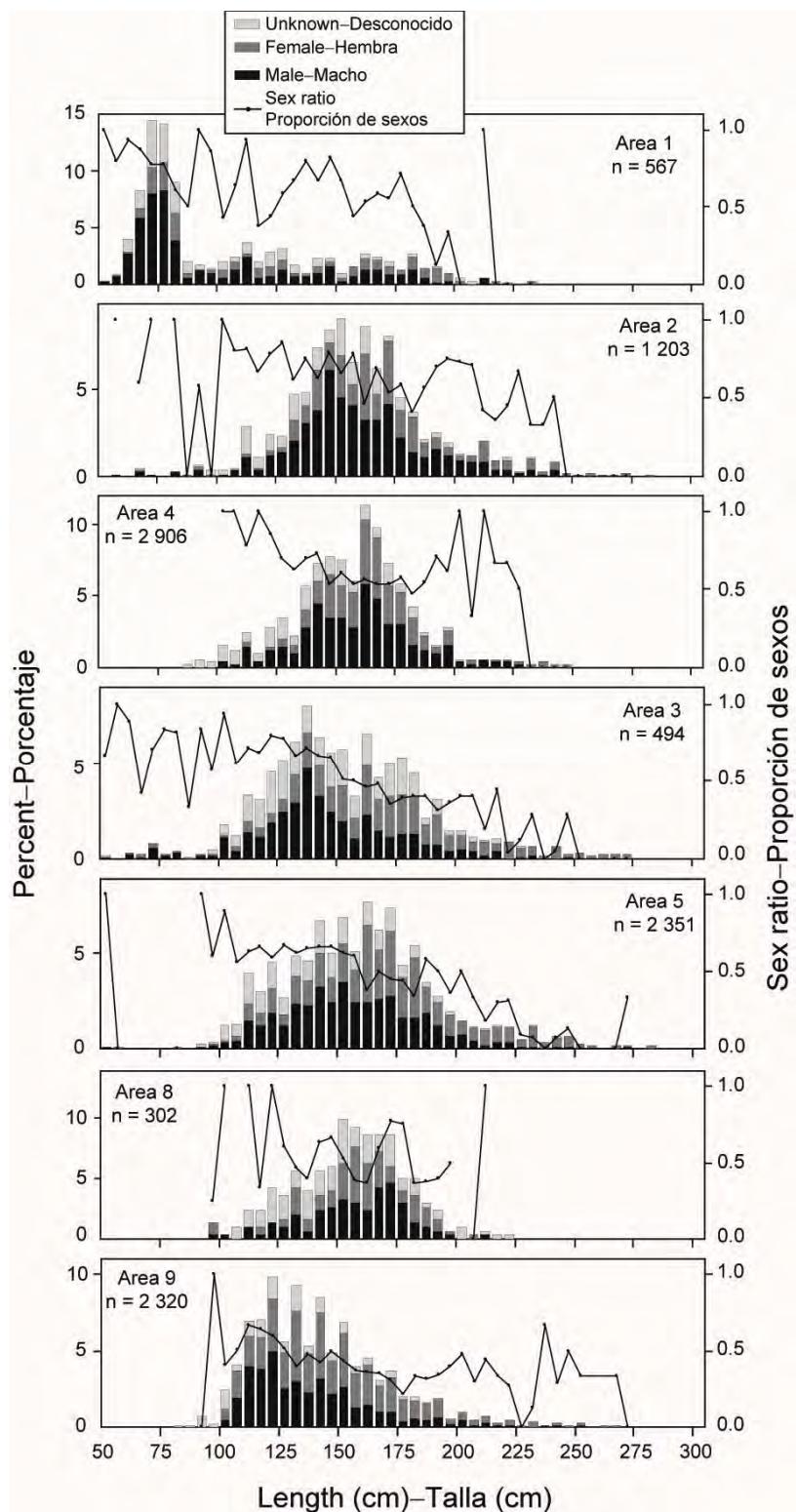


FIGURE 69. Length frequencies of swordfish by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 69. Frecuencias de talla de pez espada por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

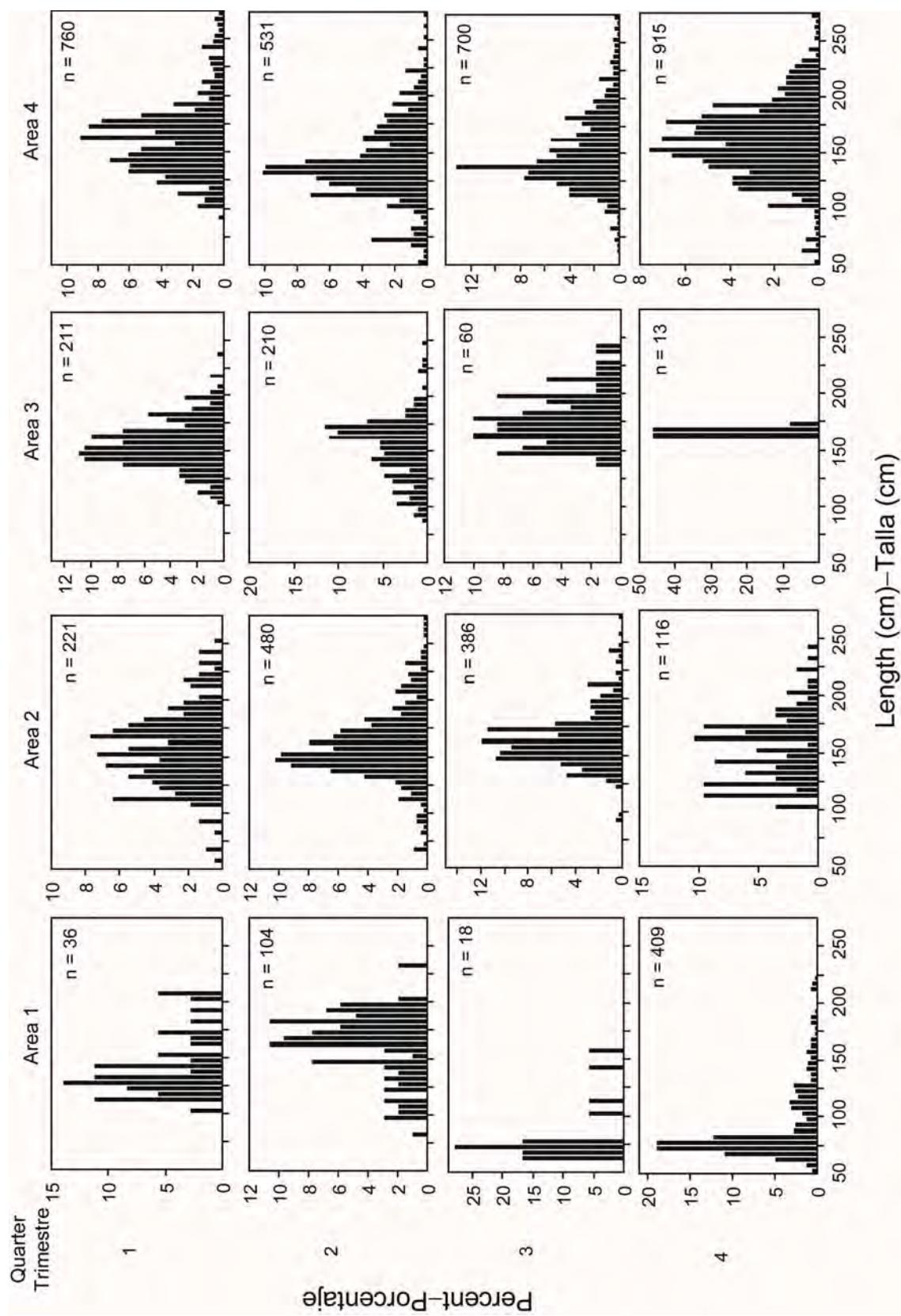


FIGURE 70. Quarterly length frequencies of swordfish by area, 1998-2003.

FIGURA 70. Frecuencias de longitud trimestrales de pez espada por área, 1998-2003.

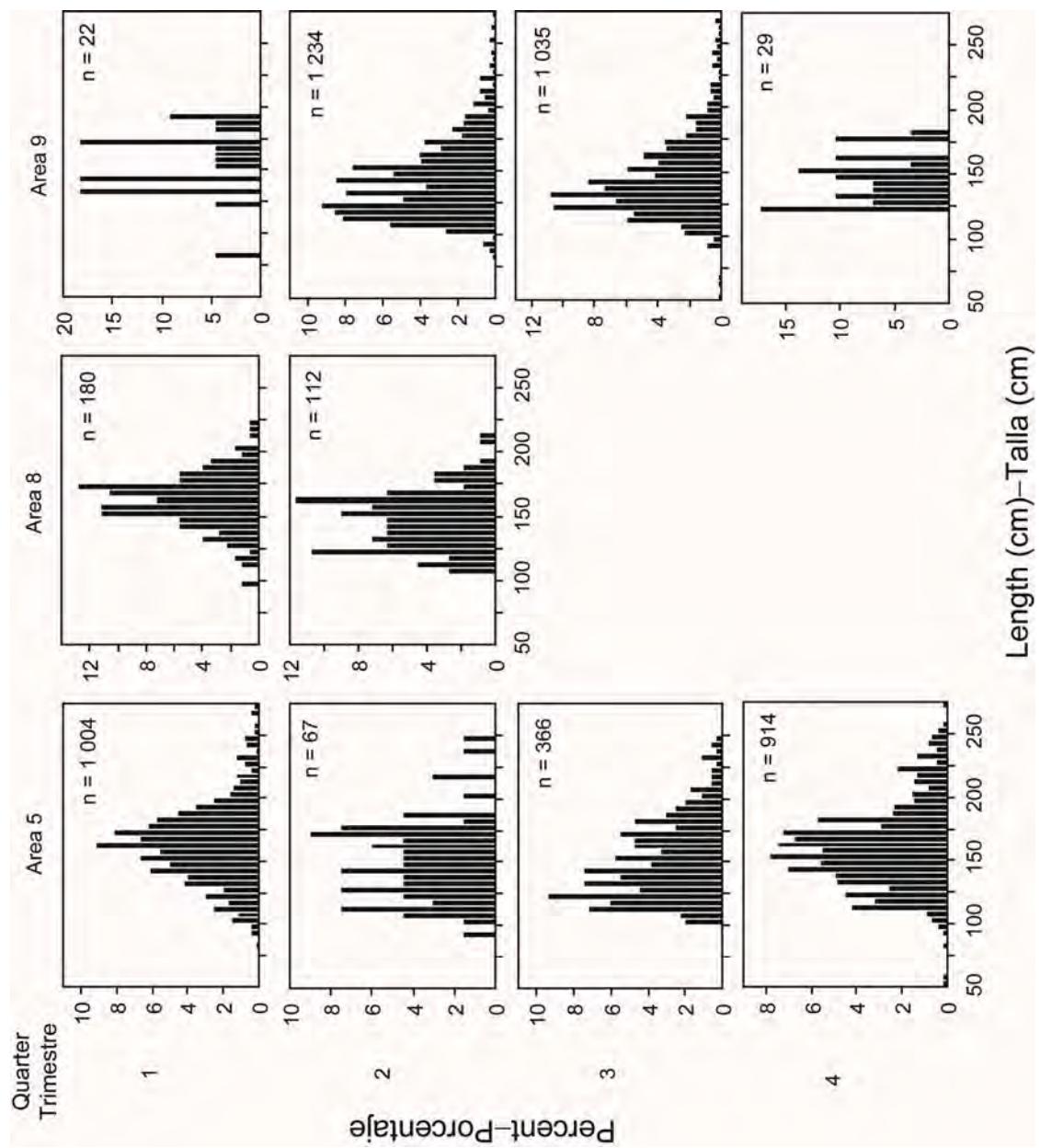


FIGURE 70. (continued)
FIGURA 70. (continuación)

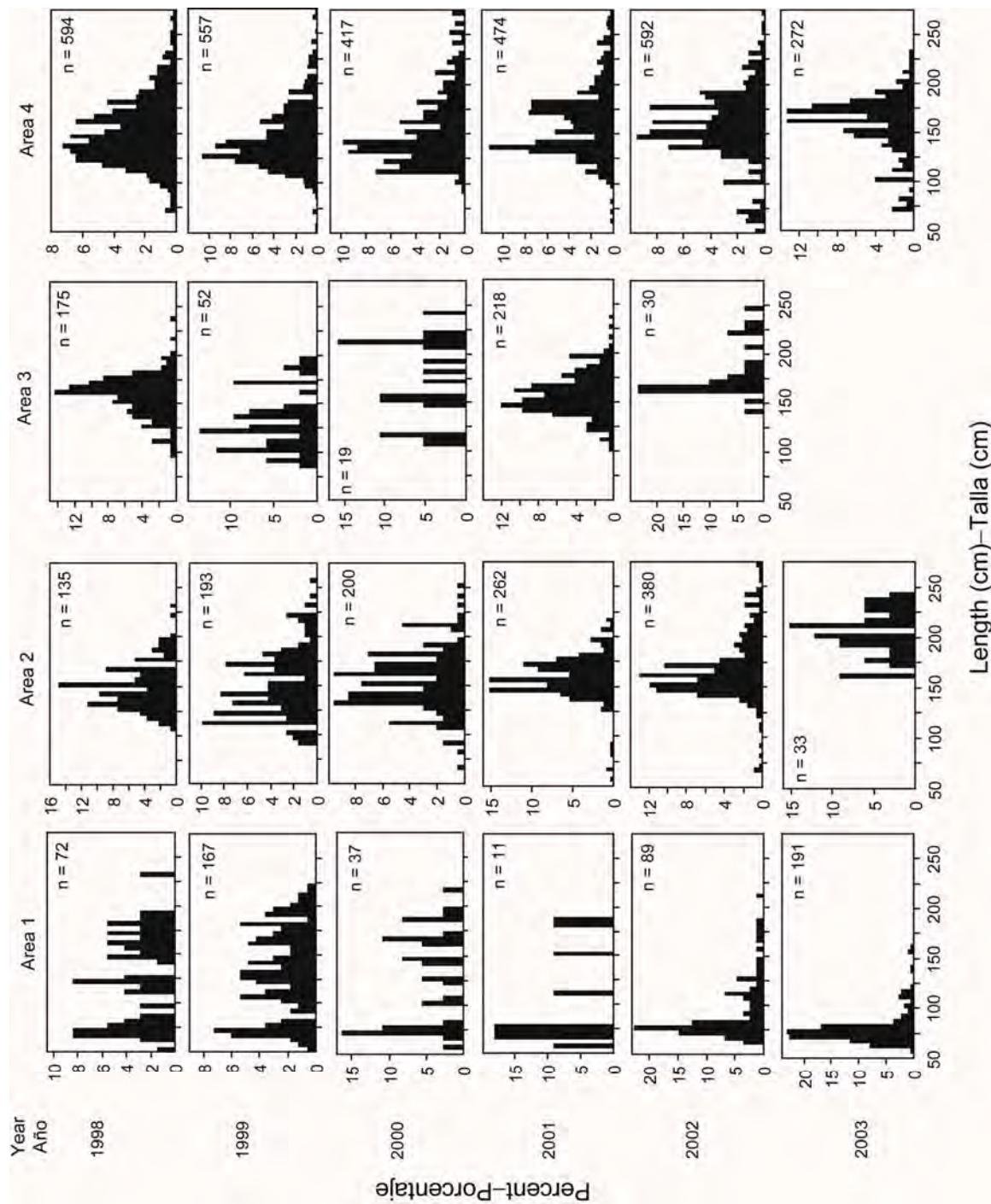


FIGURE 71. Annual length frequencies of swordfish by area, 1998-2003.
 FIGURA 71. Frecuencias de longitud anuales de pez espada por área, 1998-2003.

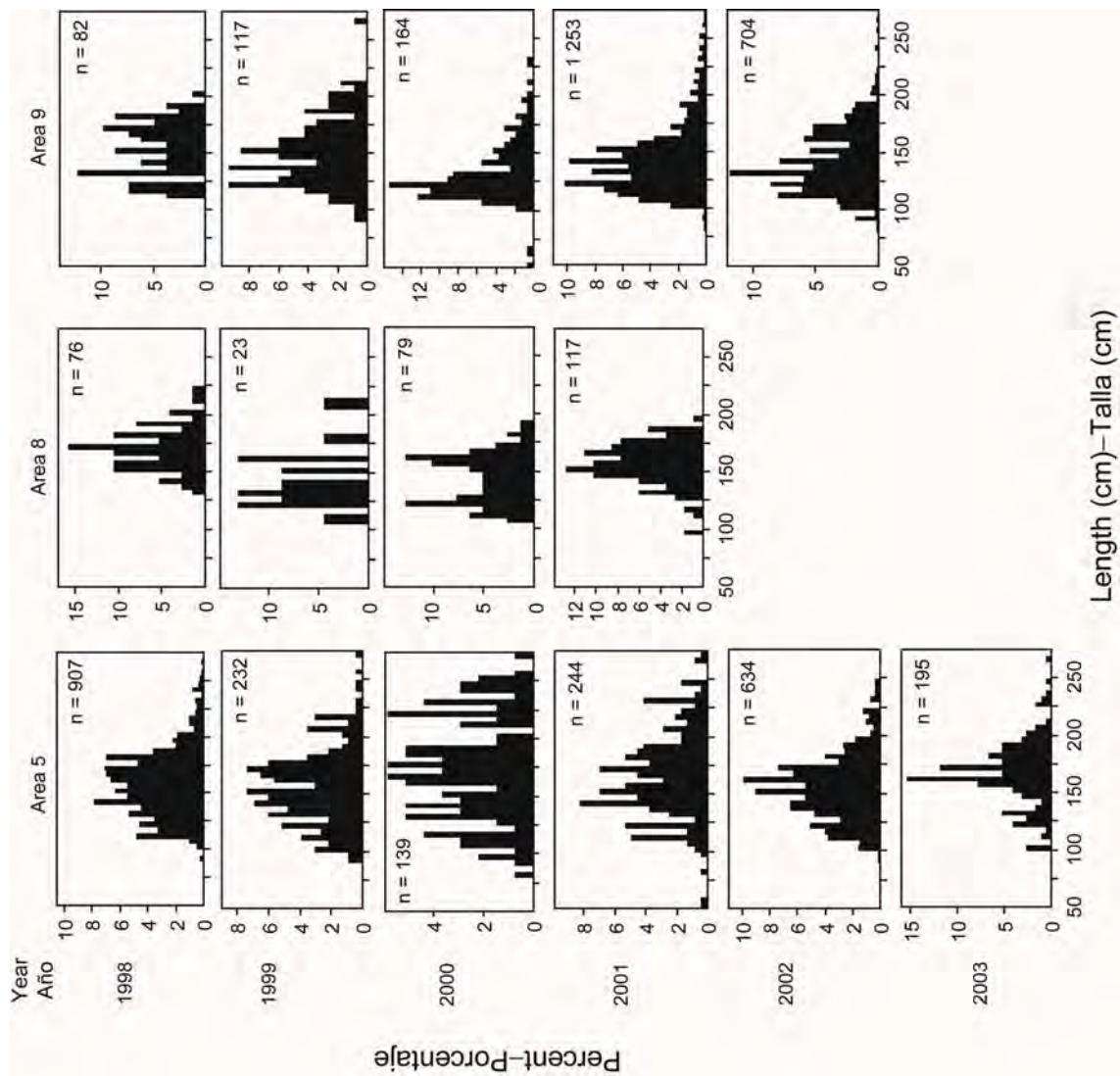


FIGURE 71. (continued)
FIGURA 71. (continuación)

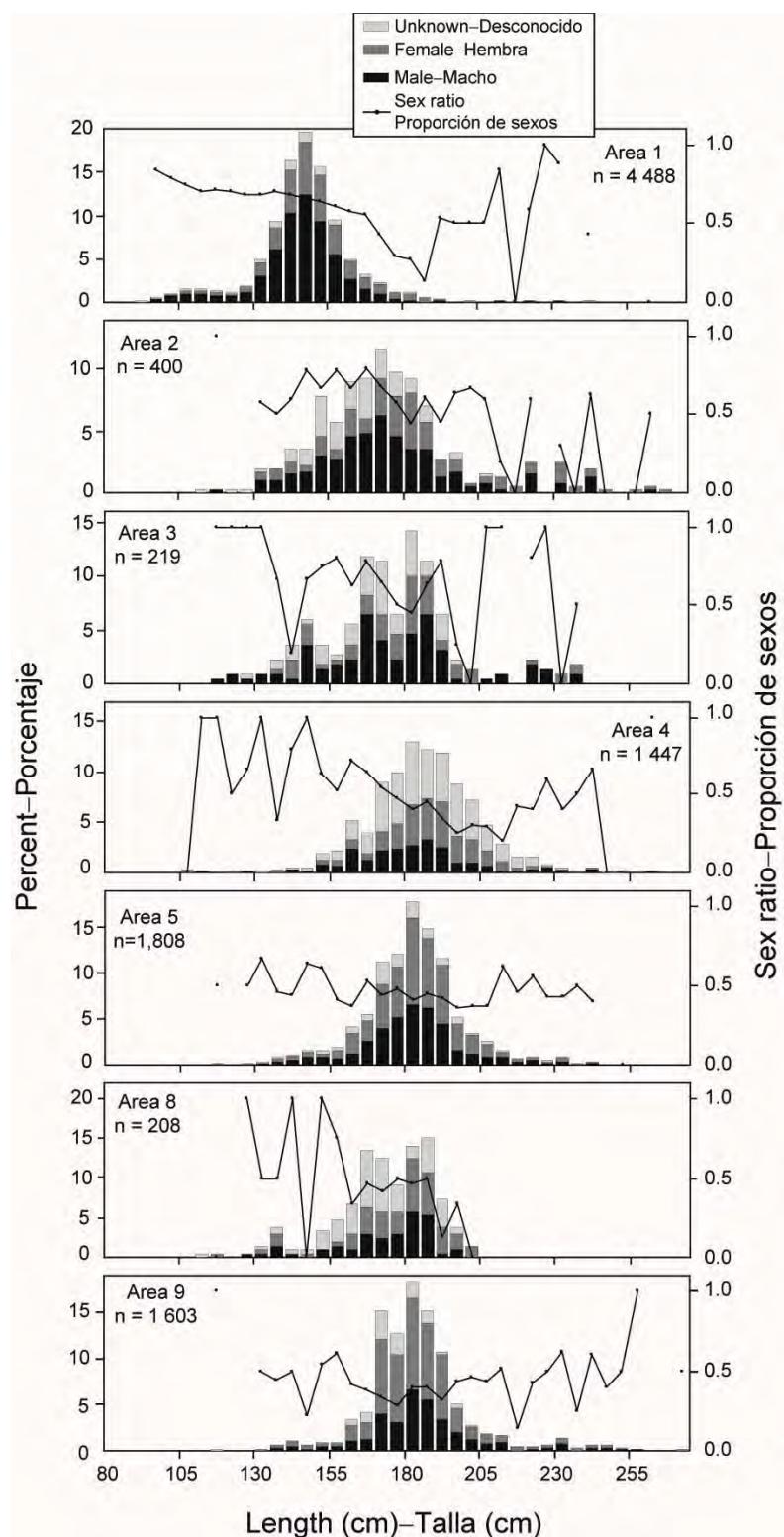


FIGURE 72. Length frequencies of striped marlin by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 72. Frecuencias de talla de marlín rayado por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

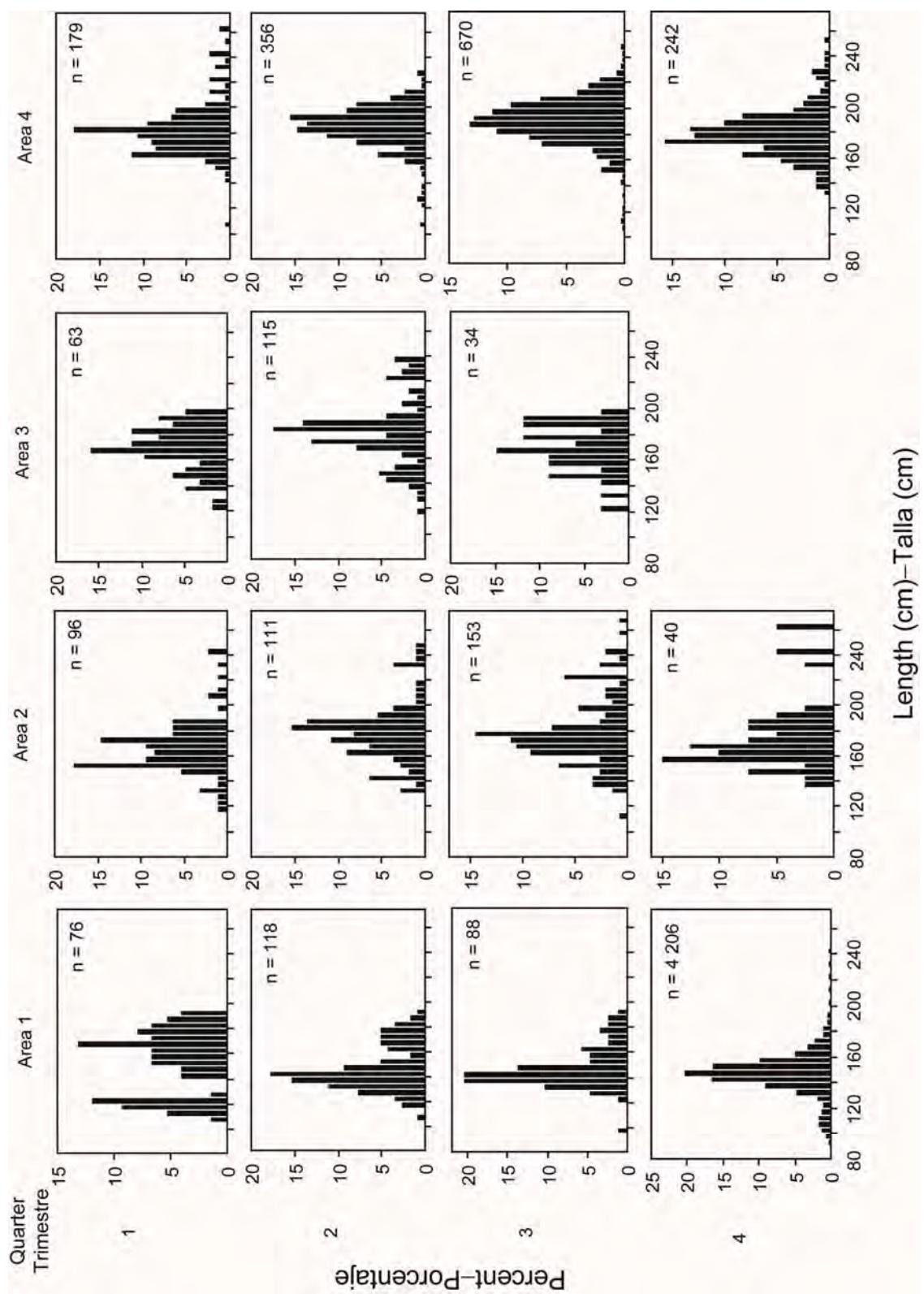


FIGURE 73. Quarterly length frequencies of striped marlin by area, 1998-2003.
 FIGURA 73. Frecuencias de longitud trimestral de marlin rayado por área, 1998-2003.

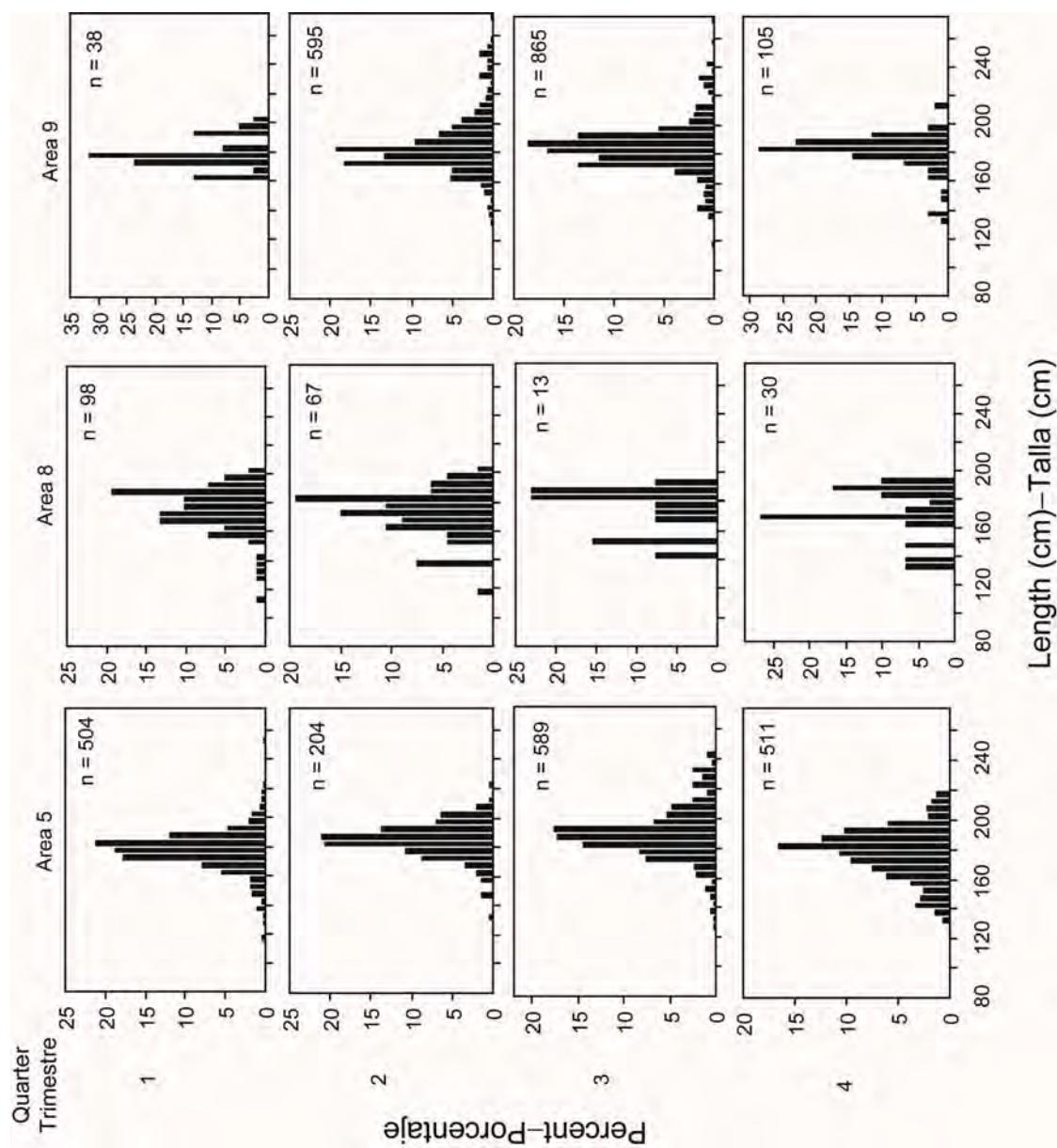


FIGURE 73. (continued)
FIGURA 73. (continuación)

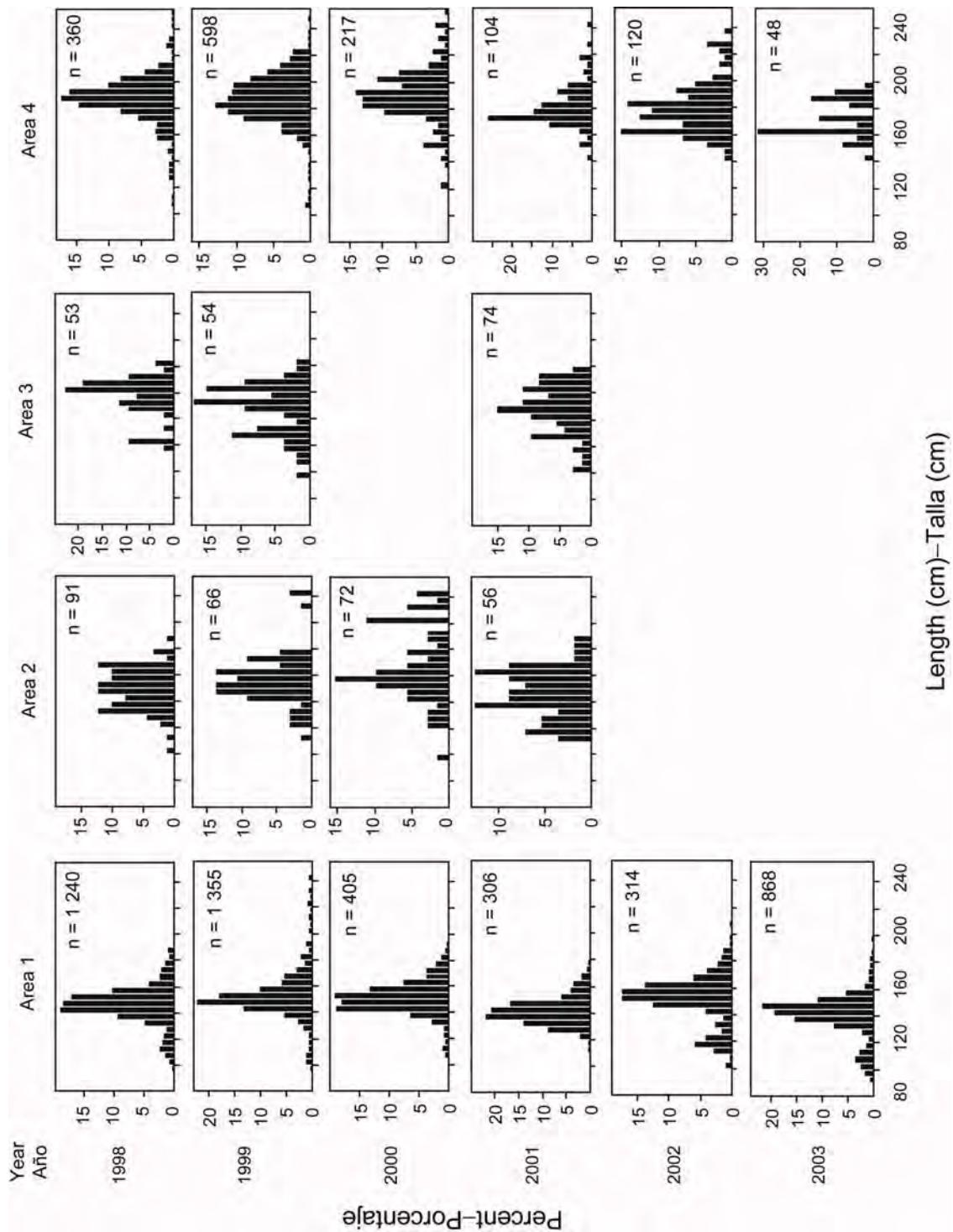


FIGURE 74. Annual length frequencies of striped marlin by area, 1998-2003.
FIGURA 74. Frecuencias de longitud anuales de marlín rayado por área, 1998-2003.

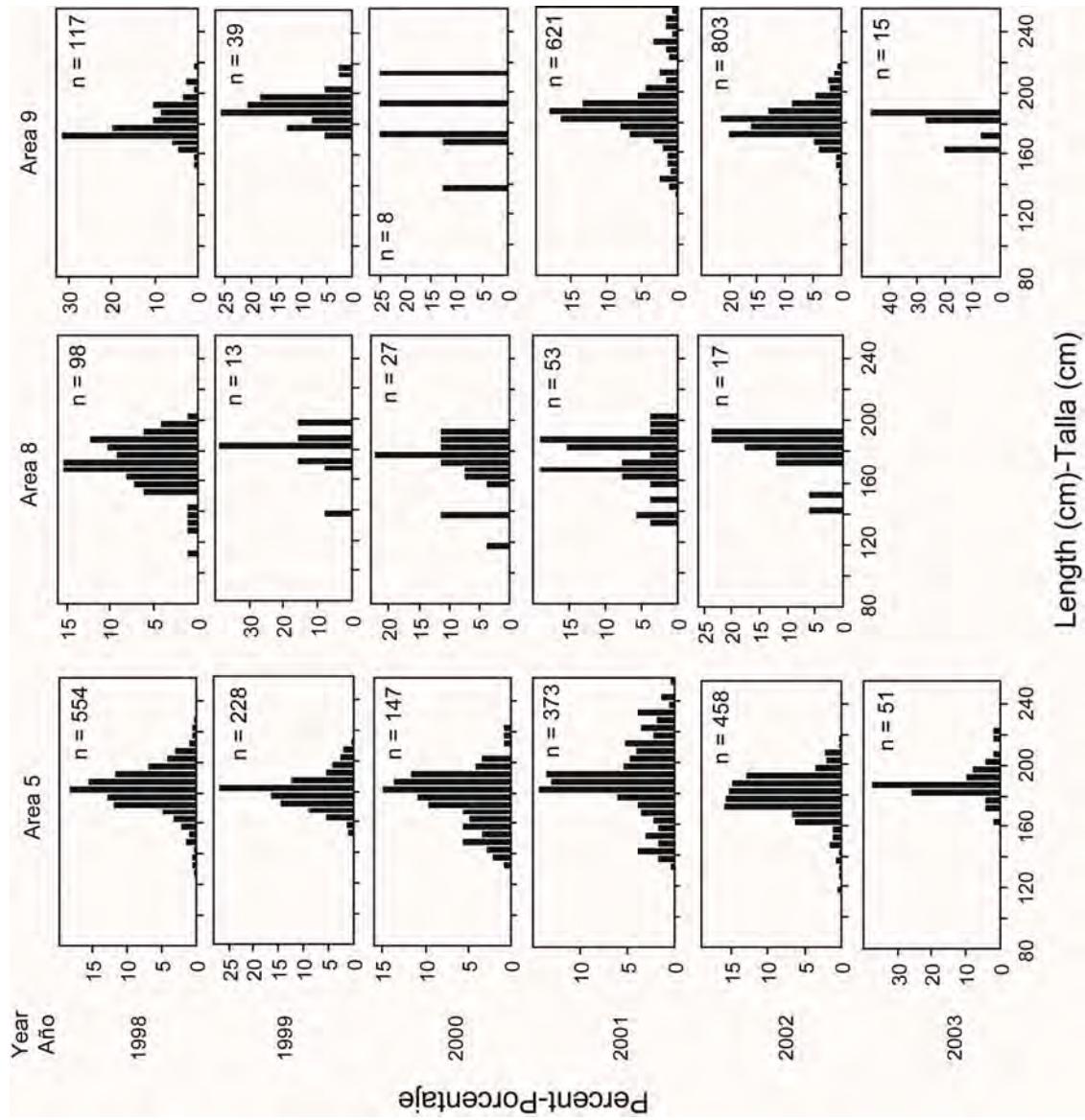


FIGURE 74. (continued)
FIGURA 74. (continuación)

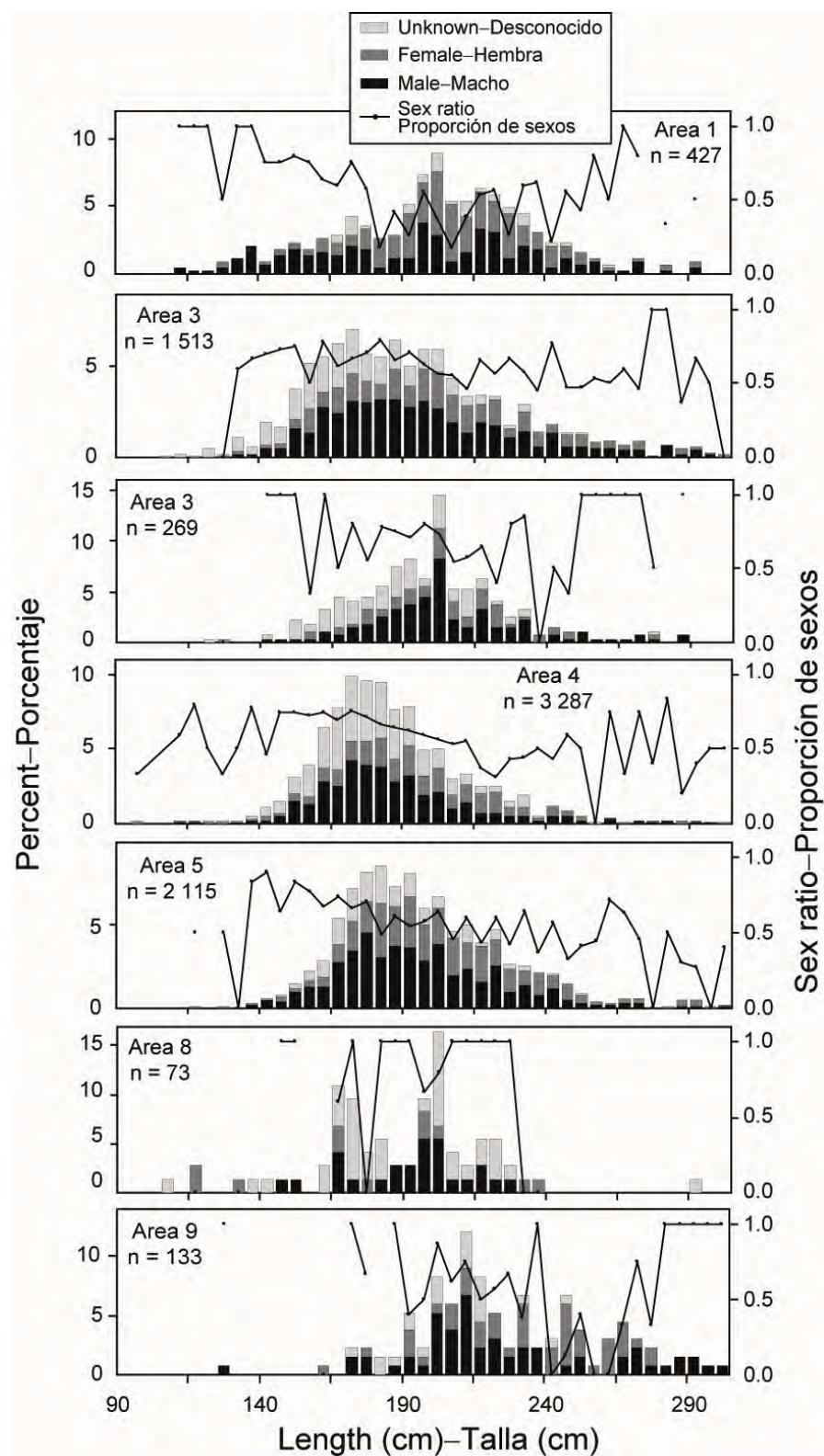


FIGURE 75. Length frequencies of blue marlin by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 75. Frecuencias de longitud de marlín azul por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

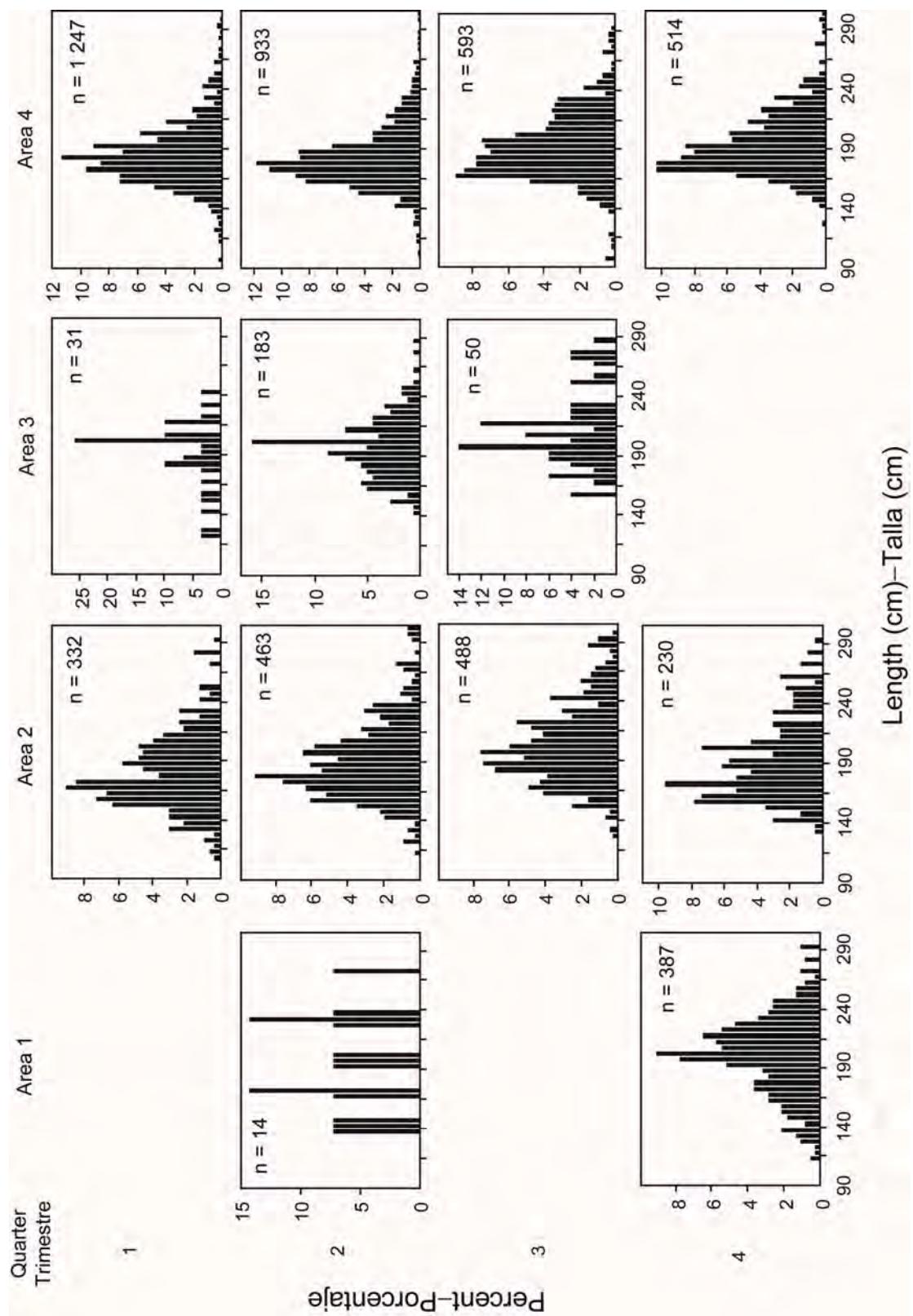


FIGURE 76. Quarterly length frequencies of blue marlin by area, 1998-2003.

FIGURA 76. Frecuencias de longitud trimestrales de marlin azul por área, 1998-2003.

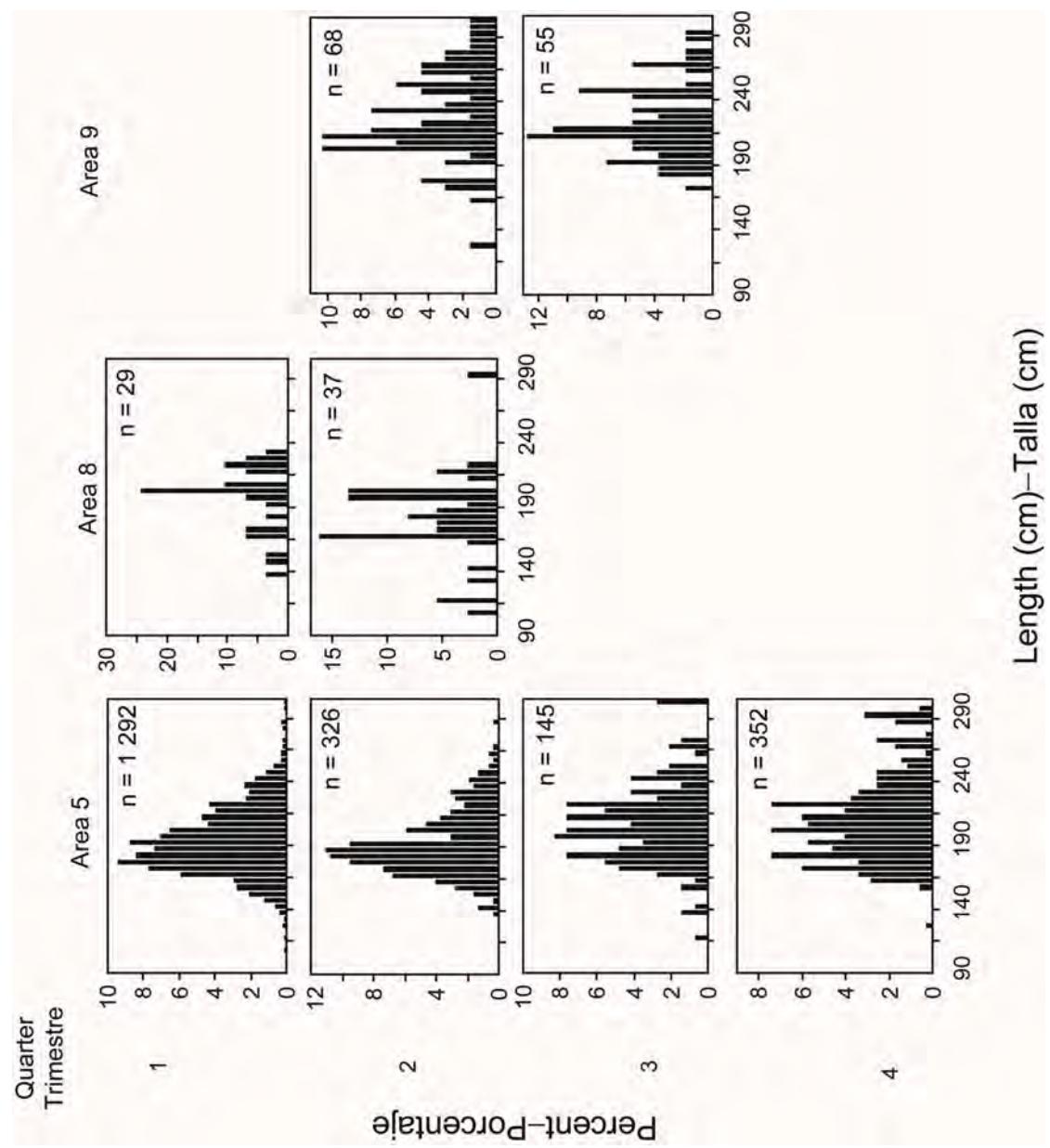


FIGURE 76. (continued)
FIGURA 76. (continuación)

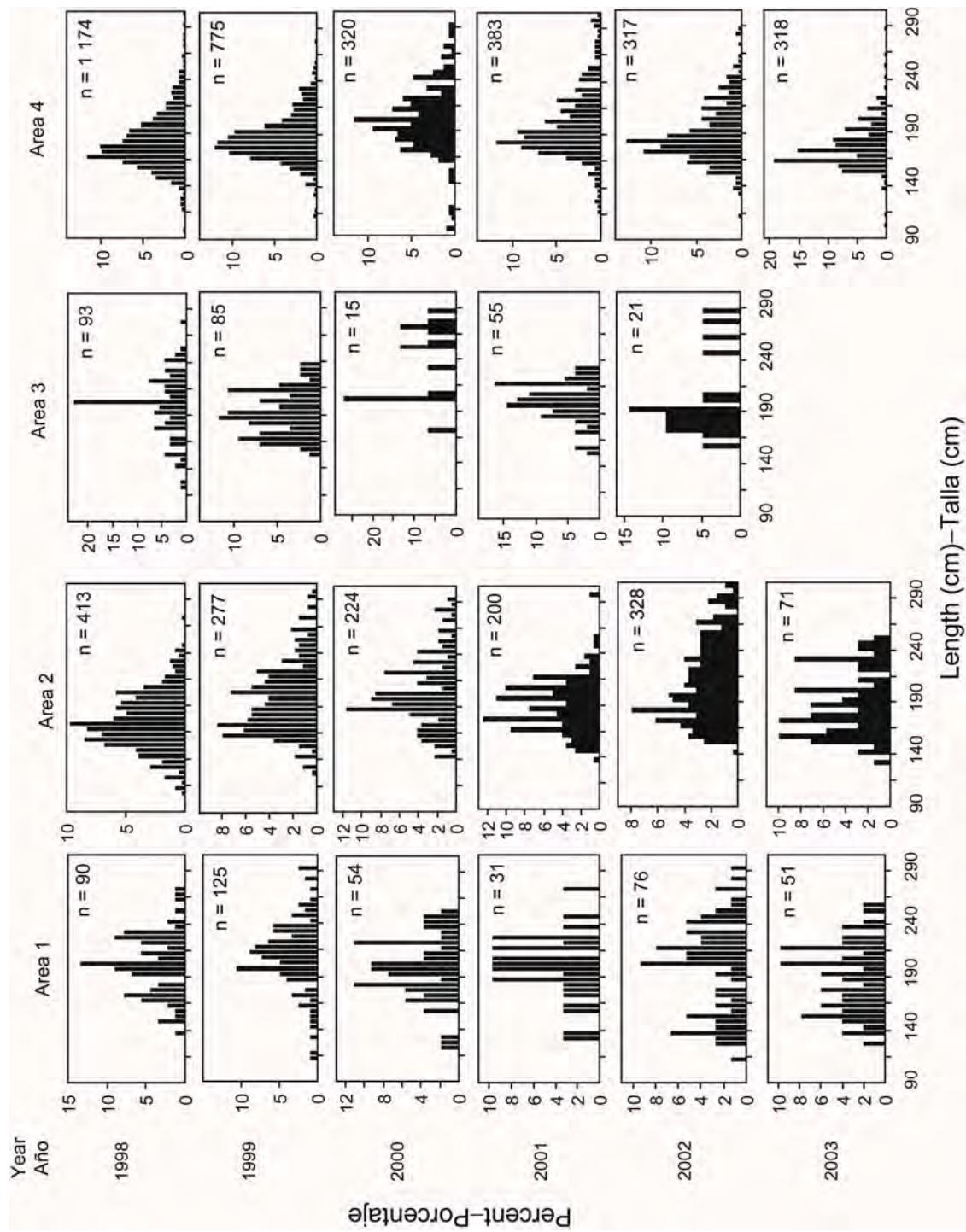


FIGURE 77. Annual length frequencies of blue marlin by area, 1998-2003.

FIGURA 77. Frecuencias de longitud anuales de marlín azul por área, 1998-2003.

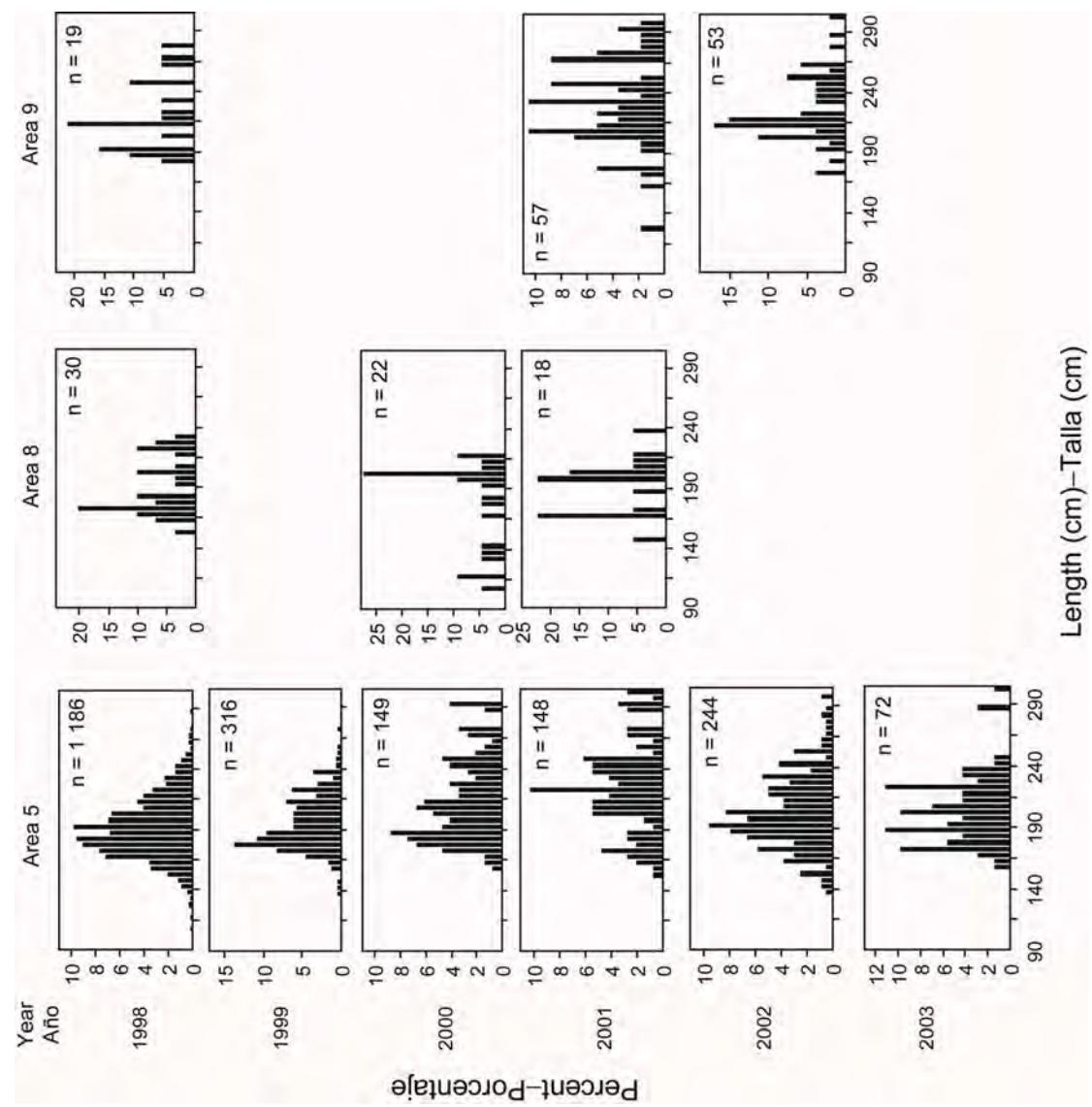


FIGURE 77. (continued)
FIGURA 77. (continuación)

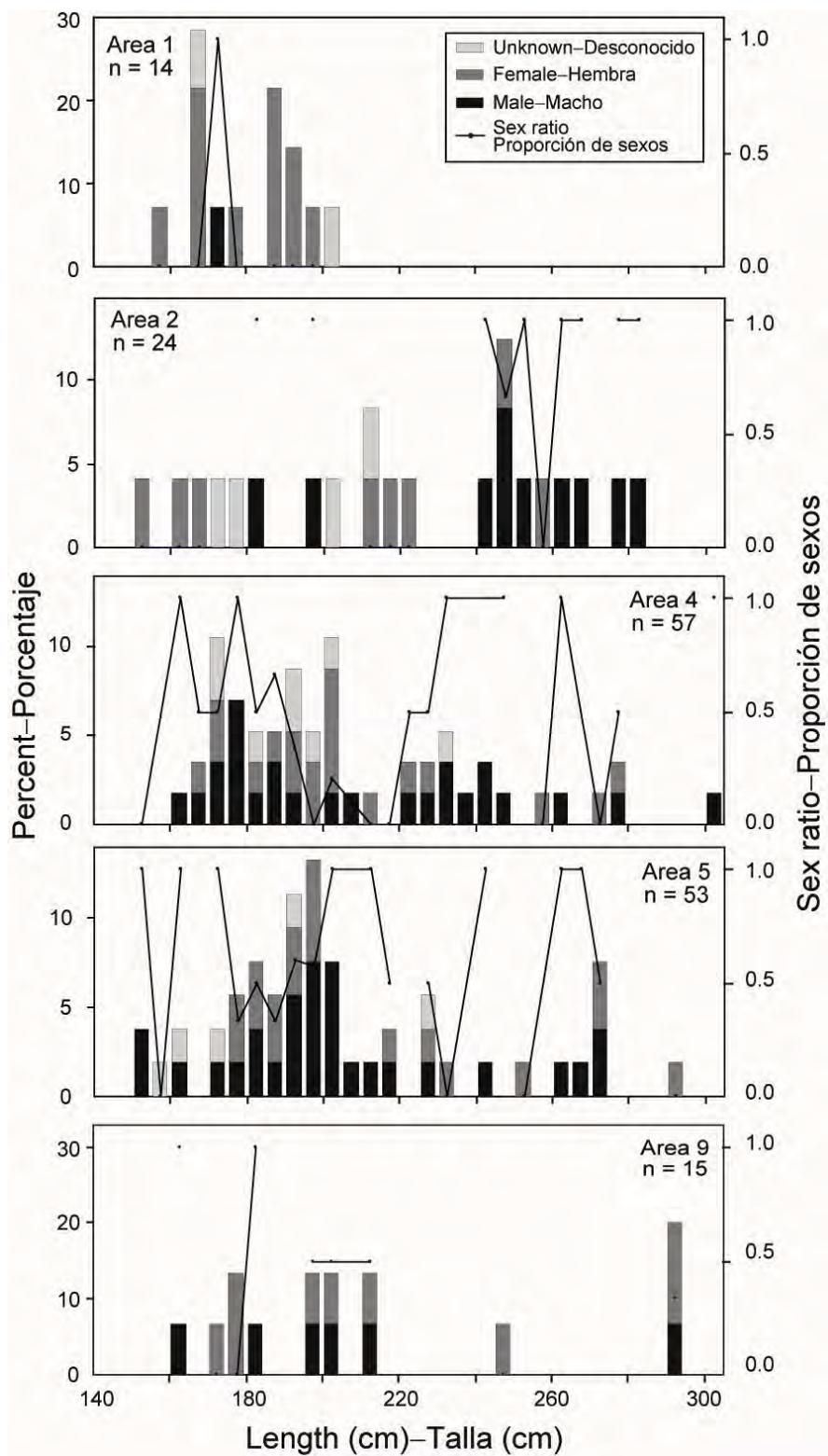


FIGURE 78. Length frequencies of black marlin by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 78. Frecuencias de talla de marlín negro por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

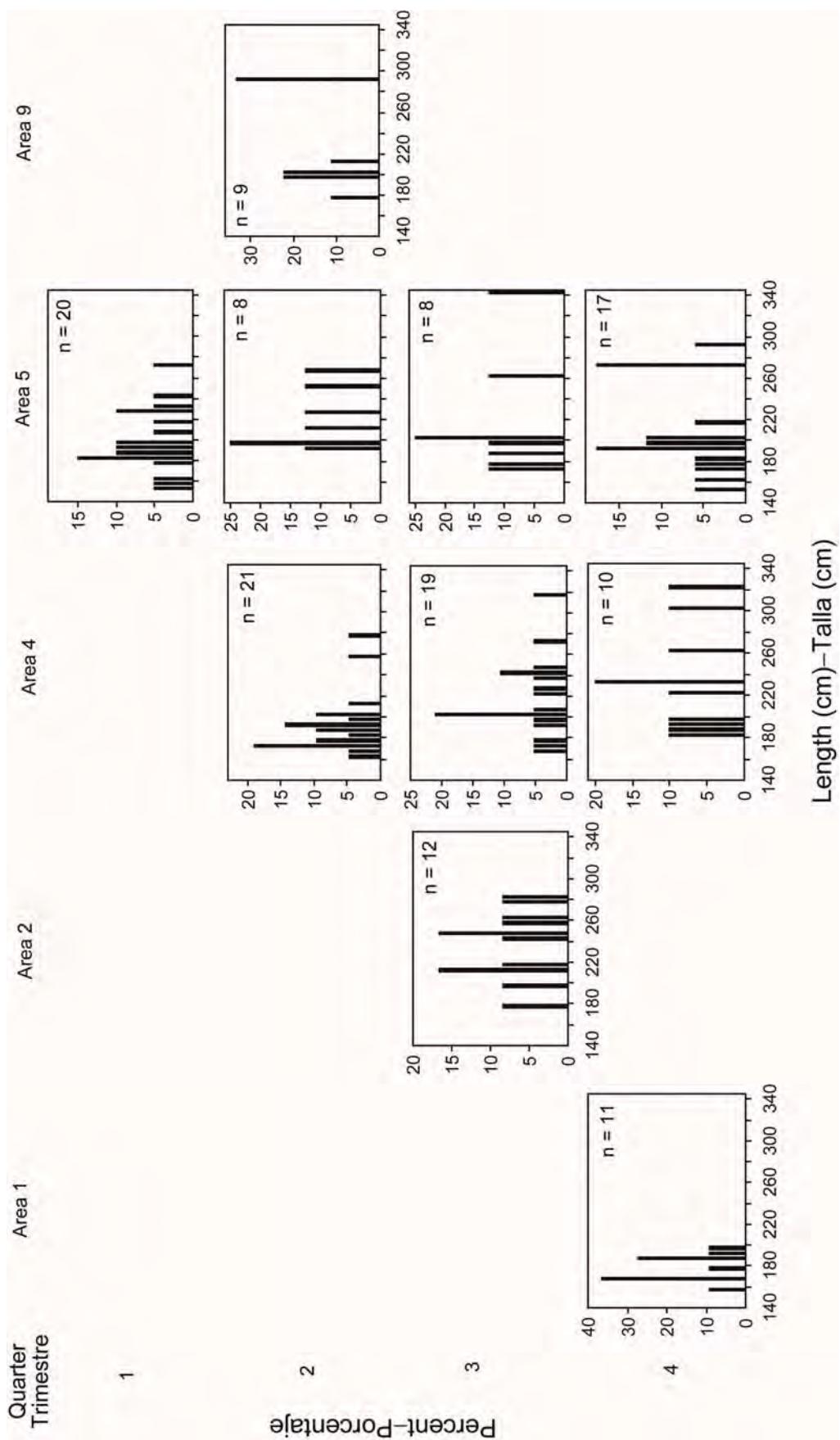


FIGURE 79. Quarterly length frequencies of black marlin by area, 1998-2003.
FIGURA 79. Frecuencias de longitud trimestral de marlin negro por área, 1998-2003.

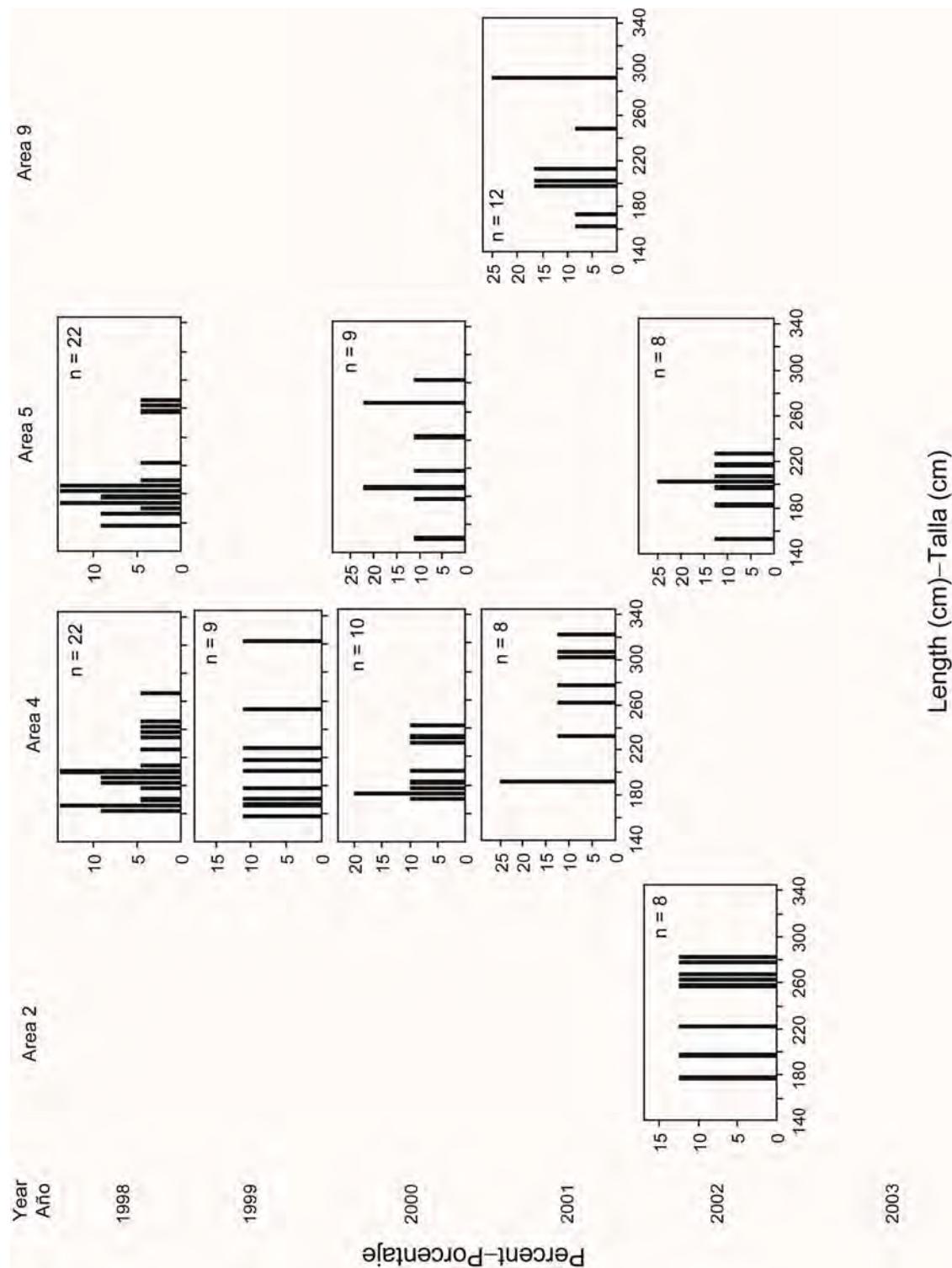


FIGURE 80. Annual length frequencies of black marlin by area, 1998-2003.
 FIGURA 80. Frecuencias de longitud anuales de marlín negro por área, 1998-2003.

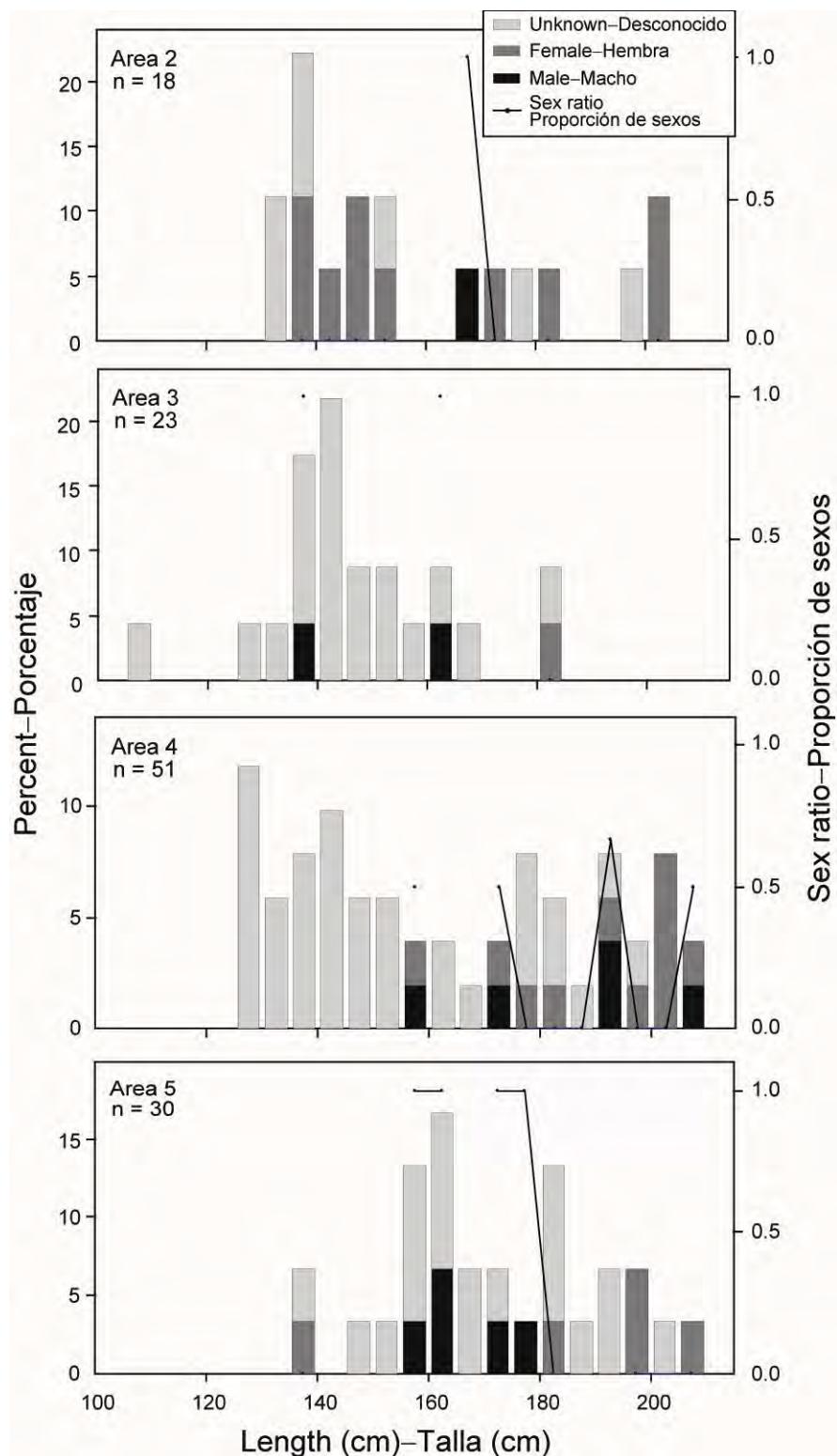


FIGURE 81. Length frequencies of sailfish by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 81. Frecuencias de talla de pez vela por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

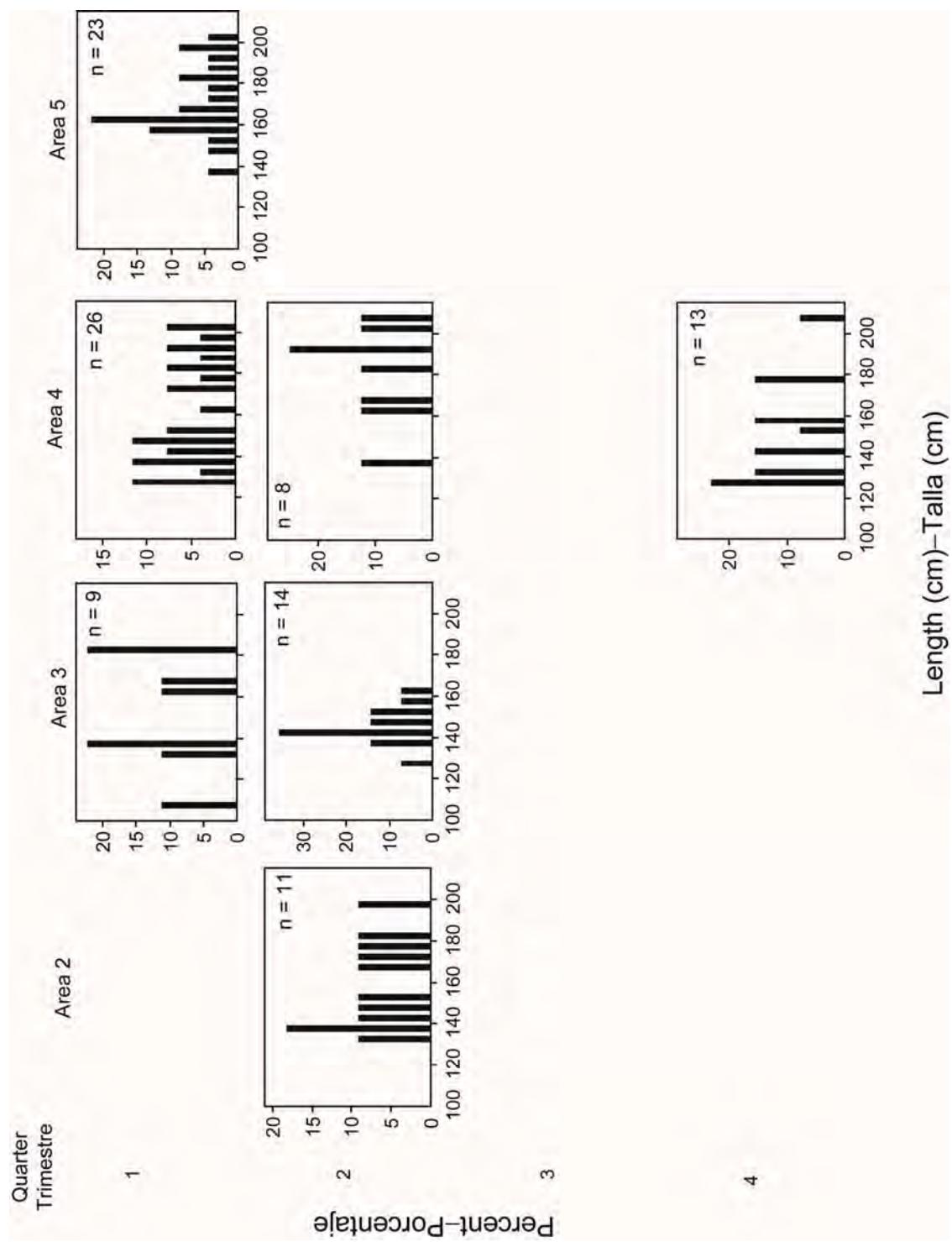


FIGURE 82. Quarterly length frequencies of sailfish by area, 1998-2003.

FIGURA 82. Frecuencias de longitud trimestrales de pez vela por área, 1998-2003.

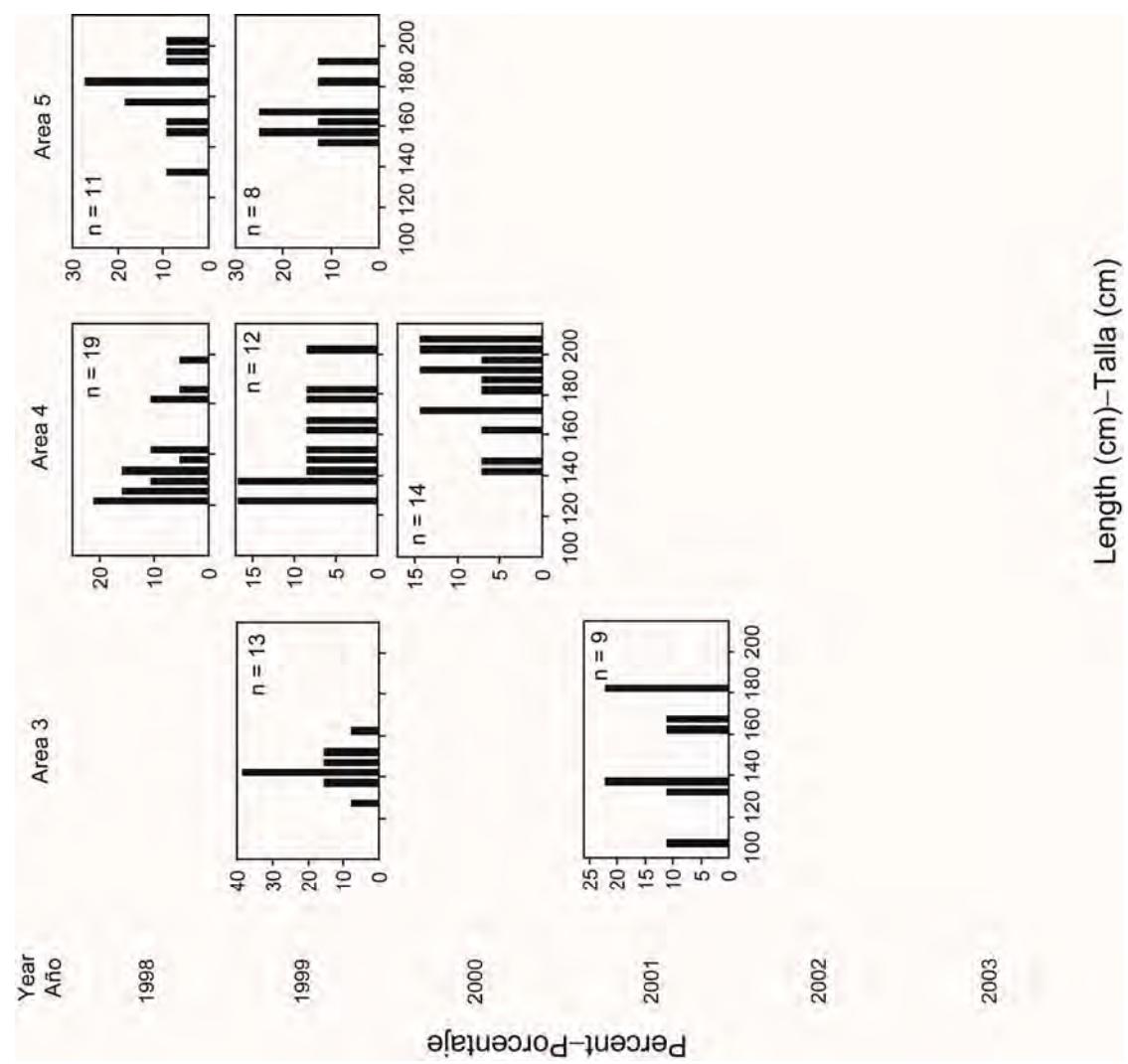


FIGURE 83. Annual length frequencies of sailfish by area, 1998-2003.

FIGURA 83. Frecuencias de longitud anuales de pez vela por área, 1998-2003.

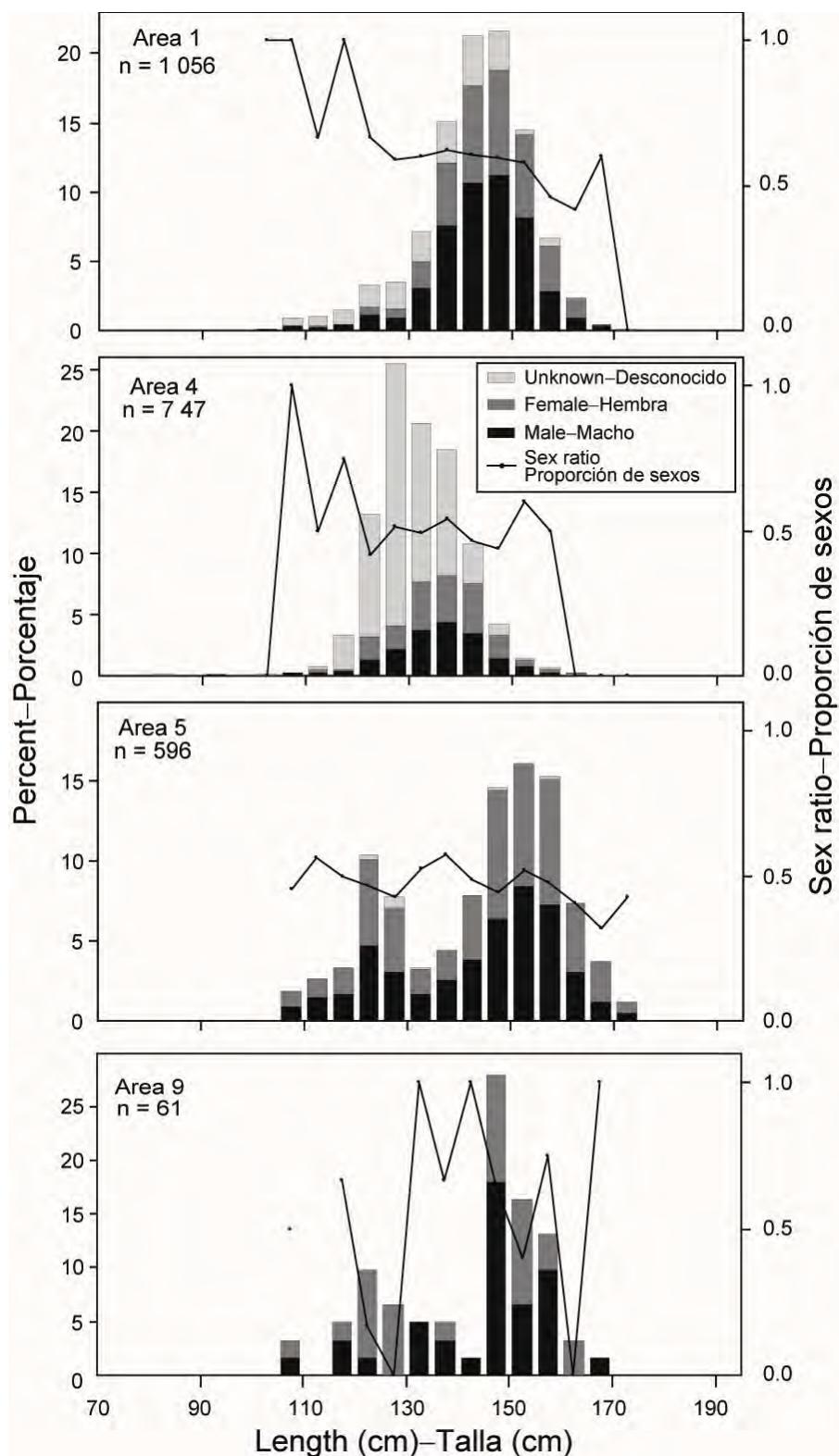


FIGURE 84. Length frequencies of shortbill spearfish by area, 1998-2003. The “sex ratios” are the proportions of males to males and females combined.

FIGURA 84. Frecuencias de talla de marlín trompa corta por área, 1998-2003. “Proporción de sexos” significa la proporción de machos a machos y hembras combinados.

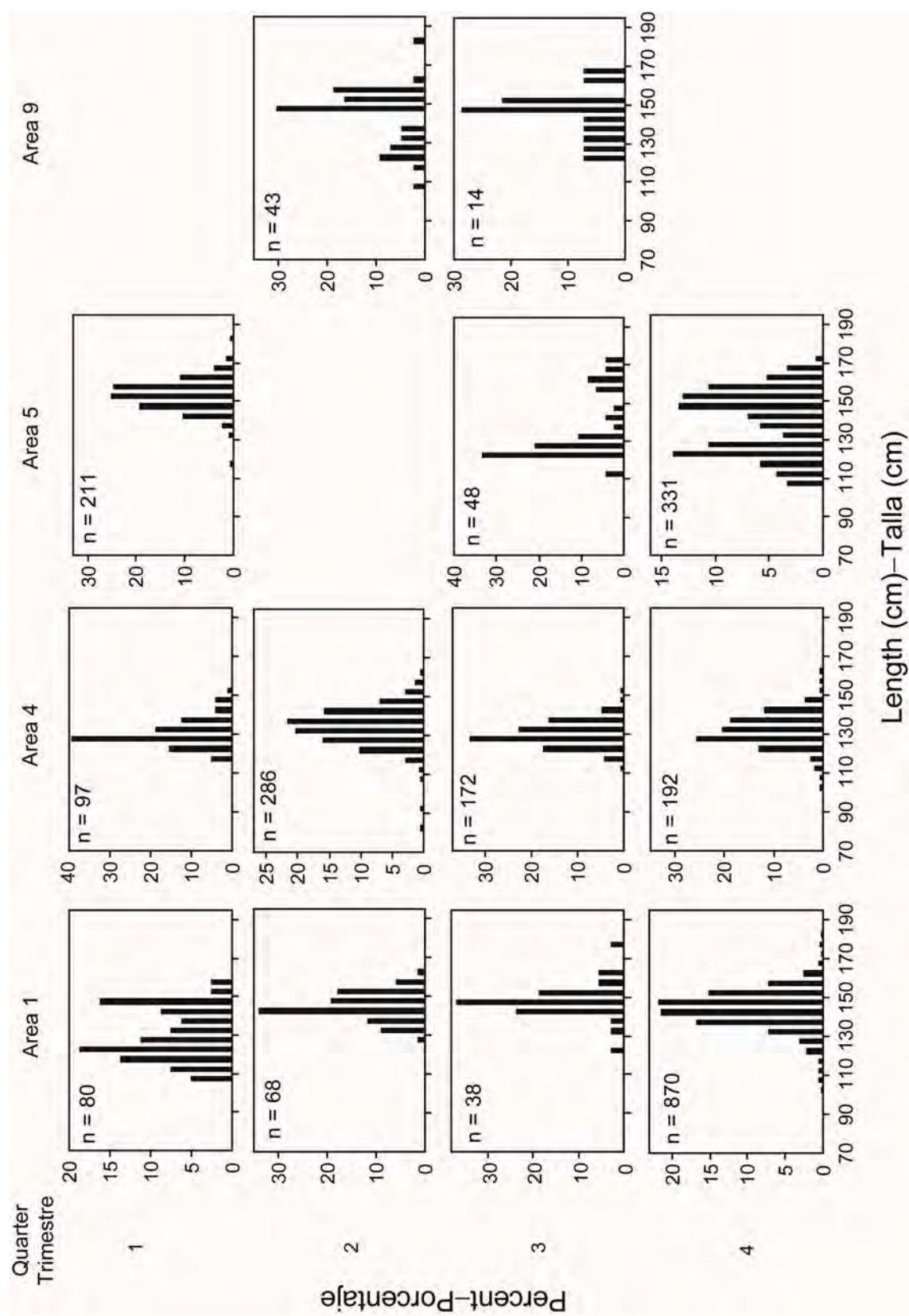


FIGURE 85. Quarterly length frequencies of shortbill spearfish by area, 1998-2003.
FIGURA 85. Frecuencias de longitud trimestrales de marlín tronpa corta por área, 1998-2003.

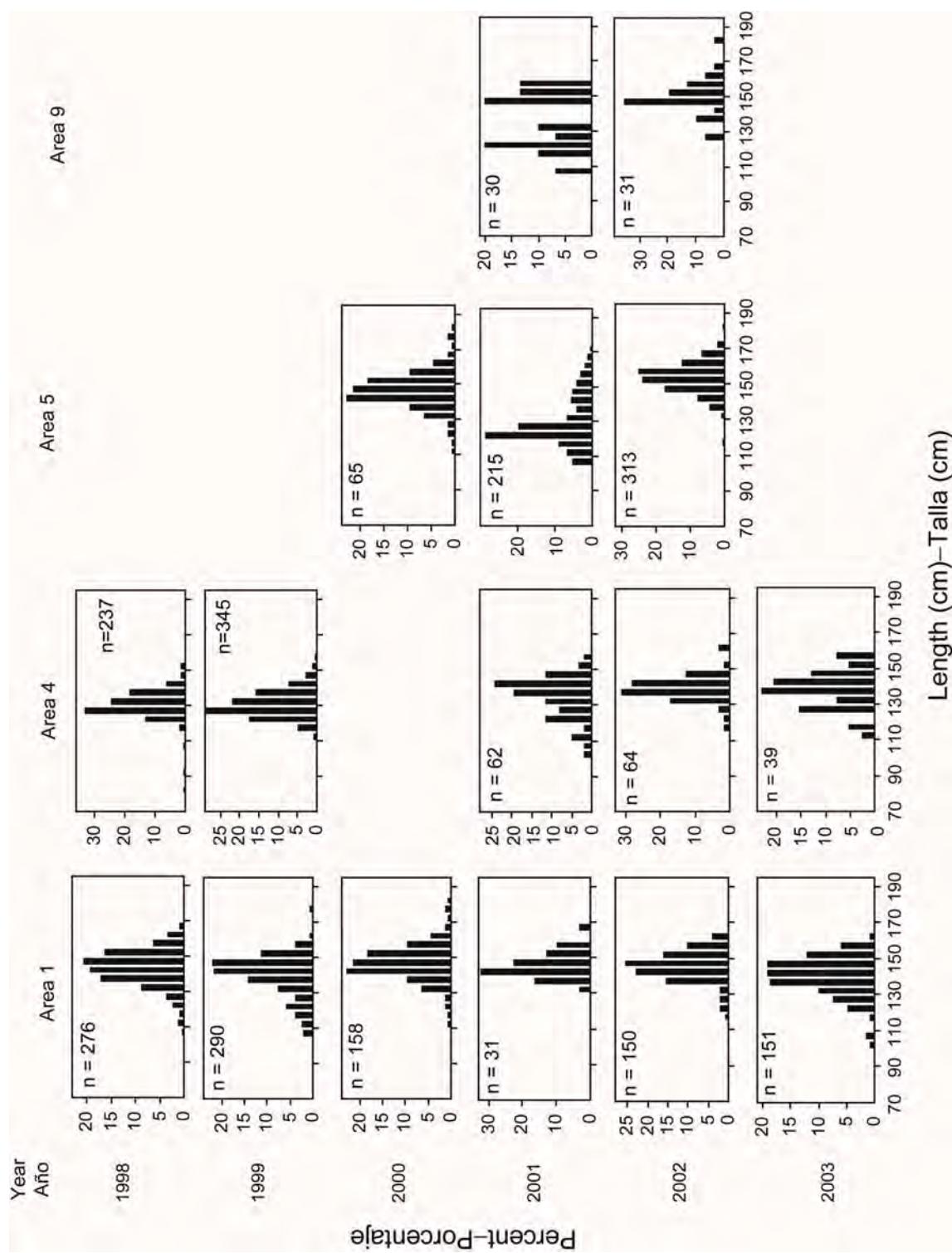


FIGURE 86. Annual length frequencies of shortbill spearfish by area, 1998-2003.
FIGURA 86. Frecuencias de longitud anuales de marlin trompa corta por área, 1998-2003.

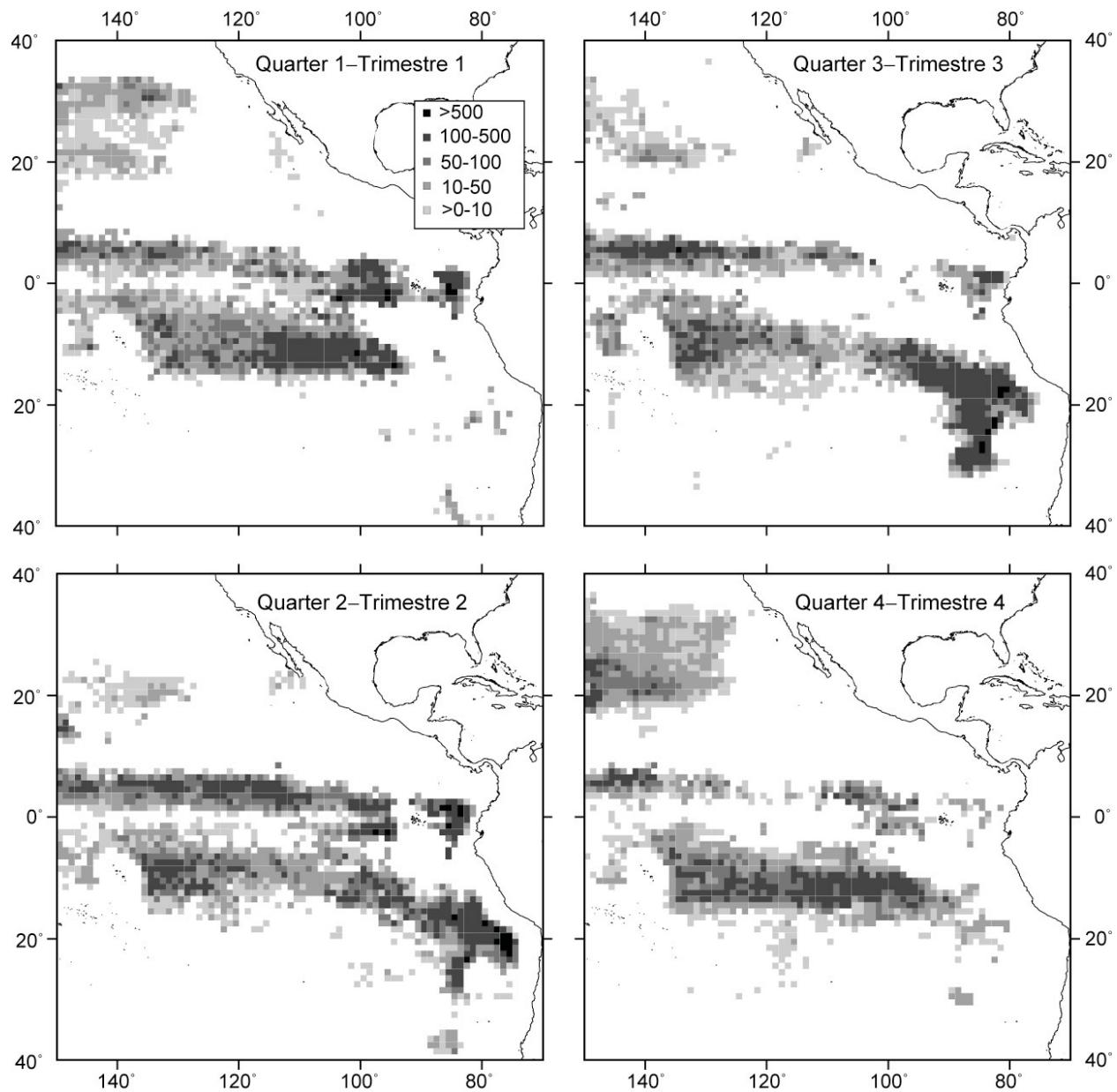


FIGURE 87. Quarterly distributions of the reported catches of sharks in the EPO during 1998-2003, in numbers of fish.

FIGURA 87. Distribuciones trimestrales de capturas de tiburones reportadas en el OPO durante 1998-2003, en número de peces.

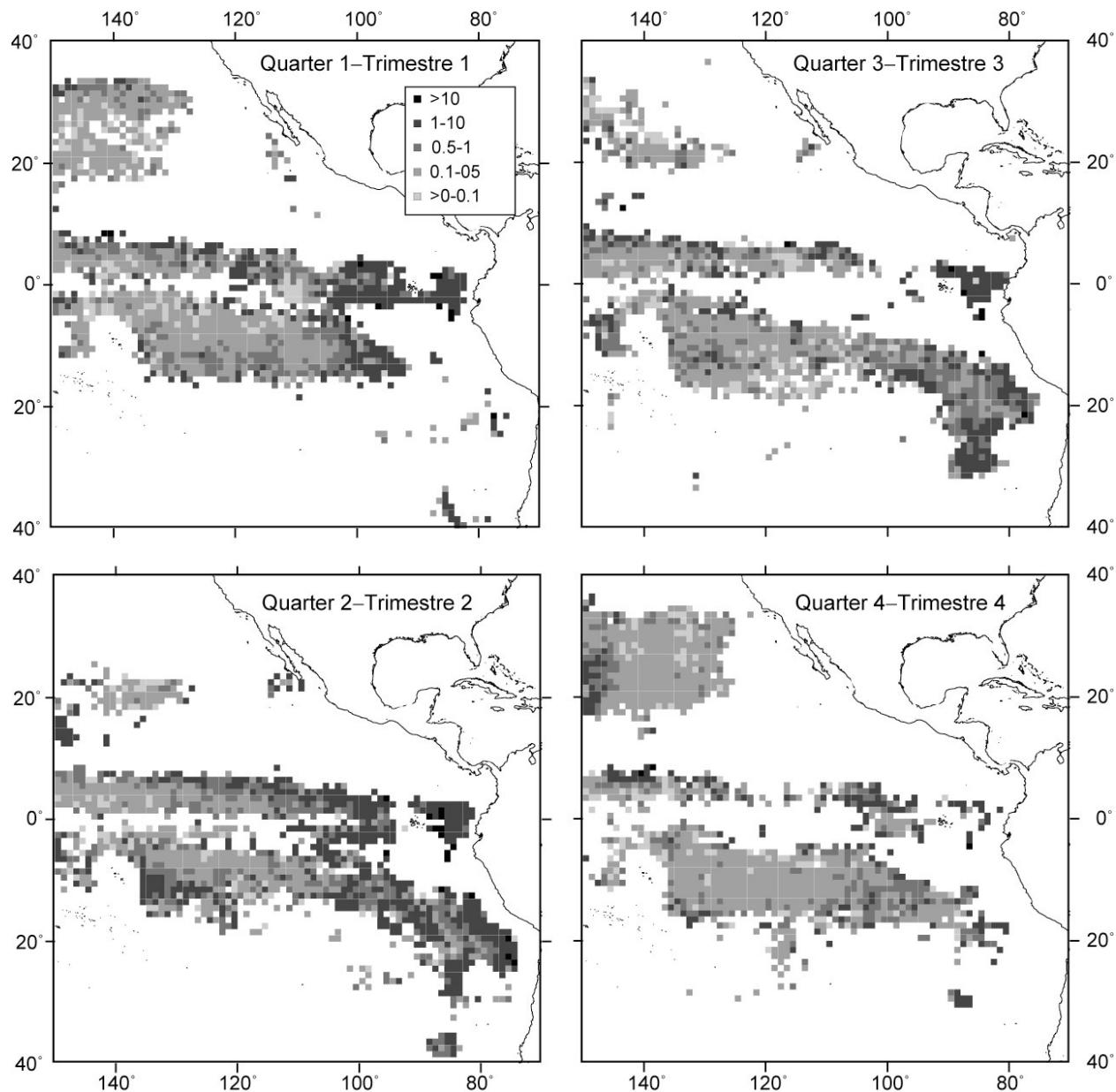


FIGURE 88. Quarterly distributions of hook rates of sharks in the EPO during 1998-2003, in catches per 1000 hooks.

FIGURA 88. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de tiburones en el OPO durante 1998-2003, en capturas por 1000 anzuelos.

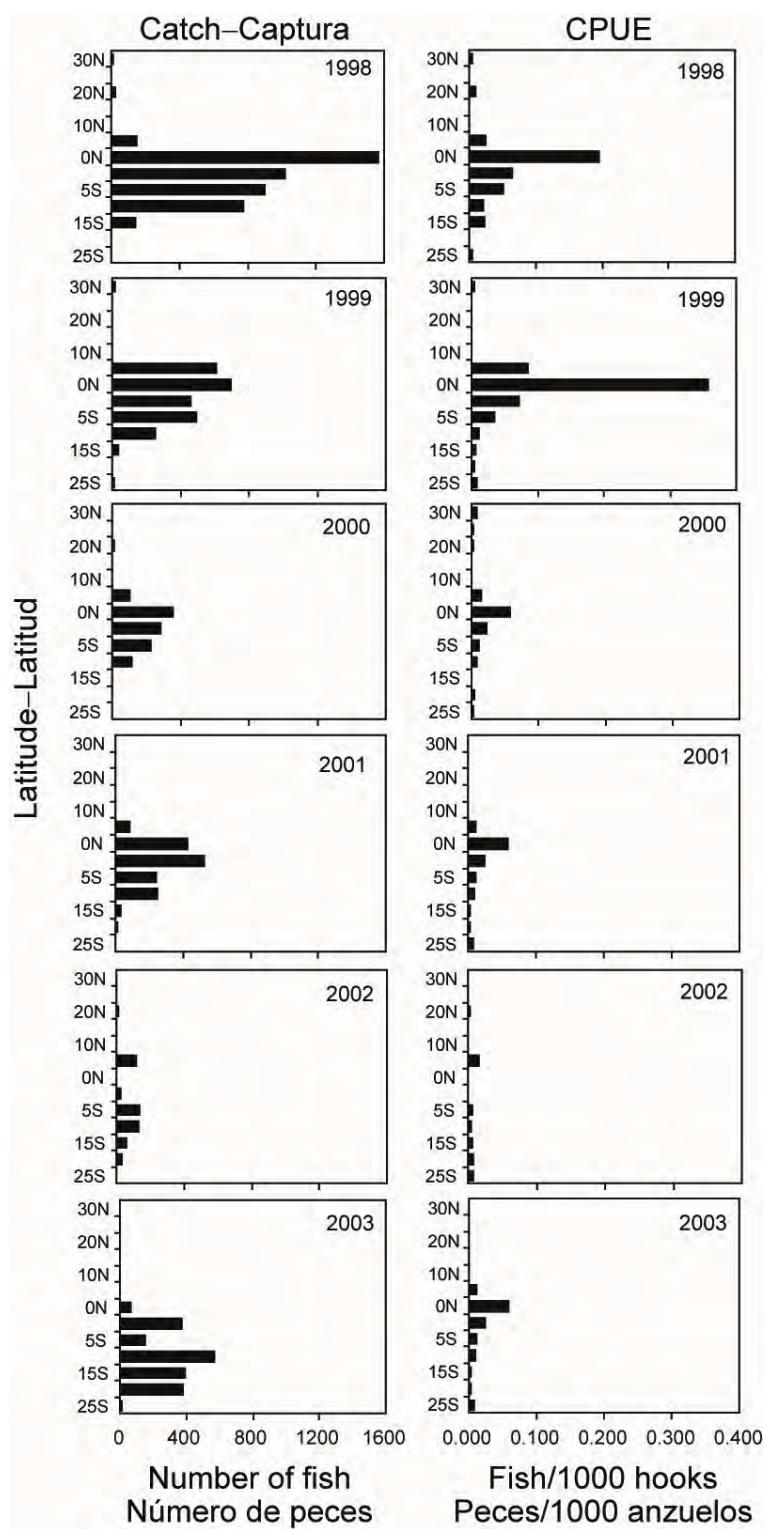
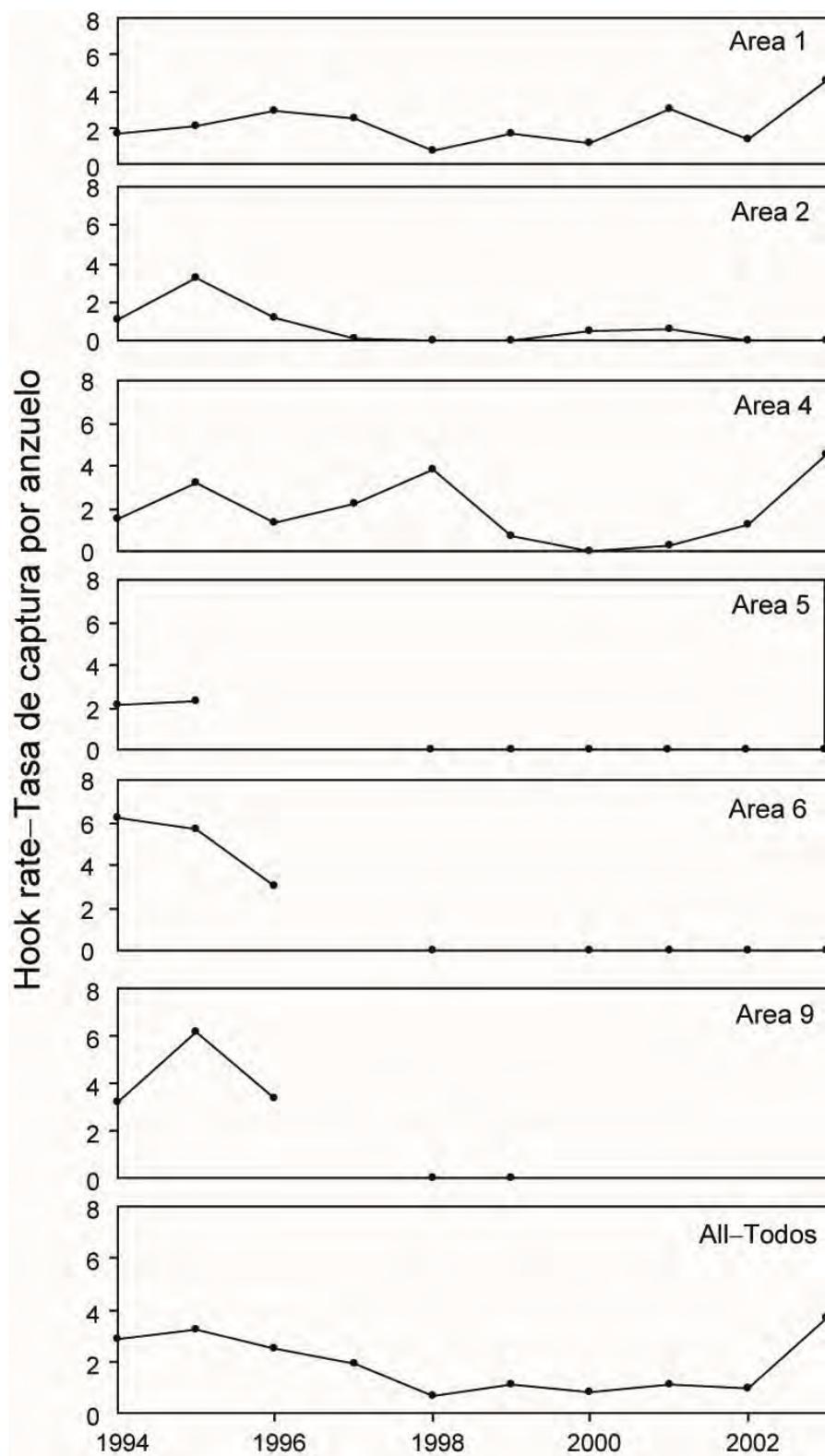


FIGURE 89. Latitudinal distributions of longline catches of “salmon sharks,” in numbers of fish (left), and hook rates, in numbers of fish per 1000 hooks (right).

FIGURA 89. 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).

**FIGURE 90.** Annual hook rates of blue sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels.**FIGURA 90.** Tasas de captura anuales de tiburón azul, en captura por 1000 anzuelos, por buques de investigación y entrenamiento.

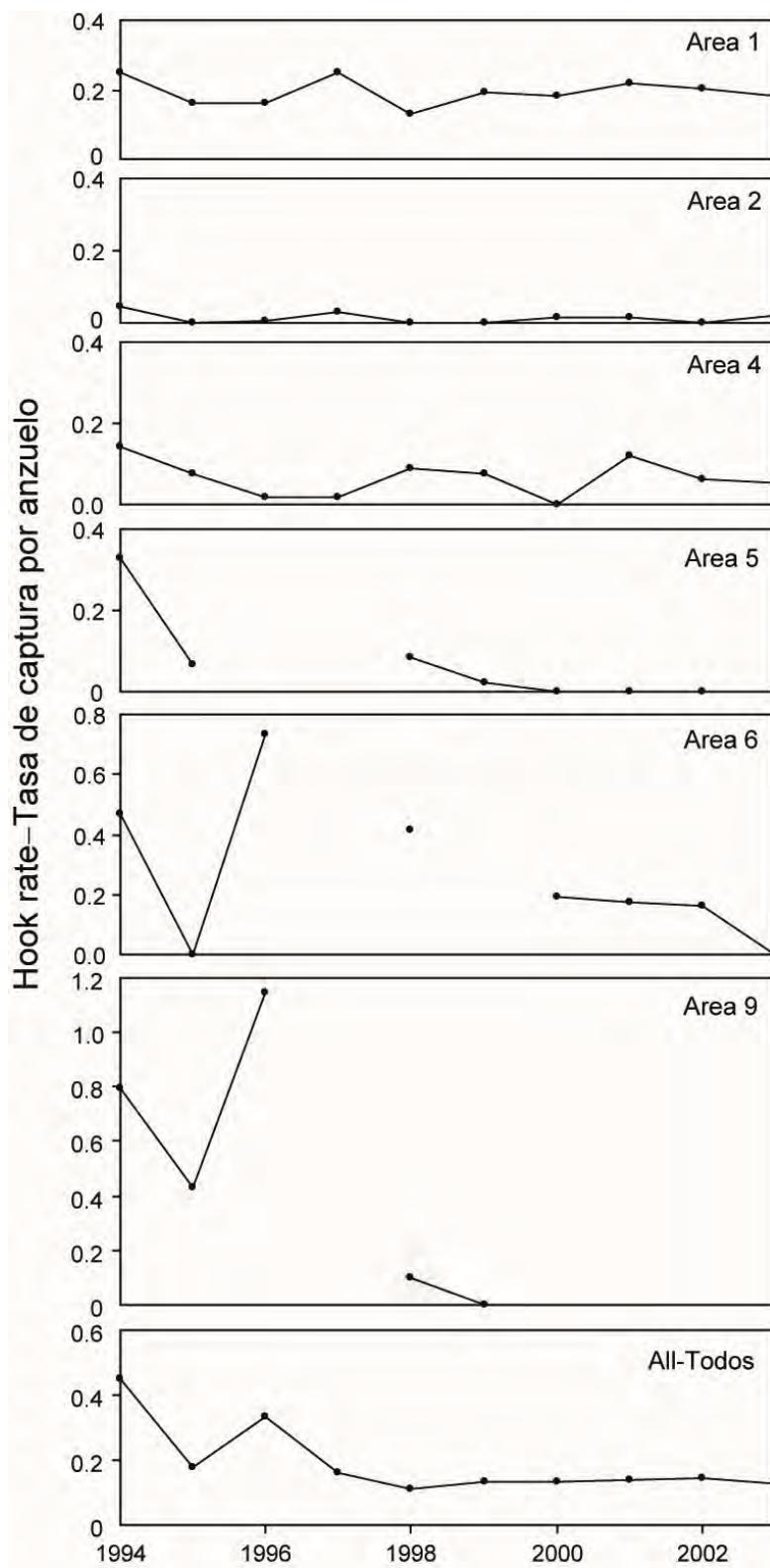


FIGURE 91. Annual hook rates of shortfin mako sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels.

FIGURA 91. Tasas de captura anuales de marrajo dientuso, en captura por 1000 anzuelos, por buques de investigación y entrenamiento.

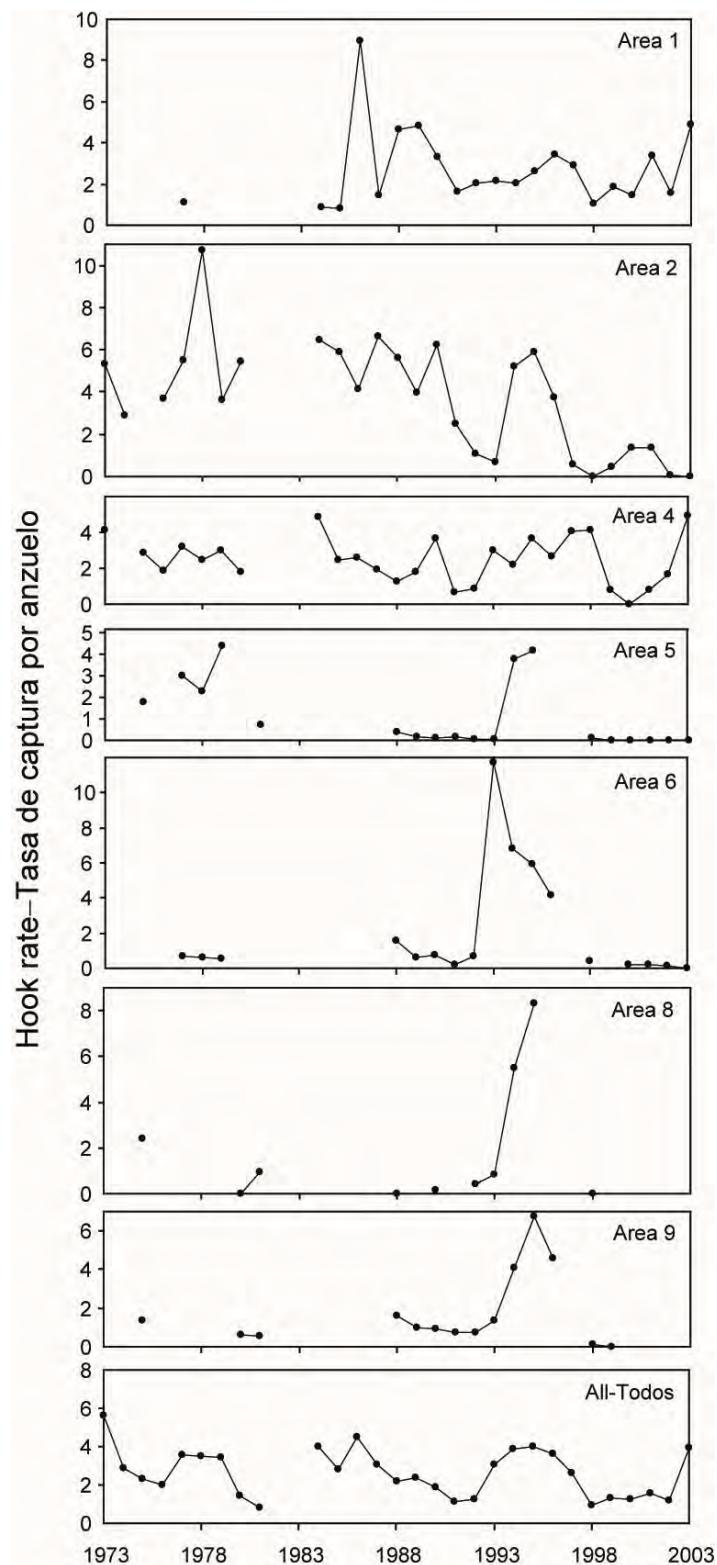


FIGURE 92. Annual hook rates of total sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels.

FIGURA 92. Tasas de captura anuales de todos tiburones, en captura por 1000 anzuelos, por buques de investigación y entrenamiento.

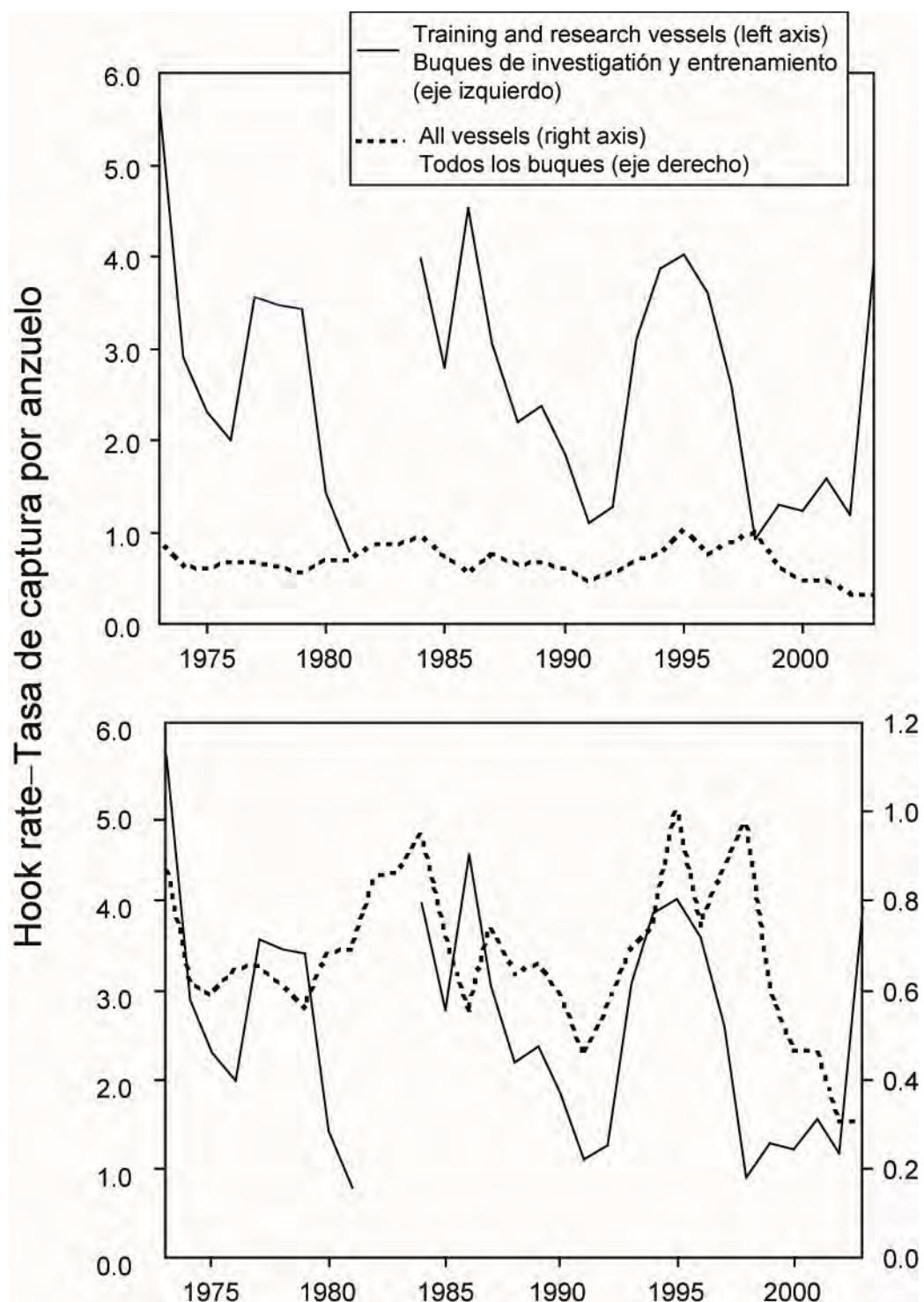


FIGURE 93. Comparison of historical trends of catch rates of total sharks by research and training vessels and by all vessels plotted on the same scale (upper panel), and on different scales (lower panel).

FIGURA 93. Comparación de las tendencias históricas de las tasas de captura de tiburones totales de los buques de investigación y entrenamiento, y de todos los buques, en la misma escala (recuadro superior), y en escalas diferentes (recuadro inferior).

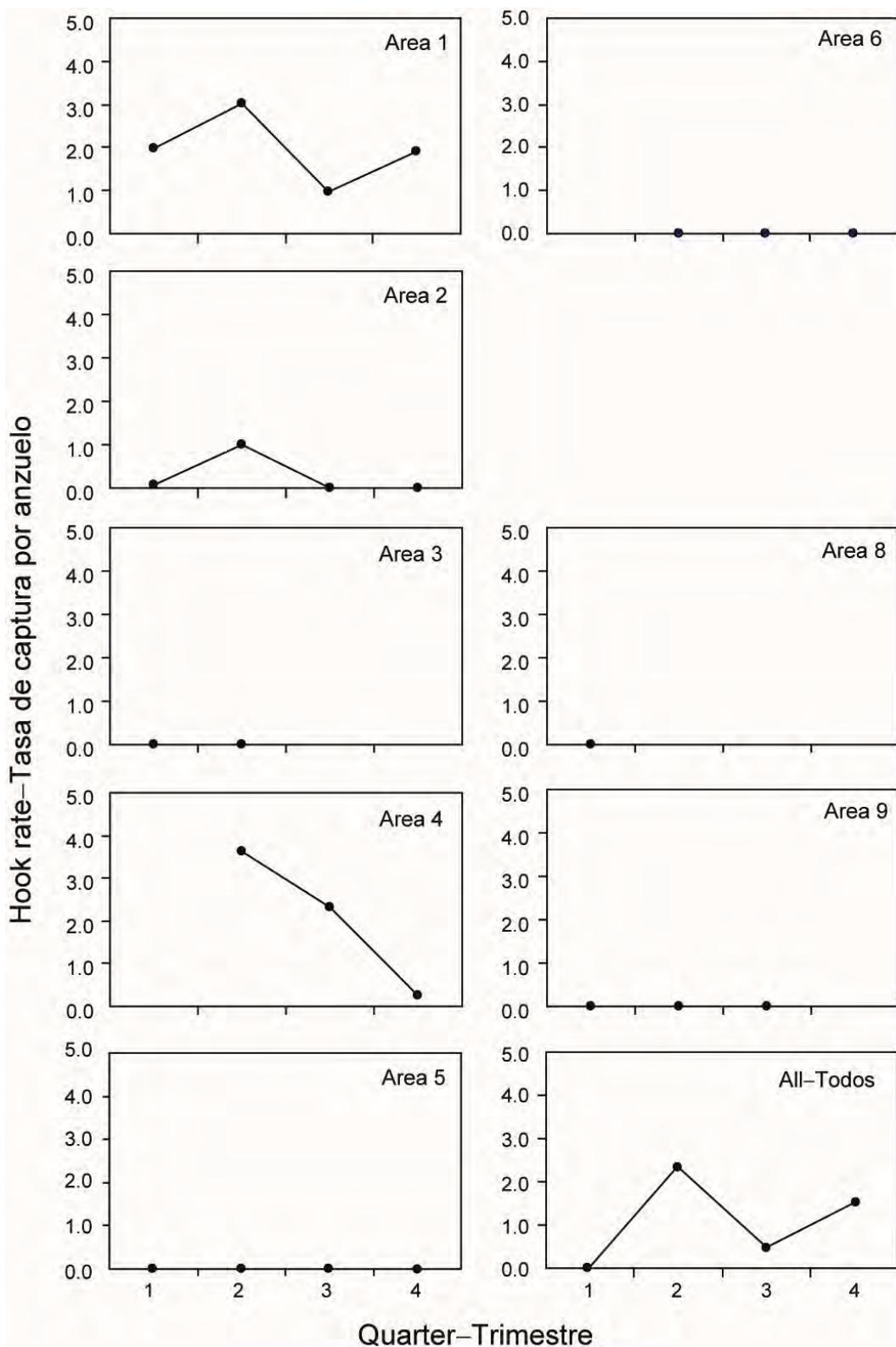


FIGURE 94. Quarterly hook rates of blue sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels during 1998-2003.

FIGURA 94. Tasas de captura trimestrales de tiburón azul, en captura por 1000 anzuelos, de los buques de investigación y entrenamiento durante 1998-2003.

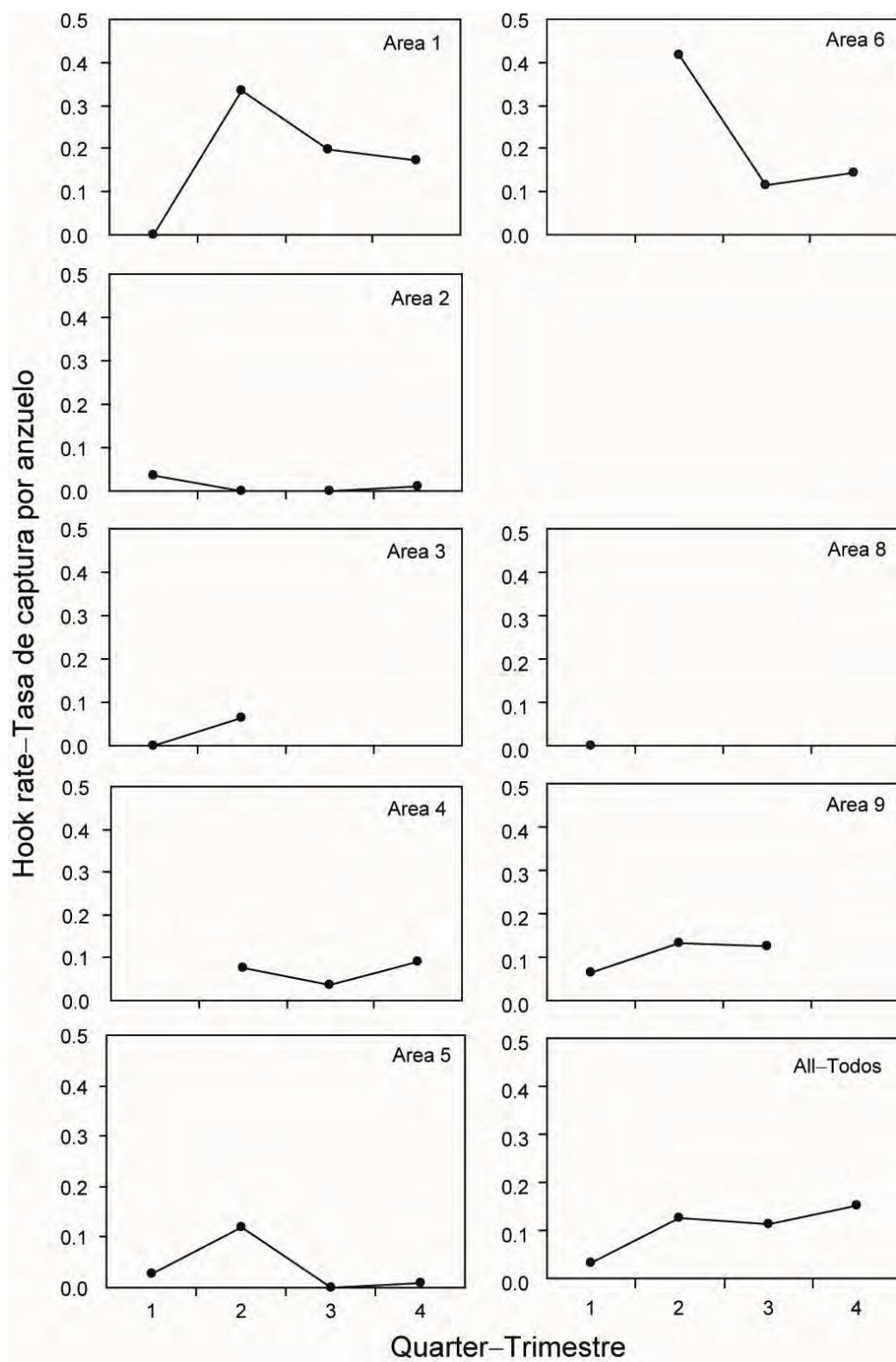


FIGURE 95. Quarterly hook rates of shortfin mako sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels during 1998-2003.

FIGURA 95. Tasas de captura trimestrales de marajo dientuso, en captura por 1000 anzuelos, de los buques de investigación y entrenamiento durante 1998-2003.

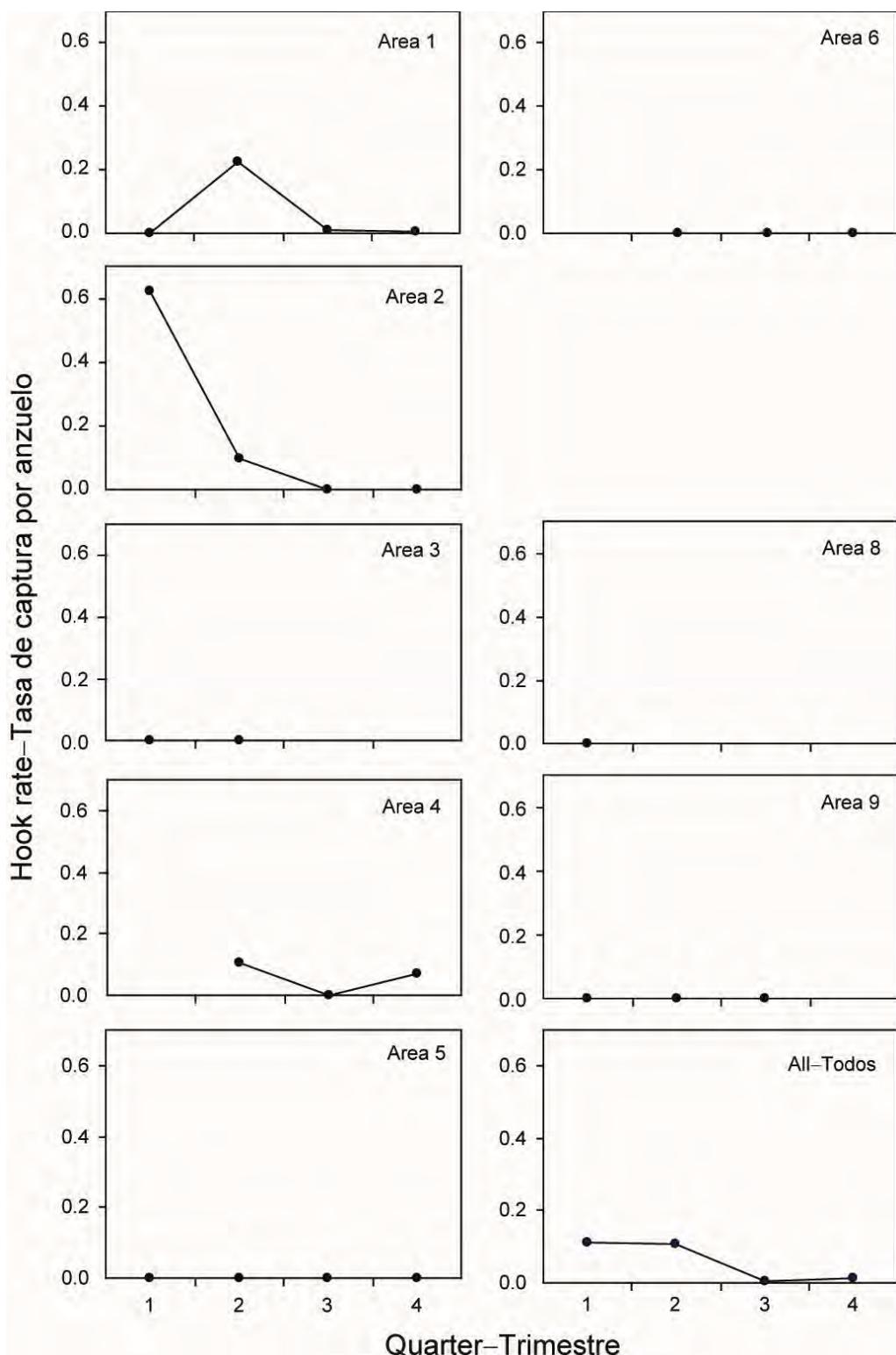


FIGURE 96. Quarterly hook rates of oceanic whitetip sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels during 1998-2003.

FIGURA 96. Tasas de captura trimestrales de tiburón oceánico, en captura por 1000 anzuelos, de los buques de investigación y entrenamiento durante 1998-2003.

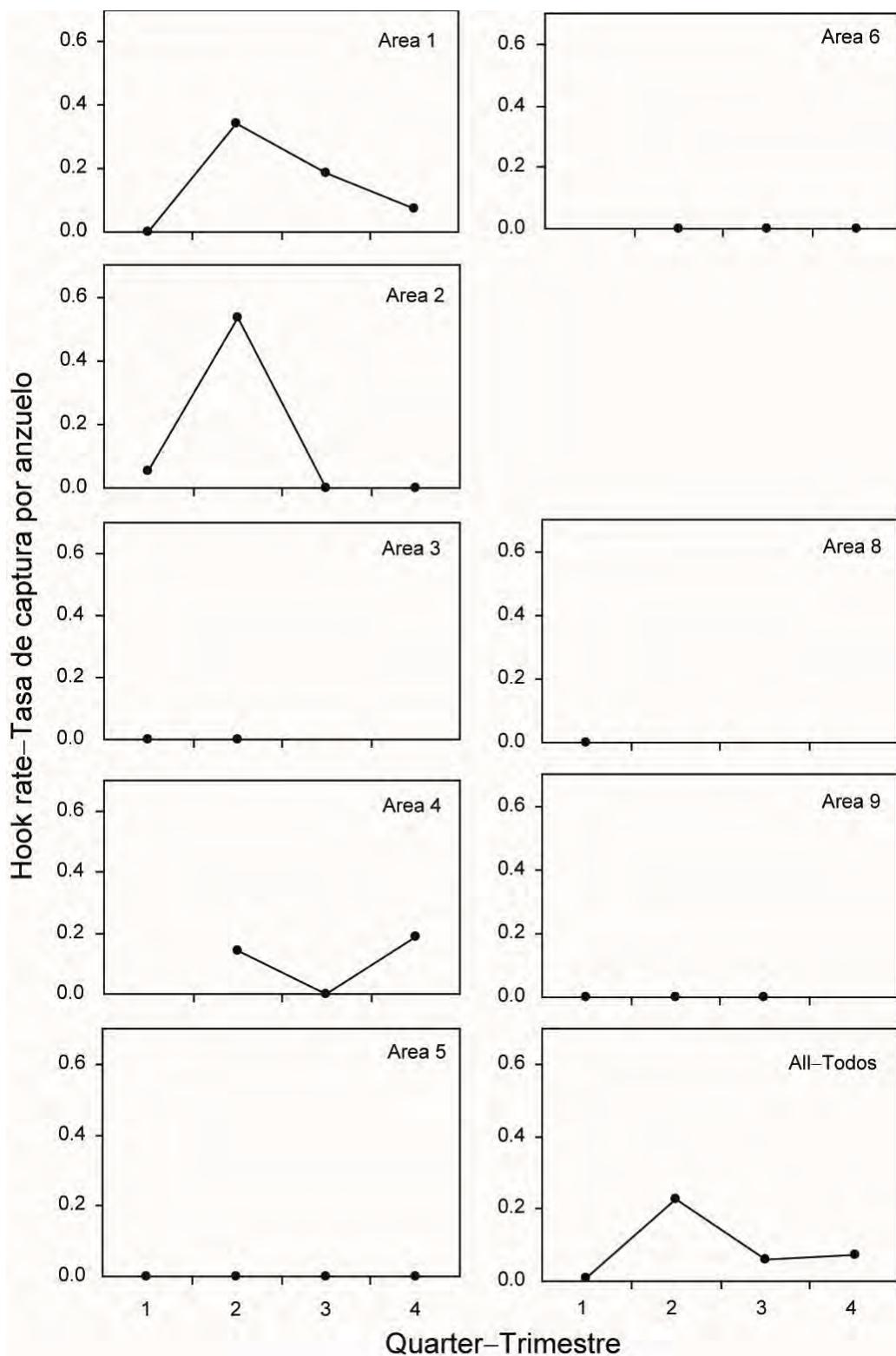


FIGURE 97. Quarterly hook rates of thresher sharks, in catches per 1000 hooks, by research and training vessels during 1998-2003.

FIGURA 97. Tasas de captura trimestrales de zorros, en captura por 1000 anzuelos, de los buques de investigación y entrenamiento durante 1998-2003.

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 tonnage			Hooks per set	Logbook coverage (percent)
		100-200	200-500	Total		
Año	Unidad	Tonelaje bruto			Anzuelos por calada	Cobertura de bitácoras (porcentaje)
		100-200	200-500	Total		
1998	Hooks—anzuelos	2,638,172	103,930,474	106,568,646	2,425.7	96.4
	Sets—caladas	4,024	61,414	65,438		
	% of sets—de caladas	2.5	97.5			
1999	Hooks—anzuelos	1,350,242	79,607,361	80,957,603	2,499.8	86.1
	Sets—caladas	3,563	63,797	67,360		
	% of sets—de caladas	1.7	98.3			
2000	Hooks—anzuelos	493,788	78,816,895	79,310,683	2,569.4	88.2
	Sets—caladas	2,155	52,288	54,443		
	% of sets—de caladas	0.6	99.4			
2001	Hooks—anzuelos	885,128	101,333,820	102,218,948	2,610.2	88.8
	Sets—caladas	1,916	41,147	43,063		
	% of sets—de caladas	0.9	99.1			
2002	Hooks—anzuelos	883,362	103,309,361	104,192,723	2,616.6	86.5
	Sets—caladas	1,269	38,701	39,970		
	% of sets—de caladas	0.8	99.2			
2003	Hooks—anzuelos	948,801	100,213,068	101,161,869	2,588.8	89.8
	Sets—caladas	1,269	38,701	39,970		
	% of sets—de caladas	0.9	99.1			

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).

TABLA 2. Datos sobre relaciones peso-talla ($\log w = a + b \log l$) para atunes y peces picudos. Bajo "Área," 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 "Talla" y "Peso".

Species	Area	Sample size	Length range	Length	Weight	Units	a	b	Source
Especie	Área	Tamaño de muestra	Rango de longitud	Largo	Peso	Unidades			Fuente
Albacore	EPO	1,073	380-1000 mm	SFL	round	mm, lb	-7.3066	2.99	Clemens, 1961
Albacora	Hawaii and northern Pacific	200	50-128 cm	SFL	round	cm, lb	-4.2424	2.9495	Nakamura and Uchiyama, 1966
Bigeye	EPO	15	66-173 cm	SFL	round	cm, kg	-4.7035	3.02163	Morita, 1973
Patudo	EPO	382	300-1643 mm	SFL	round	cm, kg	-4.4967	2.926	Schaefer and Fuller, 2006
	CPO	9,144	80-190 cm	SFL	round	cm, lb	-4.0931	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	-4.4565	2.86807	Morita, 1973
	EPO	196	302-1679 mm	SFL	round	cm, kg	-4.858	3.086	Wild, 1986
	CPO	4,822	70-180 cm	SFL	round	cm, lb	-4.4873	3.05834	Nakamura and Uchiyama, 1966
	WPO	ca. 10,000	101-150 cm	SFL	GG	cm, g	-2.1778	3.1878	Kamimura and Honma, 1959
Bluefin	EPO	1,633	580-1280 mm	SFL	round	mm, lb	-6.7146	2.79464	Bayliff, 1991
Aleta azul	WPO	1,774	ca. 70-290 cm	SFL	round	cm, kg	-4.6372	2.9342	Hsu <i>et al.</i> , 2000
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	-6.6327	3.5305	Skillman and Yong, 1974
	CPO	166	699-2288 mm	EFL	round	cm, kg	-4.481	3.0738	Uchiyama <i>et al.</i> , 1999
	WPO	227	ca. 75-225 cm	LJFL	round	cm, kg	-5.8688	3.4297	Sun <i>et al.</i> , 2002

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

Species Especie	Area Área	Sample size Tamaño de muestra	Length range Rango de longitud	Length Longitud	Weight Peso	Units Unidades	a	b	Source Fuente
Striped marlin Marlín rayado	EPO	51	108-211 cm	EFL	round	cm, kg	-5.2552	3.0888	Kume and Joseph, 1969b
	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 Díaz <i>et al.</i> , 1991
CPO	53	142-310 cm	SFL	round	cm, kg	-6.2432	3.3756	Skillman and Yong, 1974	
EPO	1044	156-263 cm	LJFL	round	cm, g	-4.0969	2.523	Melo-Barrera <i>et al.</i> , 2003	
CPO	684	2000-2830 mm	LJFL	round	mm, kg	-7.699	2.880	Kopf <i>et al.</i> , 2005	
Blue marlin Marlín azul	EPO	11	167-270 cm	EFL	round	cm, kg	-4.4455	2.8223	Kume and Joseph, 1969b
	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	-5.3006	3.0214	Skillman and Yong, 1974
Black marlin Marlín negro	CPO	24	214-373 cm	SFL	round	cm, kg	-5.6237	3.1654	Skillman and Yong, 1974
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	-4.6832	2.6054	Skillman and Yong, 1974
	WPO	720 (male)	78-221 cm	LJFL	round	cm, kg	-5.381	2.985	Chiang <i>et al.</i> , 2004
	WPO	446 (female)	80-232 cm	LJFL	round	cm, kg	-5.338	2.970	Chiang <i>et al.</i> , 2004
Shortbill spearfish	EPO	19	128-156 cm	EFL	round	cm, kg	-6.8146	3.7242	Kume and Joseph, 1969b
Marlín trompa corta	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	-7.3003	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 spear-fish
Año	Albacora	Patudo	Aleta amarilla	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Pez vela	Marlín trompa corta
1971	14.9	54.8	42.8	48.1	37.3	106.8	-	-
1972	16.2	54.0	37.4	49.1	39.7	96.2	-	-
1973	15.0	56.1	41.2	55.1	38.7	86.2	-	-
1974	13.7	53.1	30.2	54.8	37.3	89.0	-	-
1975	14.5	51.3	28.3	59.8	43.1	94.3	-	-
1976	14.5	54.1	39.7	60.2	45.3	89.6	-	-
1977	13.2	54.0	41.4	58.6	42.3	90.1	-	-
1978	14.5	53.3	38.5	61.9	39.7	89.6	-	-
1979	13.9	43.5	38.0	56.1	40.7	98.9	-	-
1980	14.1	55.2	41.7	64.5	40.4	99.0	-	-
1981	12.1	50.9	30.2	57.2	37.7	90.5	-	-
1982	13.8	47.3	35.8	55.2	30.4	90.5	-	-
1983	15.5	47.9	35.4	58.6	37.5	83.5	-	-
1984	13.1	43.4	33.2	67.2	42.1	83.1	-	-
1985	14.6	44.7	34.1	60.1	35.4	83.2	-	-
1986	13.4	49.3	40.3	50.3	38.0	84.4	-	-
1987	14.2	54.3	42.1	46.5	38.3	85.2	-	-
1988	15.1	55.5	36.5	52.2	39.2	85.5	-	-
1989	16.3	51.1	35.9	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	41.4	58.3	38.8	91.8	-	-
1993	16.6	59.6	40.7	56.6	40.2	86.3	-	-
1994	14.4	58.4	44.2	57.2	41.7	95.3	19.2	12.0
1995	13.4	56.0	40.3	54.8	35.1	92.3	19.8	11.7
1996	17.8	53.4	40.3	54.4	38.3	99.2	21.0	10.5
1997	16.1	64.2	42.6	60.4	41.6	88.6	21.1	12.0
1998	16.9	53.1	40.6	60.6	44.2	85.6	21.3	11.2
1999	15.8	49.8	39.8	55.0	41.3	98.4	24.4	11.1
2000	13.1	54.8	35.8	65.3	43.4	108.9	22.6	12.9
2001	14.9	59.4	45.7	61.5	50.0	100.4	22.7	10.8
2002	16.2	60.4	44.8	62.4	44.0	108.8	23.3	14.4
2003	15.9	54.1	39.3	59.9	39.8	91.7	22.4	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; 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. En estos cálculos se usaron datos de las siguientes áreas: albacora del norte, 1; albacora del sur, 4-6 y 9; patudo, 2-5 y 8-9; aleta amarilla, todas; aleta azul, 1; pez espada, todas; marlín rayado, 1, 3, y 5-9; marlín azul, 2-8; marlín negro, 2-8; pez vela, 7-9; marlín trompa corta, 1-6.

Year	Northern albacore	Southern albacore	Bigeye	Yellowfin	Bluefin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Marlin negro	Sailfish and shortbill spearfish													
	Albacora del norte	Albacora del sur	Patudo	Aleta amarilla	Aleta azul	Pez espada	Marlin rayado	Marlin azul	Marlin negro	CPUE	Area 7-9	Area 1-6												
Año	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Marlin	Black marlin	Marlin negro	CPUE	Area 7-9	Area 1-6
1954	5	0.000	0		850	34.920	856	6.786	5	0.000	856	0.379	5	0.700	850	0.136	0		856	0.488				
1955	96	0.260	242	25.057	1,126	25.365	1,225	9.696	96	0.000	1,225	0.211	98	0.254	1,128	0.263	0		1,225	0.573				
1956	931	0.085	862	23.574	1,402	10.655	2,334	11.518	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	8,987	18.112	628	0.000	8,987	0.250	2007	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	13.280	884	0.005	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	9.374	1,268	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	11.593	3,013	0.008	14,235	0.180	5,169	1.889	11,219	2.434	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	10.125	1,561	0.029	34,332	0.310	11,447	3.879	32,092	0.219	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	6.165	2,200	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	5.718	6,579	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	62,018	0.324		
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	50,797	0.625		
1966	6,373	0.747	29,767	9.312	46,412	10.561	63,205	6.398	6,373	0.003	63,205	0.611	47,049	4.786	50,266	0.562	50,266	0.087	24,884	8.698	38,321	0.520		
1967	12,507	0.837	25,163	8.925	42,622	9.793	66,607	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	47,911	0.579		
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	39,474	0.495		
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	52,162	0.363		
1970	13,603	2.308	31,131	4.171	59,713	7.978	83,392	4.093	13,603	0.005	83,392	0.927	58,573	4.327	63,753	0.608	63,753	0.052	25,520	9.787	57,871	0.477		
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	43,201	5.550	53,649	0.448	53,649	0.043	18,678	7.758	48,080	0.377		
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	52,924	0.429		
1973	15,311	3.080	43,623	1.048	81,828	9,368	107,224	2.602	15,311	0.001	107,224	0.640	70,025	1.507	81,579	0.466	81,579	0.059	38,626	3.805	68,597	0.549		
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	61,197	0.467		
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	54,663	0.525		
1976	6,235	1.816	58,350	0.862	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	88,759	0.467		
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	96,089	0.287		
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	91,755	0.200		
1979	12,196	7.817	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	104,423	0.146		
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	95,333	0.157		
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	97,440	0.144		
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	87,273	0.145		

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

Year Año	Northern albacore	Southern albacore	Bigeye	Yellowfin	Bluefin	Swordfish	Striped marlin	Blue marlin	Black marlin	Marlin negro	Sailfish and shortbill spearfish Pez vela y marlin trompa corta											
	Albacora del norte	Albacora del sur	Patudo	Aleta amarilla	Aleta azul	Pez espada	Marlín rayado	Marlín azul	Marlín negro	Area 7-9	Area 1-6											
	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE	Hooks	CPUE
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	99428	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	74156	0,651	81,630	0,022	30,958	0,086	88,676	0,189		
1985	9,301	8,475	64,826	0,936	97,243	13,202	106,757	2,938	9,301	0,002	106,757	0,275	54241	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	0,910	145,164	11,697	160,552	2,746	13,456	0,000	160,552	0,327	92408	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	0,877	172,562	8,730	188,392	1,712	11,902	0,001	188,392	0,408	131271	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	89061	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	92457	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	86319	0,634	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	109038	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	124759	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	77554	0,533	125,403	0,467	125,403	0,009	31,185	0,018	128,770	0,062
1994	16,775	8,625	112,571	1,707	145,236	6,378	162,040	3,700	16,775	0,004	162,040	0,263	88752	0,450	123,012	0,618	123,012	0,011	33,205	0,015	128,835	0,096
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	83902	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	93,911	6,576	103,653	3,054	9,667	0,009	103,653	0,349	63262	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	59459	0,852	80,241	0,592	80,241	0,010	16,067	0,089	80,315	0,153
1998	7,770	12,140	70,073	2,669	98,446	6,969	106,568	2,487	7,770	0,003	106,568	0,457	69912	0,578	81,640	0,446	81,640	0,012	26,994	0,059	79,574	0,134
1999	16,983	6,004	48,852	3,138	63,961	5,313	80,957	2,753	16,983	0,006	80,957	0,329	47040	0,367	53,655	0,367	53,655	0,009	11,455	0,015	69,501	0,224
2000	7,074	2,894	51,367	1,474	72,236	8,060	79,310	6,188	7,074	0,001	79,310	0,471	36730	0,335	61,296	0,336	61,296	0,009	12,633	0,055	66,677	0,238
2001	2,739	0,737	68,473	1,997	99,456	7,322	102,218	3,607	2,739	0,001	102,218	0,700	54495	0,357	77,680	0,302	77,680	0,005	24,808	0,047	77,410	0,202
2002	5,008	2,711	71,118	2,678	99,007	5,623	104,190	2,024	5,008	0,001	104,190	0,561	51951	0,321	79,290	0,293	79,290	0,005	20,928	0,042	83,261	0,167
2003	12,254	0,049	69,322	2,111	88,812	4,079	101,161	2,946	12,254	0,001	101,161	0,471	63294	0,275	72,927	0,330	72,927	0,005	18,752	0,035	82,409	0,187

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	337,009	1,056,293	599,563	42,635	56,023	80,038	1,833	-	1,816	11,109	2,186,319
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
1998	282,550	762,470	265,056	48,729	46,111	39,317	1,231	-	1,606	10,674	1,457,744
1999	256,593	503,942	222,880	26,636	27,184	21,238	506	-	955	14,810	1,074,744
2000	96,337	628,987	490,751	37,331	18,825	22,510	597	-	1,509	15,067	1,311,914
2001	138,883	751,799	368,689	71,550	23,588	24,282	518	-	1,164	15,622	1,396,095
2002	204,393	623,178	210,842	58,451	22,351	24,151	409	-	617	14,175	1,158,567
2003	147,725	470,460	298,035	47,659	20,800	25,507	449	-	1,056	15,025	1,026,716

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
1972	851	35,113	15,927	2,266	6,981	2,381	-	-
1973	1,396	49,731	11,496	3,779	5,116	3,500	-	-
1974	559	36,013	7,102	2,143	5,229	2,721	-	-
1975	449	40,647	9,913	2,303	5,361	2,162	-	-
1976	899	52,730	14,923	3,424	6,410	3,175	-	-
1977	2,405	70,024	11,500	4,234	3,020	2,909	-	-
1978	2,856	67,214	9,023	4,060	2,170	3,026	-	-
1979	2,621	54,377	11,326	2,610	4,056	4,329	-	-
1980	2,132	61,951	11,717	3,667	4,771	3,748	-	-
1981	2,153	49,970	7,161	2,882	4,096	3,845	-	-
1982	1,304	50,199	9,691	2,475	4,162	4,368	-	-
1983	2,953	57,195	9,431	3,147	3,463	4,125	-	-
1984	3,485	44,587	9,106	2,625	2,307	4,684	-	-
1985	2,037	61,627	10,696	1,764	1,329	3,084	-	-
1986	1,880	91,981	17,770	2,637	2,535	4,472	-	-
1987	2,636	87,913	13,580	3,573	5,043	5,881	-	-
1988	3,848	65,896	12,413	3,619	3,412	5,002	-	-
1989	2,093	67,514	15,552	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	15,333	3,135	2,006	5,234	-	-
1993	4,385	63,296	20,541	2,513	2,237	5,381	-	-
1994	4,853	61,688	26,501	2,439	2,336	7,628	35	133
1995	3,246	49,104	17,127	1,992	2,211	6,011	31	147
1996	2,960	36,685	12,758	1,968	1,961	2,605	24	120
1997	2,497	40,571	16,142	2,576	2,617	4,312	28	149
1998	4,775	40,487	10,761	2,953	2,038	3,366	34	120
1999	4,054	25,096	8,871	1,465	1,123	2,090	23	164
2000	1,262	34,468	17,569	2,438	817	2,451	34	194
2001	2,069	44,657	16,849	4,400	1,179	2,438	26	169
2002	3,311	37,640	9,446	3,647	983	2,628	14	204
2003	2,349	25,452	11,713	2,855	828	2,339	24	180

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		
1998	SFS	10	158	102	207	571	0	0	451	107	1,606
	SBS	1,425	67	49	4,102	3,988	0	0	18	1,025	10,674
	Hooks-Anzuelos	7,770	11,164	7,724	25,492	27,423	0	351	9,484	17,157	106,565
1999	SFS	14	336	75	362	142	0	9	16	1	955
	SBS	3,890	152	103	7,163	3,358	0	17	2	125	14,810
	Hooks-Anzuelos	16,983	11,128	2,856	22,789	15,742	1	10	1,125	10,319	80,953
2000	SFS	12	248	149	447	121	0	0	532	0	1,509
	SBS	1,466	521	22	8,027	4,868	0	0	14	149	15,067
	Hooks-Anzuelos	7,074	17,563	1,611	25,016	15,411	0	0	1,693	10,939	79,307
2001	SFS	4	164	144	257	36	0	15	23	521	1,164
	SBS	287	514	68	7,709	6,445	1	18	8	572	15,622
	Hooks-Anzuelos	2,739	20,269	7,727	27,454	19,217	2	20	2,988	21,799	102,215
2002	SFS	1	224	65	240	51	0	0	22	14	617
	SBS	741	311	15	6,379	5,579	300	0	10	840	14,175
	Hooks-Anzuelos	5,011	24,824	2,201	27,413	23,672	140	33	1,004	19,890	104,188
2003	SFS	242	554	64	143	35	0	0	18	0	1,056
	SBS	2,723	456	74	4,832	6,289	6	0	27	618	15,025
	Hooks-Anzuelos	12,254	13,513	3,299	24,354	28,893	95	0	2,772	15,980	101,160

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	Striped marlin	Shortbill spearfish
Area	Trimestre	Especie			
		Patudo	Aleta amarilla	Marlín rayado	Marlín trompa corta
1	2	144	0	0	0
1	3	99	0	0	0
1	4	6635	36	30	0
2	1	72	36	0	0
2	2	185	36	0	0
4	2	466	635	0	4
4	3	63	45	0	0
4	4	290	31	0	0
Total		7954	819	30	4

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.

TABLE 10. Fishing effort by the Japanese longline fishery, in millions of hooks, retained catches of sharks, in thousands of fish, and catch per unit of effort (CPUE), in fish per 1000 hooks in the EPO.

TABLA 10. Esfuerzo de pesca por palangreros japoneses, en millones de anzuelos, capturas retenidas, en miles de peces, y captura por unidad de esfuerzo (CPUE), en peces por 1000 anzuelos, en el OPO.

Year— Año	Hooks— Anzuelos	Fish—Peces				CPUE	
		Quarter—Trimestre					
		1	2	3	4		
1971	67	17.3	11.1	16.5	16.1	61.0	0.91
1972	78	20.0	18.1	25.6	20.5	84.2	1.08
1973	107	29.3	20.5	25.3	19.1	94.2	0.88
1974	89	11.9	10.1	16.1	16.7	54.8	0.61
1975	86	11.8	13.8	13.2	11.9	50.8	0.59
1976	117	13.3	18.4	24.3	20.2	76.2	0.65
1977	133	16.7	25.0	26.5	18.6	86.8	0.65
1978	140	15.3	20.6	30.7	18.2	84.8	0.61
1979	138	18.0	21.8	22.2	14.5	76.5	0.56
1980	138	17.3	26.1	32.7	18.5	94.7	0.69
1981	131	16.7	28.4	31.2	14.3	90.7	0.69
1982	116	14.7	28.4	31.8	24.7	99.6	0.86
1983	127	27.8	29.5	35.8	16.6	109.6	0.86
1984	120	19.8	26.9	41.0	25.9	113.5	0.95
1985	107	16.9	21.3	22.3	16.3	76.9	0.72
1986	161	17.6	23.3	27.5	19.3	87.7	0.55
1987	188	25.6	49.0	42.1	23.0	139.8	0.74
1988	183	26.8	32.4	39.0	17.5	115.7	0.63
1989	170	22.6	19.4	37.1	32.8	111.8	0.66
1990	178	20.3	23.4	33.8	27.2	104.7	0.59
1991	200	20.1	22.7	24.1	23.6	90.6	0.45
1992	191	27.4	34.2	25.9	19.0	106.5	0.56
1993	160	20.6	24.7	36.7	28.5	110.4	0.69
1994	162	28.2	27.9	39.4	24.0	119.5	0.74
1995	130	28.2	28.2	39.5	34.5	130.3	1.01
1996	104	20.2	17.7	22.7	16.3	76.9	0.74
1997	96	12.8	16.6	27.9	26.4	83.7	0.87
1998	107	34.6	32.2	23.6	14.0	104.3	0.98
1999	81	11.3	15.0	12.5	9.8	48.6	0.60
2000	79	6.3	11.1	10.5	8.7	36.7	0.46
2001	102	9.3	14.1	16.2	7.8	47.4	0.46
2002	104	6.7	10.2	9.3	5.2	31.4	0.30
2003	101	5.5	10.8	8.4	6.0	30.7	0.30

TABLE 11. Numbers of tagged yellowfin released from purse-seine vessels that traveled various net distances (in nautical miles) during various periods at liberty.

TABLA 11. Número de aletas amarillas marcados y liberados de barcos cerqueros que recorrieron varias distancias netas (en millas náuticas) durante distintos períodos de libertad.

Days—Días	Distance (nm)—Distancia (mn)				
	0-100	101-200	201-500	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 12. Results of computer simulations for bigeye and yellowfin carried out by Harley and Maunder (2004) and Maunder and Harley (2004). The simulations are explained further in the text.

TABLA 12. Resultados de simulaciones en computadora para el patudo y aleta amarilla realizadas por Harley y Maunder (2004) y Maunder y Harley (2004). Se explican las simulaciones en mayor detalle en el texto.

	75 percent of 2001-2002 level of surface effort	2001-2002 level of surface effort with discards	2001-2002 level of surface effort without discards	125-percent of 2002 level of surface effort
Spawning biomass ratio during fourth quarter of 2007—Cociente de biomasa reproductora durante el cuarto trimestre de 2007	bigeye—patudo yellowfin —aleta amarilla	0.11 0.52	0.07 0.43	0.08 0.44
Average weight (kg) in combined catches during 2007—Peso medio (kg) en capturas combinadas durante 2007	bigeye—patudo yellowfin —aleta amarilla	12.1 16.5	9.8 14.3	11.6 17.8
Quarterly catches (mt) by surface fleet during 2007—Capturas trimestrales (tm) por la flota de superficie durante 2007	bigeye—patudo yellowfin —aleta amarilla	10,739 52,651	11,490 56,507	12,012 58,513
Quarterly catches (thousands of fish) by longline fleet during 2007—Capturas trimestrales (miles de peces) por la flota palangreña durante 2007	bigeye—patudo yellowfin —aleta amarilla	87 113	65 86	68 90
				47 67

ANALISIS DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1998-2003

por

Takayuki Matsumoto¹ 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 1998-2003, extendiendo los estudios del período de 1956-1997 realizados por otros investigadores. Se examinan las distribuciones espacial y temporal del esfuerzo de pesca, la captura, la abundancia aparente, las inferencias con respecto al desove, 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, DESOVE, DISTRIBUCIÓN, ESFUERZO DE PESCA, INTERACCIÓN, MARLÍN, MARLÍN TROMPA CORTA, OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, PALANGRE, PECES PICUDOS, PEZ ESPADA, PEZ VELA, TIBURONES

INTRODUCCION

El presente informe forma parte de una serie preparada por científicos del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; antes el Far Seas Fisheries Research Laboratory, y antes de eso el Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) sobre la pesquería palangrera japonesa en el Océano Pacífico oriental (OPO). Los informes anteriores (Suda y Schaefer, 1965a y 1965b; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1966, 1969a, y 1969b; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003) analizaron la pesquería y ciertos aspectos de la biología de los peces en el período de 1956-1997; el presente informe analiza datos similares del período de 1998-2003. En este estudio, al igual que en aquéllos de Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003), se usaron datos del área entre el litoral de América Norte y Sur y al oeste hasta el meridiano de 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, y la pesquería se extendió hacia oriente, alcanzando casi el litoral del continente americano 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 190 y 270 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 fue 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 y las de los palangreros han disminuido. En 1996, la captura de la pesquería cerquera rebasó la de la palangrera por primera vez. Desde entonces, las capturas de las dos pesquerías han sido aproximadamente iguales.

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 durante 1998-2003 (Tabla 6).

Las otras especies capturadas, en orden de su importancia durante 1998-2003, fueron atún aleta amarilla, atún albacora, pez espada, marlín azul, 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, China (Miyake, 2005: Tabla 2; Anónimo, 2008: Tabla A-10), Taipeí Chino (Anónimo, 1993b), Polinesia Francesa (Anónimo, 2008: Tabla A-10), y la República de Corea (Lee *et al.*, 1979; Gong *et al.*, 1993), son participantes importantes en la pesquería palangrera del OPO. A juzgar por sus capturas (Anónimo, 2008: Tabla A-3), la mayor parte del esfuerzo de los buques de China, Corea, y Taipeí Chino está dirigido al patudo, y la mayor parte de aquél de los buques de Polinesia Francesa al albacora. Las capturas combinadas de estas tres especies por estos buques han sido considerablemente mayores que la de los buques japoneses desde 2002 (Anónimo, 2008: Tabla A-3). Las capturas de patudo por los buques palangreros chinos han aumentado bruscamente en los últimos años, a unas 10 mil toneladas en 2003 (Anónimo, 2008: Tabla A-3).

Japón redujo el tamaño de su flota palangrera atunera de aguas lejanas en un 20% en 1999 a fin de reducir la presión de

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

pesca sobre los atunes, y, más recientemente, Taipei Chino redujo el tamaño de su flota (Joseph, 2005), lo cual ha afectado probablemente la cantidad total esfuerzo de pesca palangrero en el OPO.

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 entrenamiento e investigación, y los de su tamaño de buques comerciales también. Datos de captura y esfuerzo, madurez, y tamaño recabados y compilados para mayo de 2006 fueron usados para el presente estudio. Fueron incorporados en los presentes análisis ligeras actualizaciones de los datos de captura y esfuerzo de los años previos a 1998 que fueron incorporados en la base de datos después de la publicación del informe de Okamoto y Bayliff (2003). Los datos correspondientes sobre las pesquerías de superficie provinieron de varios 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 a partir de 1994, 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), y Okamoto y Bayliff (2003). 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 86,1 y 96,4% por año durante el período de 1998-2003 (Tabla 1).

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

Se usó la ecuación $GI(1) = (W/L^3) \times 10^4$, donde $GI(1)$ = índice gonadal, W = peso de las góndolas en gramos, y L = talla del pez en centímetros, para calcular los índices gonadados que sirven de índices de madurez de las hembras. La ecuación $GI(2) = \ln(W)/\ln(L)$, que Hinton *et al.* (1997) determinaron ser mejor que el primer índice para el pez espada, y que fue usado para esa especie por Uosaki y Bayliff (1999) y Okamoto y Bayliff (2003), no fue usado en el presente estudio porque no se disponía de datos de góndolas para el pez espada.

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.

ta 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, prorrteando 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, marlín azul, pez vela y marlín trompa corta (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. Estas definiciones de patudo, aleta amarilla, pez espada, marlín rayado, y marlín azul son iguales que las de Okamoto y Bayliff (2003: Figura 2). Se cambió la definición para el albacora porque no hubo datos de tamaño para el área sudoeste del informe de Okamoto y Bayliff (al sur de 20°S , al oeste de 100°O) durante 1998-2003. Además, se han añadido definiciones de áreas para el pez vela y el marlín trompa corta; son idénticas a aquélla del marlín rayado. Si un estrato de área-año-trimestre comprendía menos de 50 peces, no fue usado en los análisis. Algunos de los estratos de albacora, patudo, y aleta amarilla, pez espada, y marlín rayado no contuvieron datos, al igual que muchos de los estratos de marlín azul, pez vela y marlín trompa corta. Cuando un estrato de área-año-trimestre no contenía datos, se sustituyó 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, Índico, 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).

Los 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 1991, pero entonces disminuyó precipitadamente a unos 100 millones de anzuelos en 1996 y a unos 80 millones de anzuelos en 1999 y 2000, tras lo cual aumentó a unos 100 millones de anzuelos en 2001, 2002, y 2003. La disminución hasta 1998 se debió principalmente a un traslado de esfuerzo al Pacífico occidental y a los Océanos Atlántico e Índico (Figura 3a), y aquélla en 1999 probablemente principalmente a la reducción de 20% de la flota palangrera, antes mencionada.

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 0,40 relativo al Océano Pacífico entero y 0,20 relativo a todos los océanos combinados en 2000, pero entonces aumentaron a aproximadamente 0,49 y 0,27, respectivamente, en 2003.

La capacidad de los palangreros japoneses que pescan en el OPO varía de 100 a unas 500 toneladas brutas (TB). La proporción del esfuerzo correspondiente a embarcaciones de entre 50 y 100 TB disminuyó marcadamente durante 1988-1989 (Uosaki y Bayliff, 1999: Tabla 1), y los buques de ese tamaño no han pescado en el OPO desde 1991. Entre 0,6 y 2,5% del esfuerzo fue generado por buques de 100 a 200 TB, y entre 97,5 y 99,4% por buques de 200 a 500 TB durante 1998-2003 (Tabla 1). La proporción del esfuerzo por buques de 100 a 200 TB disminuyó paulatinamente durante 1993-2000, y formó menos del 1% del esfuerzo total a partir de 2000. La distribución del esfuerzo de los buques de 100 a 200 TB fue similar a aquélla de los buques de 200 a 500 TB, pero la proporción del esfuerzo ejercida en la zona ecatorial entre 140°O y 150°O fue mayor, y aquélla entre la línea ecatorial y 10°N al este de 140°O fue menor, para los buques de 100 a 200 TB (Figura 4). El número medio de anzuelos por lance fue aproximadamente 2.550 para los buques de todos tamaños combinados durante todo el período de 1998-2003 (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 la línea ecuatorial y 10°N que se extiende desde la costa de Ecuador a 150°O, (2) una franja horizontal entre la línea ecuatorial y 15°S y el 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. Es interesante notar que durante 1998-2003 hubo poco esfuerzo de pesca a lo largo del ecuador, al sur de las Islas Galápagos (aproximadamente 0° a 10°S, 85°O a 100°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; Anónimo, 2008; Figura A-1a). Ocurrió lo mismo durante 1971-1997 (Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003). 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 termoclinia es menos de 50 m y la concentración de oxígeno disuelto debajo de la termoclinia es menos de 1 ml/l. Estas condiciones no son favorables para el patudo, que pasa la mayor parte del tiempo, especialmente de día, debajo de la termoclinia (Holland *et al.*, 1992), pero cuyos requisitos de oxígeno son bastante altos. (Hanamoto (1975) manifestó también que el requisito mínimo de oxígeno disuelto para el atún patudo es 1ml/l.).

En la Figura 5 se ilustran las tendencias anuales en el esfuerzo por área (Figura 1). Las tendencias recientes del esfuerzo difirieron entre áreas. El esfuerzo en el Área 4 fue relativamente estable, mientras que aquél en el Área 5 aumentó y aquéllos en la mayoría de los otros fluctuaron.

En la Figura 6 se grafican las tendencias trimestrales del esfuerzo para 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 periodo de 1998-2003. 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 los trimestres segundo y tercero y en el Área 9 durante el tercer trimestre. En el Área 8 no es aparente una variación trimestral importante en el esfuerzo, pero el esfuerzo fue algo mayor durante los trimestres primero y segundo que durante los trimestres tercero y cuarto. Hubo muy poco esfuerzo de pesca en las Áreas 6 y 7 durante todo el año. No hubo una variación trimestral clara en el esfuerzo de todas las áreas combinadas.

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 105°O durante el tercer trimestre, y entre 105°O y 135°O durante el cuarto 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, tercero, y cuarto, especialmente durante el 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), Miyabe y Bayliff (1998), Bigelow *et al.* (2002), y Bigelow *et al.* (2006). 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 varió principalmente de 4 a 15. Okamoto y Bayliff (2003) mostraron que los palangres más profundos (más de 14 APC) han sido dominantes en el OPO desde aproximadamente 1995. Las líneas madre de cada tipo de arte están colgadas a aproximadamente el mismo ángulo de los flotadores, por lo que los anzuelos cerca de los flotadores pescan en aproximadamente las mismas profundidades, pero los anzuelos medianos de los palangres profundos pescan a profundidades mayores que cualesquiera de los anzuelos de los palangres convencionales palangreros (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 Hawái, 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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003) 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 en los que los palangres convencionales y profundos son más eficaces, y el tercero, cuarto y quinto incluyen mapas ilustrando las áreas en las que se pesca con palangre profundo. El sexto informe dividió las artes de palangre profundo en dos categorías (profundo-A: 10 a 14 APC, y profundo-B: más de 14 APC), y presentó mapas que ilustraban las áreas en las que tiene lugar la pesca con palangres profundo-B y las tendencias anuales de las tasas de captura para cada especie de atún y pez picudo por palangres normales, profundo-A, y profundo-B. Suzuki y Kume (1982) formularon una hipótesis que explica por qué 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 m 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.) Bigelow *et al.* (2002) estimaron el esfuerzo de pesca efectivo y la CPUE estandarizada del atún patudo del Pacífico a partir de datos de la profundidad de los anzuelos y del hábitat preferido del patudo, inferido de datos de temperatura ambiental (a diferencia de la temperatura superficial del mar) y oxígeno disuelto. Interesantemente, hay más hábitat adecuado para el patudo en el Océano Pacífico occidental y central (WCPO) que en el OPO porque las concentraciones de oxígeno disuelto en el rango adecuado para el patudo se extienden a profundidades mayores en el WCPO que en el OPO. Esto, por supuesto, haría que los palangres profundos fuesen más efectivos en el WCPO que en el OPO. Bigelow *et al.* (2006) usaron registradores de temperatura a profundidad para obtener datos de profundidad real de anzuelos para los palangreros que dirigen su esfuerzo a los atunes, con un promedio de unos 27 anzuelos entre flotadores, y al pez espada, que típicamente usan 4 anzuelos entre flotadores. Demostraron que la profundidad real de los anzuelos fue normalmente menor que aquélla calculada con un algoritmo catenario debido al efecto de presión de viento, corrientes de superficie, y corte de corriente.

Miyabe y Bayliff (1987: Figura 30), Nakano y Bayliff (1992: Figura 7), Uosaki y Bayliff (1999: Figura 8), y Okamoto y Bayliff (2003: Figura 8) resumen los cambios históricos en el número de anzuelos por canasta usados en el OPO entre 1975 y 1997, 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. En 1993 la moda estuvo en 13 APC. En 1994 apareció una moda adicional moda en 17 APC, y desde 1995 hasta 2003 fue mayor que aquélla en 13 APC. Las distribuciones de APC durante 1998-2003 (Figura 8) son similares a aquéllas de 1995-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 8). Hubo un ligero cambio durante el período de 1998-2003, sin embargo; el uso de palangres intermedios casi desapareció a partir de 1999. 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 quizás, 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 1975-2003. Tal como se comentó previamente, se dividen los palangres profundos en dos categorías, profundo-A (10 a 14 APC) y profundo-B (más de 14 APC). En las Áreas 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, y desde entonces la mayor parte del esfuerzo ha sido esfuerzo profundo-B. En las Áreas 6 y 8, asimismo en aguas tropicales, el patrón fue algo similar, pero hubo uso considerable de palangres convencionales e intermedios en el Área 6 durante 1992-1994 y uso considerable de palangres profundo-A en el Área 6 durante 1999-2001. Además, los porcentajes de esfuerzo con palangres intermedios fueron mayores durante los años 1980 y principios de los 1990 en el Área 8 que en las Áreas 2-5. En las Áreas 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 Área 1 la proporción de palangres profundos aumentó constantemente a partir de 1975, y casi todos los lances fueron realizados con palangres profundos a partir de 2000. Además, la proporción de palangres profundo-B viene en aumento, y un 80% del esfuerzo fue esfuerzo profundo-B en 2003.. En el Área 9 el uso de palangres profundos aumentó rápidamente a partir de 1991 y casi todos los lances fue-

ron realizados con palangres profundos a partir de 1998, y un 65% del esfuerzo fue esfuerzo profundo-B en 2003. En el Área 7, a diferencia de las demás áreas, los palangres convencionales predominaron hasta 1998, excepto 1992 y 1993. No obstante, a partir de 2000, los palangres profundos reemplazaron los palangres convencionales por completo.

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; Uosaki y Bayliff, 1999). Posteriormente, los palangres profundo-B fueron adoptados casi simultáneamente en toda la región tropical del OPO, desde aproximadamente 10°N hasta 15°S, durante 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 10). En la Figura 10 se ilustran las distribuciones geográficas de las proporciones del esfuerzo palangrero total formadas por el esfuerzo profundo-B. La mayoría de los lances en la región tropical durante 1998-2003 fueron realizados con palangres profundos. Además, los palangres profundos dominaron en el área noroeste (al norte de 16°N y al oeste de 130°O) en 2003.

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 valores en las Tablas 3 a 5 son ligeramente diferentes de aquéllos de las Tablas 3 a 5 de Okamoto y Bayliff (2003) porque los datos de los años anteriores a 1998 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 luego disminuyeron precipitadamente a unos 1,0 millones de peces en 2003, el nivel de captura más bajo desde 1960.

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 Área 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 Área 7 y en el Área 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 5). La proporción de la captura total de atunes que fue 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 53% de la captura en 1994. Desde entonces la proporción de atún patudo ha sido relativamente constante, fluctuando entre 51 y 60%. 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. A partir de 1997, la capturas tanto de albacora como de aleta amarilla fluctuaron mucho, y en 1998 y 1999 las capturas de albacora superaron aquéllas de aleta amarilla por primera vez desde 1966. Posteriormente las dos especies mostraron tendencias opuestas, es decir, la captura de aleta amarilla aumentó cuando disminuyó aquélla de albacora y viceversa, pero las capturas de aleta amarilla superaron aquéllas de albacora excepto en 1998 y 1999.

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 las capturas de pez vela más marlín trompa corta disminuyeron, y aquéllas de pez espada y marlín azul más marlín negro aumentaron. 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. La proporción de pez vela en las capturas combinadas de pez vela y marlín trompa corta fue 9 a 14% durante 1994-1998, pero disminuyó a 4 a 9% después de 1998. 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 Océano 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 2003 fue menos de un tercio 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 pez espada en el OPO fueron algo mayores durante 2001 y 2002. Las capturas de marlín azul mostraron una ligera tendencia ascendente desde los años 1970 hasta 1994, mientras que las de marlín negro mostraron una ligera tendencia descendiente durante ese período. Las capturas de marlín rayado y pez vela más marlín trompa corta

disminuyeron marcadamente desde mediados de los años 1960s hasta fines de los 70, tras lo cual se estabilizaron, pero las capturas de marlín rayado disminuyeron durante 1998-2000.

En Miyabe y Bayliff (1987: Figura 10), Nakano y Bayliff (1992: Figura 12), Uosaki y Bayliff (1999: Figura 14), y Okamoto y Bayliff (2003: Figura 14) se ilustra la composición por especie de las capturas de 1971-1997, por área, y en la Figura 14 de este informe las de 1998-2003. No son evidentes cambios conspicuos en la composición por especies para el período de 1971-1997. Durante 1998-2003 el patudo fue normalmente la especie más importante, excepto en el Área 7, donde predominaron generalmente 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. El patudo ha sido la especie predominante en el Área 1 desde 1999, lo cual no fue el caso en los años anteriores.

DISTRIBUCION 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 1998-2003. 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 (Boggs, 1992; 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 1998-2003, 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 1971-1997 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 11; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 13; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 15; Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 15) o los datos de 1998-2003 en el presente informe. Cabe destacar, sin embargo, que no hubo mucho esfuerzo de pesca al sur de 15°S (Figura 7.).

Patudo

Durante 1998-2003 las tasas de captura de patudo (Figura 16) fueron relativamente elevadas en la mayor parte del OPO en la que hubo pesca. Los períodos de área-tiempo de tasas de captura máximas fueron (1) una franja horizontal entre la línea ecuatorial y 10°N entre 150°O y Ecuador durante todo el año, (2) una franja horizontal entre 5°S y 20°S desde 150°O y 80°O durante todo el año, (3) el área entre 15°N y 35°N y entre 125°O y 150°O durante los trimestres primero, tercero, y cuarto, y (4) el área entre 10°S y 30°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 0° 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 (Okamoto y Bayliff, 2003) y 1998-2003 (el presente estudio), sin embargo, las tasas de captura máximas coincidieron bastante bien con la distribución de esfuerzo, debido tal vez al uso de palangres más profundos a partir de 1995. 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 Hawái durante los trimestres primero, tercero, y cuarto, al este y oeste de las Islas Galápagos durante los trimestres primero, segundo, y cuarto, y frente al sur del Perú y el norte de Chile durante el cuarto trimestre, no se ejerció mucho es-

fuerzo en esos estratos de área-trimestre. En la Figura 17 se presentan las tasas de captura medias en lances durante 1998-2003 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 muestreado en el OPO alcanza la madurez a los 3,4 años (Schaefer y Fuller, 2006), 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 Hawai, 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 en las que el esfuerzo es relativamente bajo.

Cantidades sustanciales de patudo fueron capturadas por buques cerqueros entre 5°N y 10°S durante 1994-2006 (Anónimo, 2008: Figuras A-3a y A-3b). 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 1998-2003 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 0° y 15°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; Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 18; este informe, Figura 18), pero cabe notar que hubo relativamente poco esfuerzo de pesca en esas áreas.

Grandes cantidades de aleta amarilla son capturadas por buques cerqueros entre 5°N y 15°N (Anónimo, 2008: Figuras A-1a y A-1b). 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 20°N y 35°N al oeste de 125°O durante el cuarto trimestre durante 1998-2003 (Figura 19). Además, las tasas de captura fueron relativamente altas entre 10°S y 15°S al oeste de 120°O durante el primer trimestre y entre 10°S y 20°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.*, 2003). 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.

Pez espada

El pez espada fue capturado en casi todas las áreas donde se pescó con palangre durante 1998-2003 (Figura 20). Las tasas de captura fueron relativamente altas frente a Perú y el norte de Chile, especialmente durante los trimestres segundo y tercero, al oeste de 90°O entre la línea ecuatorial y 5°N durante todo el año, al oeste de 110°O entre la línea ecuatorial y 5°S durante el primer trimestre, y entre 100°O y 135°O y entre 10°S y 20°S durante los trimestres tercero y cuarto. 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 1993-2003 (Okamoto y Bayliff, 2003; este informe). Cabe destacar, sin embargo, que el esfuerzo en esta zona fue bajo durante 1993-2003 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 7; este informe: 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 1993-2003 (Okamoto y Bayliff, 2003; este informe).

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, segundo, y tercero de 1998-2003 (Figura 21). Ocurrieron asimismo tasas de captura supe-

riores al promedio al nordeste de Hawái durante el cuarto trimestre frente a Perú durante el segundo trimestre, al sur de la línea ecuatorial entre 90°O y 120°O durante el primer trimestre, y entre 90°O y 120°O y entre 5°S y 20°S 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 (Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 7; Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 7; este informe: Figura 7).

Marlín azul

Marlines azules fueron capturados en el OPO entre 30°N y 25°S durante 1998-2003 (Figura 22). Las tasas de captura fueron máximas en dos bandas ecuatoriales, una al oeste de 100°O entre la línea ecuatorial y 10°N y la otra al oeste de 100°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 tercero y cuarto, y alrededor de 115°O entre 15°S y 25°S durante el cuarto trimestre. 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 durante 1988-1997 (Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 7; Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 7). Durante 1998-2003 hubo algún esfuerzo de pesca en esta última área durante el cuarto trimestre (Figura 7) y la tasa de captura de marlín azul fue alta (Figura 22).

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 1956-1997 (Joseph *et al.*, 1974: Figura 9; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 17; Nakano y Bayliff, 1992: Figura 20, Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 22, Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 23). 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 los informes pasados (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). Okamoto y Bayliff (2003) analizaron la captura y las tasas de captura de estas dos especies solamente en 1994-1997, el período para el cual se dispuso de datos separados para las dos especies. Por supuesto, son analizados los datos de captura y tasa de captura para el período entero del presente estudio (1998-2003), ya que se dispone de datos separados para las dos especies para todos esos años. En la Tabla 7 se presentan las capturas de pez vela y marlín trompa corta en cada área. El pez vela predominó generalmente en las Áreas 2, 3, y 8, y el marlín trompa corta en las Áreas 1, 4, 5, y 9.

En la Figura 24 se presentan las distribuciones de las tasas de captura de pez vela durante 1998-2003. 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 35°N y 20°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 1998-2003. Las tasas de captura fueron máximas al oeste de 90°O entre la línea ecuatorial y 15°S y al oeste de 125°O entre 35°N y 15°N durante todo el año, y entre 110°O y 125°O y entre 20°S y 30°S durante el cuarto trimestre. 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 1981-2003 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 6; Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 7; Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 7; este informe, Figura 7), y las tasas de captura fueron bajas.

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 1954-2003 para medir la abundancia relativa de las distintas especies de atunes y peces picudos. 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 período de 1998-2003 (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 15-25 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 poblaciones separadas. 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 poblaciones 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 Ushijima (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 poblaciones separadas de albacora del norte y del sur, y que los peces del Área 1 pertenecen al población norteña y aquéllas de las Áreas 4, 5, 6, y 9 al población sureña. 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 el primer trimestre en el Área 1 (Figura 24), el cuarto trimestre en el Área 6, el primer trimestre en el Área 7, y el tercer trimestre en las Áreas 5 y 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, algo más altas durante 1990-1996, mucho más alta durante 1997-1998, pero luego disminuyeron precipitadamente desde 1999 hasta 2003. Se cree que el aumento en las tasas de captura desde 1977 hasta 1985 resultó parcialmente de una mayor abundancia de albacora en los caladeros al norte de 25°N y un traslado del esfuerzo de pesca a esa parte del Área 1. Por contraste, en el hemisferio sur las tasas de captura disminuyeron precipitadamente durante los años 1960 y principios de los 1970.

En la Figura 28 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de albacora durante 1955-2003 en el Área 1 y en las Áreas 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 1986-2003 el esfuerzo osciló entre 3 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 hasta 1998, variando de unos 4 a 12 peces por 1000 anzuelos, y luego disminuyeron bruscamente a aproximadamente 1 pez por 1000 anzuelos durante 2001-2003. Para la albacora del sur, el esfuerzo aumentó rápidamente, de 0.2 a 53 millones de anzuelos, durante 1955-1963, 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. Las tasas de captura durante 1998-2003, con la excepción de aquélla de 2000, superaron aquéllas de cualquier año del período de 1971-1997.

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 Áreas 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 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 29). Durante 1998-2003 las tasas de captura en las Áreas 3, 6, y 7 fueron mayores durante los trimestres primero, cuarto, y primero, respectivamente, mientras que hubo poca o ninguna estacionalidad en las otras áreas o todas las áreas combinadas (Figura 29).

Las tendencias en las tasas de captura en las distintas áreas (Figura 30) fueron relativamente similares, lo cual sugiere que hay solamente un población 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, pero permanecieron relativamente constantes a partir de mediados de los años 1960. 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 Área 3), pero mucho mayores en las áreas costeras (Áreas 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 Áreas 3, 8, y 9 y, en menor grado, en las Áreas 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, con fluctuaciones relativamente pequeñas (Tabla 4). 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 1955-2003 en las Áreas 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 1966-1995 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 1996-2003 el esfuerzo y capturas fueron más bajas—72 a 99 mil anzuelos y 470 a 760 mil peces—mientras que las tasas de captura fluctuaron entre 316 y 604 millones de peces, mientras que las tasas de captura fueron casi constantes, en unos 6 a 8 peces por 1000 anzuelos, excepto en 2003, cuando disminuyeron a 4 peces por 1000 anzuelos.

Según Bigelow *et al.* (2002), que también usaron datos japoneses, “Los índices de CPUE nominal y estandarizada [de patudo] en el OPO muestran tendencias similares,” lo cual es alentador porque parece indicar que los datos de CPUE nominal de patudo presentados en esta serie de informes sobre la pesquería palangrera japonesa en el OPO no están gravemente sesgados.

Aleta amarilla

Hubo poca estacionalidad en las tasas de captura de aleta amarilla (Figura 32) en la mayoría de las áreas; las excepciones principales fueron el Área 4, en la que la tasa de captura fue mayor en el segundo trimestre, y el Área 6, en la que fue mayor en el cuarto trimestre. 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 1998-2003 excepto en el Área 6 durante el cuarto trimestre.

Las tasas de captura disminuyeron marcadamente en las Áreas 2-5 hacia fines de los años 1950 y principios de los 1960 y en las Áreas 6 y 7 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 Área 9) hasta principios de los años 80. Las tasas de captura disminuyeron también en las Áreas 6, 7, y 8 a principios de los años 60, pero menos marcadamente que en las Áreas 2-5. No son evidentes disminuciones en las tasas de captura en las Áreas 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 las Áreas 5 y 9 durante 1998-2003.

En la Figura 34 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de aleta amarilla en el OPO durante 1955-2003. 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 unos 100 millones de anzuelos en 1996 y permaneció alrededor de ese nivel subsecuentemente (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. Las tasas de captura fluctuaron entre 2 y 4 peces por 1000 anzuelos desde 1993 hasta 2003, excepto en 2000, cuando la tasa de captura fue 6 peces por 1000 anzuelos.

Pez espada

Joseph *et al.* (1974: Figura 11) demostraron que durante 1956-1970 las tasas de captura de pez espada frente a México fueron máximas durante los trimestres primero y cuarto y que aquéllas frente al norte de Sudamérica mostraron poca estacionalidad. Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) descubrieron lo mismo para 1971-1980. Atribuyeron la falta de estacionalidad en el Área 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 Áreas 1, 7, y 9, pero no en las Áreas 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 Área 1, en la que fueron máximas durante el primer trimestre, y el Área 7, donde fueron máximas durante los trimestres primero y cuarto. Okamoto y Bayliff (2003: Figura 35) comentaron que no hubo una estacionalidad obvia durante 1993-1997 excepto en el Área 7, en la que la tasa de captura fue bastante elevada durante el primer trimestre. Durante 1998-2003 son aparentes diferencias estacionales en las tasas de captura en las Áreas 3, 6, 7, 8, y 9 (Figura 35).

Las tasas de captura fueron bajas, casi siempre inferiores a 1 pez por 1000 anzuelos, excepto en las Áreas 7 y 8 (Figura 36). Aunque no hubo ninguna tendencia clara en las tasas de captura en la mayoría de las áreas, aquélla del Área 1 parece ser contraria a las de las Áreas 2 y 3. Las tasas de captura en el Área 1 fueron máximas desde mediados de los años 1970 hasta fines de los 1980, y luego disminuyeron a partir de 1988, mientras que aquéllas en las Áreas 2 y 3 fueron mayores hasta principios de los años 1970, tras lo cual disminuyeron paulatinamente hasta 1984. En el Área 8 ocurrieron reducciones precipitadas durante 1969-1971 y 1977-1981. Las tasas de captura en el Área 7 fluctuaron mucho, pero sin tendencia. Miyabe y Bayliff (1987) declararon que las fluctuaciones anuales relativamente grandes en el Área 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. Hinton (2003: Figura 5) manifestó que la CPUE estandarizada del pez espada en el OPO está negativamente correlacionada con el Índice de Oscilación del Sur (IOS). (El IOS es la diferencia entre las anomalías en la presión atmosférica a nivel del mar en Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia) y es una medida de la fuerza de los vientos superficiales de oriente, especialmente en el Pacífico tropical en el hemisferio sur.) Manifestó también que la CPUE fue relativamente estable en el área norte (al norte de 5°S) y estaba aumentando en el área sur (al sur de 5°S). Estos resultados esencialmente concuerdan con aquéllos del presente estudio.

En la Figura 37 se presenta la relación entre el esfuerzo y la captura de pez espada en el OPO durante 1955-2003. 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 27 mil y 77 mil peces durante 1963-2003, excepto 1969, cuando se capturaron unos 119 mil peces (Tabla 5). El esfuerzo de pesca fue bajo (1 a 34 millones de anzuelos) durante 1954-1961, intermedio (46 a 140 millones de anzuelos) durante 1962-1985, y alto (160 a 200 millones de anzuelos) durante 1986-1994, y luego disminuyó a unos 100 millones de anzuelos en 1996 y permaneció alrededor de ese nivel posteriormente (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 2000-2003 las tasas de captura variaron de unos 0,5 a 0,7 peces por 1000 anzuelos, superando aquéllas de cualquier año de las dos décadas previas. Esto se debe probablemente, al menos en parte, al mayor uso de palangres profundos.

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 1971-1997 las tasas de captura, con pocas excepciones, 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); Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 38), y fue también el caso en 1998-2003 (Figura 38). En el Área 9, empero, las tasas de captura fueron relativamente altas durante el primer trimestre también.

Las tasas de captura de marlín rayado fueron relativamente altas entre 1950 y 1970 en las Áreas 1, 3, y 5, y luego disminuyeron (Figura 39). Fueron bastante altas en las Áreas 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 Área 6. En el Área 7, la zona de pesca principal de esta especie, las tasas de captura media fueron 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. En 1997 la tasa de captura en el Área 7 fue extremadamente alta (44,0 peces por 1000 anzuelos), y luego disminuyó bruscamente a 13,2 peces por 1000 anzuelos en 1998.

Hubo poco o ningún esfuerzo (0 a 33 mil anzuelos) durante 1998-2003 y poca o ninguna captura durante 1999-2003..

En la Figura 40 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín rayado en las Áreas 1, 3, y 5-9 durante 1955-2003. 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 1983-2003, 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 1971-1997 las tasas de captura fueron máximas en las Áreas 2 y 3 durante los trimestres tercero y cuarto y máximas en las Áreas 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, Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 41). Fue observada una tendencia similar en las tasas de captura durante 1998-2003, aunque hubo apenas estacionalidad en las tasas de captura en el Área 5 (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 Área 1, un área norteña, durante 1981-1987 (Nakano y Bayliff, 1992: Figura 22) y durante 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 41). Cabe también notar que las tasas de captura en las Áreas 6 y 8 fueron mucho mayores durante el cuarto trimestre de 1998-2003 que durante los otros trimestres de ese período.

Las tendencias anuales en las tasas de captura fueron descendentes en todas las áreas excepto el Área 7 durante los últimos años de la década de los 1950 y los primeros de la de los 1960 (Figura 43). En las Áreas 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 principalmente menores que 1,0 peces por mil anzuelos en todas las áreas excepto el Área 6.

En la Figura 43 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín azul durante 1955-2003 en las Áreas 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 1964-2003 el esfuerzo osciló entre 50 y 156 mil anzuelos, las capturas (en todas las nueve áreas) de 21 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 1986-2000 (0,4 a 0,6 peces por 1000 anzuelos, excepto en 1996), cuando el esfuerzo varió de 54 a 156 mil anzuelos. Las tasas de captura durante 2001-2003 fueron aproximadamente 0,3 peces por 1000 anzuelos—menos que aquéllas durante las dos décadas previas.

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 Áreas 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 Áreas 3 y 7 durante los trimestres tercero y cuarto, en el Área 8 durante el tercer trimestre, en el Área 6 durante los trimestres primero y cuarto, y en el Área 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 Áreas 2 y 3 durante los trimestres tercero y cuarto y en el Área 7 durante los trimestres segundo y tercero de 1988-1992. Durante Okamoto y Bayliff (2003: Figura 44) observaron que las tasas de captura fueron máximas en el Área 2 durante el tercer trimestre, en las Áreas 3 y 7 durante los trimestres tercero y cuarto, en el Área 4 durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto, y en el Área 6 durante el cuarto trimestre de 1993-1997. Durante 1998-2003 las tasas de captura fueron máximas en las Áreas 1, 3, 7, y 8 durante el tercer trimestre, en el Área 4 durante los trimestres segundo y tercero, en el Área 5 durante el segundo trimestre, y en el Área 9 durante el primer 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 Áreas 2-8 durante 1955-2003. 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 1987-2000, respectivamente. Las tasas de captura de 0,005 peces por 1000 anzuelos durante 2001-2003 fueron las más bajas jamás registradas.

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 pa-

langreras hasta 1994. En informes anteriores, excepto aquél de Okamoto y Bayliff (2003), se supuso que los peces capturados a menos de varios centenares de millas del continente (Áreas 7-9) eran peces vela y los demás (Áreas 1-6) marlines trompa corta. Las tasas de captura fueron máximas en las Áreas 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 1994-2003, sin embargo, las distribuciones de las capturas de estas dos especies fueron más o menos similares, aunque el marlín trompa corta no fue capturado a menudo a menos de unas 200 millas del litoral de las Américas (Okamoto y Bayliff, 2003: Figuras 24 y 25; este informe: Figuras 24 y 25). Se ejerció poco esfuerzo de pesca en el Área 7, presuntamente principalmente un área de pez vela, durante 1994-2003 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 7; este informe: Figura 7), y las capturas de marlín trompa corta en todas las áreas combinadas fueron unas 7 a 23 veces las de pez vela durante esos años (Tabla 7). Las capturas máximas de estas dos especies durante 1998-2003 provinieron de las Áreas 1, 2, 4, y 5, y en todas estas excepto el Área 2 las capturas de marlín trompa corta fueron mayores que las de pez vela. En el Área 2 las capturas de pez vela superaron aquéllas de marlín trompa corta en algunos años, pero en otros años ocurrió lo contrario (Tabla 7). Las capturas de pez vela superaron aquéllas de marlín trompa corta en este área durante cada año del período de 1994-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003: Tabla 7), por lo que las capturas de pez vela han predominado en general en el Área 2. 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.

Las tasas de captura de pez vela durante 1994-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 47) y 1998-2003 (Figura 47) fueron bastante diferentes. Durante 1998-2003 fueron máximas durante el tercer trimestre en el Área 8 y los trimestres primero y cuarto en el Área 7. Las tasas de captura de marlín trompa corta (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 48) y 1998-2003 (Figura 48) fueron asimismo bastante diferentes. Durante 1998-2003 fueron máximas en el Área 6.

En la Figura 49 se presentan las tasas de captura de pez vela y marlín trompa corta combinadas durante 1955-2003. Fueron máximas en las Áreas 7 y 8 durante los años 1960 y 1970. Las tasas de captura disminuyeron en todas las áreas durante 1970s y 1980s. Durante algunos años del período de 1998-2003 las tasas de captura fueron relativamente altas (1,6 a 2,4 peces por 1000 anzuelos) en las Áreas 6 y 7, y las tasas de captura en las Áreas 4 y 5 aumentaron durante ese período.

Índices de abundancia aparente obtenidos de distintos tipos de palangres 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 Áreas 2-5 se han usado casi exclusivamente palangres profundos desde mediados de los años 80, mientras que en el Área 7 se habían usado palangres convencionales casi exclusivamente, especialmente durante 1986-1991 y 1994-1998 (Figura 9). A partir de 1998 los palangres profundos dominaron en todas las áreas, y hubo apenas pesca con palangres convencionales o intermedios en el OPO, y es por lo tanto imposible hacer comparaciones significativas para esas áreas de las tasas de captura de palangres convencionales, intermedios, y profundos en los últimos años. 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 1994-2003, Okamoto y Bayliff (2003) dividieron los palangres profundos en dos categorías, profundo-A (10 a 14 APC) y profundo-B (más de 14 APC). No obstante, ya que la mayoría de los lances fueron efectuados con artes que consistieron de más de 14 APC durante 1998-2003 (Figura 8), los palangres profundos fueron divididos de nuevo en dos categorías, profundo-B1 (15 a 16 APC) y profundo-B2 (más de 16 APC) para comparar las tasas de captura por tipo de arte. Durante 1998-2003 más del 90% del esfuerzo palangrero en las Áreas 2, 3, 4, 5 y 8, en las que el patudo es la principal especie objetivo, fue esfuerzo profundo-B, y un 50 a 70% del esfuerzo palangrero profundo-B en aquéllas áreas fue esfuerzo profundo-B2.

En la Figura 50 se presentan las tasas de captura de todas las especies excepto aleta azul por palangres profundo-A y profundo-B en una a cinco áreas, y por palangres profundo-B1 y profundo-B2 en cuatro a siete áreas en la Figura 51. Las condiciones para inclusión en un estrato de especie-área fueron que: (1) que fueron calados más que 100 mil anzuelos de los dos tipos de palangre durante cada año del período de 1998-2003; (2) la especie analizada fue capturada durante cada año de dicho período. No se presentan las tasas de captura de los palangres convencionales e intermedios porque no satisficieron estos requisitos.

Albacora

En el caso del albacora las tasas de captura de los palangres profundo-A fueron generalmente mayores que aquéllas de los palangres profundo-B en las Áreas 1 y 4 (Figura 50). Las tasas de captura de los palangres profundo-B1 y profundo-B2 fueron aproximadamente iguales en las Áreas 4 y 5 (Figura 51). Las tasas de captura de los palangres profundo-B1 superaron aquéllas de los palangres profundo-B2 en el Área 1 en 1998 y en el Área 9 en 1999 y 2002.

Patudo

En el caso del patudo las tasas de captura de los palangres profundo-A fueron mayores que aquéllas de los palangres profundo-B en las Áreas 2 y 4 (excepto en el Área 4 en 2003), mientras que estuvieron en casi el mismo nivel en las otras áreas (Figura 50). Las tasas de captura de los palangres profundo-B1 y profundo-B2 fueron aproximadamente iguales en todas las áreas, con la

excepción del Área 8 en 1999, donde la tasa de captura de los palangres profundo-B2 fue casi el doble de aquélla de los palangres profundo-B1.

Aleta amarilla

En el caso del aleta amarilla las tasas de captura de palangres profundo-A y profundo-B fueron aproximadamente iguales en las Áreas 1 y 2, pero mayores para los palangres profundo-A en el Área 4 durante tres años, en el Área 5 en dos años, y en el Área 9 en un año (Figura 50). Las tasas de captura de los palangres profundo-B1 y profundo-B2 fueron aproximadamente iguales en las Áreas 1-5, pero algo mayores para los palangres profundo-B1 en el Área 8 durante dos años y considerablemente mayores en el Área 9 durante un año. 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 Área 1 y mayores para los palangres intermedios en las Áreas 8 y 9 durante 1988-1992. Similarmente, Okamoto y Bayliff (2003: Figura 50) descubrieron que las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para los palangres intermedios y profundo-A en el Área 1 y mayores para los palangres intermedios en el Área 9 durante 1993-1995. Tal como se comentó anteriormente, no fue posible comparar las tasas de captura de los palangres intermedios y profundos durante 1998-2003 porque hubo apenas lances con palangres intermedios durante los últimos años.

Pez espada

Okamoto y Bayliff (2003: Figura 50) reportaron que durante 1993-1997 las tasas de captura de pez espada en las Áreas 2 y 5 fueron mayores para los palangres profundo-B que los profundo-A (excepto un año en cada una de esas áreas). Durante el período de 1998-2003 (Figura 50) las tasas de captura de los palangres profundo-B fueron mayores que aquéllas de los palangres profundo-A en las Áreas 2 (excepto en 2001 y 2003) y 9 (excepto en 1999) y aproximadamente iguales en las Áreas 1, 4, y 5 (Figura 50). No son aparentes diferencias claras entre las tasas de captura de los palangres profundo-B1 y profundo-B2 (Figuras 51).

Marlín rayado

Okamoto y Bayliff (2003: Figura 50) reportaron que las tasas de captura de marlín rayado en el Área 9 fueron mayores para los palangres profundo-B que para los profundo-A durante 1994-1997 (pero no durante 1993), y que ocurrió lo mismo en 1998-2003 (Figura 50). No obstante, ocurrió lo contrario en el Área 5, donde las tasas de captura de los palangres profundo-A fueron mayores que aquéllas de los palangres profundo-B palangres. Las tasas de captura de los palangres profundo-B1 y profundo-B2 fueron aproximadamente iguales en las Áreas 1, 2, 4, y 9 durante 1998-2003. Las tasas de captura fueron mayores para los palangres profundo-B1 en las Áreas 3, 5, y 8 durante la mayoría de los años del período de 1998-2003 (Figura 51).

Marlín azul

En el caso del marlín azul durante 1994-1997 las tasas de captura de los palangres profundo-B fueron mayores que aquéllas de los palangres profundo-A en el Área 2, pero ocurrió lo contrario en el Área 9 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 50). Durante 1998-2003 las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para los palangres profundo-A y profundo-B, excepto en las Áreas 1 y 2, donde las tasas de captura de los palangres profundo-B superaron aquéllas de los palangres profundo-A (Figura 50). Las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para los palangres profundo-B1 y profundo-B2 en las Áreas 1, 2, 4, 5, 8, y 9, pero algo mayores para los palangres profundo-B1 en el Área 3 (Figura 51).

Marlín negro

En el caso del marlín negro las tasas de captura de los palangres profundo-B fueron mayores que aquéllas de los palangres profundo-A en las Áreas 2, 4, y 9 durante algunos años del período de 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003). Durante 1998-2003, empero, las tasas de captura de los palangres profundo-A fueron mayores que aquéllas de los palangres profundo-B en el Área 9 (Figura 50). No son aparentes diferencias claras en las tasas de captura entre los palangres profundo-B1 y profundo-B2 (Figura 51).

Pez vela

En el caso del pez vela la tasa de captura de los palangres profundo-A fue mucho mayor que aquélla de los palangres profundo-B en el Área 4 durante 1996 (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 50). Se dispuso de datos del Área 2 solamente para el período de 1998-2003, y no hubo diferencias claras entre las tasas de captura excepto en 2003, cuando la de los palangres profundo-B fue mayor que aquélla de los palangres profundo-A (Figura 50). Las tasas de captura fueron aproximadamente iguales para los palan-

gres profundo-B1 y profundo-B2 en las Áreas 2 (excepto en 2003), 4, y 5, pero algo mayores para los palangres profundo-B1 en el Área 3 en 2000 y 2001 (Figura 51).

Marlín trompa corta

En el caso del marlín trompa corta las tasas de captura con palangres profundos fueron mixtas durante 1994-1997—mayores que aquéllas de los palangres intermedios en el Área 1 y, en menor grado, Área 9 (para los palangres profundo-B en el Área 5 en todos los cuatro años, pero mayores para los palangres profundo-A en las Áreas 4 y 9 en 1997 (Okamoto y Bayliff, 2003; Figura 50). Las tasas de captura fueron asimismo mixtas durante 1998-2003, especialmente en las Áreas 4 y 5, donde fueron mayores para los palangres profundo-A en algunos años y mayores para los palangres profundo-B en otros años (Figura 50). Las tasas de captura de los palangres profundo-B1 y profundo-B2 fueron aproximadamente iguales en las Áreas 2, 4, 83, y 9, pero en las Áreas 4 y 5 las tasas de captura de los palangres profundo-B1 fueron mayores, en la mayoría de los casos, que aquéllas de los palangres profundo-B2 (Figura 51).

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 y para los palangres profundo-B1 y profundo-B2. 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 microbatítermógrafos descritos por Mizuno *et al.* (1996) para reunir datos sobre la profundidad de los anzuelos y la profundidad a la cual los peces fueron capturados, tal como hizo, por ejemplo, Boggs (1992).

Posibles motivos de las reducciones precipitadas de las tasas de captura durante los primeros años de la pesquería

Son aparentes reducciones bruscas de las tasas de captura del albacora, patudo, aleta amarilla, y marlín azul en casi cada área en los años alrededor de 1960 (Tabla 4, Figuras 27, 30, 33, y 42). Hay varias posibles explicaciones de esto, aparte de disminuciones bruscas de la abundancia de los peces, incluyendo la extracción de un grupo de peces altamente vulnerables durante los primeros años de la pesquería, el hecho que la pesca comercial no es un método insesgado de muestrear la población, incrementos del suministro de alimento debido a la eliminación de cantidades sustanciales de depredadores de alto nivel, y cambios en las artes de pesca que resultan en una menor vulnerabilidad a la captura de ciertas especies.

En primer lugar, Gulland (1974) dijo que "... en la pesquería palangrera, he sugerido una vez que la c.p.u.e. disminuyó durante los primeros años de la pesquería más rápidamente que lo que parece realista a la luz de eventos posteriores, y que esto podría ser aprendizaje/extracción de la mayoría de animales vulnerables." Hilborn y Walters (1992: 176) mencionaron la posibilidad "que existe subconjunto de peces pequeño pero altamente vulnerable que se encuentra reducido, dejando un subconjunto de la población mucho menos vulnerable, pero todavía abundante." Nakano y Bayliff (1992) notaron las disminuciones bruscas de las CPUE palangreras de los atunes y peces picudos en el OPO durante los años 1950 y 1960, y dijeron que "Es ... posible que una mayor vulnerabilidad a los palangres sea genéticamente determinada, y que los peces que eran especialmente vulnerables a la captura con palangre fueron diezmados durante los primeros años de la pesquería palangrera, por lo que las porciones de estos peces en las poblaciones fueron menores en años posteriores. Esto causaría que las tasas de captura disminuyesen más rápidamente que las abundancias de los peces."

En segundo lugar, Walters (2003) señaló que se obtienen los datos de tasa de captura dividiendo la captura total en todas las áreas por el esfuerzo total en todas las áreas, y dijo que "hacer caso omiso a los estratos no pescados (promediando solamente sobre las áreas que fueron pescadas) es lo mismo que suponer que actuaron de la misma forma que los estratos pescados y puede llevar a una hiperreducción de los índices de abundancia de las pesquerías que se desarrollaron paulatinamente en regiones grandes."

En tercer lugar, los atunes, peces picudos, y tiburones son depredadores ápice en las aguas tropicales del Océano Pacífico (Cox *et al.*, 2002; Olson y Watters, 2003). Se alimentan de peces epipelágicos y mesopelágicos más pequeños (Moteki *et al.*, 2001) y varios invertebrados, la mayoría de los cuales (con la destacada excepción del atún barrilete, *Katsuwonus pelamis*) no son utilizados comercialmente. Según Walters *et al.* (2005), "Encontramos comúnmente fuertes indicios de efectos arriba-abajo de la explotación (o protección) de depredadores grandes sobre la productividad de sus presas. ... En el Pacífico Norte central y el Pacífico oriental tropical, la explotación de piscívoros grandes (atunes, marlines) ha resultado aparentemente en un incremento de la produc-

tividad de piscívoros más pequeños (atún barrilete, dorado [*Coryphaena spp.*]).” Al comenzar la pesquería palangrera de peces pelágicos grandes, la abundancia de los atunes, peces picudos, y tiburones se redujo, lo cual probablemente incrementó la abundancia de sus presas. De ser éste el caso, un pez depredador grande que buscarse alimento tendría una mayor probabilidad de encontrar su presa normal y saciarse antes de encontrar un anzuelo cebado. Esto reduciría las CPUE de las artes palangreras.

Las investigaciones de Bard (2001) y Bertrand *et al.* (2002a y 2002b) apoyan la “hipótesis de saciedad” con respecto a los atunes. Según Bertrand *et al.* (2002a), “... se puede suponer que si un atún logra consumir una gran cantidad de mictófidos se saciará rápidamente y no seguirá buscando presas adicionales fuera de las agregaciones de presas. De esta forma la capturabilidad con palangre es reducida. ... Por otra parte, en ausencia de agregaciones de presas, se supone que los atunes buscan alimento en las capas de dispersión, donde la densidad de las presas es menor por varias ordenes de magnitud que en las agregaciones de presas, y es más probable que sean capturados con palangre.” Bard (2001) reconoció las implicaciones de esto, manifestando que “una comparación con observaciones de atunes capturados con las artes más activas, tales como las redes de cerco o de transmalle sugieren que solamente los atunes con tasa baja de repleción del estómago son capturados con palangre. Esta sugerencia lleva a la hipótesis que la tasa de captura de la pesca palangrera depende no sólo de la densidad de los atunes, sino también de las densidades conjuntas relativas de las presas y los atunes, particularmente en ambientes biológicamente heterogéneos. Las consecuencias de una hipótesis tal sobre el valor de la CPUE palangrera para indicar la abundancia de los atunes que nadan a profundidad podría ser importante.” Por lo tanto, si la abundancia de las agregaciones de presas aumenta en respuesta a la reducción de la abundancia de los depredadores de alto nivel, las CPUE de estos últimos serían reducidas más que su abundancia. No obstante, la situación es aparentemente más complicada que lo que sugiere este resumen, ya que las reducciones de las CPUE varían entre especies y lugares, debido a, entre otras cosas, las distribuciones discontinuas de las presas.

En cuarto lugar, ya se ha señalado que ocurrió un cambio de palangres convencionales a intermedios y luego a palangres profundos para incrementar las capturas de patudo. Tal como se señaló previamente, Suzuki *et al.* (1977) y Nakano *et al.* (1997) observaron que las tasas de captura de los palangres profundos fueron mayores en el caso del patudo y menores en el caso del marlín rayado, marlín azul, pez vela, y marlín trompa corta. El cambio a palangres profundos podría por lo tanto ser responsable, o parcialmente responsable, de las disminuciones empinadas abruptas de las tasas de captura de al menos algunas de las especies aparte del patudo. No obstante, no parece que éste sea el caso en el OPO. El cambio de palangres convencionales a intermedios y luego a palangres profundo-A tuvo lugar principalmente a mediados de los años 1970 y el cambio de palangres profundo-A a profundo-B principalmente a principios de los años 1990 (Figura 9). Las tasas de captura de albacora podrían haber aumentado en las Áreas 1 y 6 a partir de mediados de los años 1970 y en el Área 9 a partir de principios de los años 1990 (Figura 27), pero no son evidentes tendencias para las otras especies.

INFERENCIAS CON RESPECTO AL DESOVE

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 (Hunter *et al.* (1986), barrilete negro, *Euthynnus lineatus* (Schaefer, 1987), patudo (Nikaido *et al.*, 1991; Matsumoto y Miyabe, 2002; Schaefer *et al.*, 2005), aleta amarilla (Schaefer, 1998), pez espada (DeMartini *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2003; Young *et al.*, 2003), pez vela (Hernández-Herrera *et al.*, 2000), aleta azul del Atlántico, *Thunnus thynnus* (Medina *et al.*, 2002; Corriero *et al.*, 2003), marlín azul del Atlántico, *Makaira nigricans* (Prince *et al.*, 2005), marlín blanco, *Tetrapturus albidus* (Prince *et al.*, 2005), y aleta azul del Pacífico (Chen *et al.*, 2006). Los 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 góndolas de 8.807 atunes y peces picudos, obtenidos a bordo de buques de palangre y de entrenamiento durante 1998-2003—considerablemente menos que las 16.419 muestras para 1993-1997 en el informe de Okamoto y Bayliff (2003). Además, los datos de 1998-2003 incluyeron más de 100 muestras de solamente dos especies, los atunes patudo y aleta amarilla. Por contraste, los datos de 1993-1997 incluyeron más de 100 muestras de seis especies, los atunes patudo y aleta amarilla, pez espada, marlín rayado, marlín azul, y marlín trompa corta. Todos los peces fueron capturados al oeste de 120°O entre 35°N y 20°S, por lo que abarcan solamente las Áreas 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 52, 55, 58, y 59 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla del patudo, aleta amarilla, marlín rayado y marlín trompa corta, respectivamente. Se ilustra la distribución geográfica de las proporciones de hembras maduras a hembras totales en 1998-2003, por áreas de 5°, para todos los trimestres combinados en las Figuras 53 y 56, y para cada trimestre por separado en las Figuras 54 y 57. 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. Los puntos de corte designados en este estudio para las cuatro especies antes mencionadas 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). No se designaron puntos de corte para el marlín trompa corta porque casi todos los peces fueron considerados maduros (Figuras 55 y 57). En las Figuras 53, 54, 56, y 57 se ilustran solamente datos de áreas de 5° para las cuales hubo cinco peces o más cuyas tallas superaran los puntos de corte.

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 generalmente 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 hasta 1992 fue resumida por Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999), Okamoto y Bayliff (2003), y Schaefer *et al.* (2005) 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 7.954 patudos para este estudio. De éstos, 6.635 (83,4%) provinieron de peces capturados en el Área 1 durante el cuarto trimestre (Tabla 8). En la Figura 52 se ilustra la relación entre GI y talla. El pez más pequeño con un GI de 3,1 o más fue un pez de 70 cm con un GI de 3,2. No obstante, es posible que este pez y algunos otros de entre 70 y 90 cm de talla fueran aletas amarillas erróneamente identificados o registrados como patudo porque, según Schaefer *et al.* (2005), los patudos de menos de 90 cm de talla son generalmente inmaduros. El GI medio comenzó a aumentar alrededor de los 95 cm, y GI de más de 3,1 ocurrieron con frecuencia en peces de más de 100 cm. Estos resultados son similares a aquéllos de Nakano y Bayliff (1992) Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003), aunque hubo menos peces de menos de 100 cm de talla cuyos GI fueron más de 3,1 que en las muestras descritas en los informes previos. 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 80 cm de talla en el OPO occidental (Áreas 1, 2, y 4). Schaefer *et al.* (2005) estimaron que la talla mínima de madurez sexual de las hembras en el Pacífico central y oriental, basada en información histológica, es 102 cm, y que la talla predicha de 50% de madurez es 135 cm.

Del número total de individuos cuyas gónadas fueron pesadas, 3.257 (40,9%) fueron de más de 120 cm de talla. De estos peces grandes, 269 (8,3%) tenían GI de 3,1 o más, algo menos que el 12,2% obtenido por Okamoto y Bayliff (2003) para el período de 1993-1997. El GI máximo encontrado fue de 18,78, en un pez de 107 cm.

En las Figuras 53 y 54 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 la línea ecuatorial y 5°N al oeste de 145°O, durante el primer trimestre, entre 5°N y 10°N, al oeste de 145°O durante el segundo trimestre, entre 15°S y 5°S entre 130°O y 135°O, durante el segundo trimestre, y entre 15°S y la línea ecuatorial, al oeste de 125°O durante los trimestres segundo 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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). Información adicional fue publicada posteriormente por Anónimo (1994a: 221-222) y Schaefer (1998). Anónimo (1994a) definió el índice gonadal como la razón del peso de las gónadas al peso del cuerpo, y consideró un índice gonadal de 0,6% o más como indicación de que el pez era reproductivamente activo. Esto es equivalente a un índice gonadal, tal como se define en la sección de **FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS** de este informe, de alrededor de 1,2. Anónimo (1994a) comparó peces de más o menos el mismo tamaño capturados con red de cerco y palangre en aproximadamente la misma área y al mismo tiempo, y descubrió que todos los peces capturados con red de cerco, pero solamente 64% de aquéllos capturados con palangre, eran reproductivamente activos, y lo atribuyó a diferencias en el comportamiento de peces reproductivamente activos e inactivos. Schaefer (1998) descubrió que el desove era general entre 26°N y 14°S desde la costa hasta 140°O y que ocurría durante todo el año entre 20°N y el ecuador.

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

Se dispuso de los pesos de gónada de 819 aletas amarillas para este estudio. De éstos, 635 (77,4%) provinieron de peces capturados en el Área 4 durante el segundo trimestre (Tabla 8). En la Figura 55 se ilustra la relación entre GI y talla. El individuo más pequeño con un GI de 2,1 o más fue un pez de 77 cm con un GI de 3,3, pero el siguiente fue un pez de 99 cm con un GI de 2,6. 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, pero Okamoto y Bayliff (2003) reportaron un pez de 57 cm que era maduro. 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, 730 (89,1%) fueron de más de 90 cm de talla. De estos peces mayores, 30 (4,1%) tenían GI de 2,1 o más. El GI máximo encontrado fue de 4,85, en un pez de 140 cm.

En las Figuras 56 y 57 se ilustra la distribución de las proporciones de hembras mayores con GI de 2,1 o más a todas las hembras mayores. Por contraste con estudios previos (Nakano y Bayliff, 1992, Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003), no ocurrieron altas concentraciones de peces maduros en ninguno de los estratos de área-trimestre excepto entre 15°N y 10°N y entre 145°O y 150°O durante el segundo trimestre.

Aleta azul del Pacífico

Se cree que el desove del aleta azul del Pacífico está restringido al Océano Pacífico occidental (Bayliff, 1994b). No se obtuvieron datos de pesos de gónadas para esta especie durante 1998-2003.

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), DeMartini *et al.* (2000), y Okamoto y Bayliff (2003). Hinton *et al.* (1997) compararon los resultados de análisis histológicos y varias metodologías de clasificación basadas en índices gonadales para determinar cuál índice gonadal producía los resultados más precisos para peces espada hembras. Descubrieron que el uso de la ecuación $GI = \ln(W)/\ln(L)$, donde W = peso de los ovarios en gramos y L = 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.

No se obtuvieron datos de pesos de gónadas para esta especie durante 1998-2003.

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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). 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 30 hembras solamente, todas capturadas en el Área 1 durante el cuarto trimestre (Tabla 8). En la Figura 58 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, 7 (23,3%) fueron de más de 150 cm de talla. Ninguno de éstos tuvo GI de 3,1 o más; el más pequeño de éstos midió 138 cm y tenía un GI de 3,8. El GI máximo encontrado fue de 0,58, en un pez de 151 cm.

Okamoto y Bayliff (2003: Figuras 61 y 62) reportaron que tres peces maduros fueron capturados en el Área 1 durante el segundo trimestre del período de 1993-1997. González Armas *et al.* (1993 y 1999) encontraron larvas de marlín rayado en el Área 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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). 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.

No se obtuvieron datos de pesos de gónadas para esta especie durante 1998-2003. Okamoto y Bayliff (2003) reportaron que el GI medio del marlín azul comenzó a aumentar alrededor de los 160 cm, y GI de 3,1 o más ocurrieron con frecuencia en peces de más de 195 cm, pero que solamente el 2,6% de las hembras de más de 180 cm de talla tenían GI de 3,1 o más. Reportaron también que varios 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 hasta 1992 fue resumida por Nakano y Bayliff (1992), con información adicional en Uosaki y Bayliff (1999) y Okamoto y Bayliff (2003). No se obtuvieron datos de pesos de gónadas para esta especie durante 1998-2003.

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 Aguilar Palomino *et al.* (1994), Vidaurre Sotelo *et al.* (1997 y 1998), Hernández H. y Ramírez R. (1998), Uosaki y Bayliff (1999), Hernández-Herrera *et al.* (2000), y Okamoto y Bayliff (2003). Shingu *et al.* (1974) consideraron madura toda hembra con índice gonadal de 3,1 o más, y en este informe se sigue esta convención. No se obtuvieron datos de pesos de gónadas para esta especie durante 1998-2003.

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) y Okamoto y Bayliff (2003). 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 solamente cuatro hembras capturadas en el Área 1 durante el segundo trimestre (Tabla 8). En la Figura 59 se ilustra la relación entre GI y talla. Los peces midieron entre 133 y 141 cm de talla, y tres tuvieron GI de 4,1 o más. El GI máximo encontrado fue de 6,20, en un pez de 140 cm. Los peces con GI de 4,1 o más fueron capturados entre 130°O y 135°O y entre 10°S y 15°S.

COMPOSICIÓN POR TAMAÑO

Durante 1998-2003 se obtuvieron grandes cantidades de datos (más de 10.000 mediciones) sobre el albacora, patudo, aleta amarilla, pez espada, y marlín rayado, pero los datos del marlín azul, marlín negro, pez vela, y marlín trompa corta fueron más escasos (menos de 8.000 mediciones). En el caso de la mayoría de las especies, el número de mediciones fue inferior que aquéllos reportados por Okamoto y Bayliff (2003), pese a que el período de muestreo para el presente informe es un año más largo que aquél del informe previo. Muchos estratos de área-tiempo fueron insuficientemente muestreados, no sólo para las cuatro últimas especies, sino también para las cinco primeras. Las Figuras 60-86 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 8 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 palangres comerciales y buques palangres de entrenamiento e investigación, la mayoría de ellos buques de entrenamiento de escuelas secundarias prefecturales. En la mayoría de los casos, solamente se miden pescados retenidos en los 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 Áreas 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. No se dispuso en la base de datos del NRIFSF hasta recientemente de los datos sobre el sexo de los peces medidos o pesados para este estudio, por lo que no se incluyó información de sexos en los informes previos de esta serie. Esta información está ahora disponible en la base de datos del NRIFSF, por lo que, en el presente informe, las frecuencias de talla para las cuales los datos de años y trimestres son combinados (Figuras 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, y 84) están segregadas por sexo, y los datos de proporciones de sexos (machos/(machos + hembras)) para cada clase de talla están superpuestos en los gráficos. 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 648 histogramas de frecuencia de talla (9 áreas x 6 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 60, los de años en la Figura 61, y los de trimestres en la Figura 62. 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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). La talla de los 44.255 peces del presente estudio varió entre unos 50 y 140 cm, pero la mayoría midió entre unos 60 y 120 cm (Figura 60). Tal como se comentó en la sección sobre madurez, normalmente el albacora no es desagallado y eviscerado en el mar, por lo que se dispuso de poca información para el presente estudio sobre el sexo de los peces capturados.

En la Figura 60 se presentan datos sobre las frecuencias de talla de albacora por área. Tal como se comentó previamente, se considera en el presente informe que hay dos poblaciones de albacora en el Océano Pacífico, una al norte de la línea ecuatorial y la otra al sur de la misma, por lo que los peces capturados en el Área 1 pertenecerían a la población del norte y aquéllos en las Áreas 4, 5, y 9 a la población del sur. Los rangos de tallas de los peces fueron bastante amplios en las Áreas 1 y 9, con la mayoría entre 80 y 120 cm en el Área 1 y 60 y 110 cm en el Área 9 (Figura 60). Por contraste, fueron relativamente estrechos en las Áreas 4 y 5, con la mayoría de los peces entre 85 y 110 cm.

Las frecuencias de talla no variaron mucho entre trimestres en las Áreas 4, 5, ó 9, pero son evidentes diferencias considerables para el Área 1 (Figura 61). 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 Área 1 durante el tercer trimestre y en el Área 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 Área 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), durante 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003), y durante 1998-2003 en el presente estudio. Durante el tercer trimestre los peces capturados en el Área 1 fueron relativamente grandes, todos de más de 90 cm, pero el tamaño de la muestra fue pequeño. Ocurrió lo mismo en el cuarto trimestre, pero algunos de los peces midieron menos de 90 cm. Durante el primer trimestre se capturaron peces grandes y pequeños, con una proporción considerablemente mayor de peces pequeños que durante el cuarto 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 62 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla para cada área durante 1998-2003. En las Áreas 1 y 9 ocurrió una variación considerable entre años en la composición por talla de las capturas en el Área 1 las tallas variaron ampliamente de unos 60 a 120 cm en 1998 y 1999, mientras que de 2000 a 2002 variaron principalmente de unos 90 a 125 cm. En el Área 9 no fueron capturados apenas peces de entre 60 y 70 cm en 1998, pero fueron capturadas cantidades sustanciales en años subsiguientes (aunque no se dispuso de datos de 1999 y 2003). Fueron reportados patrones similares de variación entre años en las composiciones de talla en las Áreas 1 y 9 durante 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003). En las Áreas 4 y 5 las tallas variaron de unos 85 a 115 cm en cada año.

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 1971-2003 y la ecuación peso-talla de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). El peso medio varió de 12,1 kg en 1981 a 17,8 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), Watters y Maunder (2001), Watters y Maunder (2002), Maunder y Harley (2002), Anónimo (2003-2008), Okamoto y Bayliff (2003), Harley y Maunder (2004), Harley y Maunder (2005), Maunder y Hoyle (2006 y 2007), y Aires-da-Silva y Maunder (2007). La talla de los 192.245 peces (69.654 machos, 40.648 hembras, y 81.943 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 40 y 220 cm, pero la mayoría midió entre unos 80 y 180 cm (Figura 63). Hubo más machos que hembras en los peces pequeños (de menos de unos 100 cm de talla) y grandes (de más de unos 150 a 170 cm de talla). (Sin embargo, es posible que se cometieran errores al asignar sexos a los peces más pequeños porque las gónadas de los patudos de menos de unos 80 cm son generalmente muy pequeñas.) Las proporciones de sexos (machos/(machos + hembras)) de los peces del

mismo grupo de tamaño difirieron entre áreas.

La proporción de machos en la captura fue generalmente cercana a 0,5 en el caso de peces de entre unos 100 y 150 cm, pero comenzó a aumentar (comenzando a predominar los machos) para los peces en el extremo superior de ese rango. Los machos comenzaron a ser más numerosos que las hembras en aproximadamente 140 cm en las Áreas 1 y 2, aproximadamente 150 cm en el Área 3, y aproximadamente 160 cm en las Áreas 4 y 5. No se observó un cambio claro en la proporción de sexos de los peces grandes capturados en las Áreas 8 y 9. Por contraste, Shomura y Keala (1973) reportaron que en muestras de peces capturados en el Océano Pacífico central los machos fueron más numerosos que las hembras en el caso de los peces de más de unos 122 cm. 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) y Schaefer y Fuller (2006) 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 30 a 149 cm, respectivamente, 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. Tomando estos resultados en cuenta, se supone que los cambios en las proporciones de sexos con tamaño son causados por diferencias en las tasas de mortalidad de los peces de los dos sexos.

Peces de menos de 110 cm formaron el 49% (en número de peces) de las capturas en el Área 1, el 28% en el Área 4, y del 12 al 15% en las Áreas 8 y 9 (Figura 63). Peces de más de 140 cm formaron el 44 a 55% de las capturas en las Áreas 2, 4, y 5. Watters y Maunder (2001), Watters y Maunder (2002), Maunder y Harley (2002), Harley y Maunder (2004), Harley y Maunder (2005), Maunder y Hoyle (200 y 2007), y Maunder y Aires-da-Silva (2008) reportaron que los peces capturados al norte de 15°N con palangre fueron más pequeños que aquéllos capturados al sur de 15°N con palangre.

Son evidentes tres grupos modales en varios de los histogramas trimestrales (Figura 64), 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 el Área 1 (trimestres primero, tercero, y cuarto) Área 2 (primer trimestre), Área 4 (trimestres segundo, tercero, y cuarto), Área 5 (tercer trimestre) y, en menor grado, Área 9 (trimestres tercero y cuarto). Fueron capturadas pequeñas cantidades de peces de menos de 80 cm de talla en el Área 1 durante los trimestres primer y segundo. Peces de más de 150 cm de talla formaron porciones considerables de las capturas en las Áreas 2, 3, 4, y 5 durante todos los cuatro trimestres.

Las progresiones de modas dentro de años no son muy claras, pero pueden ser seguidas en cierto grado en el Área 1, y, posiblemente, pero en menor grado, en algunas de las otras áreas (Figura 64). Si las modas representan grupos de edad, las progresiones de la primera (80 a 100 cm) a la segunda (100 a 130 cm) moda y de la segunda a la tercera (130 a 150 cm) 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), 31,9 y 21,9 cm por Sun *et al.* (2001), 25 y 20 cm por Okamoto y Bayliff (2003), y 35,2 y 31,7 cm por Schaefer y Fuller (2006) (Tabla 9).

En la Figura 65 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 Área 1 (1998-1999, 2000-2001, y 2002-2003), Área 3 (2001-2002), Área 8 (2000-2002) y Área 9 (1997-1998, y 2000-2002). 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 presumiblemente 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 1999-2000 para las Áreas 1 y 2 brindan un ejemplo posible de desplazamiento. Los peces de 110 a 130 cm, que formaron una gran porción de la captura en el Área 1 en 1999, podrían haber aparecido como peces de 130 a 150 cm en el Área 2 en 2000. 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 1971-2003 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, aumentó de 1984 a 1997, y no mostraron ninguna tendencia después de 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), Uosaki y Bayliff (1999), Maunder y Watters (2001 y 2002), Maunder (2002), Anónimo (2003-2008), Okamoto y Bayliff (2003), Maunder y Harley (2004 y 2005), Hoyle y Maunder (2006 y 2007), y Maunder (2007). La talla de los 77.554 peces (30.607 machos, 26.860 hembras, y 20.087 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 40 y 200 cm, pero la mayoría midió entre 90 y 170 cm (Figura 66).

Aunque hubo diferencias en la composición por talla de los peces entre áreas (Figura 66), son menos pronunciadas que en el caso del patudo (Figura 63). Peces de más de 130 cm fueron capturados en todas las áreas, pero su incidencia fue máxima en las

Áreas 5, 6, y 8, donde formaron el 64 a 68% (en número de peces) de las capturas. Peces de menos de 90 cm formaron el 9% de la captura en el Área 1 y menos del 4% en las demás áreas. La proporción de sexos (machos/(machos + hembras)) fue normalmente cercana a 0,5 para los peces de entre 100 y 140 cm peces en todas las áreas, pero hubo cierta variación, particularmente para las áreas cuyos tamaños de muestra fueron pequeños. La proporción de sexos comenzó a aumentar en aproximadamente 140 cm en las Áreas 1-4 y en aproximadamente 150 cm en las Áreas 5 y 8. No se observó ningún cambio conspicuo en la proporción de sexos en el Área 9. Estas tendencias fueron principalmente similares a aquéllas del patudo (Figura 63). Murphy y Shomura (1972) reportaron que en muestras de peces capturados en el Océano Pacífico central los machos fueron más numerosos que las hembras en los intervalos de tamaño de más de 140 cm, lo cual es similar a los resultados del presente estudio.

Son aparentes variaciones trimestrales en la talla de los peces capturados, especialmente aquéllos de las Áreas 1, 2, 4, 5, y 9 (Figura 67). Son evidentes progresiones modales en el Área 4 en el caso de la moda entre 90 y 110 cm y en el Área 5 en el caso de la moda entre 120 y 150 cm. Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es aproximadamente 35 a 40 cm/año, comparado con los 35 cm/año estimados por Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). Estudios previos, resumidos por Wild (1986: Tabla 10b), han producido estimaciones de 36 a 47 cm/año. Todos los estudios previos 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 a 40 cm/año parece razonable para los peces más grandes. En el Área 2 el rango de tallas fue amplio, de 60 a 170 cm, en el primer trimestre, mientras que durante los trimestres segundo a cuarto la mayoría de los peces midió más de 90 cm.

En la Figura 68 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, con la posible excepción del Área 1 en 2003. Son aparentes posibles progresiones de modas en unas pocas áreas, por ejemplo las Áreas 2 y 4 en 1998 y 1999, Área 4 en 1999, 2000, y 2001, y Área 9 en 2000, 2001, y 2002. 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), 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003), o 1998-2003 (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 1971-2003 y la ecuación peso-talla de Nakamura y Uchiyama (1966) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 28,3 kg en 1974 y 45,7 kg en 2001. El peso promedio fue relativamente bajo entre 1972 y 1989, oscilando entre 28,3 y 42,1 kg, pero mayor posteriormente, oscilando entre 39,3 y 45,7 kg, excepto en 2000, cuando el peso promedio fue 35,8 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), Hinton y Bayliff (2002a), Okamoto y Bayliff (2003), y Hinton *et al.* (2005). La talla de los 10.150 peces (4.231 machos, 3.735 hembras, y 2.184 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre 40 y 350 cm, pero la mayoría midió entre 60 y 240 cm (Figura 69).

Hubo cierta variación entre áreas en las frecuencias de talla (Figura 69). Peces de menos de 120 cm fueron mucho más importantes en el Área 1, y los de más de 200 cm de talla en las Áreas 2, 4, y 5. Es evidente una moda prominente en 70 cm en el Área 1, y algunos de estos peces pequeños son también capturados en las Áreas 2 y 4. Tal como se comentó anteriormente, las medidas de talla son obtenidas principalmente en buques palangres comerciales y de entrenamiento e 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 Área 1, donde fueron medidos 567 peces espada, 513 (90%) fueron capturados por buques de investigación, y 140 de éstos (27,2%) midieron menos de 80 cm. En el Área 4, de 145 peces espada medidos en buques de investigación, 38 (26,3%) midieron menos de 80 cm, mientras que solamente 54 (0,6%) de los 2.761 pescados medidos en buques comerciales midieron menos de 80 cm. (En el recuadro correspondiente al Área 1 en la Figura 69 se presentan las tallas de 567 peces, pero 41 de éstas fueron estimadas a partir del peso de los peces. Vale lo mismo para el Área 4, en el cual 506 de las tallas fueron estimadas de esta forma.)

La proporción de sexos (machos/(machos + hembras)) fue, en general, más que 0,5 en el caso de los peces de menos de aproximadamente 140-160 cm de talla (variando en distintas áreas), y disminuyó con aumentos del tamaño de los peces. Fue normalmente menos que 0,3 para los peces de más de 220 cm de talla en las Áreas 4 y 5, donde muchas de las muestras de peces de más de 220 cm de talla fueron obtenidas. Sun *et al.* (2002) reportaron que en los peces capturados alrededor de Taiwán la proporción de hembras aumentó con el tamaño en el caso de los peces de más de 195 cm de talla de la punta anterior de la mandíbula inferior a la cauda furcal (LJFL) (aproximadamente 170 cm del margen posterior de la órbita a la cauda furcal (EFL), calculado usando una ecuación dada por Uosaki y Bayliff, 1999, y que todos los peces de más de 210 cm LJFL (unos 190 cm EFL) fueron hembras. Las tallas correspondientes reportadas por Wang *et al.* (2003) fueron 150 cm LJFL (unos 130 cm EFL) y 210cm LJFL (unos 190 cm

EFL), respectivamente, para peces capturados alrededor de Taiwán, y aquéllas reportadas por Young *et al.* (2003) fueron 180 cm EFL y 220 cm EFL, respectivamente, para peces capturados frente a Australia oriental. Estos resultados no son muy diferentes de aquéllos del presente estudio.

Es evidente una variación en la ocurrencia de modas en distintos trimestres en los datos del Área 1, y, en grado menor, los de las Áreas 3 y 4 (Figura 70).

En la Figura 71 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla para cada área. Es evidente en el Área 4 una posible progresión desde aproximadamente 140 cm en 2000 hasta aproximadamente 175 cm en 2001. Esta estimación de la tasa de crecimiento concuerda con la tasa de 35 cm/año estimada por Kume y Joseph (1969b) para peces de entre 62 y 165 cm. 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 Área 9, sugiriendo que la tasa de crecimiento es aproximadamente 32,5 cm/año para peces en ese rango de talla. No es evidente una progresión clara de modas en los datos de frecuencia de talla de 1993-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003). 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. .

Además, Uchiyama *et al.* (1998) estimaron que el crecimiento fue 27 cm/año para peces de 88 a 168 cm en el Océano Pacífico central. Las tasas de crecimiento de los dos últimos estudios son menores que aquéllas obtenidas del análisis de progresiones modales en el presente estudio.

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 1971-2003 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 65,3 kg, de 1992 a 2003.

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), Uosaki y Bayliff (1999), Hinton y Bayliff (2002b), y Okamoto y Bayliff (2003). La talla de los 10.174 peces (4.602 machos, 3.938 hembras, y 1.634 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 70 y 270 cm, pero la mayoría midió entre 120 y 230 cm (Figura 72).

Los peces capturados fueron más pequeños en el Área 1 que en las demás áreas (Figura 72). En el Área 1 hubo una moda, en aproximadamente 145 cm, y en las Áreas 4, 5, 8, y 9 hubo asimismo una moda, en aproximadamente 170-180 cm. En las Áreas 2 y 3 los rangos de tallas fueron mayores, e incluyó peces de las tallas capturadas en el Área 1 y en las Áreas 4, 5, 8, y 9, y también unos peces de más de 200 cm de talla. La proporción de sexos (machos/(machos + hembras)) fue, en la mayoría de los casos, 0,5 o más para los peces más pequeños. Disminuyó con el tamaño de los peces, comenzando en aproximadamente 170 cm, en las Áreas 1 y 4. No son perceptibles tendencias en proporción de sexos con el tamaño de los peces en las otras áreas. Ortega-García *et al.* (2003) reportaron que hubo más hembras que machos en el caso de marlines rayados de más de 60 a 75 kg capturados cerca de Baja California (Méjico) (variando en diferentes temporadas del año). Se estima, a partir de la relación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2), que estos peces miden más que aproximadamente 190 a 200 cm de talla—ligeramente más grandes que aquéllos en el presente estudio. No obstante, datos del área de Baja California (Área 7) no estuvieron disponibles para el presente informe.

Son aparentes variaciones trimestrales en las tallas de los peces capturados, especialmente en el Área 1 y, en menor grado, en las otras áreas (Figura 73). En la mayoría de los estratos de área-trimestre hubo solamente una moda; las excepciones principales fue el Área 1, en la que se capturaron peces de menos de 130 cm, principalmente durante el primer trimestre.

No son claras progresiones modales en ninguna área, pero hay dos modas, en aproximadamente 120 cm y aproximadamente 165 cm durante el primer trimestre, en aproximadamente 135 cm y 170 cm durante el segundo trimestre, y en aproximadamente 110 cm y 145 cm durante el cuarto trimestre. Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que la tasa de crecimiento es aproximadamente 35 cm/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), 40 cm/año estimada por Miyabe y Bayliff (1987) para peces de entre 100 y 170 cm, 40 cm/año para peces de entre 125 y 170 cm estimada por Nakano y Bayliff (1992), 36 cm/año estimada para peces de entre 103 y 157 cm por Uosaki y Bayliff (1999), y 35 cm/año para peces de 105 a 140 cm estimada por Okamoto y Bayliff (2003).

En la Figura 74 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de talla para cada área. Es evidente una bimodalidad en el Área 1 para 2002 y, en menor grado, 1998 y 2003. Fueron observados en todas las áreas cambios anuales en las distribuciones de frecuencia de talla, aunque se dispuso de pocos datos para muchos de los estratos de año-área. Hinton y Bayliff (2002b) reportaron que en el área del norte (al norte de 10°N) del OPO hubo modas sencillas modas en aproximadamente 180 cm durante los años 1970 y en aproximadamente 155 cm durante los años 1980, y que hubo dos modas, en aproximadamente 110 y 145 cm, durante los años 1990.

En la Tabla 3 se presentan datos de peso promedio, calculados de datos de frecuencia de talla de marlines rayados captu-

rados por la pesquería palangrera durante 1971-2003 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 30,4 kg en 1982 y 50,0 kg en 2001. 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. Hinton y Bayliff (2002b) señalaron que se logró la mayoría de las recapturas de peces marcados liberados frente a la punta de la península de Baja California en esa área, pero algunas ocurrieron alrededor de las Islas Revillagigedo, unas pocas cerca de las islas de Hawái, y una cerca de la Isla de Norfolk, al norte de Nueva Zelanda.

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), Hinton (2001), y Okamoto y Bayliff (2003). La talla de los 7.818 peces (3.410 machos, 2.240 hembras, y 2.168 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 80 y 370 cm, pero la mayoría midió entre 130 y 270 cm (Figura 75).

Los peces solieron ser de aproximadamente el mismo tamaño en las Áreas 1, 5, y 8, pero más grandes en el Área 9 (Figura 75). La proporción de sexos (machos/(machos + hembras)) fue normalmente más de 0,5 para los peces de menos de 210 cm de talla, pero 0,5 o menos para aquéllos de más de esa talla en las Áreas 2, 4, y 5.

Las distribuciones trimestrales de frecuencia de talla (Figura 76) fueron generalmente unimodales. Kume y Joseph (1969b) comentaron que los peces fueron más grandes en el Área 8 durante los trimestres segundo y tercero, y sugirieron que esto pudiera ser debido a desplazamiento de peces al Área 8 de las Áreas 3 y 5 durante el cuarto trimestre y lo contrario durante el segundo. Los datos de 1998-2003 no sugieren desplazamientos entre áreas dentro del OPO.

En la Figura 77 se ilustran las distribuciones anuales de las frecuencias de talla para cada área. No es evidente una variación conspicua entre áreas o años. No obstante, la aparición de peces de más de 260 cm difirió entre áreas y años; fueron capturados en el Área 2 en 2002, en el Área 5 en 2000 y 2001, en el Área 9 en 2001, y así sucesivamente.

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 1971-2003 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Estos pesos oscilaron entre 83,1 kg en 1984 y 108,9 kg en 2000. El peso promedio fue mínimo, oscilando entre 83,1 y 85,5 kg, durante 1983-1988 y máximo, oscilando entre 98,4 y 108,9 kg, durante 1999-2002.

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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). La talla de los 173 peces (75 machos, 71 hembras, y 27 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 120 y 340 cm (Figura 78). Estos datos son insuficientes para formar la base de una discusión, excepto para señalar que individuos pequeños predominaron en el Área 1 y que individuos mayores ocurrieron con mayor frecuencia en las Áreas 2, 4, y 5.

En las Figuras 79 y 80 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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). La talla de los 137 peces (19 machos, 30 hembras, y 88 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 110 y 210 cm, pero la mayoría midió entre 125 y 205 cm (Figura 81).

Es posible que haya dos o más modas en los datos de las Áreas 4 y 5, pero no están bien definidas, debido probablemente a tamaños de muestra insuficientes (Figura 81). Peces de menor tamaño formaron proporciones mayores de las capturas en las Áreas 2, 3 y 4 que en el Área 5.

En las Figuras 82 y 83 se presentan las distribuciones trimestrales y anuales, respectivamente, de la frecuencia de talla de cada área. En el Área 4, predominaron los peces más pequeños en 1998 y 1999, pero en 2000 los más grandes.

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 1994-2003 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Los pesos variaron de 19,2 kg en 1994 a 24,4 kg en 1999.

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), Uosaki y Bayliff (1999), y Okamoto y Bayliff (2003). La talla de los 2.470 peces (964 machos, 837 hembras, y 669 de sexo desconocido) del presente estudio varió entre unos 80 y 180 cm, pero la mayoría midió entre 110 y 170 cm (Figura 84).

La mayoría de los datos de talla disponibles para esta especie provienen de las Áreas 1, 4, 5, y 9. Uosaki y Bayliff (1999) sugirieron que durante 1988-1992 fue evidente una moda en aproximadamente 140 cm en la mayoría de los estratos de área-trimestre ..., y que ocurrió una moda adicional en aproximadamente 120 cm en las Áreas 4, 5, y 6. Okamoto y Bayliff (2003) reportaron, empero, que durante 1993-1997 las distribuciones de frecuencia de talla fueron unimodales, con modas en 145, 135, 125, y 130 cm en las Áreas 1, 4, 5, y 9, respectivamente. En el presente estudio, es aparente una moda entre 120 y 130 cm en las Áreas 4, 5, y 9 y entre 145 y 155 cm en las Áreas 1, 5, y 9 (Figura 84). Siendo éste el caso, las distribuciones de frecuencia fueron bimodales en las Áreas 5 y 9.

Fueron observadas variaciones trimestrales en las tallas de los peces capturados en las Áreas 1 y 5 (Figura 85). En el Área 1 predominaron los peces de menos de 130 cm de talla durante el primer trimestre, pero durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto la mayoría de los peces fueron de más de 130 cm de talla. En el Área 5 fue observada una moda en aproximadamente 150 cm en el primer trimestre, y dos modas en aproximadamente 120 cm y 150-160 cm durante los trimestres tercero y cuarto.

En la Figura 86 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla para cada área. No hubo mucha variación entre años excepto en el Área 5.

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 1994-2003 y la ecuación peso-talla de Kume y Joseph (1969b) (Tabla 2). Los pesos variaron de 10,5 kg en 1996 a 14,4 kg en 2002.

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	oceánico 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 zame	longfin mako shark	<i>Isurus brasiliensis</i>
Zorro ojón	hachiware	bigeye zorro shark	<i>Alopias superciliosus</i>
Zorro pelágico	nitari	pelagic zorro shark	<i>Alopias pelagicus</i>

La resolución sobre captura incidental aprobada en la 66^a reunión de la CIAT en junio de 2000 reconoció la necesidad de información sobre las capturas incidentales de buques palangres 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. Román-Verdesoto y Orozco-Zöller (2005) presentan información sobre las tasas de captura de varias especies de tiburones en la pesquería atunera de cerco en el OPO, y se están realizando estudios adicionales sobre los tiburones capturados en dicha pesquería.

Wilson y Shimada (1955), Graham (1959), Mais y Jow (1960), O'Brien y Sunada (1994), Santana-Hernández (1998), y Okamoto y Bayliff (2003) presentan información sobre las capturas de tiburones, atunes, y peces picudos con palangre en el OPO. Sería tentador comparar las proporciones de tiburones a atunes y peces picudos durante el período desde mediados de los 1950 hasta el principio de los 2000 para ver si han cambiado, pero las diferencias en las artes usadas en los distintos experimentos podría invalidar cualquier conclusión formada.

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 1971-2003. 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, 139,8 mil peces, ocurrió en 1987. A partir de 1998, las capturas anuales disminuyeron a menos de 50 mil peces. Esta reducción brusca podría

haberse debido a una abundancia de tiburones reducida, pero parece más probable que se debió principal o totalmente a una reducción en los informes de tiburones por parte de muchos de los buques y/o el incremento en el uso de brazoladas de monofilamento de nylon, que a menudo son cortadas por los dientes de los tiburones. Esto será examinado en estudios futuros.

En la Figura 87 se presentan las distribuciones trimestrales de las capturas de tiburones reportadas durante 1998-2003. 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 cerca de 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. Las capturas cerca de la punta de la península de Baja California fueron menores durante 1998-2003 que durante 1994-1997 (Okamoto y Bayliff, 2003; Figura 98).

En la Figura 88 se presentan las distribuciones trimestrales de las tasas de captura de tiburones durante 1998-2003. Ocurrieron tasas de captura altas al este y oeste de las Islas Galápagos durante los cuatro trimestres y frente a Perú y el norte de Chile durante los trimestres segundo y tercero.

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 (*Lamna ditropis*), u “otros tiburones.” En la forma presente de los cuadernos de bitácora, en uso desde 1997, los registros de captura de tiburones oceánico y zorros (en general) están también incluidos, pero estas dos categorías no están incluidas en la parte de la base de datos en la cual los datos son agregados por cuadrícula de 5°. Generalmente, los tiburones son de valor comercial mucho menor que los atunes y peces picudos, y no todos son retenidos. Información obtenida por observadores científicos asignados a buques palangreros japoneses de aguas lejanas que pescan en el Océano Atlántico (Matsumoto, 2006) indica que en años recientes la carne, en adición a las aletas, es retenida para muchas especies de tiburones. En el pasado se retuvo la carne de solamente unas pocas especies, tales como los tiburones marrajos dientuso y salmón, y para las demás especies se retuvo solamente las aletas, o a veces hasta se desecharon las aletas. 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 entrenamiento e investigación, reportan los tiburones que descartan enteros. Por consiguiente, las capturas reportadas son mínimas. Hay asimismo problemas con la identificación de especies. En la Figura 89 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. La causa del problema es probablemente que los pescadores japoneses a veces llaman a los tiburones zorros “nezumi,” y el nombre común del marrajo salmón es “nezumi zame.” El mismo problema fue reportado por Okamoto y Bayliff (2003) para el período de 1994-1997. 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 palangres comerciales.

Se obtendrían las mejores estimaciones de la abundancia relativa de tiburones en el OPO de los resultados de buques de entrenamiento e investigación y de buques comerciales cuyos datos de captura de tiburones se creen ser completos y exactos. Matsunaga y Nakano (1999) Simpfendorfer *et al.* (2002), Matsunaga *et al.* (2005), y Matsunaga y Shono (2006) usaron datos obtenidos de buques de entrenamiento e investigación en los Océanos Pacífico occidental y central, Atlántico Norte occidental, Pacífico norte occidental, y Pacífico norte central, respectivamente, para este propósito. Nakano y Honma (1997), Kiyota y Nakano (2000), Matsunaga y Nakano (2000), Nakano (2000), Clarke *et al.* (2005), Matsunaga y Nakano (2005), y Nakano y Clarke (2006) estimaron la abundancia relativa de tiburones en el Océano Atlántico con datos obtenidos de buques palangres 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. Por lo tanto, en el presente informe realizamos análisis de las tasas de captura de varias especies de tiburones basados en datos de bitácora de buques de entrenamiento e investigación solamente, ya que se considera que son mucho más exactos que aquéllos de buques comerciales.

En las Figuras 90, 91, y 92 se presentan las tendencias históricas en las tasas de captura de los tiburones azul, marrajo dientuso, y totales, respectivamente, por buques de entrenamiento e investigación.

No hubo tendencias consistentes en las tasas de captura del tiburón azul durante 1994-2003 en las áreas para las cuales se obtuvieron datos para cada año (Áreas 1, 2, y 4) ni en todas las áreas combinadas (Figura 90). Las tasas de captura durante 2003 en Áreas 1 y 2 y en todas las áreas combinadas fueron mayores que aquéllas de cualquier otro año en aquéllas áreas.

Las tasas de captura del tiburón marrajo dientuso (Figura 91), al igual que aquéllas del tiburón azul, no mostraron ninguna tendencia en las áreas para las cuales se obtuvieron datos para cada año ni en todas las áreas combinadas (Figura 91). Las tasas de captura de todas las áreas combinadas fueron especialmente estables a partir de 1997.

Las tendencias en las tasas de captura de los tiburones totales (Figura 92) fueron más variables entre años y entre áreas que aquéllas de los tiburones azul o marrajo dientuso. Las tasas de captura disminuyeron, pero con fluctuaciones amplias, en el

Área 2, pero no fue observada ninguna tendencia consistente en las otras áreas, ni en todas las áreas combinadas. Para todas las áreas combinadas, las tasas de captura fueron relativamente altas durante 1993-1997 (2,6 a 6,0 peces por 1000 anzuelos), relativamente bajas durante 1998-2002 (0,9 a 1,6 peces por 1000 anzuelos), y luego aumentaron a aproximadamente 3,9 peces por 1000 anzuelos en 2003.

Los buques de entrenamiento e investigación no registraron casi ningún tiburón salmón durante 1994-2003, lo cual apoya el argumento que identificaciones erróneas son responsables de la mayoría o todos los informes de capturas de tiburones salmón por buques comerciales (Okamoto y Bayliff, 2003: Figura 100; este informe: Figura 89).

Para fines de comparación, en la Figura 93 se presentan las tendencias en las tasas de captura de tiburones totales por buques de entrenamiento e investigación y por todos los buques. Las tasas de captura de los buques de entrenamiento e investigación fueron generalmente mucho mayores que aquéllas de todos los buques (panel superior), lo cual es presuntamente el resultado de que los buques comerciales no reportan todos los incidentes. Cuando se reportan las tasas de captura en diferentes escalas (panel inferior), se puede ver que las tendencias son algo similares, aunque son aparentes ciertas diferencias. Por ejemplo, las tasas de captura de los buques de entrenamiento e investigación disminuyeron bruscamente desde 1995 hasta 1998, y luego aumentaron bruscamente desde 2002 hasta 2003, mientras que las tasas de captura de todos los buques disminuyeron bruscamente desde 1998 hasta 2002 y permanecieron bajas en 2003. (Tal como se comentó anteriormente, las tasas de captura reducidas podrían ser debidas principal o completamente a reportes reducidos de tiburones por muchos de los buques.)

En las Figuras 94-97 se presentan las tasas de captura trimestrales de los tiburones azul, marajo dientuso, oceánico, y zorros, respectivamente, durante 1998-2003 por buques de entrenamiento e investigación. La ausencia de un punto para un estrato de área-trimestre, por ejemplo, el primer trimestre en el Área 4, indica la ausencia de esfuerzo de pesca en ese estrato. La presencia de un punto en el borde inferior de un estrato de área-trimestre, por ejemplo, el primer trimestre en el Área 8, indica tasas de captura iguales a o ligeramente mayores que 0 en ese estrato. Las tasas de captura del tiburón azul (Figura 94) fueron máximas durante el segundo trimestre en las Áreas 1, 2, 4, y en todas las áreas combinadas. No se registraron capturas de tiburones azules en las Áreas 3, 5, 6, 8, y 9, pero cabe notar que hubo muy poco esfuerzo de pesca en aquéllas áreas. Las tasas de captura del tiburón marajo dientuso (Figura 95) fueron máximas durante el segundo trimestre en las Áreas 1, 3, 5, y 6, durante los trimestres segundo y cuarto en el Área 4, y durante los trimestres segundo y tercero en el Área 9. La tasa de captura de todas las áreas combinadas fue ligeramente mayor en el cuarto trimestre que en los trimestres segundo y tercero y mucho mayor que en el primer trimestre. Las tasas de captura del tiburón oceánico (Figura 96) fueron máximas durante el primer trimestre en el Área 2, durante el segundo trimestre en el Área 1, y durante los trimestres segundo y cuarto en el Área 4. Las tasas de captura de todas las áreas combinadas fueron máximas durante los trimestres primero y segundo, y cero, o casi, durante los trimestres tercero y cuarto. Las tasas de captura del tiburón oceánico por buques de cerco son máximas entre aproximadamente 12°N y 15°S (Román-Verdesoto y Orozco-Zöller, 2005: Figura 5), lo cual corresponde aproximadamente con las Áreas 2-5 y 8. Las tasas de captura de los tiburones zorro (Figura 97) fueron máximas durante el segundo trimestre en las Áreas 1 y 2 y durante el cuarto trimestre en el Área 4. Las tasas de captura de todas las áreas combinadas fueron máximas durante el segundo trimestre y solamente ligeramente más que cero durante el primer trimestre.

La información obtenida de los buques de entrenamiento e investigación, aunque afectada adversamente por el esfuerzo bajo en algunos estratos de año y/o área, serán de gran valor en las evaluaciones futuras de los tiburones.

INTERACCIONES ENTRE LAS PESQUERIAS 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 A-2a de Anónimo (2008) datos sobre las capturas de las pesquerías de superficie. Durante 1972-2003 las capturas de patudo en el OPO por buques palangres japoneses oscilaron entre 25,1 y 92,0 mil toneladas métricas. Las capturas de patudo en el OPO con red de cerco oscilaron entre 1,2 y 21,9 mil toneladas entre 1976 y 1993, y luego aumentaron a 34,9 mil toneladas en 1994, y a 94,1 mil toneladas en 2000. Estos aumentos en las capturas fueron aparentemente debidos 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 poblaciones de peces separados, en cuyo caso ninguna de las dos afectaría a la otra. Patudos capturados con caña y anzuelo y línea de mano y marcados fueron recapturados por buques palangres japoneses, y dos patudos capturados con palangre y marcados fueron recapturados por buques cerqueros (Okamoto y Bayliff: Tabla 11), lo cual indica que las dos pesquerías no explotan poblaciones completamente separados. Los peces capturados con artes de superficie suelen ser más pequeños que aquéllos capturados con palangre (Maunder y Hoyle, 2007: 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 A-2a de Anónimo (2008) 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 en la que hubo 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; Anónimo, 2008: Figura A-1a), pero, ya que hay poco esfuerzo palangrero en dicha área, la captura palangrera es baja (Figura 7). Durante 1998-2003 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 marcadas 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 capture 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. Okamoto y Bayliff (2003: Tabla 11) reportaron que hasta 2003 solamente seis marcas de peces capturados con artes de superficie fueron devueltas por pescadores palangres, y solamente una marca de un pez capturado originalmente con palangre fue devuelta por un pescador de superficie. Los peces capturados con artes de superficie suelen ser más pequeños que los que capturan los palangres (Maunder, 2008: 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

Harley y Maunder (2004: Tabla 6.1) y Maunder y Harley (2004: Tabla 6.1) 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 2001-2002, (2) mantener el esfuerzo de pesca de superficie en el nivel de 2001-2002 con descartes, (3) mantener el esfuerzo de pesca de superficie en el nivel de 2001-2002, pero sin descartes, y (4) incrementar el esfuerzo de pesca de superficie al 125% de su nivel en 2001-2002 sobre (1) el cociente de biomasa reproductora durante el cuarto trimestre de 2005, (2) el peso promedio de los peces en la captura combinada durante 2007, (3) la mediana de las capturas trimestrales en el OPO por la flota de superficie durante 2007, y (4) la mediana de las capturas trimestrales en el OPO por la flota palangrera durante 2007. (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 2003-2007 sería igual que en 2000 y 2001 (patudo) o 2000 (leta amarilla). Tal como comentan tanto Watters y Maunder (2001) como Maunder y Watters (2001) con respecto a las simulaciones previas, “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 biomassas futuras serán mayores o menores que un cierto nivel.”

Patudo

En la Tabla 12 se resumen los resultados de las simulaciones de Harley y Maunder (2004). Reducir el esfuerzo de superficie al 75% de su nivel en 2001-2002 redujo la captura de superficie un 7% e incrementó la palangrera un 34%, mientras que incrementar el esfuerzo de superficie al 125% de dicho nivel redujo la captura de superficie un 3% y la palangrera un 28%.

Aleta amarilla

En la Tabla 12 se resumen los resultados de las simulaciones de Watters y Harley (2004). Reducir el esfuerzo de superficie al 75% de su nivel en 2001-2002 redujo la captura de superficie un 7% e incrementó la palangrera un 31%, mientras que incrementar el esfuerzo de superficie al 125% de dicho nivel incrementó la captura de superficie un 3% y redujo la palangrera un 22%.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Yoshio Ishizuka, Director del NRIFSF, Dr. Ziro Suzuki, Jefe de División al iniciarse el estudio, y Dr. Hiroaki Okamoto, 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, y a los Dres. Miki Ogura y Tomowo Watanabe por arreglar el viaje del primer autor a La Jolla y su estancia allí. 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 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, Mark N. Maunder, y Cleridy E. Lennert-Cody, y los Sres. Schaefer y Tomlinson, del personal de la CIAT, y por los Dres. Okamoto y Hitoshi Honda, y el Sr. Hiroaki Matsunaga, del NRIFSF, y todos hicieron sugerencias útiles para mejorarlo. El Sr. Nicolás Webb tradujo el manuscrito del inglés al español.

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar Palomino, B., L. A. Abitia-Cardenas, J. De la Cruz Agueero, J., and J. Rodriguez-Romero. 1994. Young sailfish *Istiophorus platypterus* (Osteichthyes: Istiophoridae) in Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. Rev. Biol. Trop., 42 (1-2): 391-392.
- Aires-da-Silva, A., and M. N. Maunder. 2007. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2006 and outlook. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 8: 105-228.
- 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.
- Anonymous—Anónimo. 2003-2008. Tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean in 2002-2006. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Fish. Status Rep., 1-5.
- Bard, F. X. 2001. Apparent effect of stomach repletion on catchability of large tunas to longline gear. Comparison with other fishing gears. Inter. Comm. Cons. Atlantic Tunas, 52 (2): 452-465.
- 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.
- Bertrand, A., F.-X. Bard, and E. Josse. 2002a. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. Mar. Biol., 140 (5): 1023-1037.
- Bertrand, A., E. Josse, P. Bach, P. Gros, and L. Dagorn. 2002b. Hydrological and trophic characteristics of tuna habitat: consequences of tuna distribution and longline catchability. Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci., 59 (6): 1002-1013.
- Bigelow, K. A., J. Hampton, and N. Miyabe. 2002. Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish. Ocean., 11 (3): 143-155.
- Bigelow, K., M. K. Musyl, F. Poisson, and P. Kleiber. 2006. Pelagic longline gear depth and shoaling. Fish. Res., 77 (2): 173-183.
- Boggs, C. H. 1992. Depth, capture time, and hooked longevity of longline-caught pelagic fish: timing bites of fish with chips. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 90 (4): 642-658.
- 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.
- Chen, K., P. Crone, and C. Hsu. 2006. Reproductive biology of female bluefin tuna *Thunnus orientalis* from south-western North Pacific Ocean. Fish. Sci., 72 (5): 985-994.
- Chiang, W., C. Sun, S. Yeh, and W. Su. 2004. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 102 (2): 251-263.
- Chow, S., and H. Ushijima. 1995. Global population structure of albacore (*Thunnus alalunga*) inferred by RFLP analysis of the mitochondrial ATPase gene. Mar. Biol., 123 (1): 39-45.
- Clarke, S., H. Nakano, and Y. Takeuchi. 2005. Methods for using Japanese logbook data to construct catch and CPUE time series for blue shark (*Prionace glauca*) in the Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 58 (3): 1118-1126.

- 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.
- Corriero, A., S. Desantis, M. Deflorio, F. Accone, C. R. Bridges, J. M. de la Serna, P. Megalofonou, and G. de Metrio. 2003. Histological investigation on the ovarian cycle of the bluefin tuna in the western and central Mediterranean. Jour. Fish Biol., 63 (1): 108-119.
- Cox, S. P., S. J. D. Martell, C. J. Walters, T. E. Essington, J. F. Kitchell, C. Boggs, and I. Kaplan. 2002. Reconstructing ecosystem dynamics in the central Pacific Ocean, 1952-1998. I. Estimating population biomass and recruitment of tunas and billfishes. Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci., 59 (11): 1724-1735.
- 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.
- Graham, J. J. 1959. Northeastern Pacific albacore survey. Part 1. Biological observations. U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep.—Fish., 310: iv, 33 pp.
- Gulland, J. A. 1974. Catch per unit of effort as measure of abundance. Inter. Comm. Cons. Atlantic Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 3: 1-11.
- 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 (in Japanese with English summary).
- 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.
- Harley, S. J., and M. N. Maunder. 2004. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2002 and outlook for 2003. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 4: 120-286.
- Harley, S. J., and M. N. Maunder. 2005. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2003 and outlook for 2004. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 5: 168-290.
- 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.
- Hilborn, R., and C.J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York and London; xv, 570 pp.
- 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. 2003. Status of swordfish stocks in the eastern Pacific Ocean estimated using data from Japanese tuna longline fisheries. Mar. Freshwater Res., 54 (4): 393-399.

- Hinton, M. G., and W. H. Bayliff. 2002a. Assessment of swordfish in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 2: 297-338.
- Hinton, M. G., and W. H. Bayliff. 2002b. Assessment of striped marlin in the eastern Pacific Ocean in 2001 and outlook for 2002. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 3: 328-364.
- Hinton, M. G., W. H. Bayliff, and J. M. Suter. 2005. Assessment of swordfish in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 5: 291-326.
- 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.
- Hoening, 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.
- Hoyle, S. D., and M. N. Maunder. 2006. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2004 and outlook for 2005. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 6: 3-102.
- Hoyle, S. D., and M. N. Maunder. 2007. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2005 and outlook for 2006. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 7: 3-115.
- Hsu, C., H. Liu, C. Wu, S. Huang, and H. Liao. 2000. New information on age composition and length-weight relationship of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the southwestern North Pacific. Fish. Sci., 66 (3): 485-493.
- 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. Tsuji, and A. Nitta. 2003. Migration patterns of young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 101 (3): 514-534.
- Joseph, J. 2005. Past developments and future options for managing tuna fishing capacity, with special emphasis on purse-seine fleets. FAO Fish. Proceed., 2: 281-323.
- 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. 2000. 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 (6): 1776-1783.

- Kopf, R. K., P. S. Davie, and J. C. Holdsworth. 2005. Size trends and population characteristics of striped marlin, *Tetrapturus audax* caught in the New Zealand recreational fishery. N. Z. Jour. Mar. Freshwater Res., 39 (5): 1145-1156.
- 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.
- Mais, K. F., and T. Jow. 1960. Exploratory longline fishing for tunas in the eastern tropical Pacific, September, 1955 to March, 1956. Calif. Fish Game, 46 (2): 117-150.
- Matsumoto, T. 2006. Report of observer program for Japanese tuna longline fishery in the Atlantic Ocean from August 2004 to January 2005. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 59 (2): 663-681.
- Matsumoto, T., and N. Miyabe. 2002. Preliminary report on the maturity and spawning of bigeye tuna *Thunnus obesus* in the central Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 54 (1): 246-260.
- 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. 2000. 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 (6): 1805-1810.
- Matsunaga, H., and H. Nakano. 2005. Estimation of shark catches by Japanese tuna longline vessels in the Atlantic Ocean. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 58 (3): 1096-1105.
- Matsunaga, H., and H. Shono. 2006. Analysis of longline CPUE of major pelagic shark species collected by Japanese research and training vessels in the Pacific Ocean. Second Meeting of the Scientific Committee of the WCPFC, Manila, Philippines. 8-19 August 2006, EB WP-10: 7 pp.
- Matsunaga, H., H. Shono, M. Kiyota, and Z. Suzuki. 2005. Long-term changes in CPUE of sharks and size of blue sharks caught by tuna longlines in the western North Pacific Ocean. First Meeting of the Scientific Committee of the WCPFC, Noumea, New Caledonia, 8-19 August 2005, EB WP-11: 10 pp.
- Maunder, M. N. 2002. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2001 and outlook for 2002. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 3: 47-134.
- Maunder, M. N. 2008. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2006 and outlook. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 8: 3-103.
- Maunder, M. N., and S. J. Harley. 2002. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2001 and outlook for 2002. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 3: 201-311.
- Maunder, M. N., and S. J. Harley. 2004. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2002 and outlook for 2003. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 4: 5-119.
- Maunder, M. N., and S. J. Harley. 2005. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2003 and outlook for 2004. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 5: 5-108.

- Maunder, M. N., and S. D. Hoyle. 2006. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2004 and outlook for 2005. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 6: 103-206.
- Maunder, M. N., and S. D. Hoyle. 2007. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2005 and outlook for 2006. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep., 7: 117-248.
- 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.
- Medina, A., F. J. Abascal, C. Megina, and A. García. 2002. Stereological assessment of the reproductive status of female Atlantic northern bluefin tuna during migration to Mediterranean spawning grounds through the Strait of Gibraltar. Jour. Fish Biol., 60 (1): 203-217.
- Melo-Barrera, F. N., R. Felix-Uraga, and C. Quinonez-Velazquez. 2003. Growth and length-weight relationship of the striped marlin, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae), in Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. Ciencias Marinas., 29 (3): 305-313.
- Miyabe, N., and W. H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 19 (1): 1-163.
- Miyabe, N., and W. H. Bayliff. 1998. A review of the biology and fisheries for bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep., 9: 129-170.
- Miyake, M. M. 2005. A review of the fishing capacity of the longline fleets of the world. FAO Fish. Proceed., 2: 157-170.
- 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.
- Moteki, M., M. Arai, K. Tsuchiya, and H. Okamoto. 2001. Composition of piscine prey in the diet of large pelagic fish in the eastern tropical Pacific Ocean. Fish. Sci., 67 (6): 1063-1074.
- 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 elasmobranches in the North Pacific Ocean. Monthly Kaiyo, 28 (7): 407-415 (in Japanese).
- Nakano, H. 2000. 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 (6): 1796-1803.
- 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 S. Clarke. 2006. Filtering method for obtaining stock indices by shark species from species-combined logbook data in tuna longline fisheries. Fish. Sci., 72 (2): 322-332.
- 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 scombrid fishes, 1956-1981. Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 12: 99 pp.

- O'Brien, J. W., and J. S. Sunada. 1994. A review of the Southern California experimental drift longline fishery for sharks. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inves., Rep., 35: 222-229.
- Okamoto, H., and W. H. Bayliff. 2003. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1993-1997. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 22 (4): 219-431.
- Olson, R. J., and G. M. Watters. 2003. A model of the pelagic ecosystem in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 22 (3): 133-218.
- 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.
- Ortega-García, S., A. Klett-Traulsen, and G. Ponce-Díaz. 2003. Analysis of sportfishing catch rates of striped marlin (*Tetrapturus audax*) at Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico, and their relation to sea surface temperature. Mar. Freshwater Res., 54 (4): 483-488.
- 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 Ramírez. 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.
- Prince, E. D., R. K. Cowen, E. S. Orbesen, S. A. Luthy, J. K. Llopiz, D. E. Richardson., and J. E. Serafy. 2005. Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 103 (4): 659-669.
- 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.
- Román-Verdesoto, M., and M. Orozco-Zöller. 2005. Bycatches of sharks in the tuna purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean reported by observers of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1993-2004. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Data Rep., 11: 67 pp.
- 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.
- Santana-Hernández, H., R. Macías-Zamora, and J. Valdez-Flores. 1998. Selectivity of the longline system used by the Mexican fleet in the Exclusive Economic Zone. Cien. Mar., 24 (2): 193-210.
- 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.
- Schaefer, K. M., and D. W. Fuller. 2006. Estimates of age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean, based on otolith increments and tagging data. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 23 (2): 33-76.
- Schaefer, K. M., D. W. Fuller, and N. Miyabe. 2005. Reproductive biology of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern and central Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 23 (1): 1-31.
- 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., 1: 5-34 (in Japanese with English summary).

- 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.
- Simpfendorfer, C. A., R. E. Hueter, U. Bergman, and S. M. H. Connell. 2002. Results of a fishery-independent survey for pelagic sharks in the western North Atlantic, 1977-1994. Fish. Res., 55 (1-3): 175-192.
- 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.
- 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.
- Sun, C., S. Wang, and S. Yeh. 2002. Age and growth of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters around Taiwan determined from anal-fin rays. U.S. Nat. Mar. Fish Serv., Fish. Bull., 100 (4): 822-835.
- 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.
- Uchiyama, J. H., R. A. Skillman, J. D. Sampaga, and E. E. DeMartini. 1998. A preliminary assessment of the use of hard parts to age central Pacific swordfish, *Xiphias gladius*. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 261-273.
- Ueyanagi, S. 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.
- Vidaurri 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.
- Vidaurri Sotelo, A. L., R. Macías Zamora, and H. Santana Hernández. 1998. Notes on juvenile sailfish, *Istiophorus platypterus* (Shaw and Nodder, 1791), caught in the Mexican Pacific. Ciencias Marinas, 24 (4): 499-505.
- 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.

- Walters, C. 2003. Folly and fantasy in the analysis of spatial catch rate data. *Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci.*, 60 (12): 1433-1436.
- Walters, C. J., V. Christiansen, S. J. Martell, and J. F. Kitchell. 2005. Possible ecosystem impacts of applying MST policies from single-species assessment. *ICES Jour. Mar. Sci.*, 62 (3): 558-568.
- Wang, S. P., C. L. Sun, and S. Z. Yeh. 2003. Sex ratios and sexual maturity of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters of Taiwan. *Zool. Stud.*, 42 (4): 529-539.
- 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.
- Wilson, R. C., and B. M. Shimada. 1955. Tuna longlining: results of a cruise to the eastern tropical Pacific Ocean. *Calif. Fish Game*, 41 (1): 91-98.
- Yabe, H., S. Ueyanagi, S. Kikawa, and H. Watanabe. 1959. Study of the life-history of the sword-fish, *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.
- Young, J., A. Drake, M. Brickhill, J. Farley, and T. Carter. 2003. Reproductive dynamics of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, in the domestic longline fishery off eastern Australia. *Mar. Freshwater Res.*, 54 (4): 315-332.
- 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 and Fishery Status 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, publicados a intervalos irregulares, y sus Informes de Evaluación de Stocks y Informes de la Situación de la Pesquería, 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.

En el sitio de internet de la CIAT se presenta información adicional sobre estas publicaciones.

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.iattc.org

