

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin—Boletín

Vol. 20, No. 5

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND
BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1981-1987**

**UN EXAMEN DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y
PICUDOS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1981-1987**

by—por

Hideki Nakano and—y William H. Bayliff

La Jolla, California

1992

CONTENTS—INDICE

ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES

	Page
ABSTRACT	187
INTRODUCTION	187
SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA	187
RESULTS AND DISCUSSION	189
Trends in effort	189
Deep longlining effort	190
Trends in catch	191
Distribution of the various species by fishing grounds and quarters	192
Trends in relative apparent abundance	195
Indices of apparent abundance obtained from data for conventional and deep longline gear	200
Maturity	202
Size composition	207
Interaction between the surface and longline fisheries for yellowfin	212
ACKNOWLEDGEMENTS	215
FIGURES—FIGURAS	217
TABLES—TABLAS	317

VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
EXTRACTO	321
INTRODUCCIÓN	321
ORIGEN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	322
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	323
Tendencias en el esfuerzo	323
Esfuerzo con palangres profundos	324
Tendencias en la captura	325
Distribución de las distintas especies por zona de pesca y trimestre	326
Tendencias en la abundancia relativa aparente	329
Indices de abundancia aparente obtenidos de datos de palangres convencionales y profundos	335
Madurez	337
Composición por talla	342
Interacción entre la pesquería palangrera y de superficie del aleta amarilla	347
RECONOCIMIENTOS	350
LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFÍA CITADA	351

A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1981-1987

by

Hideki Nakano¹ and William H. Bayliff

ABSTRACT

This report reviews the activity of the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean during the 1981-1987 period, extending the studies for the 1956-1980 period made by other investigators. The spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, sexual maturity, and size composition are examined for the principal species of tunas and billfishes taken by that fishery. The interaction between the surface and longline fisheries is discussed.

INTRODUCTION

This report is one of a series prepared by scientists of the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; formerly the Far Seas Fisheries Research Laboratory) and 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) analyzed the fishery and certain aspects of the biology of the fish for the 1956-1980 period; the present report analyzes similar data for the 1981-1987 period. In this study, as in that of Miyabe and Bayliff (1987), data for the area from the mainland of North and South America westward to 150°W were used.

Vessels of the Republic of China and the Republic of Korea also fish for tunas and billfishes in the EPO (Lee *et al.*, 1979; Anonymous, 1981b and 1985b). These catches, however, are much less than those of the Japanese vessels. Most of the effort of the Chinese and Korean vessels is directed toward albacore and yellowfin, respectively, whereas bigeye is the principal target species of the Japanese vessels. Henceforth in this report references to the longline fishery should be taken to mean the Japanese longline fishery.

The trends of the longline fishery in the EPO during the 1981-1987 period were as follows. The fishing effort continued to increase, reaching about 190 million hooks in 1987. The total catch and the percentage of the catch which was bigeye also continued to increase. The catches of the other tunas and of billfishes remained at about the same level or declined. These trends in catch are believed to be due to the increasing use of deep longlines, which tend to catch greater numbers of bigeye and lesser numbers of most of the other species of tunas and billfishes.

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 are summarized for each species. The hook rates for conventional and deep longline gear are compared for the various species. Also, the interaction of the surface and longline fisheries is discussed.

SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA

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

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

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

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

The longline effort and catch data are expressed as numbers of hooks and numbers of fish, respectively. These were initially tabulated by 1-degree areas and months. Since the longlines are about 60–75 miles long, they usually fish in two or three 1-degree areas on the same set. All the effort and catch for a single set are allocated to the 1-degree area which included the greatest number of hooks, but this is not believed to be a significant source of error since for most of the analyses the data for many 1-degree areas were combined to make nine (Figure 1) or fewer principal areas. Data on the effort and catches are not available for the entire fleet of vessels which fished in the EPO, so the effort and catch data were adjusted upward by dividing them by the portions of the fleet from which data were obtained to estimate the total effort and catches. The extent of logbook coverage ranged from 90 to 95 percent per year during the 1981–1987 period (Table 1).

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

The gonad index, the ratio of the weight of the ovaries to a value proportional to the weight of the fish, was used to indicate the maturity of the females. The gonad index is estimated by $GI = (W/L^3) \times 10^4$, where GI = gonad index, W = gonad weight in grams, and L = length of fish in centimeters.

The length data for longline-caught fish used in this report were derived from length measurements of bigeye and yellowfin and length measurements plus weight data for albacore and billfishes. 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 billfishes were weighed, after having been gilled and gutted, to the next-highest 2-kg interval (striped marlin, sailfish, and shortbill spearfish) or 5-kg interval (swordfish, blue marlin, and black marlin). The weight data for albacore and billfishes were converted to lengths using the appropriate length-weight equations of Nakamura and Uchiyama (1966) for albacore, Kume and Joseph (1969b) for swordfish, striped marlin, blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish, and

Skillman and Yong (1974) for black marlin, prorating among the lengths corresponding to the weight intervals to smooth the length-frequency distributions.

The average weight data for bigeye and yellowfin were obtained by converting each length interval to weight with the length-weight equations of Nakamura and Uchiyama (1966) and then calculating the average of these, weighting by the numbers of fish in each interval in each area and year.

The length data for surface-caught yellowfin were obtained from fish measured to the nearest millimeter from the tip of the snout to the fork of the tail and grouped to the next-lowest 2-cm interval (*e.g.* fish from 500 to 519 mm were included in the 500-mm group, and so on). The numbers of yellowfin of each 2-cm interval caught on trips of vessels of the surface fleet for which logbook data were obtained (about 90 percent of the total trips) were estimated from sampling data, stratified by market-measurement areas (Anonymous, 1991a: Figure 14) and quarters. The average weight data were obtained by adding 9.5 mm to each length, converting these values to weight with the length-weight equation of Chatwin (1959), and calculating the average of these, weighting by the numbers of fish in each interval.

RESULTS AND DISCUSSION

TRENDS IN EFFORT

Annual estimates of the total amount of fishing effort by Japanese longliners, expressed in numbers of hooks, are shown for all oceans, for the entire Pacific Ocean, and for the EPO in the top panel of Figure 2. No adjustments are made in this report for any of the factors which may affect fishing success, except for the elimination of the data for some areas for some species (*e.g.* Figures 24, 26, 32, 34, 36, 38, and 39). Japanese longliners first fished in the EPO in 1954. During the remainder of the 1950's the effort remained at less than 15 million hooks, but then it increased rapidly to about 34 million hooks in 1961 and about 92 million hooks in 1963. The effort remained at about 70 to 100 million hooks from 1963 through 1975, and then increased and remained at about 100 to 140 million hooks during the period of 1976 to 1985. It then increased to about 160 million hooks in 1986 and 190 million hooks in 1987.

The ratios of the longline effort in the EPO to that in the entire Pacific and to that in all oceans are shown in the bottom panel of Figure 2. Historically, the ratios of effort in the EPO to that in the entire Pacific and to that in all oceans increased rapidly in the 1960's, and then increased gradually from the late 1960's to 1980. During the 1981–1985 period the ratios remained between about 0.35–0.45 to the entire Pacific and 0.25–0.35 to all oceans. The ratios increased further in 1986 and 1987. It is apparent from the data that the relative importance of the EPO for the longline fishery is maintaining or exceeding the high levels it reached during the 1970's.

The Japanese longliners which fish in the EPO range in size from a little less than 100 to 500 gross metric tons. The portion of the effort by vessels greater than 200 tons decreased during the last two years of the 1981–1987 period (Table 1). Between 0.2 and 1.2 percent of the effort was generated by vessels of less than 100 tons, between 5.8 and 11.9 percent by vessels of 100 to 200 tons, and between 87.8 to 94.2 percent by vessels of 200 to 500 tons during the 1981–1987 period. Vessels of less than 200 tons have fished only in the western portion of the EPO. Vessels of 50 to 100 tons have fished mostly in the northern hemisphere west of 130°W, and those of 100 to 200 tons have fished over a wide range of latitudes, but only west of 110°W.

The number of hooks per set increased fairly steadily during the 1981–1987 period (Table 1). The number of sets decreased from 1981 to 1985, and then increased in 1986 and 1987. The increase in the number of sets in the EPO coincided with a decrease in the number of sets in the Indian Ocean, so

it is believed that a shift of vessels from the Indian Ocean to the EPO was largely responsible for the increase in effort in the EPO.

The longline fishing grounds cover a wide area of the EPO from about 40°N to 35°S (Figure 3). There are three principal fishing areas, (1) a horizontal band between the equator and 10°N extending from the coast of Ecuador to 150°W, (2) a horizontal band between the equator and 15°S and an area off Peru and northern Chile east of 90°W between 10°S and 35°S, and (3) the area between 20°N and 35°N from Baja California to 150°W. The northern fishing ground is seasonal, and less effort is exerted there during the second and third quarters of the year. It is interesting to note that there was little fishing effort along the equator, south of the Galapagos Islands (about 0°–90°W), and especially in the area between 10°N and 20°N, which is the principal fishing ground for the offshore purse-seine fishery for yellowfin and skipjack (Anonymous, 1991a; Figures 2 and 4). Suda *et al.* (1969) speculated that there is relatively little longline effort in the last area because the shallow thermocline there results in low hook rates of bigeye.

Annual trends in effort by area (Figure 1) are shown in Figure 4. The effort tended to increase in Areas 4, 5, and 9 during the 1981–1987 period. In Areas 1 and 2 the level of effort remained more or less constant, and in Areas 3, 7, and 8, the effort declined.

Quarterly trends of effort in each area are shown in Figure 5. The apparent abundance and vulnerability to capture of the various species apparently vary relatively little among years, so the effort data for the 1981–1987 period have been combined. In Areas 1, 4, and 5, the effort was greater in the first and fourth quarters than in the second and third quarters, and in Areas 2, 3, and 9, the opposite was the case. In Areas 6–8, the effort was nearly constant throughout the year.

In Figure 6 areas of concentrated effort can be seen in the horizontal band between the equator and 10°N during the second and third quarters, whereas in the band between the equator and 15°S areas of concentrated effort are seen during the first and fourth quarters. In the latter case the effort was concentrated south of 10°S during the fourth quarter and north of 10°S during the first quarter. During the first quarter there was considerable effort north of 30°N between 140°W and 150°W and little effort off Peru and northern Chile. In coastal waters effort was concentrated off Baja California and off Ecuador and northern Peru throughout the year.

Deep longlining effort

Deep longlining is discussed by Saito (1973 and 1975), Suzuki *et al.* (1977), Suzuki and Kume (1982), and Yang and Gong (1988). Miyabe and Bayliff (1987) described deep longlining in the EPO during the 1975–1980 period. This method of fishing was introduced by small Japanese longline vessels in the western equatorial Pacific in 1974. Conventional and deep longline gear are essentially the same except for the length of mainline per basket and the number of hooks per basket, *i.e.* between two floats. The number of hooks per basket ranges from 4 to 15, but Suzuki *et al.* (1977) and Suzuki and Kume (1982) considered conventional and deep longlines to be those with 4 to 6 and those with 10 or more hooks per basket, respectively, and that convention is followed in this report. The mainlines of both types of gear hang at about the same angle from the floats, so the hooks near the floats fish at about the same depths, but the middle hooks of deep longlines fish deeper than any of those of conventional longlines (Suzuki *et al.*, 1977; Figure 2). Hanamoto (1974) found that bigeye are caught more frequently on the deeper hooks of conventional longlines, and Saito (1975) reported that the catch rates of bigeye with experimental vertical longlines were considerably greater than those with conventional longlines. Suzuki *et al.* (1977: Table 5 and Figure 3) used information obtained from logbook records to compare the hook rates of conventional and deep longline gear of vessels based in the port of Yaizu. They observed that the hook rates for deep longlines were greater for bigeye and less for most of the other tunas and for billfishes. Yang and Gong (1988: Table 1 and Figure 4) performed similar analyses with data for 17 Korean vessels which fished in the equatorial Atlantic

in 1985 and obtained similar results. Suzuki and Kume (1982) and Miyabe and Bayliff (1987) compared the hook rates for bigeye by conventional and deep longline gear, using data for the longline fisheries in the Pacific and Indian Oceans during the 1975–1979 period and in the EPO during the 1975–1980 period. The former report includes maps showing the distributions of fishing grounds where conventional and deep longlines are more effective and the latter includes maps showing the areas where deep longlining takes place. Suzuki and Kume (1982) formulated a hypothesis which explains why longlines are more effective in some areas than in others. Briefly, bigeye are found at lower temperatures than most of the other species of tunas and billfishes, so deep longlines are more effective than conventional ones where the thermocline is deeper.

The demand for sashimi has increased in recent years, and since bigeye is preferable to most of the other species for sashimi it is not surprising that deep longlining has increased to take advantage of the relatively high prices paid for bigeye (Table 2).

Data on the number of hooks per basket are available for more than 97 percent of the logged effort in each year for the 1981–1987 period. For each 5-degree area the number of hooks per basket most commonly used by each vessel each month was tabulated. These data are summarized, for all areas combined, in Figure 7. The shift from conventional to deep longline gear which began in 1975 (Miyabe and Bayliff, 1987; Figure 30) continued during the 1981–1987 period. During 1981 and 1982 the mode was 10 hooks, but by 1986 it had increased to 13 hooks. For vessels with less than 10 hooks per basket, the mode shifted from six hooks during 1981–1982 to eight hooks during 1987.

The portions of the total longline effort which were deep longlining effort, by area and year, are shown in Figure 8. Deep longlining took place mostly in the western part of the EPO in equatorial waters during 1981. During subsequent years it expanded eastward and, to a lesser extent, southward. Conventional longlining has predominated in the area north of 20°N and off Peru and northern Chile. The water is colder and the formation of the thermocline is seasonal in those areas.

TRENDS IN CATCH

The total Japanese longline catch of tunas and billfishes exceeded 3 million fish in 1963, the year of greatest catch (Figure 9, top panel). After that it gradually declined, leveling off at about 1.5 million fish during the late 1960's and early 1970's. Since then, in response to a large increase in effort, the catches have increased, reaching about 2.9 million fish in 1986 and about 2.4 million fish in 1987.

The ratio of the billfish catch to the total catch (Figure 9, bottom 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. During the 1977–1986 period billfish made up only about 10 percent of the total catch. This decline was due mainly to less fishing in Area 7 and in Area 8 between 5°N and 10°N and the employment of deep longline gear from the mid-1970's (Miyabe and Bayliff, 1987).

Bigeye was the largest component of the tuna catches, followed by yellowfin and albacore in that order (Figure 10). The catch of bigeye increased from about 50 percent in the early and mid-1960's to about 70 percent from the late 1970's to the mid-1980's. The percentages of yellowfin and albacore were about equal during the early 1960's, but after that the percentages of albacore decreased more than the percentages of yellowfin. The principal components of the billfish catch were blue plus black marlin from the mid-1950's to the mid-1960's and striped marlin and sailfish plus shortbill spearfish from the mid-1960's to the late 1970's. After that sailfish plus shortbill spearfish declined and swordfish and blue marlin plus black marlin increased. The logbooks used by the Japanese longline vessels combine sailfish and shortbill spearfish in the same column, so it is impossible to separate these two species in the statistics. About 85 percent of the sailfish plus shortbill spearfish catch is made in coastal waters from Baja California to Panama, however, and

since sailfish is predominant in this area (Kume and Joseph, 1969a) it is assumed that most of the sailfish plus shortbill spearfish catch consisted of sailfish. More blue marlin than black marlin were caught in the EPO; the catch of black marlin has never exceeded 1.5 percent of the total catch of billfishes.

The longline catches of the various species in the EPO and the entire Pacific are shown in Figure 11. Declines are evident for albacore, striped marlin, blue marlin, black marlin, and sailfish plus shortbill spearfish. Major portions of the total catches of bigeye, (50–80 percent), striped marlin (30–70 percent), and sailfish plus shortbill spearfish (50–85 percent) were caught in the EPO. The catches of yellowfin were fairly constant in the EPO during the 1962–1986 period, whereas the catches for the entire Pacific increased considerably during the late 1970's and decreased during the 1980's. On the other hand, the catch of bigeye in the EPO stayed about the same from the mid-1960's to the mid-1980's. From this it is inferred that the longliners in the EPO were concentrating their effort on bigeye and, to a lesser extent, billfishes. Roughly one quarter to one fifth of the catches of swordfish and one third of the catches of blue marlin were made in the EPO, which corresponds to the portion of the entire Pacific effort which is exerted in the EPO (Figure 2).

The species compositions of the catches for the 1981–1987 period, by area, are shown in Figure 12. The greatest catches were made in Area 4 in 1981, in Area 7 in 1982, in Area 8 in 1983, in Area 1 in 1984, in Areas 2 and 3 in 1985, in Area 9 in 1985–1986, in Area 4 in 1986, and in Area 5 in 1987. Bigeye were predominant in the catches of Areas 2–5 and 8–9, and billfish predominated in the catches of Area 7. About 95 percent of the catch in Area 7 was billfish, mostly striped marlin and sailfish. Yellowfin was the only species of tuna recorded in that area. Approximately equal numbers of albacore and bigeye were caught in Area 1. Yellowfin was an important component of the catches in Areas 2, 4, 5, and 9.

DISTRIBUTION OF THE VARIOUS SPECIES BY FISHING GROUNDS AND QUARTERS

The previous reports in this series (Suda and Schaefer, 1965a; Kume and Schaefer, 1966; Kume and Joseph, 1969a; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe and Bayliff, 1987) used maps of the hook rates, expressed as catches per 1000 hooks or catches per 100 hooks, to estimate the abundances of the various species of tunas and billfishes by area and season. These show area and time, but not depth of the hooks. The hook rate is not necessarily a good estimator of relative abundance of a particular species in different areas or quarters. Furthermore, there is no reason to believe that the various species are equally vulnerable to capture by longline, even in the same area-time-depth strata, so it cannot be said on the basis of hook rate data that one species is more or less abundant than another. It has already been stated that bigeye spend more time at greater depths than do most of the other species, so the depth of the hooks can influence the species composition of the catches. Within species, the vulnerability to capture may vary with area, year, season, depth of the hooks (Punsly and Nakano, 1992), size of the fish, and other factors. Nevertheless useful information can be obtained from the hook rate data, so these are plotted by quarter in Figures 13–21. It should be noted that the values for the different kinds of shading are not the same for different species. Examination of Figures 13–21 and the equivalent figures of previous reports in this series reveals that the areas and times of the greatest and least catches of the various species have tended to remain about the same, although some minor changes, probably due to changes in oceanographic conditions and differences in the modes of operation of the longliners, have occurred. In general, the differences in the distributions of the catches between the 1956–1980 period and the 1981–1987 period were greater than the differences within the 1981–1987 period. Accordingly, the data for all years of the 1981–1987 period are combined in Figures 13–21.

Albacore

The distribution of the catches of albacore (Figure 13) in the EPO was rather confined. Albacore were not often caught in the area north of 20°N between Baja California and 125°W, and in the area between 5°S and 20°N in the EPO.

Relatively high hook rates were encountered in the area north of 25°N and west of 130°W during the first and fourth quarters. This area of good albacore fishing is the easternmost part of the "north Pacific albacore fishing ground," which extends to off southern Japan during the northern winter. In the southern hemisphere the hook rates were greatest during the third and fourth quarters. The greatest hook rates of albacore occurred in a band extending from 10°S at 150°W to 15°S off Peru. The two horizontal bands (16°S to 20°S and 25°S to 30°S) of high hook rate reported by Shingu *et al.* (1974: Figure 8a) for the 1967–1970 period were not evident in either the 1971–1980 data (Miyabe and Bayliff 1987: Figure 11) or the 1981–1987 data.

Bigeye

The hook rates of bigeye (Figure 14) were high in most of the EPO, but not in the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of greatest hook rates were horizontal bands between 120°W and Ecuador and 10°S and 5°N throughout the year, northeast of Hawaii in the area between 20°N and 33°N and 122°W and 140°W during the first and fourth quarters, and off southern Peru and northern Chile in the area between 18°S and 25°S and 80°W and 90°W during the third and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 10°N, where there was heavy fishing effort, the hook rates were relatively low during the second half of the year, especially in the western part of this region. Low oxygen concentrations within and below the thermocline may have contributed to the low hook rates in the vicinity of 10°N (Hanamoto, 1975). In the south equatorial region, between the equator and 15°S, however, the hook rates were relatively high in the western part of the region throughout the year.

The distribution of effort did not coincide well with the areas of greatest hook rates of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by longliners. For example, heavy concentrations of effort are apparent in equatorial waters (8°N to 15°S and west of 110°W) (Figures 3 and 6), but the hook rates of bigeye in this area were not particularly high. Furthermore, although the hook rates for bigeye were fairly high northeast of Hawaii and off southern Peru and northern Chile, not much effort was exerted in these areas. This may be because in the equatorial region bigeye could be caught throughout the year and the fish tended to be large, whereas in the higher latitudes the occurrence of bigeye was more seasonal and the fish tended to be smaller (Kume, 1979).

Yellowfin

The catches of yellowfin, like those of bigeye, were widely distributed in the EPO (Figure 15), but the hook rates for yellowfin tended to be less than those of bigeye. Relatively high hook rates for yellowfin occurred the area west of 130°W between the equator and 10°S throughout the year, west of 130°W between the equator and 10°N during the third and fourth quarters, and off Peru during the second, third, and fourth quarters. The last fishing ground is located just north of the bigeye fishing ground which occurs off southern Peru and northern Chile during the third and fourth quarters (Figure 14).

Kume and Joseph (1969a: Figure 6c) and Shingu *et al.* (1974: Figure 8c) found that the hook rates for yellowfin were greatest along 10°N west of 120°W during the 1964–1966 period and along 10°N east of 105°W during the 1967–1970 period. There was relatively little fishing effort along 10°N during the 1971–1980 period (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 3) nor during the 1981–1987 period. Large amounts of yellowfin are taken by purse seiners between 5°N and 15°N (Anonymous, 1991a: Figure 2). The possible effects of the purse-seine fishery on the longline fishery are discussed in the

section entitled INTERACTION BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR YELLOWFIN.***Northern bluefin***

Northern bluefin were caught infrequently by longline vessels. Relatively high hook rates occurred between 30°N and 35°N west of 125°W during the first quarter, along 30°S between 85°W and 95°W during the third quarter, and just south of the equator between 85°W and 105°W during the fourth quarter (Figure 16). Northern bluefin spawn only in the western Pacific, but many of the juvenile fish migrate to the EPO, where they are caught by purse-seine vessels off California and Baja California before returning to the western Pacific (Bayliff *et al.*, 1991). The fish caught north of 25°N during the first and fourth quarters were probably maturing fish migrating from the eastern to the western Pacific.

Swordfish

High hook rates occurred in the area between 30°N and 35°N west of 135°W (first and fourth quarters), off Baja California and near the mouth of the Gulf of California (throughout the year), the area between 10°S and 15°S and 95°W and 110°W (first and fourth quarters), and off northern Chile (second, third, and fourth quarters) (Figure 17). The distributions for the 1956–1980 period (Joseph *et al.*, 1974; Figure 11; Miyabe and Bayliff, 1987; Figure 14) show high hook rates for swordfish off Baja California and off northern Chile, but not in the two offshore areas.

Striped marlin

The hook rates for striped marlin for the 1981–1987 period (Figure 18) were similar to those for the 1956–1980 period (Joseph *et al.*, 1974; Figure 7; Miyabe and Bayliff, 1987; Figure 15). They were greatest off Baja California, in the mouth of the Gulf of California, and south of Baja California to 10°N. The area of high hook rates extended further to the west during the third and fourth quarters. The hook rates were also somewhat greater in the area between 10°S and 15°S and 80°W and 105°W during the first and second quarters and in the Panama Bight during the first and fourth quarters.

Blue marlin

Blue marlin were widely distributed in the EPO (Figure 19), but the hook rates were quite low. Relatively high hook rates were encountered in the Panama Bight throughout the year, around the Marquesas Islands (about 10°S–140°W) during the first and second quarters, the area between the equator and 10°N west of 110°W during the third and fourth quarters, and the area between about 20°S and 25°S and 115°W and 130°W during the first and fourth quarters. The last of these coincides with a concentration found in the same area during the first quarter by Joseph *et al.* (1974; Figure 8) and Miyabe and Bayliff (1987; Figure 16).

Black marlin

The hook rates of black marlin were low in all areas (Figure 20), as was the case for the 1956–1980 period (Joseph *et al.*, 1974; Figure 9; Miyabe and Bayliff, 1987; Figure 17). The hook rates were relatively greater in the Panama Bight and the area west of it to 95°W.

Sailfish and shortbill spearfish

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

The hook rates for sailfish (Figure 21) were high at the mouth of the Gulf of California and in the Panama Bight throughout the year and off southern Mexico during the first quarter. There was little fishing effort off southern Mexico during the second through fourth quarters during the 1981–1987 period.

The greatest hook rates for shortbill spearfish (Figure 21) occurred in the area between 15°N and 30°N west of 135°W during all quarters and between 95°W and 130°W south of 15°S during third and fourth quarters.

TRENDS IN RELATIVE APPARENT ABUNDANCE

Hook rates were first used as indices of abundance of tunas and billfishes in the EPO by Suda and Schaefer (1965a), who said that "by considering the trends of apparent abundance over space and time, variations in availability may be, to some extent, averaged out, so that we may make reasonable inferences as to real changes in the abundance of the fish." In this section annual trends in the hook rates by area for the 1954–1987 period are used to measure the relative abundances of the various species of fish. The annual hook rates for all or most areas combined (Figures 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, and 39) were calculated by summing the numbers of fish caught in the areas under consideration, summing the numbers of hooks which fished in those areas, and then dividing the first sum by the second. In addition, the quarterly trends for the 1981–1987 period 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 13–21 that the hook rates were not uniform over wide geographical areas, so modest changes in the pattern of the fishing effort and/or the distribution of the fish could influence the catch rates enough to introduce significant biases into the inferences drawn from the hook rate data. This is a problem especially with the billfishes, for which the fishing grounds were more limited in area and for which the occurrences were more seasonal. Attempts to reduce these biases have been made by dividing Areas 7 and 8 into subareas (inset in Figure 1) for sailfish plus shortbill spearfish. The boundaries of these subareas were selected from information presented in Figure 21. In addition, there is a problem with the shift from conventional to deep longlining, beginning in 1975, which has caused the hook rates for bigeye to increase and those for yellowfin, striped marlin, blue marlin, black marlin, and sailfish and shortbill spearfish to decrease in most areas. In this report attempts are made to reduce the problems resulting from non-uniform distribution of the fish by considering only the data for the areas in which the species in question is most abundant. Punsly and Nakano (1992) address these problems for bigeye and yellowfin by standardizing the data by area, season, and depth with generalized linear models.

It is also possible that greater vulnerability to longline gear is genetically determined, and that 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.

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 another section of this report.

Albacore

The quarterly hook rates for albacore tended to be greatest during the first and fourth quarters in Area 1 and during the third and fourth quarters in Area 6 (Figure 22).

In the southern hemisphere, with the possible exception of Area 9, the hook rates declined precipitously during the 1960's and 1970's (Figure 23). This could be due to a decrease in abundance, a tendency of the fishermen to fish in area-time-depth strata where bigeye were more likely to be

encountered than albacore, or both. In contrast, there was an upward trend in the hook rates in the northern hemisphere (Area 1). This is believed to have been due to increases in effort on the fishing grounds north of 25°N, where albacore were more abundant, rather than to an increase in the abundance of albacore in Area 1. There was also an upward trend in Area 6 from 1976 to 1982.

The relationship between effort and catch of albacore for the 1955–1987 period in Areas 1, 4–6, and 9 is shown in Figure 24. This combination of areas was selected for examination of these data because it includes 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 relationship may exist between effort and albacore catch. During the 1955–1963 period the catch increased rapidly and the hook rates stayed between 1.0 and 3.0 fish per 100 hooks. During the 1963–1970 period the hook rates decreased precipitously, probably because the effort was directed more toward other species. During the 1970–1987 period the effort was increasing, but the hook rates remained, for the most part, between 0.1 and 0.3 fish per 100 hooks.

Bigeye

Kume and Joseph (1969a: Figure 9a) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9b) noted that the hook rates for bigeye during the 1964–1970 period were greatest in the offshore areas during the first and second quarters and greatest in the inshore areas during the third and fourth quarters, and stated that this might be the result of migrations of the fish. During the 1971–1980 period the hook rates did not show much seasonality (Miyabe and Bayliff 1987: Figure 20). During the 1981–1987 period the quarterly hook rates tended to be fairly uniform throughout the year (Figure 22), although during the first and second quarters they were relatively high in Areas 1, 2, and 8 and relatively low in Area 9.

The annual trends in hook rates were downward in all areas except 4 and 6 (Figure 25). The hook rates dropped precipitously during the early 1960's to less than half the rates in the late 1950's, but after the mid-1960's they remained relatively constant. It seems that there should have been an upward trend after 1975 due to the introduction of deep longlining, but this is not evident, although the hook rates in Areas 3, 8, and 9 increased in 1985. The annual fluctuations in the hook rates were relatively slight after the mid-1960's in the equatorial areas, except for Areas 3 and 8. This was probably because the representation of larger, older fish was greater in the fisheries in the equatorial areas, which would tend to dampen the effects of fluctuations in recruitment. In contrast, the annual fluctuations in the hook rates in the higher latitudes (Areas 1 and 9), where smaller fish of fewer age groups were caught, were much greater. The hook rates for bigeye in Area 1 would probably have been greater in recent years if it were not for diversion of effort to the fishing grounds north of 25°N, where albacore were relatively abundant and bigeye relatively scarce.

The relationship between the effort and catch of bigeye for the 1955–1987 period in Areas 2–5, 8, and 9 is shown in Figure 26. This combination of areas was selected for examination of these data because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for other areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During the 1957–1960 period the effort and catches were low and the hook rates were high. During the 1961–1964 period the effort and catch were much greater than during the 1957–1960 period. The hook rate was slightly less than 3.0 fish per 100 hooks in 1960, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During the 1965–1987 period the effort ranged between about 60 and 200 million hooks and the catch between about 0.5 and 1.9 million fish, but the hook rates remained nearly constant at about 1.0 fish per 100 hooks. It is normal for the hook rate to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield). The decline of hook rates to less than half what they were when the effort was low, however, could be indicative of

reduction of the population to a level less than that necessary to produce the average maximum sustainable yield. It may be significant, however, that the catches tripled during the 1965–1987 period, while the hook rates remained about the same. One possible explanation for this is that individuals which were especially vulnerable to longline gear were selectively removed from the population during the early years of the fishery, reducing the hook rates more than the abundance of the fish. Another possibility is that, because of the high price of bigeye, the fishermen directed their effort more toward that species during the later years. For example, the adoption of deep longline gear during the late 1970s may have kept the hook rate of bigeye at the same level while its abundance decreased. Punsly and Nakano (1992) used generalized linear models to eliminate the effects of area, season, and depth of fishing on the hook rates of bigeye, so the annual effects could be better evaluated. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the fact that there is insufficient knowledge available concerning the amount of interchange of fish between the areas in question and contiguous areas.

Yellowfin

Shingu *et al.* (1974: Figure 9c) and Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) noted that the hook rates for yellowfin tended to be greatest in the northern areas during the first and second quarters and in the southern areas during the third and fourth quarters. In the present study strong seasonality was not observed, except in Areas 2 and 9 (Figure 22). Miyabe and Bayliff (1987) noted that the seasonality in hook rates declined during the 1970s, and that trend appears to have continued during the 1980s.

The hook rates declined sharply in Areas 2–5 during the late 1950s and early 1960s (Figure 27), as was the case for bigeye (Figure 25). After the mid-1960s the bigeye hook rates leveled off, but those for yellowfin continued to decline. The hook rates also declined in Areas 6–8, but not as precipitously as in Areas 2–5. It should be noted that the hook rates during the late 1970s and the 1980s were lowest in Areas 3 and 8, which are areas of particularly high effort and catch by the surface fishery (Anonymous, 1974a–1975a: Figure 3; 1976a–1988a: Figure 2). The fishing effort in Area 7 is directed mostly toward billfishes, so not much importance should be attached to the trend for yellowfin in this area. Declines in hook rates are not evident in Areas 1 and 9, the northernmost and southernmost areas. Relatively high hook rates are evident for 1968, 1972, and 1975, particularly in Areas 8 and 9, but also, in some cases, in Areas 3–5.

The relationship between the effort and catch for the 1955–1987 period in the EPO is shown in Figure 28. It was decided to use the data for all areas of the EPO because substantial quantities of yellowfin are caught in all areas. The fishing effort was low (less than 40 million hooks) during the 1955–1961 period, intermediate (50 to 120 million hooks) during the 1962–1975 period, and high (more than 120 million hooks) during the 1976–1987 period. The catches were least during the 1955–1960 period and greatest during 1963–1965, 1972, and 1986. The hook rates were greatest (more than 1.0 fish per 100 hooks) during the 1957–1961 period and least (less than 0.2 fish per 100 hooks) during 1977, 1980, and 1987. The steep declines in hook rates of yellowfin (Figure 27) could be the result of declines in the abundance of the fish, selective removal of the individuals which were most vulnerable to longline gear during the early years of the fishery, and/or concentration of effort in area-season-depth strata where yellowfin are less abundant during the later years. Punsly and Nakano (1992) used generalized linear models to eliminate the effects of area, season, and depth of fishing on the hook rates of yellowfin, so the annual effects could be better evaluated. (Their data indicate that the hook rates for yellowfin are greater for deep than for conventional longlines, which is contrary to the findings of other workers, e.g. Suzuki *et al.* (1977: Figure 5 and Table 3), Miyabe and Bayliff (1987: Figure 34), Yang and Gong (1988: Table 1 and Figure 4), and this report (Figure 40).)

Swordfish

Joseph *et al.* (1974: Figure 11) showed that during the 1956–1970 period the hook rates for swordfish off Mexico were greatest during the first and fourth quarters and that there was little seasonality in the hook rates off northern South America. Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) found the same to be the case for the 1971–1980 period. They attributed the lack of seasonality in Area 8 to fishermen directing their effort toward other species. During the 1981–1987 period the hook rates in Area 7 were greatest during the first and fourth quarters and least during the third quarter (Figure 22). In Areas 1 and 9 the hook rates were greatest during the first quarter, and in Areas 5, 6, and 8 there was little seasonality in the hook rates.

The hook rates were low, never exceeding 0.1 fish per 100 hooks, except in Areas 1, 7, and 8 (Figure 29). The hook rates have increased in Area 1 since the late 1970's and decreased in Area 8 since the early 1970's. There appear to have been no annual trends in any of the other areas. Miyabe and Bayliff (1987) explained that the relatively large annual fluctuations in Area 7 were due to the fact that there were separate fishing grounds for swordfish and striped marlin in this area, and the fishermen have frequently changed from one fishing ground to the other in accordance with the species they preferred to fish for at a given time.

The relationship between effort and catch of swordfish for the 1955–1987 period in the EPO is shown in Figure 30. It was decided to use the data for all areas of the EPO because substantial quantities of swordfish are caught in all areas. The hook rates were greater than 0.5 fish per 100 hooks during most years of the 1963–1972 period and greatest of all in 1969. Kume and Joseph (1969a) reported that swordfish were caught by "fishing at night with gear specifically rigged for swordfish" during the mid-1960's, particularly off Baja California. This was probably the cause of the high hook rates during the 1963–1972 period. During the 1980's the hook rates stayed between 0.3 and 0.5 fish per 100 hooks.

Striped marlin

Joseph *et al.* (1974: Figure 7) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9e) reported that during the 1956–1970 period the hook rates for striped marlin tended to be greatest north of the equator during the northern summer and greatest south of the equator during the southern summer. Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) reported seasonal fluctuations in the hook rates during the 1971–1980 period in the Areas 7 and 9. During the 1981–1987 period seasonal fluctuations in the hook rates were observed only in Area 7, where the hook rates were greatest during the third and fourth quarters (Figure 22). The seasonal fluctuations were less pronounced during the 1971–1987 period than during the earlier years.

No annual trends are apparent in the hook rates in Areas 1–6. The hook rate in Area 7 was greater during the 1980's than during earlier years, and those in Areas 8 and 9 showed downward trends after the early 1960's (Figure 31). The hook rates during the 1970's and 1980's were greatest in Areas 6 and 7, especially Area 7.

The relationship between effort and catch of striped marlin for the 1955–1987 period in Areas 1 and 5–9 is shown in Figure 32. Those areas were selected because the hook rates were relatively greater than in the other areas. The hook rates stayed at about 0.5 fish per 100 hooks from 1962 through 1972 and at about 0.1 fish per 100 hooks from 1974 through 1987. It seems likely that the introduction of deep longlining gear caused a decline in the hook rate of striped marlin due to the lesser vulnerability of this species to such gear.

Blue marlin

Joseph *et al.* (1974: Figure 8) noted that the hook rates for blue marlin during the 1956–1970 period tended to be greatest north of the equator during the northern summer and greatest south of the equator during the southern summer. During the 1971–1980 period the hook rates were greatest in Areas 2 and 3 during the third and fourth quarters and greatest in Areas 4 and 5 during the first and second quarters (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 20). The same was the case for the 1981–1987 period (Figure 22). This might indicate seasonal migrations of fish between Areas 2 and 3 (third and fourth quarters) and Areas 4 and 5 (first and second quarters). In addition, it can be seen that the hook rates were greatest during the first quarter and least during the third quarter in Area 6 during the 1981–1987 period. There was no effort in this area during the second quarter.

The annual trends in hook rates were downward in all areas (Figure 33). In Areas 4 and 6 the hook rates were greater than 1 fish per 100 hooks for a brief period during the late 1950's.

The relationship between effort and catch of blue marlin for the 1955–1987 period in Areas 2–8 is shown in Figure 34. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The effort and catch increased during the 1955–1963 period, and the hook rates stayed at about 2.0 fish per 100 hooks. After that the hook rate declined, staying between 0.3 and 1.0 fish per 100 hooks during every year of the 1964–1987 period but one.

Black marlin

The hook rates for black marlin tended 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 (Figure 22). These seasonal fluctuations do not necessarily indicate migrations, as the hook rates were quite low.

The hook rates were low in all areas, and they declined in all areas except Area 7 (Figure 35).

The relationship between effort and catch of black marlin for the 1955–1987 period in Areas 2–8 is shown in Figure 36. Those areas were selected because the hook rates were greater there than in the other areas. The effort and catch increased during the 1955–1963 period, while the hook rates stayed at about 0.01 fish per 100 hooks through 1968. During the 1976–1987 period the hook rates stayed at about 0.002 fish per 100 hooks.

Sailfish and shortbill spearfish

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

Kume (1973: Figure 8) and Shingu *et al.* (1974: Figure 9f) reported that the hook rates for sailfish were greatest during the first and fourth quarters, particularly the former. The data of Miyabe and Bayliff (1987: Figure 20) indicate that the hook rates were greatest in Area 7 during the first and second quarters of the 1971–1980 period. During the 1981–1987 period the greatest hook rates were observed in Area 7 during the first quarter, Area 8 during the fourth quarter, and Area 9 during the first and fourth quarters (Figure 22).

Declines in the hook rates after the mid-1960's are apparent in all three coastal areas, except that the hook rates in Area 7 were high during the 1977–1979 period (Figure 37). The greater hook rates in those three years were due to a shift in effort from the striped marlin grounds of the northwestern part of Area 7 to the sailfish grounds of the southeastern part of that area (Miyabe and Bayliff, 1987). To study the fishery for sailfish in more detail, four new areas, 7-1, 7-2, 8-1, and 8-2 (Figure 1, inset), were created. The hook rates were much greater in the two inshore areas, 7-2 and 8-2, and declines in the hook rates after the mid- to late 1970's are apparent for both these areas. The

effort has greatly declined in Area 7-2 since the mid-1970's and in Area 8-2 since 1980, and the relatively few vessels which fished in those areas during the 1980's may have caught fewer sailfish per unit of effort because they shifted their operations to other parts of Areas 7-2 and 8-2 or began fishing with deep longlines. The vessels may have been fishing on an almost-virgin stock during the 1960's and 1970's. Such fishing might have been profitable, because the hook rates were so high, even though the prices paid for sailfish are relatively low (Table 2). Later, when the hook rates were lower and fishing for sailfish became unprofitable, the fishermen may have shifted their operations to other parts of Areas 7-2 and 8-2 or shifted to deep longlining, causing the hook rates of sailfish to decrease to nearly zero. It is possible, however, that the abundance of sailfish in the eastern Pacific Ocean has been greatly reduced, so further investigation is in order. If catch-per-unit-of-effort data for sportfishing vessels for a series of years can be obtained, and the methods of fishing did not change during those years, these would be useful for determining whether the decline in abundance indicated by the longline hook-rate data is real.

The relationship between effort and catch of sailfish for the 1955–1987 period in Areas 7–9 is shown in Figure 38. The hook rates were greater than 0.2 fish per 100 hooks during the 1959–1971 period and less than that during the 1955–1958 and 1971–1987 periods.

During the 1981–1987 period the greatest hook rates for shortbill spearfish were observed in Area 1 during the second quarter and Areas 5 and 6 during the third and fourth quarters (Figure 22).

The abundance of this species appears to have remained nearly constant at low levels from the mid-1950's to 1987 in Areas 1–6 (Figure 37).

The relationship between the effort and catch of shortbill spearfish for the 1955–1987 period in Areas 1–6 is shown in Figure 39. The hook rates were about 0.05 fish per 100 hooks during the 1964–1977 period and less than that during the 1955–1963 and 1978–1987 periods.

Indices of apparent abundance obtained from conventional and deep longline gear

Deep longlining was introduced into the EPO during the mid-1970's (Miyabe and Bayliff, 1987). During the 1981–1987 period the use of deep longlines became more common, and this gear was used not only in equatorial areas, but in high latitudes as well (Figure 8). The hook rates of conventional and deep longline gear for each species are compared in this section.

Albacore

For albacore the hook rates were greatest for deep longline gear in Area 4 and greatest for conventional gear in Areas 1, 5, and 9 (Figure 40). Miyabe and Bayliff (1987; Figure 36) obtained the same results for the 1975–1980 period for Areas 4 and 5. (They did not show data for any other areas.) The better performance of the deep longline gear in Area 4 may be due to the fact that the thermocline is deeper in Area 4 than in Areas 1, 5, and 9 (Wyrtki, 1964; Figure 54). The ratios of albacore hook rates for deep longlines to those for conventional longlines during the 1981–1987 period were high south of the equator, off northern Chile, and northeast of Hawaii (Figure 41).

Bigeye

For bigeye the hook rates were greatest for deep longline gear in Areas 1 (1984–1987), 2 (1987), 3 (1975–1978 and 1987), 4 (1975 and 1985–1987), 5 (1975 and 1987), and 8 (1975–1987), and greatest for conventional gear in Areas 1 (1976–1977 and 1981–1983), 2 (1986), and 9 (1975–1987) (Miyabe and Bayliff, 1987; Figure 32; this report; Figure 40). The ratios of bigeye hook rates for deep longlines to those for conventional longlines during the 1981–1987 period were high everywhere except off northern Chile (Figure 41).

Yellowfin

For yellowfin the hook rates were equal or greater for conventional longline gear everywhere except in Areas 1 (1986–1987), 2 (1987), and 3 (1987) (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 34; this report: Figure 40). The ratios of yellowfin hook rates for deep longlines to those for conventional longlines varied considerably, and no geographic pattern is evident (Figure 41).

Swordfish

For swordfish the hook rates were greatest for deep longline gear in Areas 3 (1975 and 1986–1987), 4 (1975), 5 (1975–1976), and 8 (1975–1980 and 1986–1987) and greatest for conventional gear in Areas 1 (1981–1987) and 7 (1975–1983 and 1986–1987) (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 36; this report: Figure 40). The ratios of swordfish hook rates for deep longlines to those for conventional longlines were high off northern South America and east of Hawaii (Figure 41).

Striped marlin

For striped marlin deep longline gear was superior to conventional longline gear only in Areas 7 (1983) and 9 (1981–1983), whereas conventional longline gear was superior in Areas 1, 3, 5, 7, and 8 in at least some years (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 36; this report: Figure 40). The hook rates for conventional longline gear were much greater in Areas 7 and 8. The ratios of striped marlin hook rates for deep longlines to those for conventional longlines were high off northern Chile and east of Hawaii (Figure 41).

Blue marlin

For blue marlin conventional longline gear tended to be superior to deep longline gear, although in some area-time strata the opposite was the case (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 36; this report: Figure 40). The ratios of blue marlin hook rates for deep longlines to those for conventional longlines were high offshore west of Baja California, north and south of the equator west of 110°W, and off Peru and northern Chile (Figure 41).

Black marlin

The ratios of black marlin hook rates for deep longlines to those for conventional longlines were high between 10°N and 15°S (Figure 41).

Sailfish and shortbill spearfish

As mentioned previously, sailfish and shortbill spearfish were not separated in the logbooks of the longline vessels, but it is assumed that the fish caught within a few hundred miles of the mainland were sailfish and the others were shortbill spearfish (Kume and Joseph, 1969a). For these species deep longline gear tended to be equal or superior to conventional longline gear in Areas 1, 3, 4, and 5, whereas the opposite was the case in Areas 7 and 8 (Miyabe and Bayliff, 1987: Figure 36; this report: Figure 40). Since Areas 1, 3, 4, and 5 are offshore areas and Areas 7 and 8 are inshore areas, it appears that deep longline gear is more effective for shortbill spearfish and conventional longline gear is more effective for sailfish. The ratios of sailfish plus shortbill spearfish hook rates for deep longlines to those for conventional longlines were high offshore west of Baja California, north and south of the equator west of 120°W, and off Peru and northern Chile to 105°W (Figure 41).

The catch rates of bigeye in the EPO by deep longline gear were greater than those by conventional longline gear, whereas the catch rates by conventional gear were equal or greater for

yellowfin, striped marlin, blue marlin, black marlin, sailfish, and shortbill spearfish. These results are similar to those obtained by Suzuki *et al.* (1977: Figure 5 and Table 3) in the western and central equatorial Pacific and Miyabe and Bayliff (1987: Figures 32, 34, and 36) in the EPO. For swordfish and shortbill spearfish, however, deep longline gear performed relatively better in the EPO than in the western and central Pacific.

During the 1981–1987 period the use of deep longline gear became more widespread, and can now be considered to be a “normal” method of fishing.

MATURITY

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

de Vlaming, Grossman, and Chapman (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.” Their conclusions are almost certainly valid, but nevertheless gonad indices are useful for obtaining a general idea of the areas and times of spawning, provided adequate samples are available.

Large amounts of data for bigeye and yellowfin, but much lesser amounts for billfishes, were available for this study. Most of the data are for fish caught between 10°N and 20°N and west of 100°W, which corresponds to the major longline fishing area in the western part of the EPO.

The average gonad indices by 5-degree areas are shown for six species in Figure 42. The relationships between gonad indices and lengths are shown in Figures 43, 45, 47, 49, 50, 52, 53, and 55. The average gonad indices, by 5-degree areas and quarters, are shown in Figures 44, 46, 48, 51, 54, and 56. Low gonad indices in a 5-degree area-time stratum indicate a preponderance of immature fish, but not necessarily the absence of mature fish. (In this report “immature” includes fish with low gonad indices, some or most of which had probably spawned before being captured.) 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 are same as those designated by Miyabe and Bayliff (1987): bigeye and yellowfin, 120 cm; swordfish and striped marlin, 150 cm; blue marlin and black marlin, 180 cm. No cutoff points were designated for sailfish or shortbill spearfish because almost all of the fish were considered to be mature (Figures 53 and 55).

Bigeye

The maturity of bigeye in the EPO has been studied by Kikawa (1961, 1962, and 1966), Kume and Joseph (1966 and 1969a), Kume (1969a, 1969b, and 1979), Shingu *et al.* (1974), Hisada (1979), and Miyabe and Bayliff (1987). Kikawa (1961) and most subsequent workers have considered females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report. Kikawa (1961, 1962, and 1966) reported that the incidence of mature fish increases greatly from the western Pacific to the EPO, and that mature fish occur mostly in the equatorial region between 10°N and 10°S. He stated in his 1966 paper that the incidence of mature fish was greatest north of the equator during April–May and south of the equator during February–March. Kume and Joseph (1966) reported that the incidence of mature fish was greatest between the equator and 10°N west of 95°W, especially during the first, second, and third quarters, and between 5°S and 15°S west of 105°W, particularly during the first and second quarters. They noted a positive correlation between the incidence of fish with high gonad indices and sea-surface temperature. Kume (1969a) reported the presence of mature fish between 16°N and 28°N east of 180° during the second quarter. Kume

(1969b) also found that the incidence of mature fish increases from the western Pacific to the EPO. He suggested that sexually-immature fish occur in cooler water in the EPO. Kume and Joseph (1969a) reported greater incidences of mature fish between 5° and 15° than between the equator and 5° on both sides of the equator. They said that the incidence of mature fish is greatest north of the equator during the second and third quarters and south of the equator during the first and second quarters. They also noted that in the vicinity of the Galapagos Islands the greatest incidence of mature fish occurs during the first and fourth quarters. Shingu *et al.* (1974) reported high incidences of mature fish between 10°N and 10°S as far east as 85°W north of the equator and 100°W south of the equator. No seasonal peaks were evident, although the incidence of mature fish was slightly greater during the first and second quarters. All of the areas with high incidences of mature fish had sea-surface temperatures greater than 24°C. Kume (1979) mentioned that bigeye encountered in the vicinity of 30°N were immature fish migrating toward the spawning grounds in equatorial waters. Hisada (1979) reported a lesser incidence of mature fish within the equatorial region west of 110°W between 4°N and 4°S. He stated that the incidence of mature fish is greatest where the 24°C isotherm extends to at least 50 m below the surface. Miyabe and Bayliff (1987) reported that the incidence of mature fish was high in the equatorial region between 15°N and 15°S throughout the year, although it appeared to have decreased somewhat during the fourth quarter, especially north of the equator.

The present study is based upon 6,588 females, of which 3,408 were greater than 120 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 43. Of these 3,408 females, 2,041, or 59.9 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish were in the 71- to 80-cm length class. The greatest gonad index encountered was 19.27, for a 164-cm fish with gonads weighing 8,500 g.

The distributions by area and time of females at the various average stages of maturity are shown in Figures 42 and 44. The incidence of mature fish was high in the region between 20°N and 10°S throughout the year. No mature fish were found east of 100°W.

Yellowfin

The maturity of yellowfin in the EPO has been studied by Schaefer and Orange (1956), Orange (1961), Kikawa (1959, 1962, and 1966), Kume and Schaefer (1966), Kume and Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Knudsen (1977), Suzuki *et al.* (1978), and Miyabe and Bayliff (1987). Kikawa (1962) and most subsequent workers have considered females with gonad indices of 2.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report. Schaefer and Orange (1956) reported the presence of mature fish near the Revillagigedo Islands (about 19°N-111°W) from May to September and off Central America throughout the year. Orange's (1961) results were in agreement with the above. In addition, he reported the presence of mature fish around the Galapagos Islands during the fourth quarter and near Cocos Island (5°32'N-86°59'W). He stated that the size at first maturity is about 50 cm off Central America and about 70-80 cm near the Revillagigedo Islands. Kikawa (1959, 1962, and 1966) reported high incidences of mature fish west of 125°W between the equator and 10°N, mostly during the third and fourth quarters, and west of 100°W between the equator and 10°S throughout the year. Kume and Schaefer (1966) reported occurrences of mature fish between 10°N and 10°S. The incidence of mature fish was greatest offshore (95°W to 130°W) during the first, second, and third quarters, and mature fish were found east of 90°W during the fourth quarter. Kume and Joseph (1969a) reported high incidences of mature fish between 10°N and 10°S, with some mature fish occurring north of 15°N and south of 15°S. The incidence of mature fish in the area west of 95°W appeared to be greatest during the second quarter and least during the fourth quarter. East of 95°W it seemed to be greatest during the first and fourth quarters, but no data for the second quarter were available. Shingu *et al.* (1974) reported similar results, and stated that "the 24°C isotherm seems to be a fairly good indicator of the northern and southern limits of the spawning area." Knudsen (1977)

showed that the incidence of mature fish is more sporadic near the coast than further offshore. Suzuki *et al.* (1978) compared the gonad indices of longline- and purse seine-caught fish of the same size groups caught in the same areas and showed that the gonad indices of the purse seine-caught fish were consistently higher. They stated that this phenomenon could be explained by Hisada's (1973) hypothesis that yellowfin seek temperatures greater than 26°C for spawning. Miyabe and Bayliff (1987) reported that the incidence of mature fish was high in the equatorial region between 15°N and 5°S during the second and third quarters. They had relatively few data for the first and fourth quarters.

The present study is based upon 3,112 females, of which 1,698 were greater than 120 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 45. Of these 1,698 females, 215, or 12.7 percent, had gonad indices of 2.1 or greater. The smallest mature fish was in the 71- to 80-cm length class. The greatest gonad index encountered was 9.61, for a 120-cm fish with gonads weighing 1,500 g.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 42 and 46. The incidence of mature fish was high between 15°N and 5°S. High gonad indices appeared south of the equator and east of 110°W during the first quarter and north of the equator and west of 145°W during the other quarters.

Swordfish

The maturity of swordfish in the EPO has been studied by Yabe *et al.* (1959), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Weber and Goldberg (1986), and Miyabe and Bayliff (1987). Matsumoto and Kazama (1974), Nishikawa and Ueyanagi (1974), and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) have studied the distribution of swordfish larvae and juveniles. Kume and Joseph (1969b) and Shingu *et al.* (1974) considered females with gonad indices of 3.0 or greater to be mature. Uchiyama and Shomura's (1974) Table 1 lists 16 females from the central Pacific, of which 3 were "ripe." These had gonad indices of 6.72 to 9.78, so for the present study only females with gonad indices of 7.0 or greater will be considered to be mature. Yabe *et al.* (1959) and Kume and Joseph (1969b) reported occurrences of females with gonad indices of 3.0 or greater west of 98°W between 12°N and 31°S. The latter stated that it appeared that mature fish were most abundant in northern latitudes from March through July and in southern latitudes around January. The smallest mature fish they encountered was 139 cm long. Shingu *et al.* (1974) noted the incidence of average gonad indices of 3.0 or greater west of 95°W between 10°N and 30°S throughout the year. They stated that their data "may indicate that spawning is limited to . . . offshore waters," but remarked on the lack of samples from coastal waters off Mexico, where commercial fishing takes place. Weber and Goldberg (1986) found no fish with gonad indices of 3.0 or greater among 67 females sampled off Southern California. Miyabe and Bayliff (1987) reported that mature fish occurred west of 110°W between 10°N and 30°S. The incidence of mature fish was greatest during the first and fourth quarters, but mature fish were encountered between 145°W and 150°W during the second and third quarters. Matsumoto and Kazama (1974) recorded four larvae and/or juveniles caught west of 130°W between 5°N and 20°S. Nishikawa and Ueyanagi (1974) and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) recorded many more larvae, most of them in equatorial waters west of 120°W. All of these were found in waters in which the surface temperature exceeded 24°C.

The present study is based upon 186 females, of which 138 were greater than 150 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 47. Of these 138 females, 61, or 44.2 percent, had gonad indices of 7.0 or greater. The smallest mature fish was in the 101- to 110-cm length class. The greatest gonad index encountered was 31.11, for a 208-cm fish with gonads weighing 28,000 g.

The distributions by area and time of fish of the various stages of maturity are shown in Figures 42 and 48. Average gonad indices of 7.0 or greater occurred west of 95°W between 25°N and 15°S. Fish with gonad indices of 7.0 or greater occurred north of the equator during the second quarter and south of the equator during the fourth quarter.

Striped marlin

The maturity of striped marlin in the EPO has been studied by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Eldridge and Wares (1974), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). Howard and Ueyanagi (1965) and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) have studied the distribution of striped marlin larvae and postlarvae. Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) considered females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report. Howard and Ueyanagi (1965) reported the occurrence of mature fish between 20°S and 30°S and 130°W and 140°W. Shiohama (1969) recorded high concentrations of mature fish between 15°N and 20°N and 110°W and 120°W and between 10°S and 25°S and 120°W and 130°W. Kume and Joseph (1969b) found mature fish to occur off Mexico during the second and third quarters, off Central America during the first and fourth quarters, and between 10°S and 25°S and 120°W and 130°W during the first, second, and fourth quarters. Eldridge and Wares (1974) stated that mature striped marlin occur near the Revillagigedo Islands during July. Shingu *et al.* (1974) recorded high concentrations of mature fish between 25°S and 30°S during the first and fourth quarters. Miyabe and Bayliff (1987) reported that the greatest concentrations of mature fish were encountered off Mexico during the second, third, and fourth quarters and south of 20°S during the first and fourth quarters. The mature fish studied by Kume and Joseph (1969b) were smaller in the north (140 to 180 cm) than in the south (160 to 220 cm). Howard and Ueyanagi (1965) and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) reported the occurrence of larvae and postlarvae at about 20°S–142°W. Matsumoto and Kazama (1974) remarked on the fact that they had found no striped marlin larvae in their surveys, despite the fact that this is the predominant species of billfish taken commercially off Hawaii. Squire and Suzuki (1990) stated that "the major spawning area is in the western Pacific . . . Some spawning may occur in the eastern Pacific but few larvae have been caught there."

The present study is based upon 494 females, of which 309 were greater than 150 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 49. Of these 309 females, 2, or 0.6 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The greatest gonad index encountered was 4.59, for a 187-cm fish with gonads weighing 3,000 g.

The two mature females were caught at 11°S–131°W and 12°S–126°W during October.

Blue marlin

The maturity of blue marlin in the EPO has been studied by Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). Howard and Ueyanagi (1965), Matsumoto and Kazama (1974), and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) have studied the distribution of blue marlin larvae, postlarvae, and juveniles. Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) considered females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report. Shiohama (1969) reported high concentrations of mature fish between 120°W and 130°W, especially between 20°S and 25°S. Kume and Joseph (1969b) found mature fish to occur between 5°N and 25°S and 125°W and 130°W during the first quarter, between the equator and 10°N and 110°W and 125°W during the second and third quarters, and between 20°S and 25°S and 120°W and 130°W during the fourth quarter. Shingu *et al.* (1974) found high concentrations of mature fish between 25°S and 30°S and 110°W and 115°W during the fourth quarter. Miyabe and Bayliff (1987) reported high concentrations of mature fish south of 20°S during the first quarter and far offshore between 10°N and 15°S during the second, third, and fourth quarters. Howard and Ueyanagi (1965),

Matsumoto and Kazama (1974), and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) reported the occurrence of larvae, postlarvae, and juveniles between 20°N and 20°S west of 130°W.

The present study is based upon 348 females, of which 268 were greater than 180 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 50. Of these 268 females, 17, or 6.3 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish was in the 151- to 160-cm length class. The greatest gonad index encountered was 13.43, for a 155-cm fish with gonads weighing 5,000 g. This fish was the smallest mature individual found.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 42 and 51. The greatest concentrations of maturing fish were found west of 130°W between 30°N and 15°S.

Black marlin

The maturity of black marlin in the Pacific Ocean has been studied by Ueyanagi (1960), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). Ueyanagi (1960) reported that of 74 females sampled in the Coral Sea during November 1956, 8 had gonad weights of 2 to 5 kg, 31 had gonad weights of 5 to 10 kg, and 35 had gonad weights greater than 10 kg. He stated that intensive spawning occurs in the northwestern Coral Sea, especially during October and November. He reported that the lengths of first maturity are about 140 cm for males and 200 cm for females, that most of the fish over 230 cm in length are females, and that mature ovaries probably weigh more than 1 kg. Shingu *et al.* (1974) reported that females with ovaries weighing more than 1 kg are rare in the EPO, and that no fish were found with gonad indices greater than 1.0. Miyabe and Bayliff (1987) reported on two black marlin with gonad indices of 2.0 or greater caught at 13°N-148°W and 13°S-127°W.

The present study is based upon 10 females, of which 5 were greater than 180 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 52. Of these five females, two, or 40.0 percent, had gonad indices of 2.0 or greater. These fish were caught at 13°N-148°W in June and 10°S-134°W in November.

Sailfish

The maturity of sailfish in the EPO has been studied by Kume and Joseph (1969b), Yurov and Gonzalez (1971), Eldridge and Wares (1974), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). Ueyanagi (1959) and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) have studied the distribution of sailfish larvae. Shingu *et al.* (1974) considered all females with gonad indices of 3.1 or greater to be mature, and this convention is followed in the present report. Kume and Joseph (1969b) reported spawning off Central America during February-March 1967, and Yurov and Gonzalez (1971) reported spawning in the Gulf of Tehuantepec during February-April. Eldridge and Wares (1974) estimated the spawning times of sailfish from lengths of larvae and juveniles and growth data. They estimated that spawning occurs off Mexico during April-November and off Central America during December-April and August. Shingu *et al.* (1974) reported high incidences of maturing fish offshore south of the equator during the first quarter and in the Panama Bight during the third quarter. They noted that the other species of billfishes are generally thought to spawn further offshore than the Panama Bight. Miyabe and Bayliff (1987) reported that maturing fish were encountered sporadically far offshore in the equatorial region. Ueyanagi (1959) reported the presence of sailfish larvae at about 7°S-132°W, and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) reported their occurrence off Central America and northern South America.

The present study is based upon 43 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 53. Of these 43 females, 5, or 11.6 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish was in the 121- to 130-cm length class. The greatest gonad index encountered was 6.98, for a 142-cm fish with gonads weighing 2,000 g.

The distributions by area of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 42 and 54. Maturing fish were encountered only in the area between the equator and 15°S and 125°W and 130°W during the fourth quarter.

Shortbill spearfish

The maturity of shortbill spearfish in the EPO has been studied by Ueyanagi (1962), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). Ueyanagi (1962), Howard and Ueyanagi (1965), Matsumoto and Kazama (1974), and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) have studied the distribution of shortbill spearfish larvae, postlarvae, and juveniles. Ueyanagi (1962) reported the occurrence of mature fish in equatorial waters west of 130°W. Kume and Joseph (1969b) examined 12 females caught offshore off Mexico; 11 were immature and 1 had a gonad index of 5.1. Shingu *et al.* (1974) found females with gonad indices of 3.0 or greater in offshore equatorial waters during the second, third, and fourth quarters. Miyabe and Bayliff (1987) reported that high concentrations of mature fish were apparent offshore between the equator and 20°S during all quarters and between 20°N and 25°N during the fourth quarter. Ueyanagi (1962), Howard and Ueyanagi (1965), Matsumoto and Kazama (1974), and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) reported the occurrence of larvae, postlarvae, and juveniles between 20°N and 20°S west of 100°W.

The present study is based upon 494 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 55. Of these 494 females, 157, or 31.8 percent, had gonad indices of 4.1 or greater. The smallest mature fish was in the 101- to 110-cm length class. The greatest gonad index encountered was 16.40, for a 140-cm fish with gonads weighing 4,500 g.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figures 42 and 56. The greatest concentrations of mature fish are apparent offshore between the equator and 20°S. High concentrations of mature fish were found in the area between the equator and 15°S during all quarters and in the area north of 20°N and west of 135°W during the second and fourth quarters.

SIZE COMPOSITION

Large amounts of data for albacore, bigeye, yellowfin, striped marlin, and blue marlin, but much lesser amounts for swordfish, black marlin, sailfish, and shortbill spearfish, were available for this study. Many area-time strata were insufficiently sampled, not only for the last four species, but for the first five as well. Unusually small or large fish were designated as outliers and not included in the length-frequency histograms. The upper and lower limits and the numbers of fish outside these limits were as follows: albacore, 40 and 120 cm, 54 fish; bigeye, 60 and 200 cm, 363 fish; yellowfin, 60 and 200 cm, 135 fish; swordfish, 80 and 280 cm, 129 fish; striped marlin, 80 and 240 cm, no fish; blue marlin, 80 and 320 cm, 1 fish; black marlin, 80 and 320 cm, no fish; sailfish, 80 and 240 cm, no fish; shortbill spearfish, 80 and 200 cm, no fish.

Thorough analysis of the length-frequency data for each species is beyond the scope of this report. Shomura and Keala (1963), Otsu and Sumida (1968), and Murphy and Shomura (1972) have shown that the males tend to outnumber the females in the larger length categories of longline-caught bigeye, albacore, and yellowfin, respectively. Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969b) have demonstrated that the reverse is the case for swordfish, striped marlin, blue marlin, black marlin, and sailfish, so they graphed the data for males, females, and fish for which the sex was unknown separately. Data on the sexes of the fish which were measured or weighed for this study were not available, unfortunately, so this could not be done. The nine areas in Figure 1 are not necessarily the most appropriate for any of the species considered. A procedure similar to that employed by Punsly and Nakano (1992) to partition the EPO into areas for analysis of catch-per-unit-of-effort data for bigeye and yellowfin might be employed to select the areas for stratification of the

length-frequency data. It would probably also be appropriate to consider depth of capture as a variable, although these depths are not always known. (Fish caught on the hooks nearest the buoys are known to have been caught near the surface, but fish caught on the hooks furthest from the buoys were not necessarily all caught at the greatest depths to which they descended.) In the unlikely event that nine areas were found to be appropriate for each species, up to 756 length-frequency histograms (9 areas \times 7 years \times 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 12 months are combined into 4 quarters. In addition, for albacore, for example, the data for years and quarters are combined in Figure 57, the data for years are combined in Figure 58, and the data for quarters are combined in Figure 59. 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 equally.

Albacore

Data on the length frequencies of longline-caught albacore in the EPO have been published by Shingu *et al.* (1974) and Miyabe and Bayliff (1987). The 13,637 fish of the present study ranged in length from about 60 to 130 cm, but most of the fish were between about 70 and 120 cm (Figure 57).

The fish were largest in Areas 1 and 4, intermediate in Area 5, and smallest in Area 9. The range of lengths was much greater in Area 1 than in Areas 4 or 5.

The length frequencies did not change much among quarters in Areas 4 and 5, but considerable changes are evident for Areas 1 and 9 (Figure 58). 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. During the 1981–1987 period, however, it is evident that the smallest fish caught in Area 1 were taken during the first quarter, rather than the third quarter.

In Area 1 the fish tended to become larger during the 1981–1985 period (Figure 59). This is believed to be due to changes in fishing seasons within this area. The annual length-frequency distributions for Area 4 did not change much among years, as was the case for the quarterly data for this area (Figure 58). In Area 5 the data for 1987 indicate a single mode between 80 and 90 cm. In Area 9 the ranges of the lengths were different in different years, which is probably due to changes in the fishing seasons within this area.

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), and Miyabe and Bayliff (1987). The 311,064 fish of the present study ranged from about 60 to 180 cm in length, but most of them were between about 80 and 170 cm (Figure 60). According to Kume and Joseph (1966) the males and females grow at about the same rate up to approximately 150 cm, so it is assumed that differential growth of the two sexes does not introduce problems into the interpretation of the length-frequency data for fish less than that length.

Smaller fish made up greater portions of the catches in Areas 1 and 9, at the northern- and southernmost extremes of the fishery, than in the other areas (Figure 60). Three modal groups are evident in many of the quarterly (Figure 61) and annual (Figure 62) histograms, one between about 80 and 100 cm, one between about 100 and 130 cm, and one between about 130 and 150 cm. The first group is readily apparent in Area 1 and, to a lesser extent, Areas 2, 4, 5, and 9. The second and third

groups appear in all areas, but are much more prominent in Areas 2–5 and 8. Fish greater than 150 cm in length were important in Areas 2–5 and 8, but much less so in Areas 1 and 9.

Progressions of modes within years can be followed in Areas 1, 2, 4, and 5, and, to a lesser extent, Areas 3, 8, and 9 (Figure 61). The progressions of the second and third modal groups indicate growth rates of about 25 and 20 cm per year, respectively, which agree with the findings of Kume and Joseph (1966 and 1969a). Since fish of the first modal group are most prominent in Areas 1 and 9, it is inferred that recruitment to the longline fishery occurs primarily in those areas.

If dominant year classes exist, they might be apparent from progressions of the modes in Figure 62. Such progressions appear in some cases, e.g. Area 2 (1982–1984), Area 3 (1985–1987), Area 4 (1984–1986), Area 5 (1983–1984 and 1985–1987), and Area 8 (1986–1987). In many cases prominent modes appear, and then disappear the following year, e.g. Area 2 (1981–1983), Area 3 (1981–1982), Area 8 (1981–1982), and Area 9 (1984–1985). These appearances and disappearances could be caused by (1) recruitment and mortality, (2) movements of the fish from one area to another, and/or (3) changes in fishing strategies. Considering first recruitment and mortality, the appearance in Area 2 of fish less than 100 cm in length in 1980 could be due to recruitment from Area 1. The portions of fish greater than 140 cm in length decreased in some areas during the 1981–1987 period. Examination of data for previous years (Kikawa, 1962: Tables 3 and 4; Kume and Joseph, 1966: Figure 7; Kume and Joseph, 1969a: Figure 21; Shingu *et al.*, 1974: Figure 26) reveals that this was part of a long-term trend, which could be due to increased fishing mortality. A possible example of movement is afforded by the 1980–1981 data for Areas 8 and 9. The 90- to 110-cm fish which appeared in Area 8 in 1981 may have appeared as 100- to 130-cm fish in Area 9 in 1982. Almost any change observed could be due to changes in fishing strategies, but thorough examination of these is beyond the scope of this report.

Average weight data for the EPO for 1971–1987 are shown in Table 3. All the values for bigeye were calculated from length-frequency data for fish caught by the longline fishery. No weighting was employed to adjust for heavier sampling in some strata than in others, so the data are probably biased. The 1971–1980 values are less than those of Miyabe and Bayliff (1987: Table 3) for the same years because data for all areas are used in Table 3, whereas Miyabe and Bayliff (1987) used only data for Areas 2–5 and 8. The average weight decreased from 1973 to 1979, and after that fluctuated between about 45 and 60 kg.

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), and Miyabe and Bayliff (1987). The 100,391 fish of the present study ranged from about 60 to 190 cm in length, but most of them were between 80 and 160 cm (Figure 63).

Differences in the lengths of the fish among areas are apparent (Figure 63). Fish greater than 120 cm in length made up greater proportions of the catches in Areas 3–5 and 8 than in the other areas. Fish less than 100 cm in length made up greater portions of the catches in Areas 1 and 2 and the inshore areas (7–9) than in the other areas.

Quarterly variations in the lengths of fish caught are apparent, especially those from Areas 2, 4, 7, and 8 (Figure 64). In Area 1 the range of lengths was wide during all quarters. The length distributions were unimodal in a few of the area-quarter strata. Recruitment to the longline fishery appears to have occurred mainly in Area 1 during all quarters and in Areas 2 and 7 during the first quarter. There were no obvious indications of recruitment in the other areas.

The annual length-frequency distributions for each area are shown in Figure 65. Fish greater than 100 cm in length dominated the catches of all areas during all years. The progression of modes can be followed in several areas, especially Areas 2, 4, and 5. If the modes represent age groups, these

data indicate that the growth is approximately 35 cm per year for the fish in the 80- to 140-cm range. This is close to the estimates of Wild (1986) obtained from counting increments on the otoliths and of Bayliff (1989) obtained from tagging data. Fish less than 80 cm in length appeared in the catches of Area 1 in all years, Area 2 in 1985, Area 4 in 1981, Area 6 in 1985, and Area 9 in 1984. The portions of fish less than 100 cm tended to be greater in 1983 and 1984, and those of fish less than 120 cm tended to be greater in 1982, 1983, and 1984. The portions of fish greater than 140 cm in length decreased in some areas during the 1981–1987 period. Examination of data for previous years (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) reveals a long-term trend toward decreasing size of fish caught by the longline fishery.

Average weight data for the EPO for 1971–1987 are shown in Table 3. All the values for yellowfin were calculated from length-frequency data for fish caught by the longline fishery and the surface fishery. The data for the surface fishery were weighted by the method of Shingu *et al.* (1974) to eliminate, or at least minimize, whatever bias might exist due to sampling some strata more heavily than others. That was not done for the data for the longline fishery, so these data are probably biased. The 1971–1980 values are less than those of Miyabe and Bayliff (1987: Table 3) for the same years because data for all areas were used in Table 3, whereas Miyabe and Bayliff used only data for Areas 1–5. The average weight gradually decreased from 1971 to 1985, and then increased in 1986 and 1987.

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), and Miyabe and Bayliff (1987). The 1,816 fish of the present study ranged from less than 80 to about 280 cm in length, but most of them were less than 240 cm in length (Figure 66). It would obviously be desirable to show the length frequencies of fish less than 80 cm in length, but this is not possible because the lengths were obtained by converting weights to lengths, and the fish were weighed only to the next-highest 5 kg. Fish less than 80 cm in length frequently have made up a considerable portion of the catch (in numbers of fish, not weight of fish) within various area-time strata, which is not the case for any other species of billfish. No areal or seasonal trends for these occurrences of small fish are evident.

There was considerable variation among areas in the length frequencies (Figure 66). Fish less than 120 cm in length were most important in Areas 1, 4, and 9, and fish greater than 200 cm were most important in Areas 1, 5, and 9. The ranges of length frequencies were least in Areas 2 and 3.

Considerable variation in the occurrence of modes in different quarters is evident in the data for Areas 3, 4, and 7 (Figure 67). Smaller fish (less than about 100 cm) occurred in many area-quarter strata, but temporal progressions of modes within years or among years (Figure 68) cannot be followed. This makes it appear that recruitment to the longline fishery took place over wide geographic and temporal ranges and over a wide range of sizes of fish. Kume and Joseph (1969b) estimated the growth rate to be about 35 cm per year for 62- to 165-cm fish.

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), and Squire and Suzuki (1990). The 34,515 fish of the present study ranged from about 80 to 240 cm in length, but most of them were between about 120 and 200 cm (Figure 69).

The fish were larger in Areas 2–4 than in the other areas (Figure 69).

In most area-quarter strata there was only one mode, the major exceptions being Areas 1, 2, and 9, where smaller fish are often caught (Figure 70). This might indicate that recruitment to the longline fishery occurred primarily in Areas 1, 2, and 9. In Area 1 a modal progression can be followed

from the first quarter (about 125 cm) to the second quarter of the following year (about 170 cm), from which a growth rate of about 36 cm per year is estimated. This is in agreement with the rate of 35 cm per year for 120- to 160-cm fish estimated by Koto (1963), but a little less than the rate of 40 cm per year for 100- to 170-cm fish estimated by Miyabe and Bayliff (1987). In Area 9 a modal progression can be followed from the second quarter (about 170 cm) to the fourth quarter (about 200 cm), from which a growth rate of about 15 cm per year is estimated. This is substantially less than the rate of 27 cm per year for 160- to 185-cm fish estimated by Koto (1963). No other progressions of modes are evident.

The length frequencies are shown on an annual basis in Figure 71. Bimodality is evident in Area 1 for 1984 and 1986 and possibly in a few other area-time strata.

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

Blue marlin

Data on the length frequencies of blue marlin in the EPO have been published by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). The 7,423 fish of the present study ranged from about 90 to 310 cm in length, but most of them were between about 120 and 240 cm (Figure 72).

The fish tended to be smaller in Areas 1-5 (offshore north of 20°S), intermediate in Area 8 (inshore between 10°N and 10°S), and larger in Area 9 (inshore south of 10°S).

The incidence of smaller fish was about the same in nearly all area-quarter strata, suggesting that recruitment to the longline fishery occurred in most of these strata (Figure 73). Kume and Joseph (1969b) remarked that the fish were larger in Area 8 during the second and third quarters, and suggested that this might be due to migration of smaller fish into Area 8 from Areas 3 and 5 during the fourth quarter and the reverse during the second quarter.

The length frequencies are shown on an annual basis in Figure 74. Little variation among areas or years is evident.

Black marlin

Data on the length frequencies of black marlin in the EPO have been published by Shiohama (1969), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). The 1,255 fish of the present study ranged from about 130 to 400 cm in length, but most of them were between about 150 and 320 cm (Figure 75).

The fish tended to be smaller in Areas 1 and 2 (offshore north of the equator) than in the other areas. Miyabe and Bayliff (1987) noted that they were smaller in Areas 1, 2, and 9 (inshore south of 10°S) during the 1971-1980 period.

Sailfish

Data on the length frequencies of sailfish in the EPO have been published by Kume and Joseph (1969b), Yurov and Gonzalez (1971), Shingu *et al.* (1974), and Miyabe and Bayliff (1987). The 1,481 fish of the present study ranged from about 70 to 250 cm in length, but most of them were between about 100 and 200 cm (Figure 76).

Miyabe and Bayliff (1987) remarked that there was considerable variation in length among areas during the 1971-1980 period, but this was less evident for the 1981-1987 period (Figure 76). The

fish were smallest in Areas 1–3 and 5, intermediate in Areas 4 and 7, and largest in Areas 8 and 9 during the latter period.

Miyabe and Bayliff (1987) noted the presence of two modes in one of the area-quarter strata for the 1971–1980 data, and stated that if the two modes represented fish of successive age groups the growth is about 50 cm per year. This is considerably greater than the rate of 35 cm per year for 140- to 175-cm fish estimated by Koto and Kodama (1962). There are not enough data to estimate the growth from the 1981–1987 data (Figure 77).

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), and Miyabe and Bayliff (1987). The 2,550 fish of the present study ranged from about 80 to 200 cm in length, but most of them were between about 120 and 160 cm (Figure 78).

The fish were smaller in Areas 1, 2, and 4 than in Areas 5 and 9 (Figure 78).

Modal progressions are apparent in neither the quarterly data (Figure 79) nor the annual data (Figure 80).

INTERACTION BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR YELLOWFIN

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

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

The surface and longline fisheries have not been pursued in exactly the same areas. There was no surface fishing in the EPO west of the CYRA prior to 1968 (Calkins and Chatwin, 1967 and 1971). The longline fishery began in the western part of the EPO during the 1950's, but did not progress to the area where there was surface fishing until about 1961 (Suda and Schaefer, 1965a: Figure 1). Large amounts of yellowfin are caught by the surface fisheries in Area 7 (Calkins and Chatwin, 1967 and 1971; Calkins, 1975; Orange and Calkins, 1981; Anonymous, 1982a–1988a: Figure 2), but few are caught there by the longline fishery (Figure 15). During the 1981–1987 period there was relatively little longline effort west of 95°W between 8°N and 18°N (Figure 6), and yet this has been an important fishing area for the surface fishery, especially that outside the CYRA (Anonymous, 1982a–1988a: Figure 2). 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 4. Only data for releases from purse-seine vessels are shown in that table because these fish tended to be larger than fish released from baitboats and because purse seiners tend to fish further offshore. Thus these fish are probably more similar to those caught by the longline fishery than are those released from baitboats. Movements of several hundred miles are common, but the movements are not so extensive that rapid mixing of fish of all parts of the Pacific Ocean is likely. Only six tags from fish caught by surface gear have been returned by longline fishermen, and only one tag from a fish originally caught by longline gear has been returned by a surface fisherman (Table 5).

Data on the catches and CPUEs of yellowfin by the surface and longline fisheries of the EPO are shown in Figure 81. The data for the surface fishery were obtained from Anonymous (1991a: Tables 1 and 30), and those for the longline fishery were obtained from Mr. Patrick K. Tomlinson of the IATTC staff. The top two panels (catches) are equivalent to the top three panels of Figure 66 of Miyabe and Bayliff (1987). The catches by surface gear have far exceeded those by longline gear. The surface catches have shown an upward trend during the 1957–1987 period, but the longline catches have not. The bottom two panels (CPUEs) are equivalent to the bottom three panels of Figure 66 of Miyabe and Bayliff (1987) and to Figure 17 of Anonymous (1987a). The CPUE data for the longline fishery are given as tons per 73,800 hooks because Anonymous (1987a: 21–22) showed that, for yellowfin, one day of effort by a Class-6 purse seiner was equivalent to 73,800 longline hooks during the 1968–1983 period. The trends in the CPUEs for the two fisheries were remarkably close to one another during that period, which is surprising, "considering that the spatial distributions of the effort, methods of fishing, and size compositions of the fish differ so much" (Anonymous, 1987a: 21). The increase in the CPUE during 1983–1987 was considerably greater for surface than for longline gear, however. This could be due to changes in longline fishing strategy which result in lesser catches of yellowfin and greater catches of other species. Miyabe and Bayliff (1987) discussed the shift to deep longlines, which catch more bigeye and less yellowfin, but this shift began in the mid-1970's, not the early 1980's. Punsly and Nakano (1992) compared the longline and purse-seine CPUEs for yellowfin, and found a significant correlation for longlines with 10–12 hooks per basket, but not for longlines with 3–4, 5–9, or 13–15 hooks per basket. It would be expected that the greatest correlation with the purse-seine CPUE would be obtained with the data for 3–4 hooks per basket, as it has been shown that the depth at which this gear fishes corresponds more to the depth at which yellowfin occur than does gear with more than 4 hooks per basket.

Estimates of the biomass of large yellowfin (greater than 83 cm in length), the CPUE of large yellowfin by the surface fishery, and the CPUE of yellowfin by the longline fishery, all in the EPO, are shown in Figure 18 of Anonymous (1987a). All of these showed a downward trend for the 1968–1983 period, but the two CPUEs appear to be better correlated with each other than with the biomass index. An updated version of that figure appears as Figure 82 of this report. The CPUE for the surface fishery is given in Class-6 purse-seine days, and that for the longline fishery is given in catch per 30,550 hooks, as it was estimated by Mr. Tomlinson from data for the 1959–1987 period that the two indices of effort are equivalent to one another for large fish. After 1982 the trend in the CPUE for the surface fishery corresponded much more closely to the trend for the biomass than did the trend for the longline fishery. These results are in agreement with those for the CPUEs of fish of all sizes, discussed in the previous paragraph. Richard G. Punsly (personal communication) calculated CPUEs for individual 5-degree areas for the purse-seine and longline fisheries, and found that the increases in the purse-seine CPUEs during the 1980's were not, in most cases, matched by increases in the longline CPUEs.

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

Data on the length compositions of fish caught by surface and longline gear are shown by Suda and Schaefer (1965b: Table 6), Kume and Joseph (1969b: Table 8), Shingu *et al.* (1974: Table 4), Suzuki *et al.* (1978: Figure 22), Miyabe and Bayliff (1987: Figure 67), and Figure 83 of the present report. The data are not strictly comparable, as different areas were considered and the length intervals, methods of measurement, and methods of weighting were not the same. Nevertheless, it is apparent that a much greater portion of the catch of the surface fishery consists of small and medium fish. Furthermore, it can be seen that during the 1981–1987 period the surface catches exceeded the longline catches for every length class of fish.

In Figure 84 are shown the length-frequency distributions for all the samples from month-area (5 degrees of latitude by 10 degrees of longitude) strata for which samples of at least 30 fish for both surface and longline gear were taken during 1981–1987. The locations of the areas are designated by an initial digit specifying the hemisphere (0 = northern; 2 = southern) followed by the latitudes and longitudes of their southern and eastern boundaries, respectively, e.g. 0-05-130 designates the area bounded by 5°N and 10°N and 130°W and 140°W, and 2-05-080 represents the area bounded by 5°S and the equator and 80°W and 90°W. Although there were some exceptions, the longline-caught fish tended to be larger than the surface-caught fish.

In view of the above, the surface fishery would be expected have a greater direct effect on the longline fishery than the reverse, so the effect of the surface fishery on the longline fishery will be considered initially. It should be borne in mind that the longline catches and hook rates are not necessarily reliable indicators of the abundance of the fish, as the longline fishery is a multispecies fishery, and the fishermen may decide to fish in areas where yellowfin are less abundant because they wish to catch other species or they may use gear which is less effective for yellowfin, even in good yellowfin fishing areas, for the same reason. The catches of yellowfin in the EPO by surface gear remained more or less constant at about 100 thousand tons per year from 1955 through 1967 (Figure 81). After that they began to increase, and the average for 1970–1981 was about double that for 1955–1967. After three years, 1982–1984, of decreased catches, record or near-record catches were made during 1985–1987. The CPUEs declined from 1968 to 1980, and then increased from 1983 to 1987. The catches in the EPO by longline vessels were greater during 1961–1969 than during 1970–1987. The CPUEs for longline gear followed the same trend as those for surface gear for 1967–1983, but increased less during 1984–1987 than did the CPUEs for surface gear. The decrease in hook rates for longlines after 1974 can be attributed at least partly to the adoption of deep longline gear by a large portion of the fleet, as discussed in the section entitled *Indices of apparent abundance obtained from conventional and deep longline gear*.

Turning now to the effect of the longline fishery on the surface fishery, it is evident from Figure 81 that the catch of yellowfin in the EPO by the surface fishery is far greater than that by longlines. Surface-caught yellowfin are smaller, on the average, than longline-caught yellowfin (Figure 83 and Table 3), although there is considerable overlap in sizes, so the introduction of longline gear into the EPO has slightly reduced the amount of fish available to the surface fishery.

Both fisheries have reduced the numbers of spawners, which in turn could affect the recruitment. Data on the recruitment of yellowfin in the EPO during 1967–1989 are given by Anonymous (1991a: Table 27); the recruitment was above average in every year of the 1984–1989 period, which makes it appear that the increased total catches of those years have not reduced the recruitment.

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

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Dr. Seiji Osumi, Director of the NRIFSF at the time of the study, Dr. Keisuke Okada, Division Chief, and Dr. Yoh Watanabe, Section Chief, for allowing the senior author to join the staff of the IATTC as a visiting scientist and for permitting the authors to work on data collected by the NRIFSF. Considerable assistance with the statistical data was received from Messrs. Toshio Shiohama and Naozumi Miyabe of the NRIFSF. Gratitude is also expressed to Dr. James Joseph, Director of the IATTC, for financial assistance and for his enthusiastic support of the project. Dr. Richard B. Deriso, Chief Scientist, Tuna-Billfish Program, supervised the execution of the work, and Messrs. Michael G. Hinton, Milton F. López, Ashley J. Mullen, Richard G. Punsly, Patrick K. Tomlinson, and Nicholas J. Webb and Mes. Susan Boyer, Berta N. Juárez, and Gayle Ver Steeg provided data on the surface fishery, assisted with the processing of the data, and helped in numerous other ways. The manuscript was reviewed by Drs. Okada, Watanabe, Deriso, Ziro Suzuki, and Sachiko Tsuji, and Messrs. Miyabe and Punsly, all of whom made useful suggestions for its improvement.

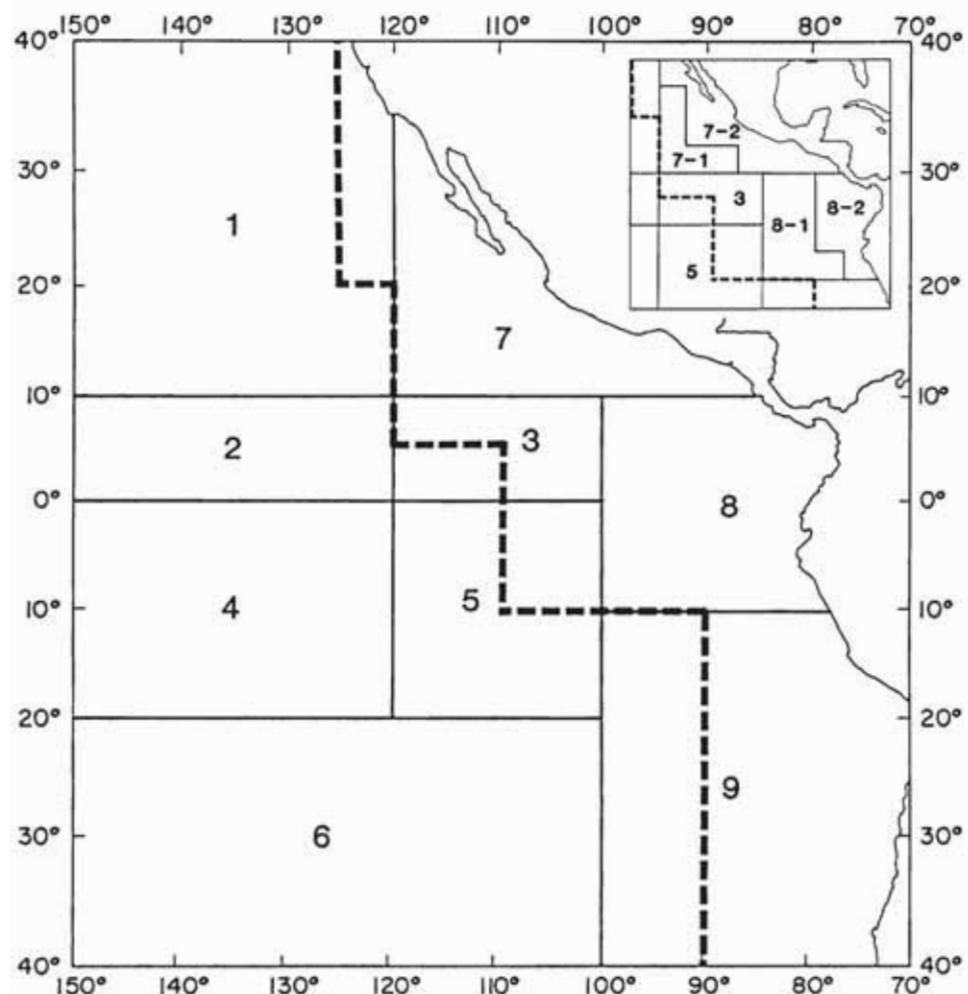


FIGURE 1. Areas of the eastern Pacific Ocean (EPO) designated for this study. The area to the east and north of the dashed line is the CYRA, discussed in the section entitled **INTERACTION BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR YELLOWFIN**.

FIGURA 1. Áreas del Océano Pacífico oriental (OPO) designadas para este estudio. El área al este y norte de la línea de trazos es el ARCAA, comentado en la sección titulada **INTERACCION ENTRE LAS PESQUERIAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ALETA AMARILLA**.

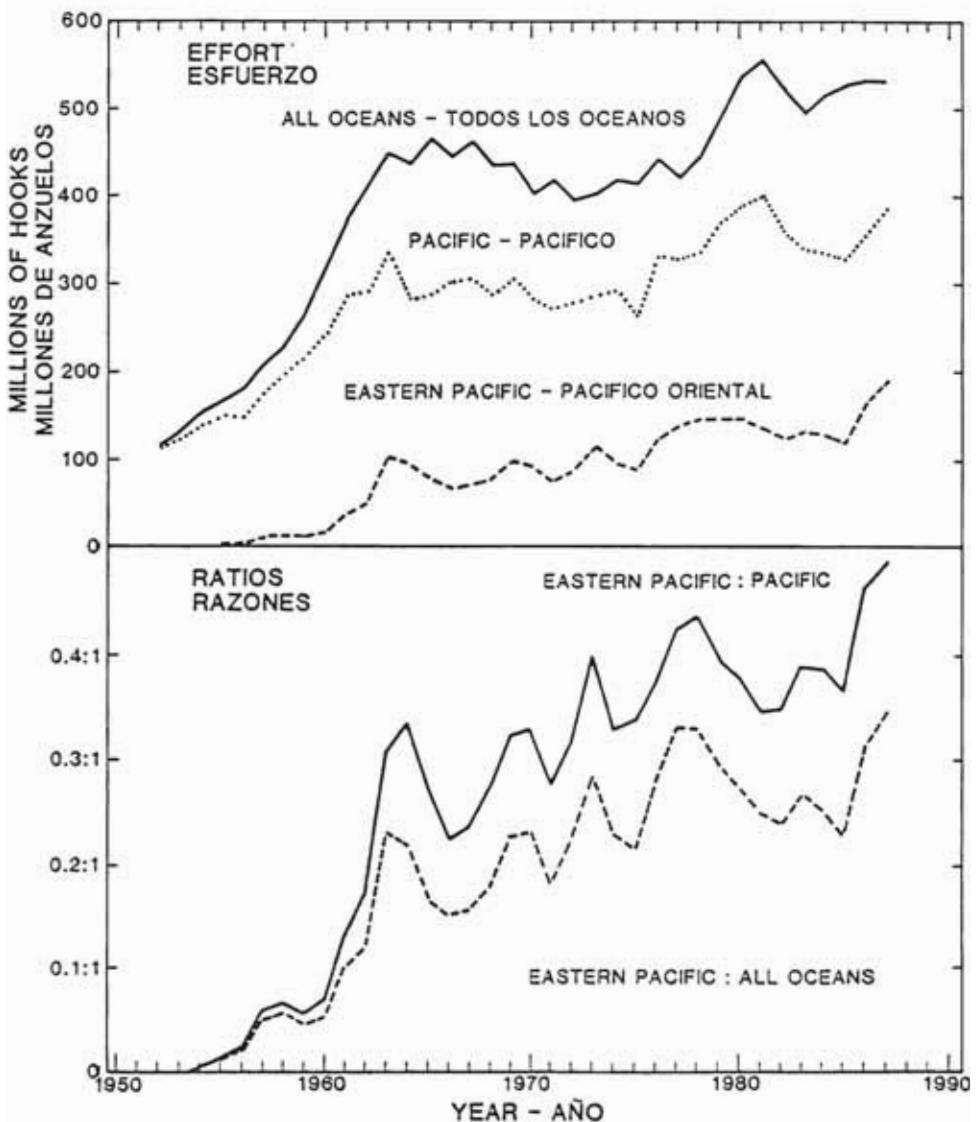


FIGURE 2. Effort by Japanese longliners in the EPO, the entire Pacific Ocean, and all oceans (upper panel), and ratios of the EPO effort to that of the entire Pacific Ocean and that of all oceans (lower panel).

FIGURA 2. Esfuerzo por palangreros japoneses en el OPO, el Océano Pacífico entero, y todos los océanos (recuadro superior), y proporciones del esfuerzo en el OPO a aquél del Océano Pacífico entero y aquél de todos los océanos (recuadro inferior).

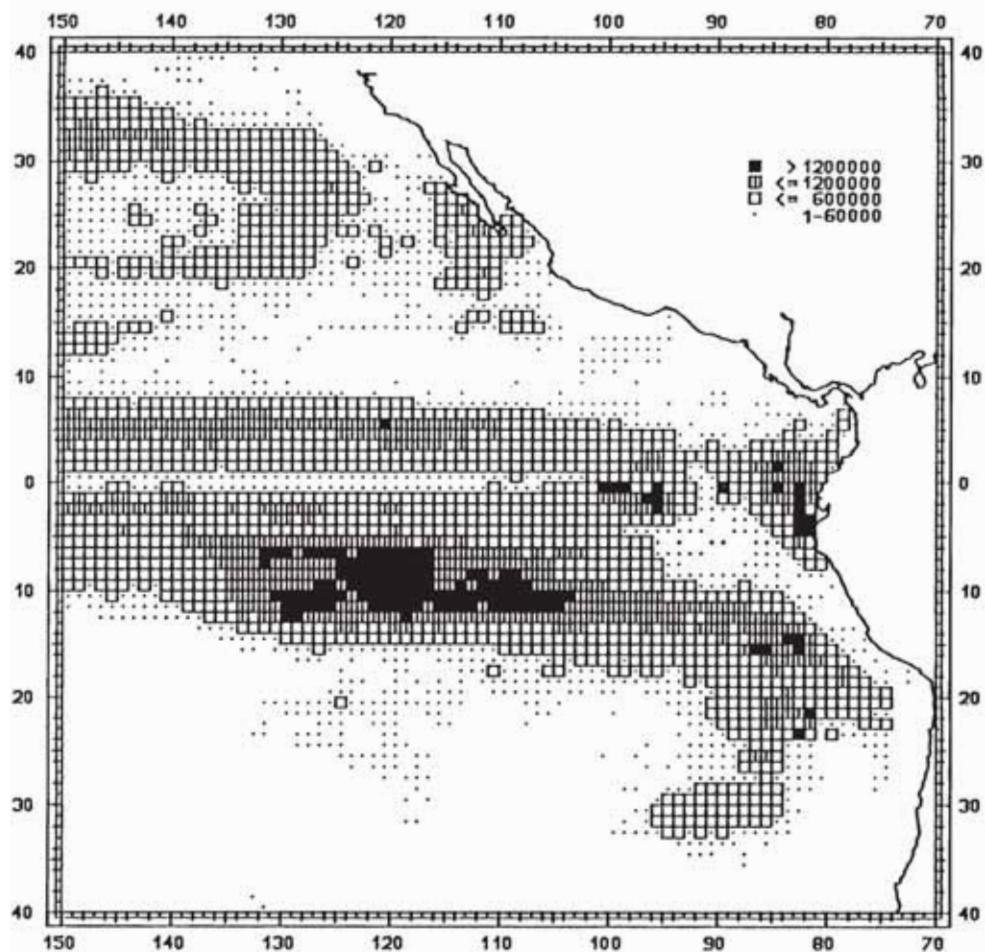


FIGURE 3. Distribution of effort, in numbers of hooks, by Japanese longliners in the EPO during 1981–1987, by 1-degree areas.

FIGURA 3. Distribución del esfuerzo, en número de anzuelos, por palangreros japoneses en el OPO durante 1981–1987, por áreas de 1°.

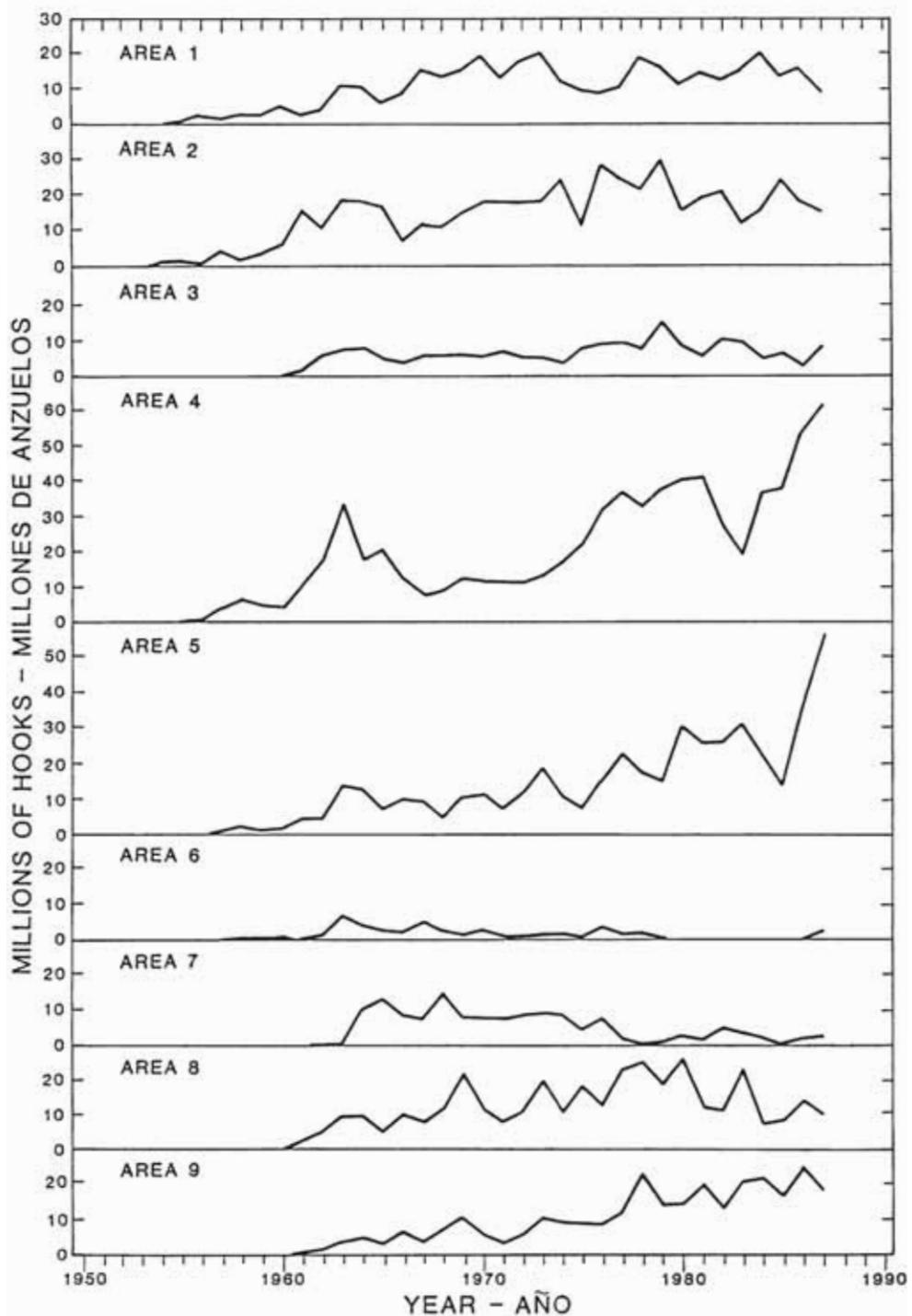


FIGURE 4. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO.

FIGURA 4. Esfuerzo por palangreros japoneses en las áreas designadas del OPO.

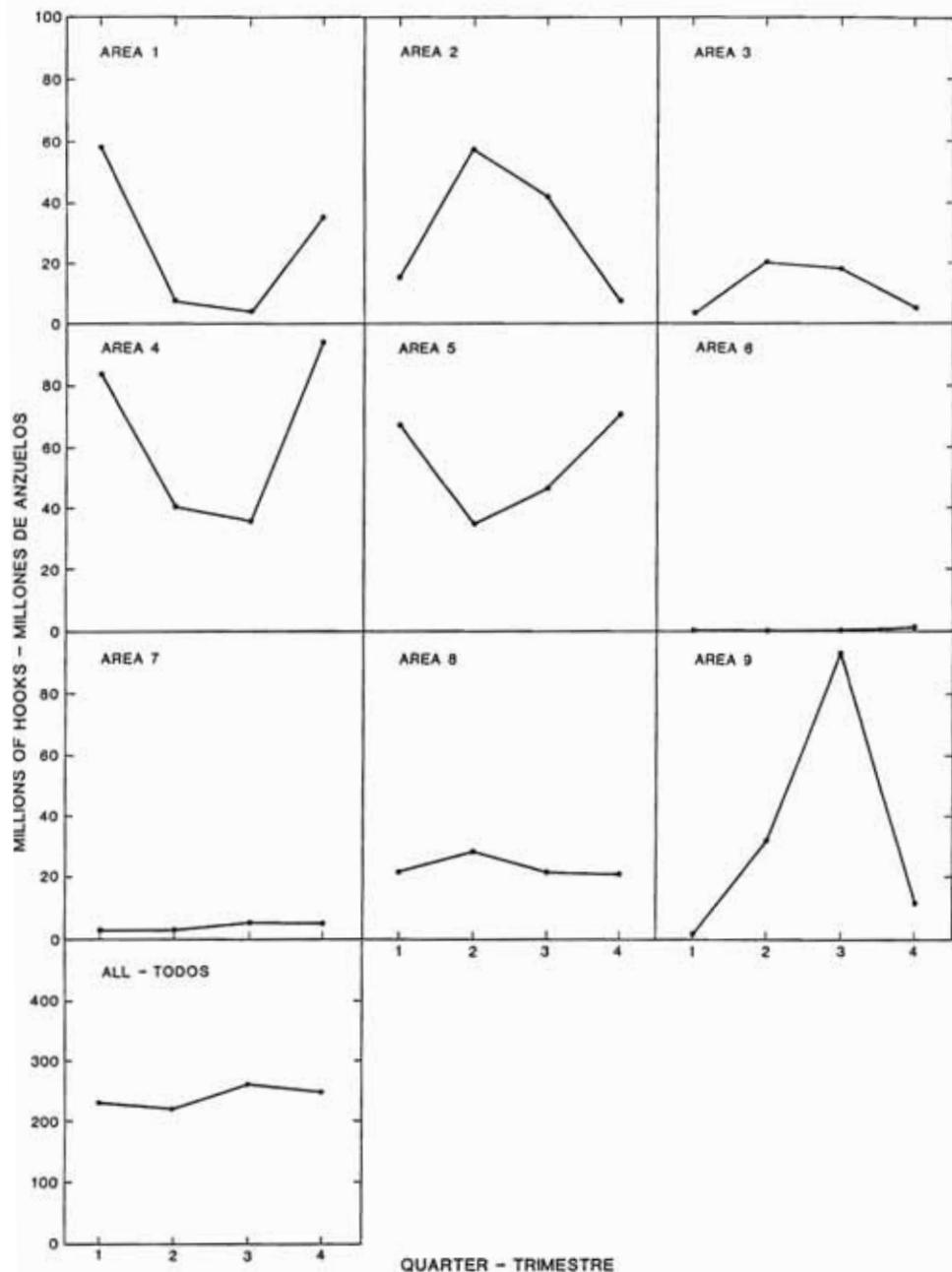


FIGURE 5. Effort by Japanese longliners in the designated areas of the EPO by quarters, 1981–1987.

FIGURA 5. Esfuerzo por palangreros japoneses en las áreas designadas del OPO por trimestre, 1981–1987.

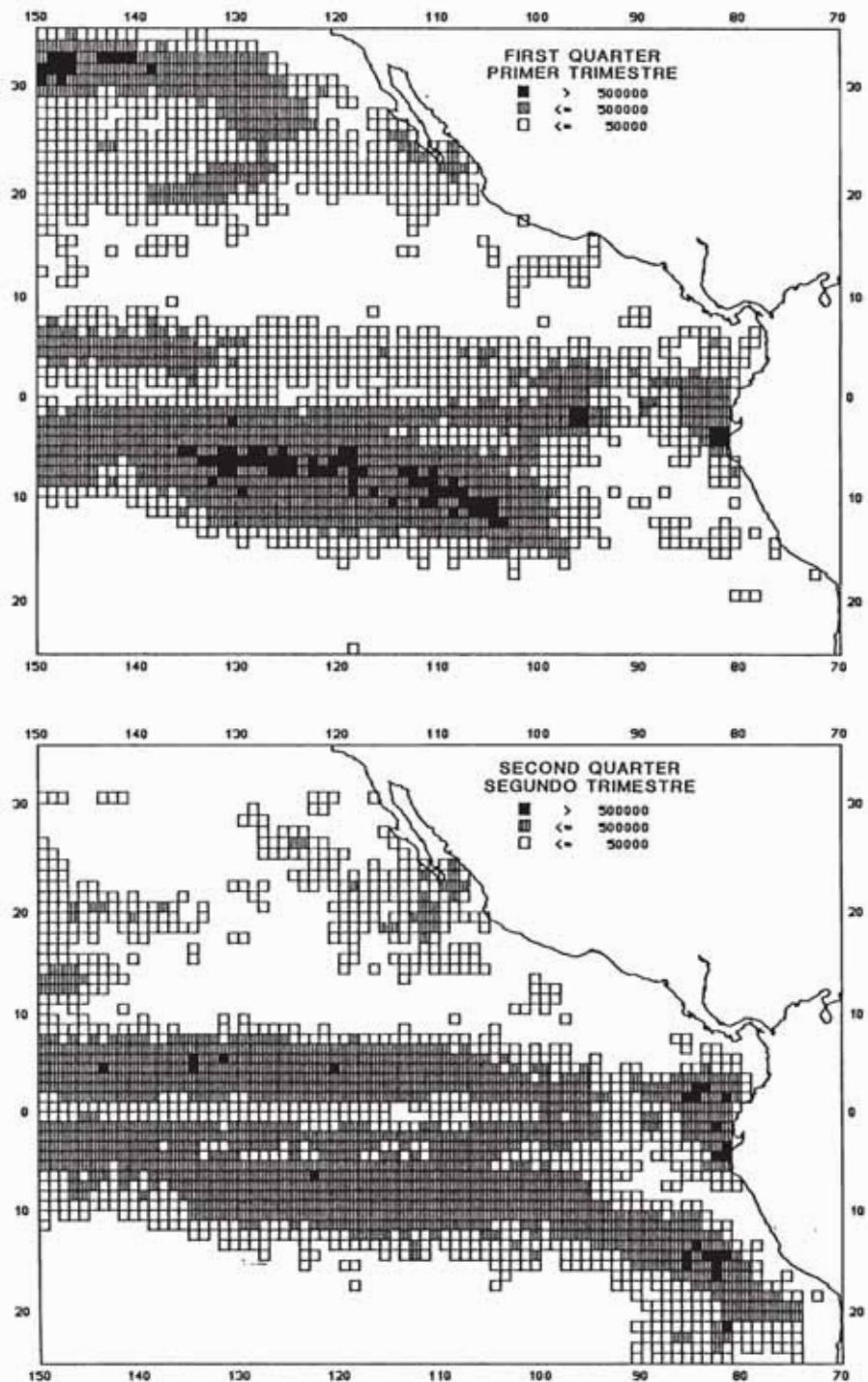


FIGURE 6. Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longliners in the EPO during 1981-1987, by 1-degree areas.

FIGURA 6. Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, por palangreros japoneses en el OPO durante 1981-1987, por áreas de 1°.

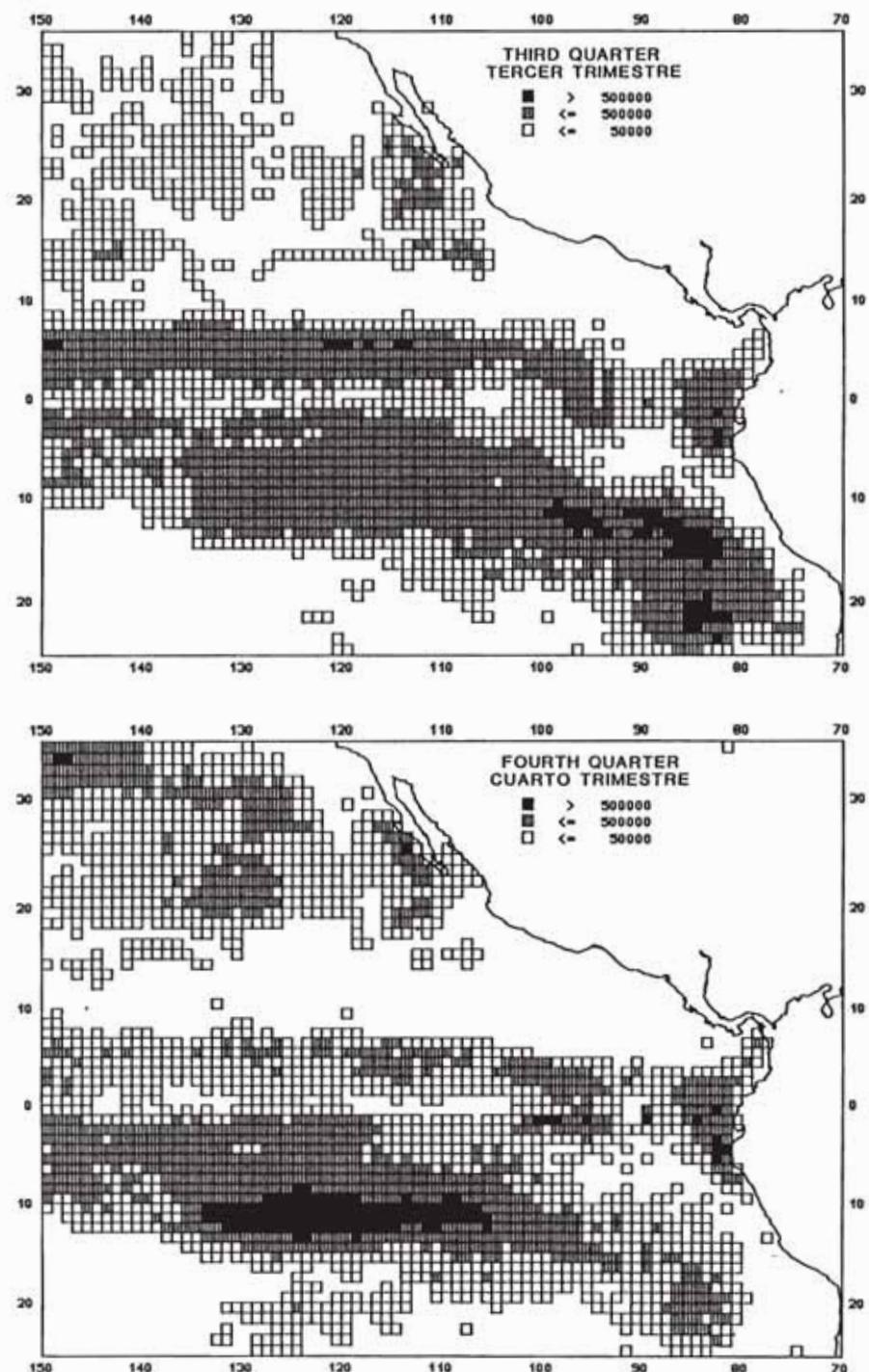


FIGURE 6. (continued)
FIGURA 6. (continuación)

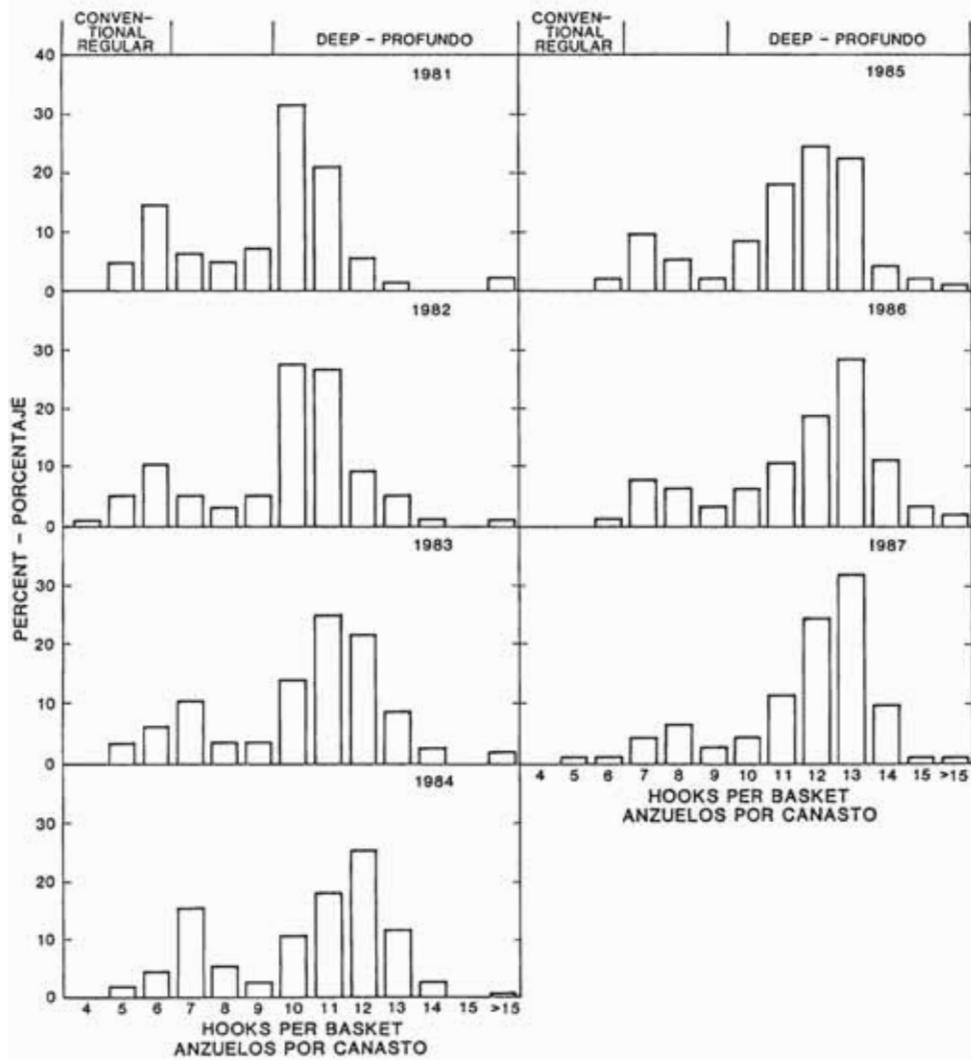


FIGURE 7. Percentages of Japanese longline effort in the EPO, by numbers of hooks per basket, 1981-1987.
 FIGURA 7. Porcentajes del esfuerzo palangrero japonés en el OPO, en número de anzuelos por canasta, 1981-1987.

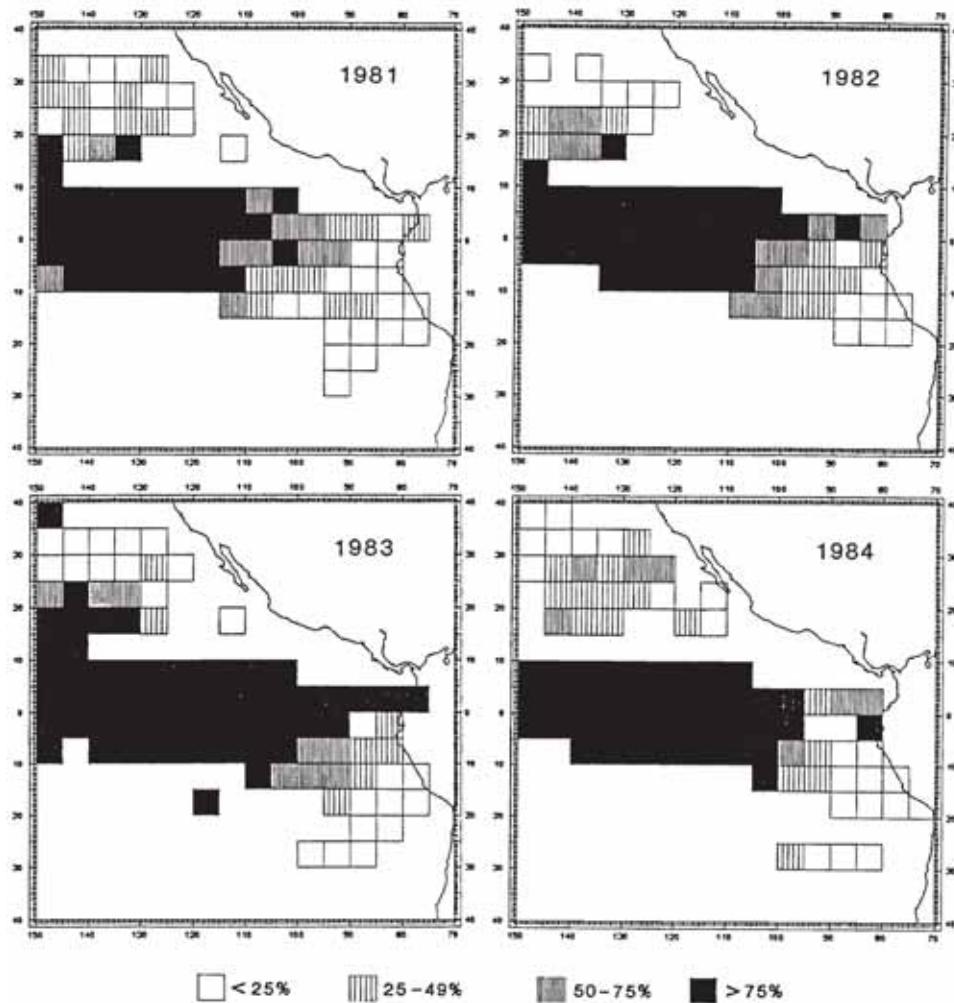


FIGURE 8. Distribution of percentages of effort by Japanese longliners which was deep longline effort, 1981–1987. Only area-time strata with effort at least 50,000 hooks are included.

FIGURA 8. Distribución de los porcentajes del esfuerzo con palangre profundo de los palangreros japoneses, 1981–1987. Se incluyen solamente estratos de área–tiempo con esfuerzo de al menos 50,000 anzuelos.

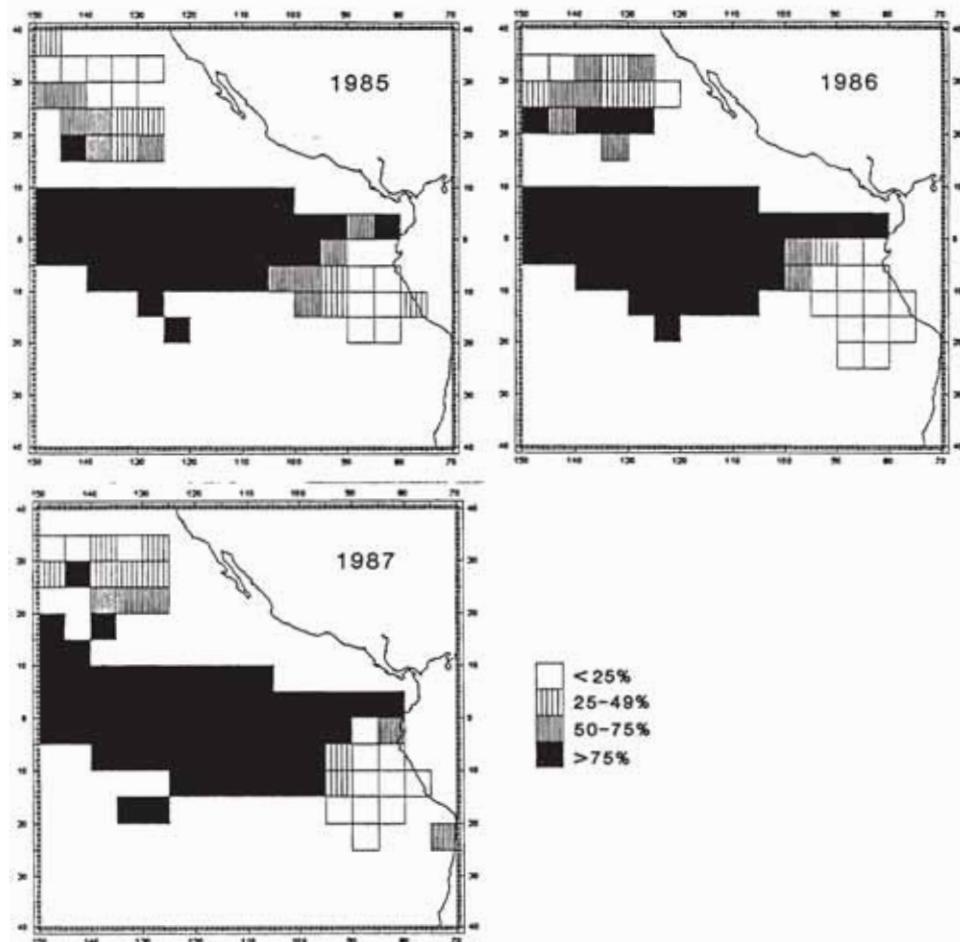


FIGURE 8. (continued)

FIGURA 8. (continuación)

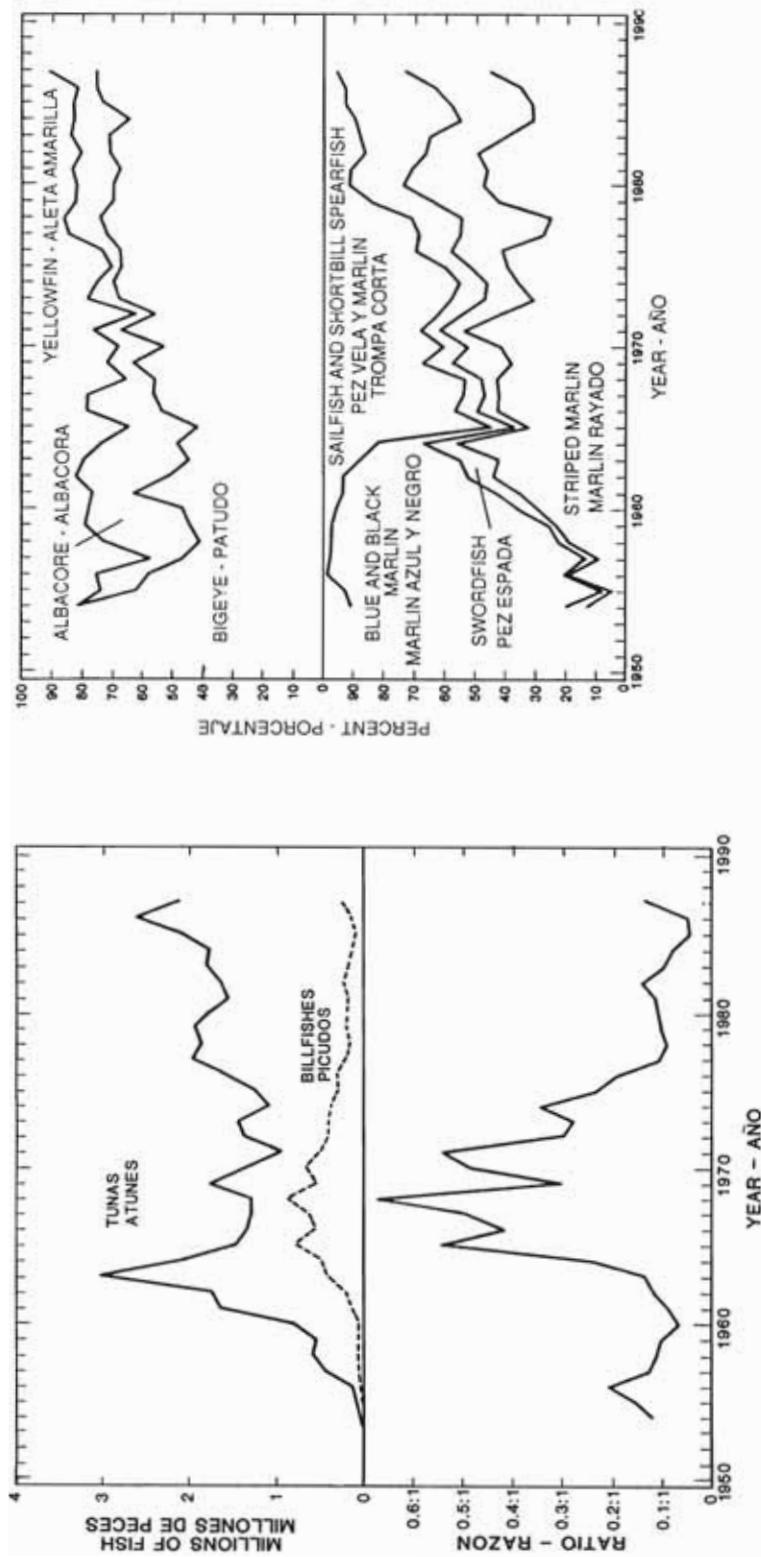


FIGURE 9. Catches of tunas and billfishes in the EPO by Japanese longliners (upper panel) and ratios of the billfish catches to the tuna catches (lower panel).

FIGURA 9. Capturas de atunes y picudos en el OPO por palangreros japoneses (recuadro superior) y cocientes de las capturas de picudos a las de atunes (recuadro inferior).

FIGURE 10. Percentage compositions, in numbers of fish, of the Japanese longline catches by species for tunas (upper panel) and billfishes (lower panel).

FIGURA 10. Composiciones porcentuales, en números de peces, de las capturas por palangreros japoneses, por especie de atún (recuadro superior) y picudo (recuadro inferior).

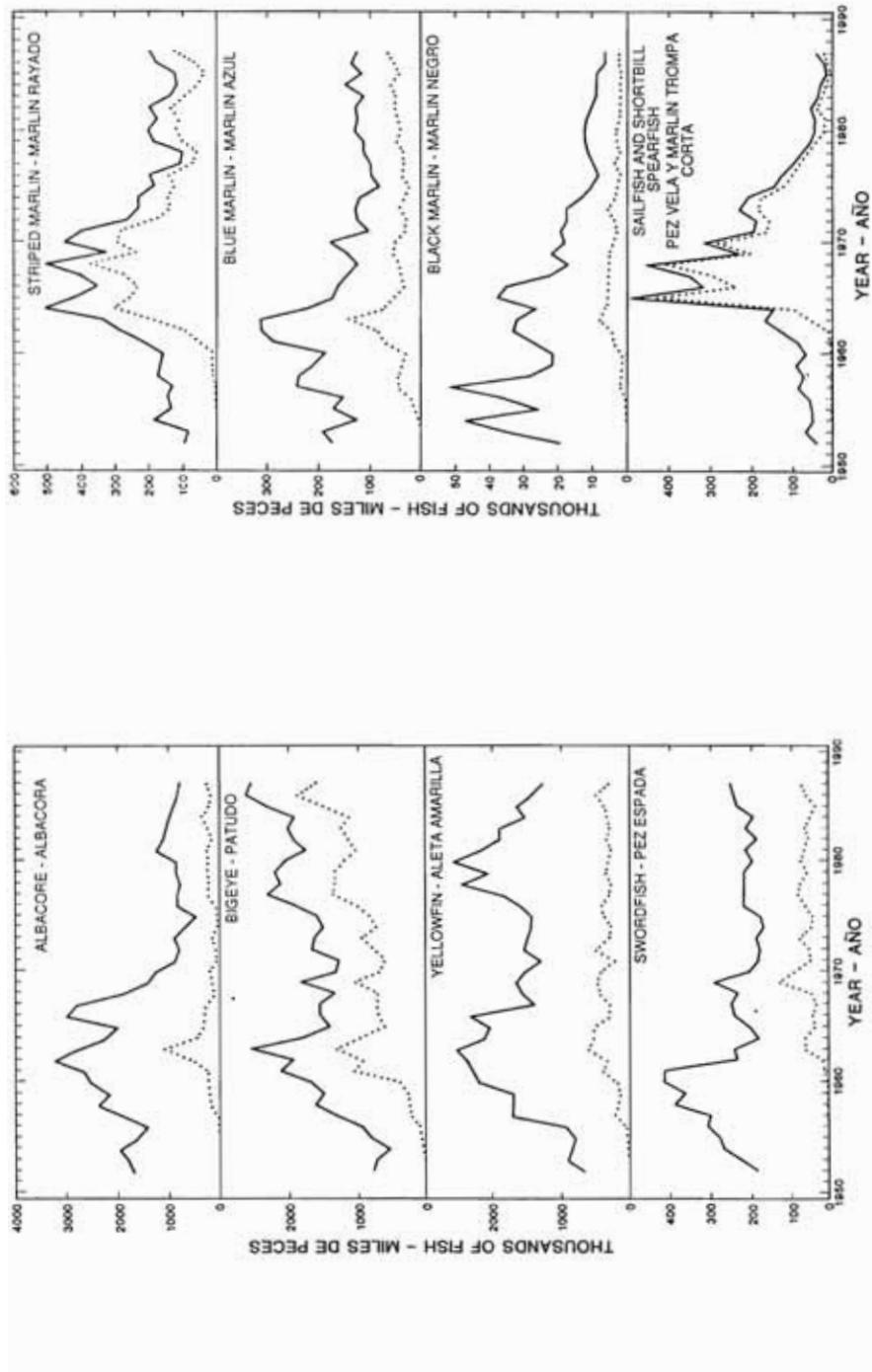


FIGURE 11. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the EPO (dashed lines) and the total Pacific Ocean (solid lines).

FIGURA 11. 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).

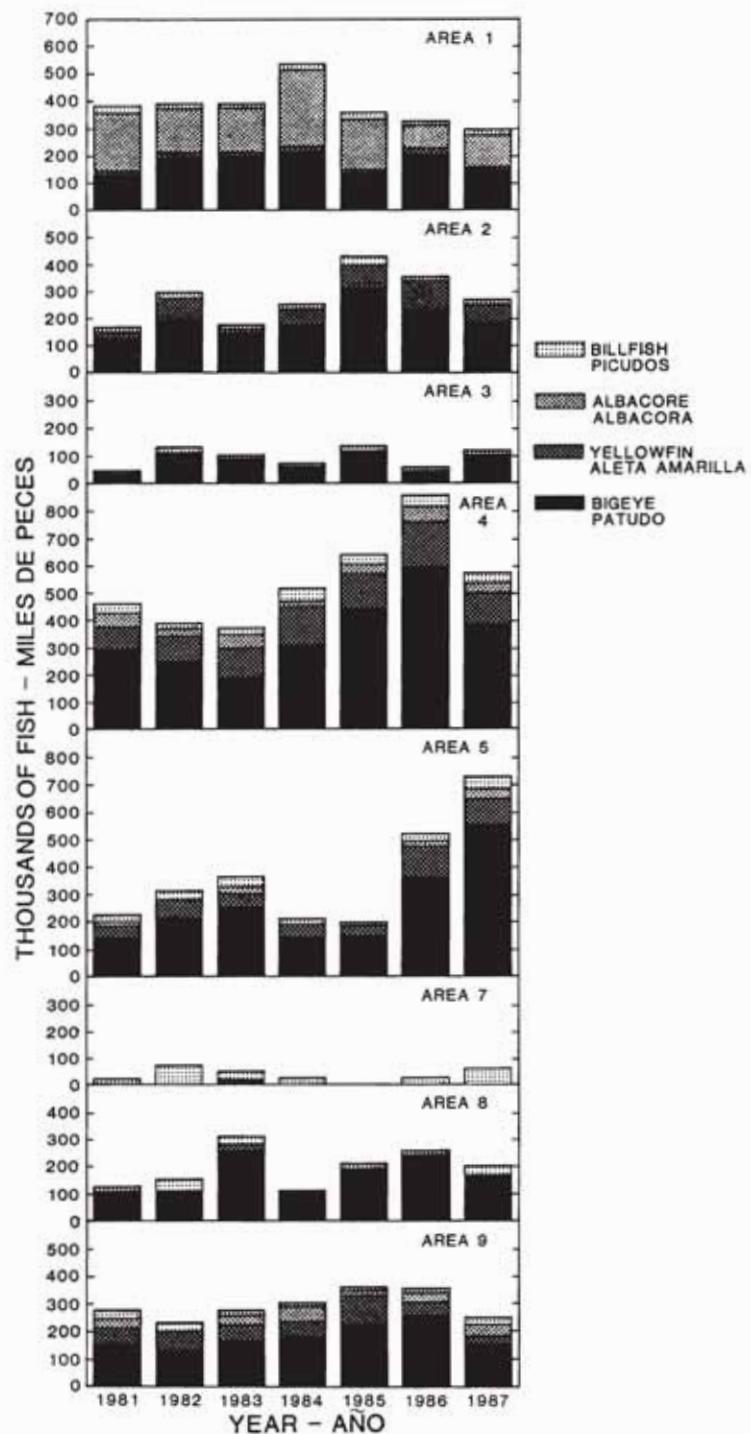


FIGURE 12. Catches by Japanese longliners of the various species of tunas and billfishes in the designated areas of the EPO.

FIGURA 12. Capturas por palangreros japoneses de las distintas especies de atunes y picudos en las áreas designadas del OPO.

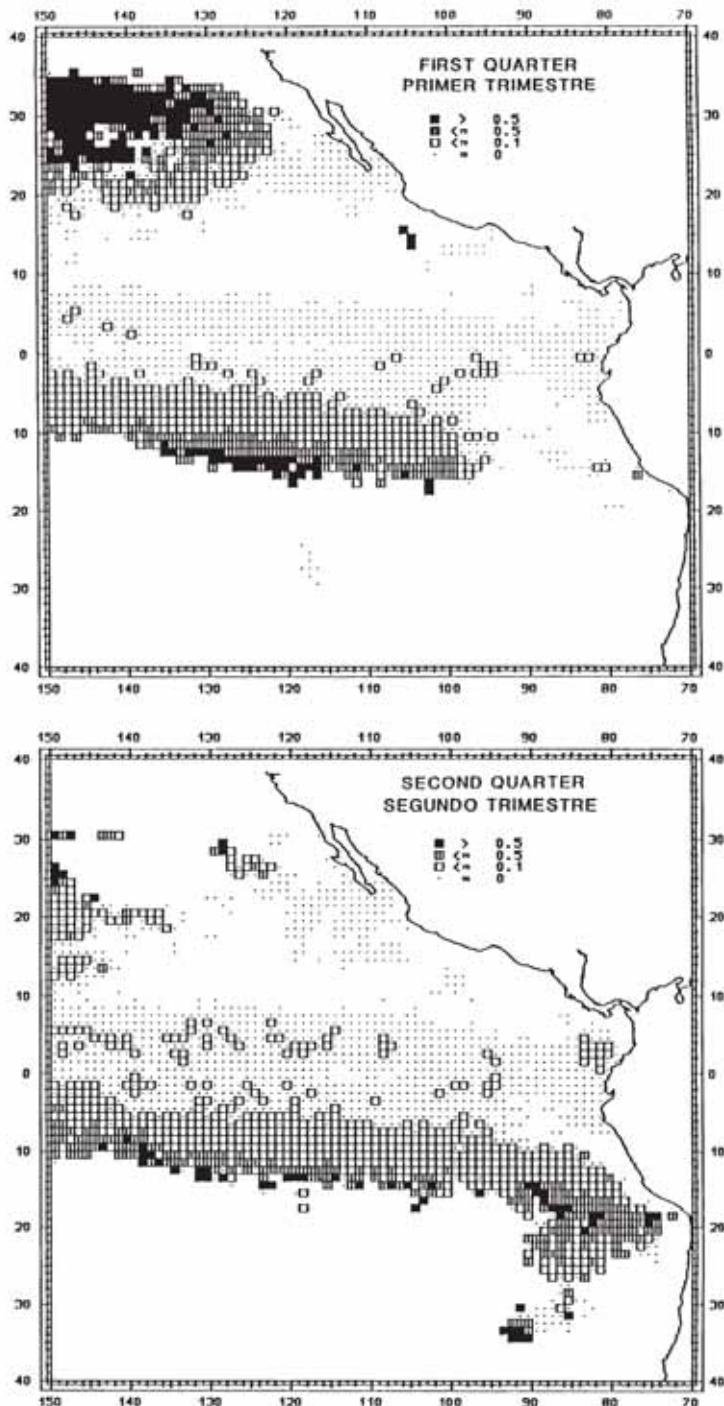


FIGURE 13. Quarterly distributions of hook rates of albacore in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 13. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de albacora en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1° .

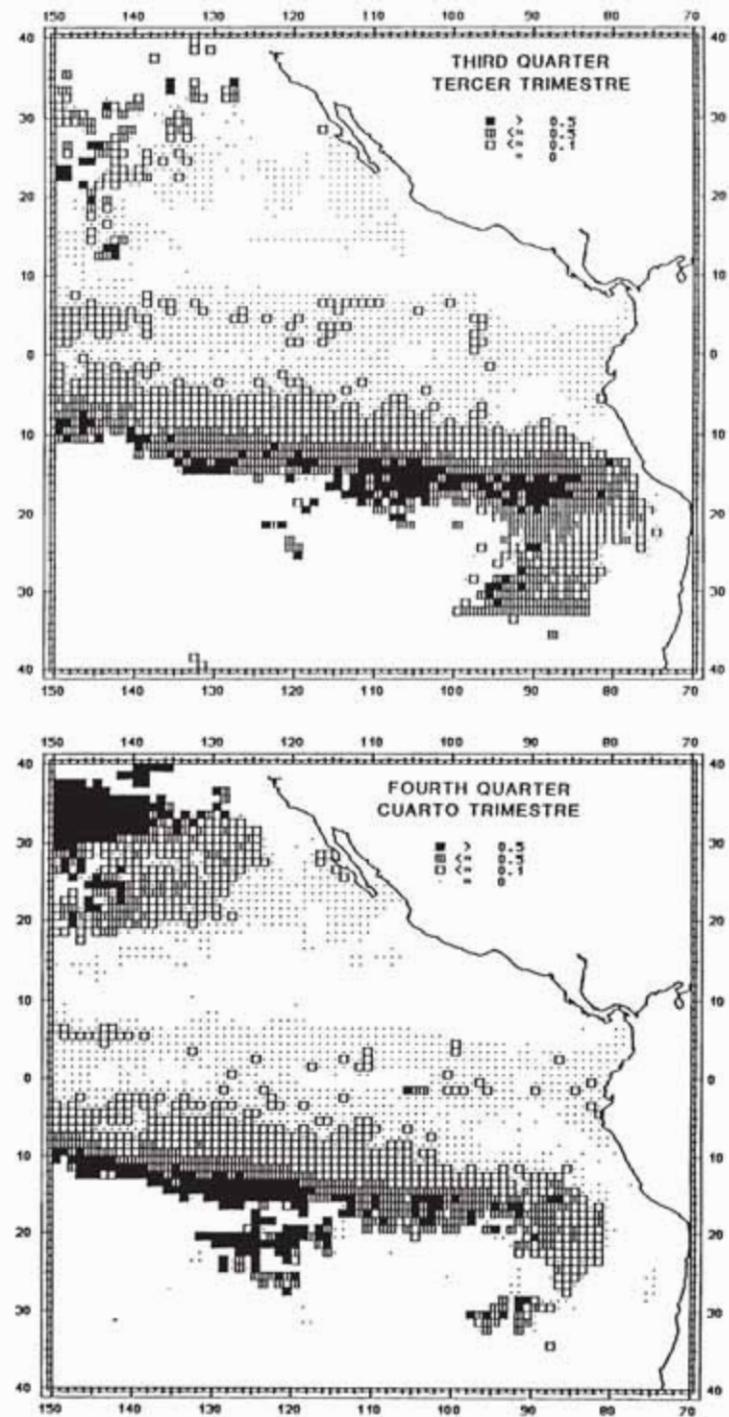


FIGURE 13. (continued)

FIGURA 13. (continuación)

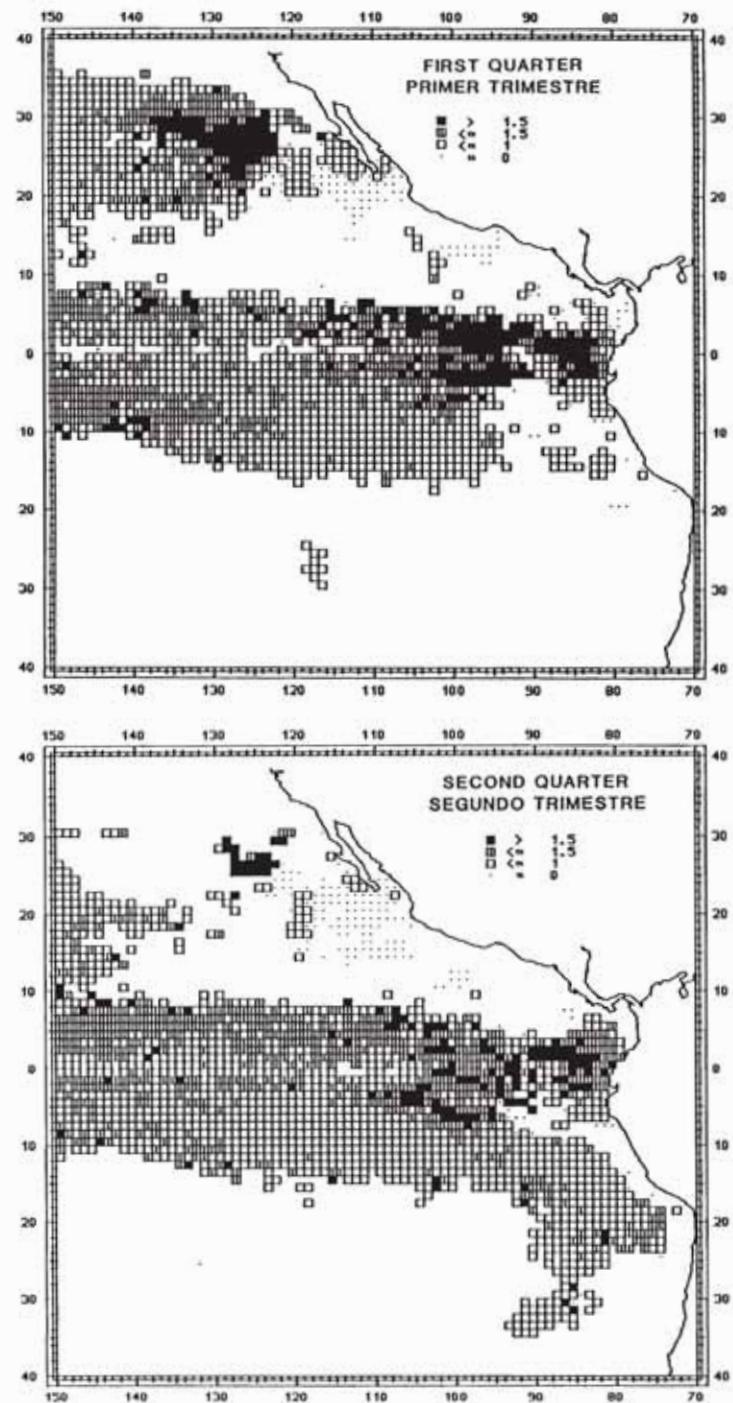


FIGURE 14. Quarterly distributions of hook rates of bigeye in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.
FIGURA 14. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de patudo en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

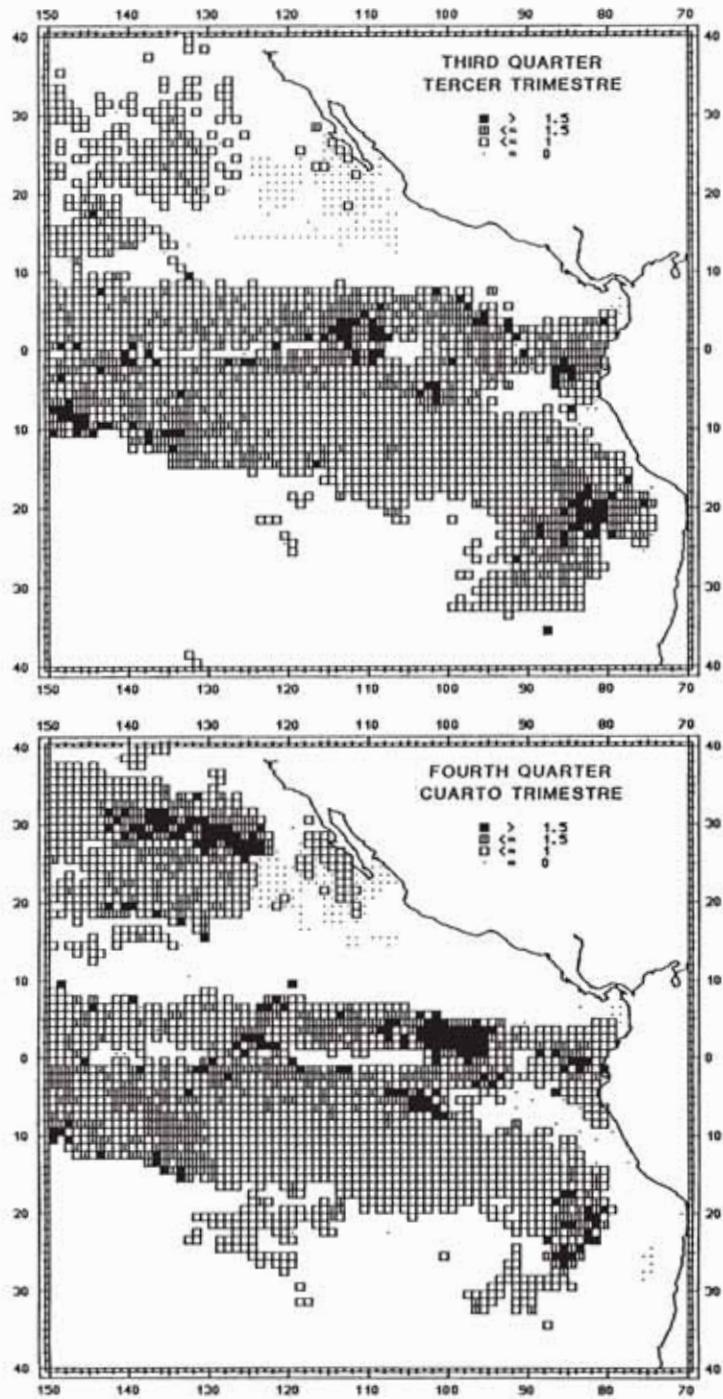


FIGURE 14. (continued)

FIGURA 14. (continuación)

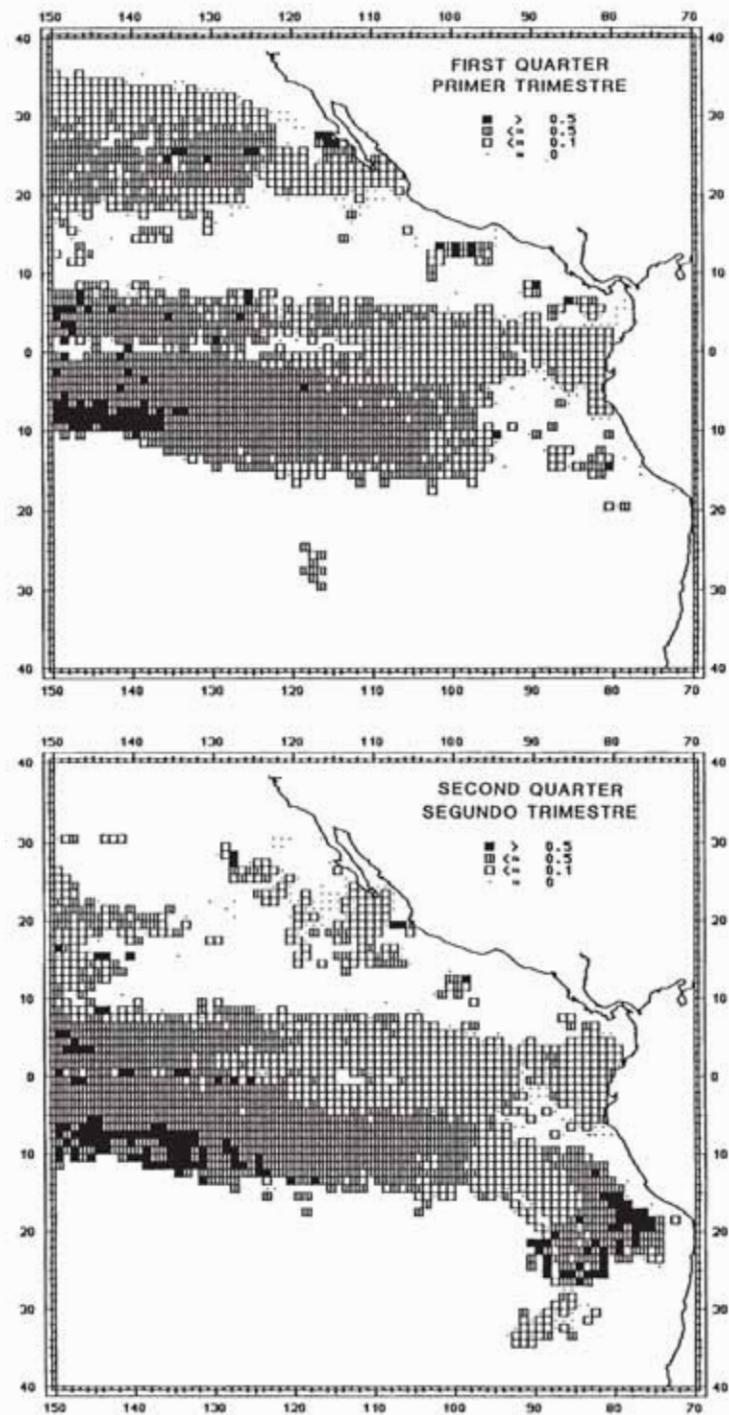


FIGURE 15. Quarterly distributions of hook rates of yellowfin in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 15. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de aleta amarilla en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

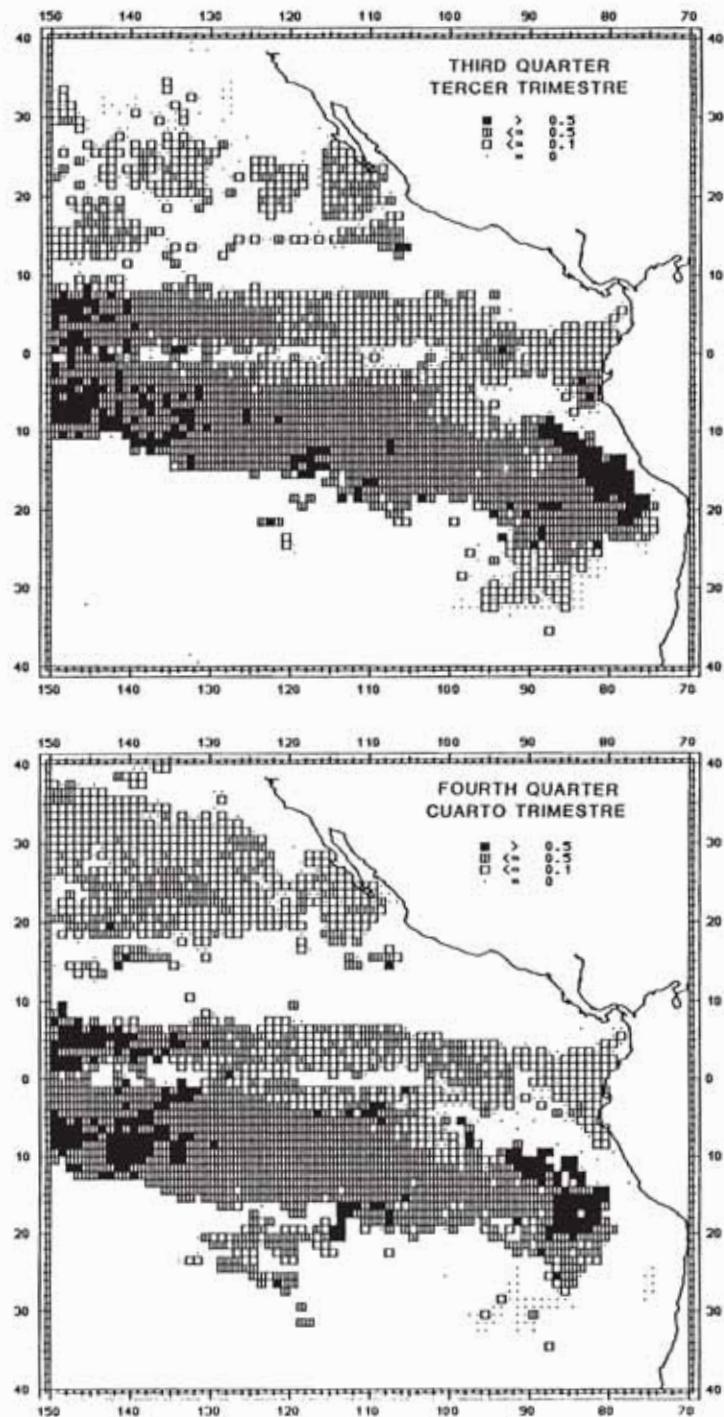


FIGURE 15. (continued)

FIGURA 15. (continuación)

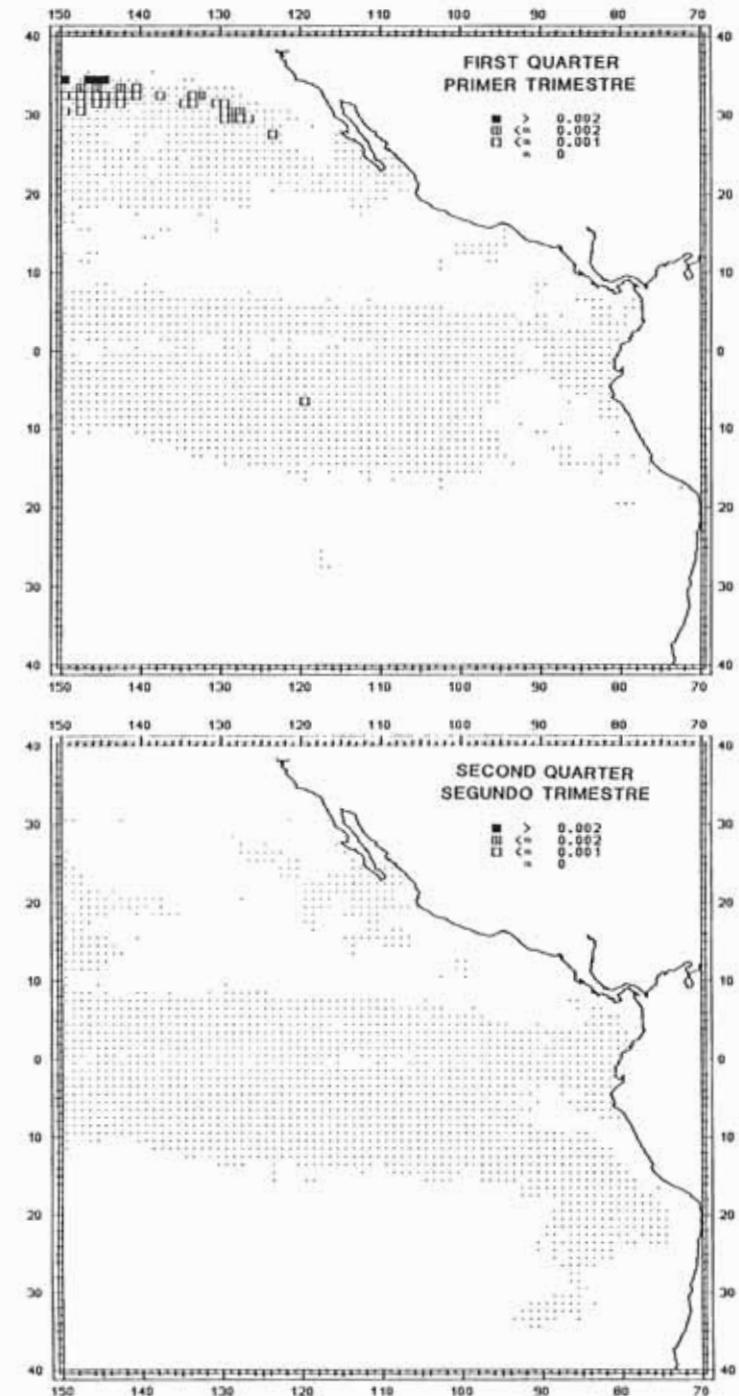


FIGURE 16. Quarterly distributions of hook rates of northern bluefin in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 16. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de aleta azul del norte en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

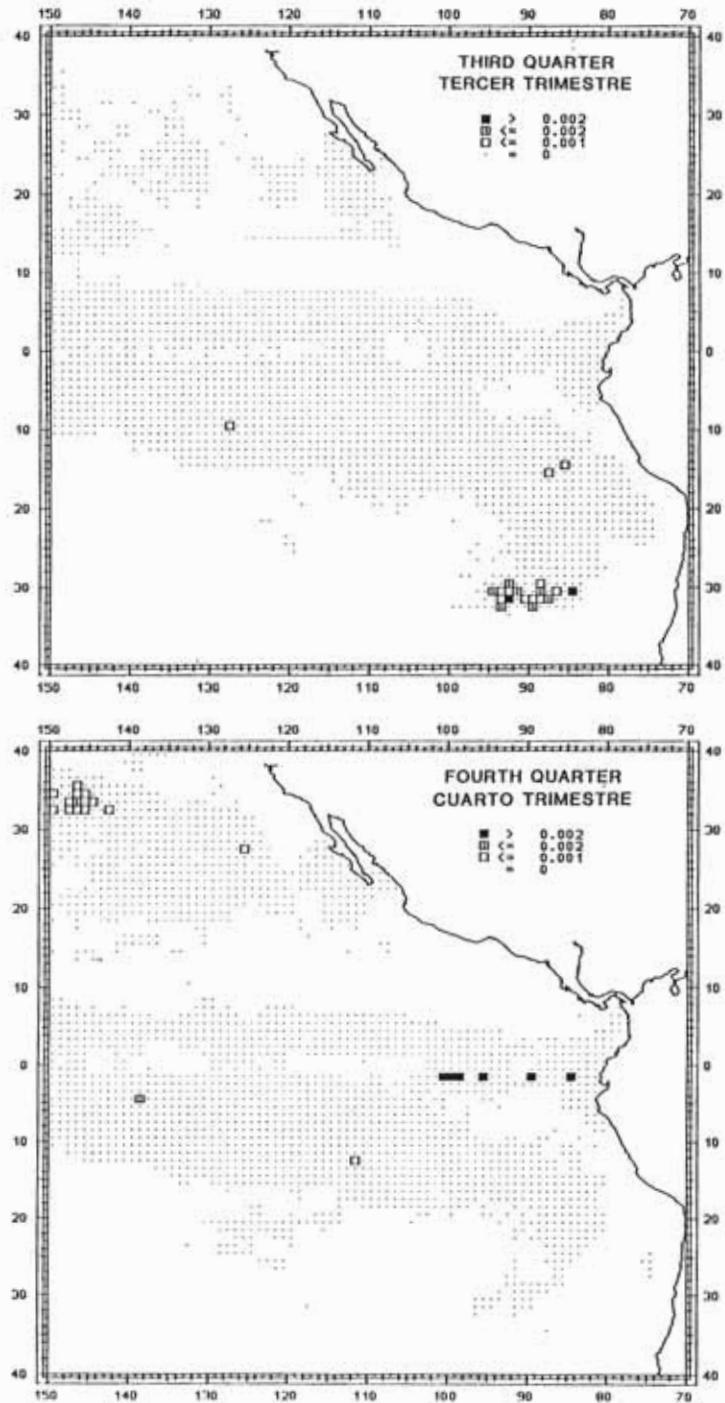


FIGURE 16. (continued)

FIGURA 16. (continuación)

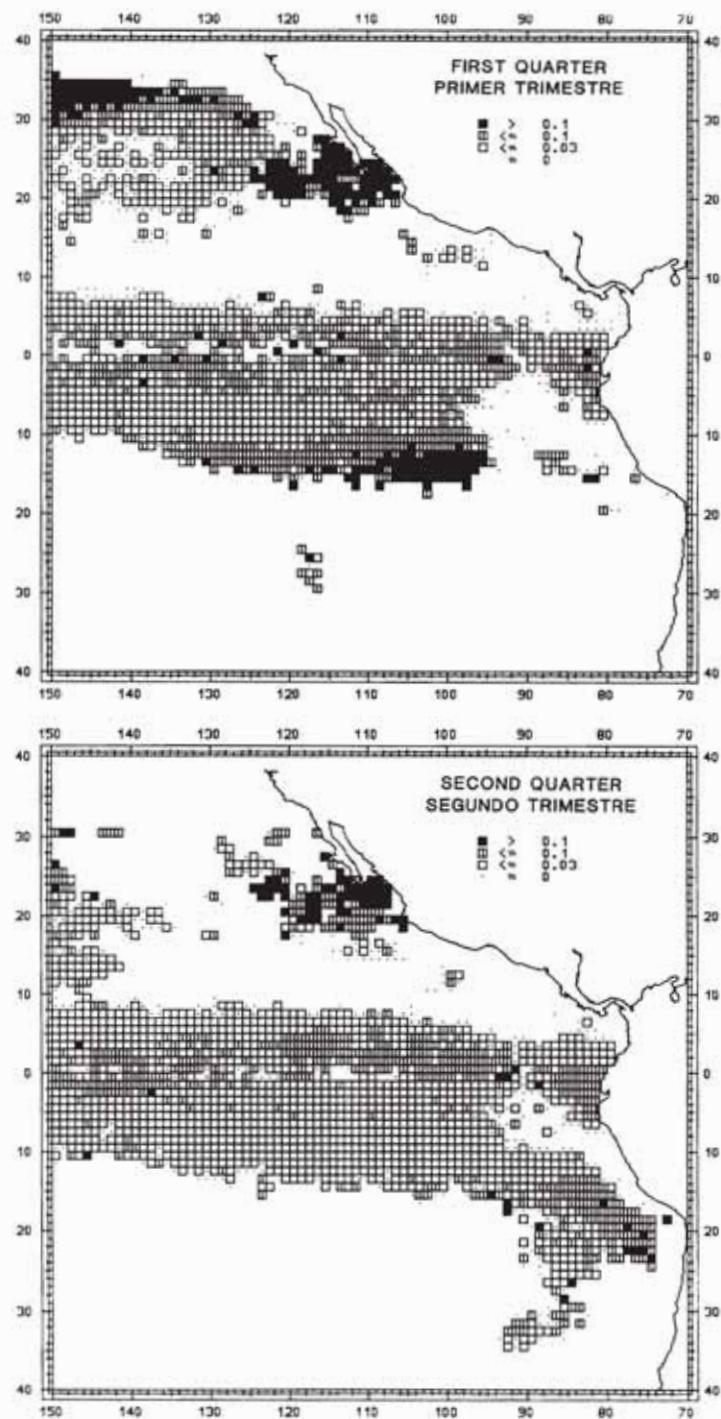


FIGURE 17. Quarterly distributions of hook rates of swordfish in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 17. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de pez espada en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

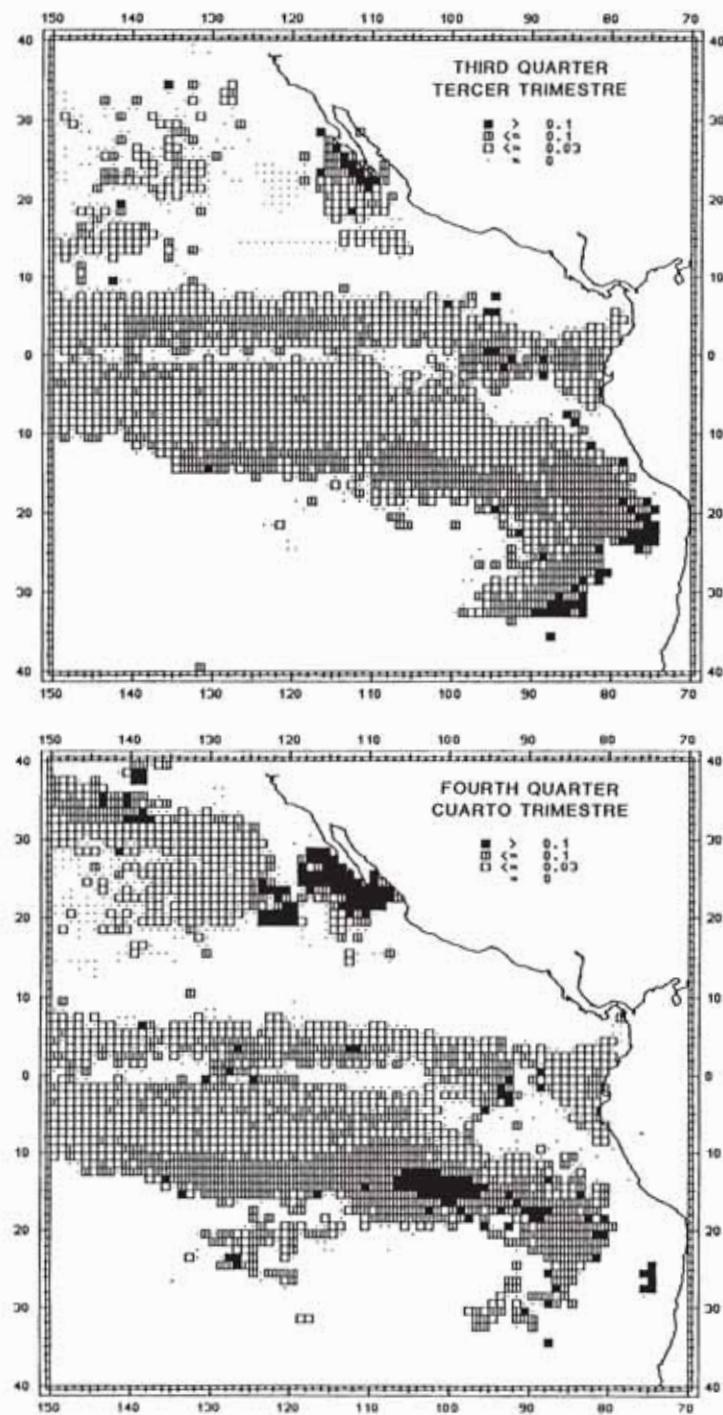


FIGURE 17. (continued)

FIGURA 17. (continuación)

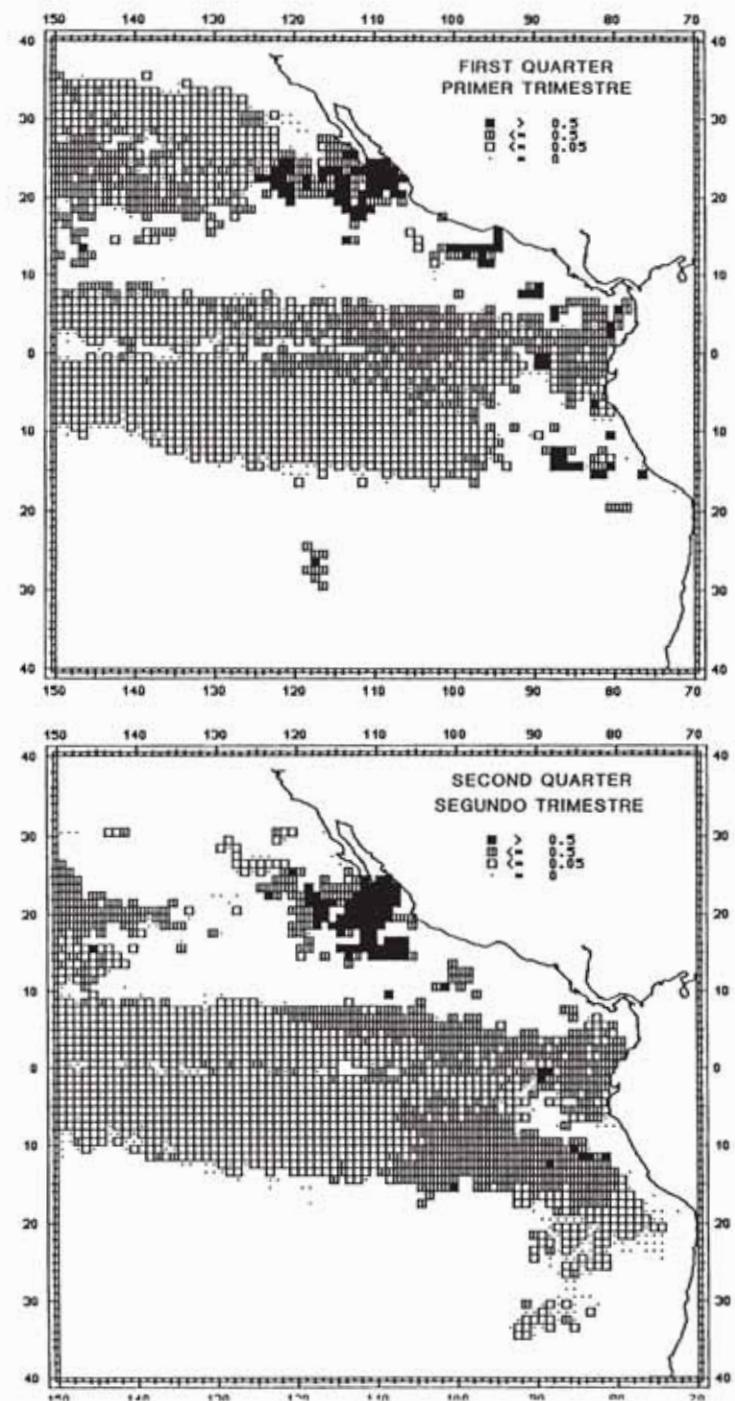


FIGURE 18. Quarterly distributions of hook rates of striped marlin in the EPO during 1981-1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 18. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín rayado en el OPO durante 1981-1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

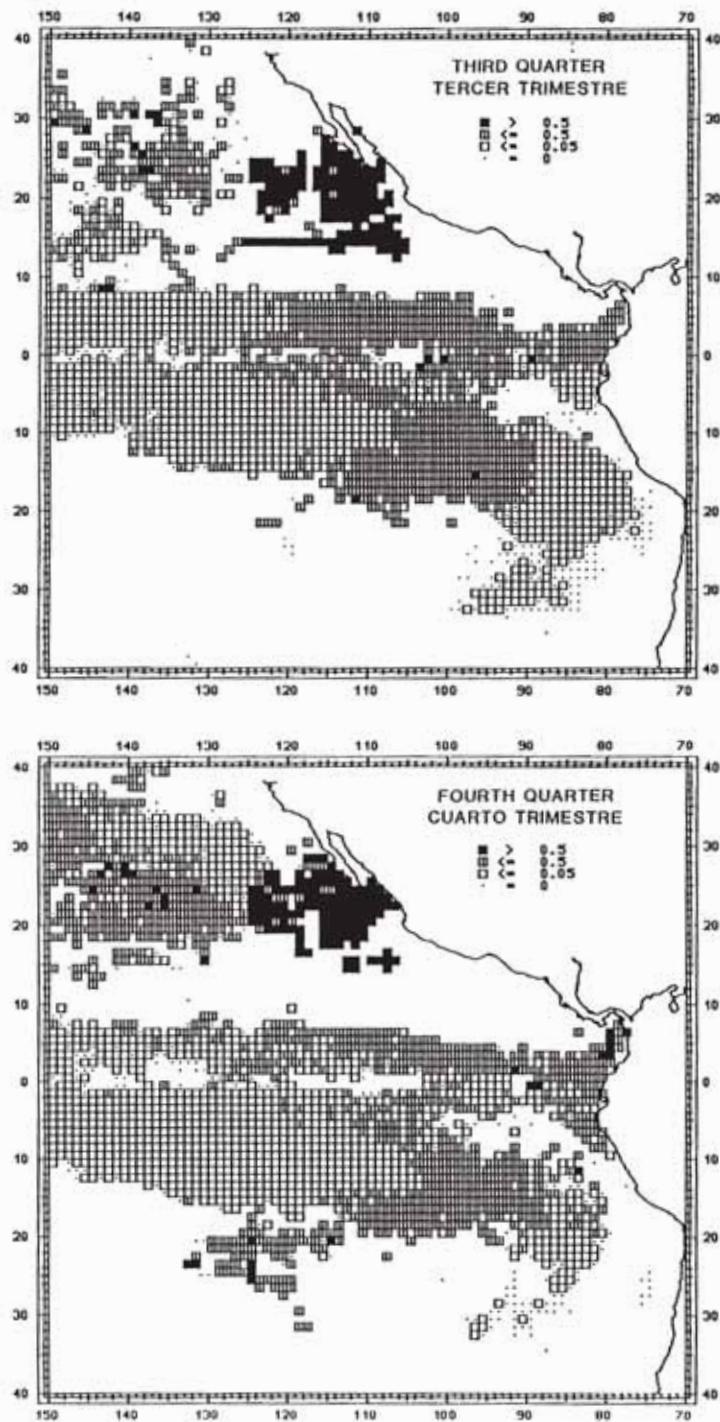


FIGURE 18. (continued)

FIGURA 18. (continuación)

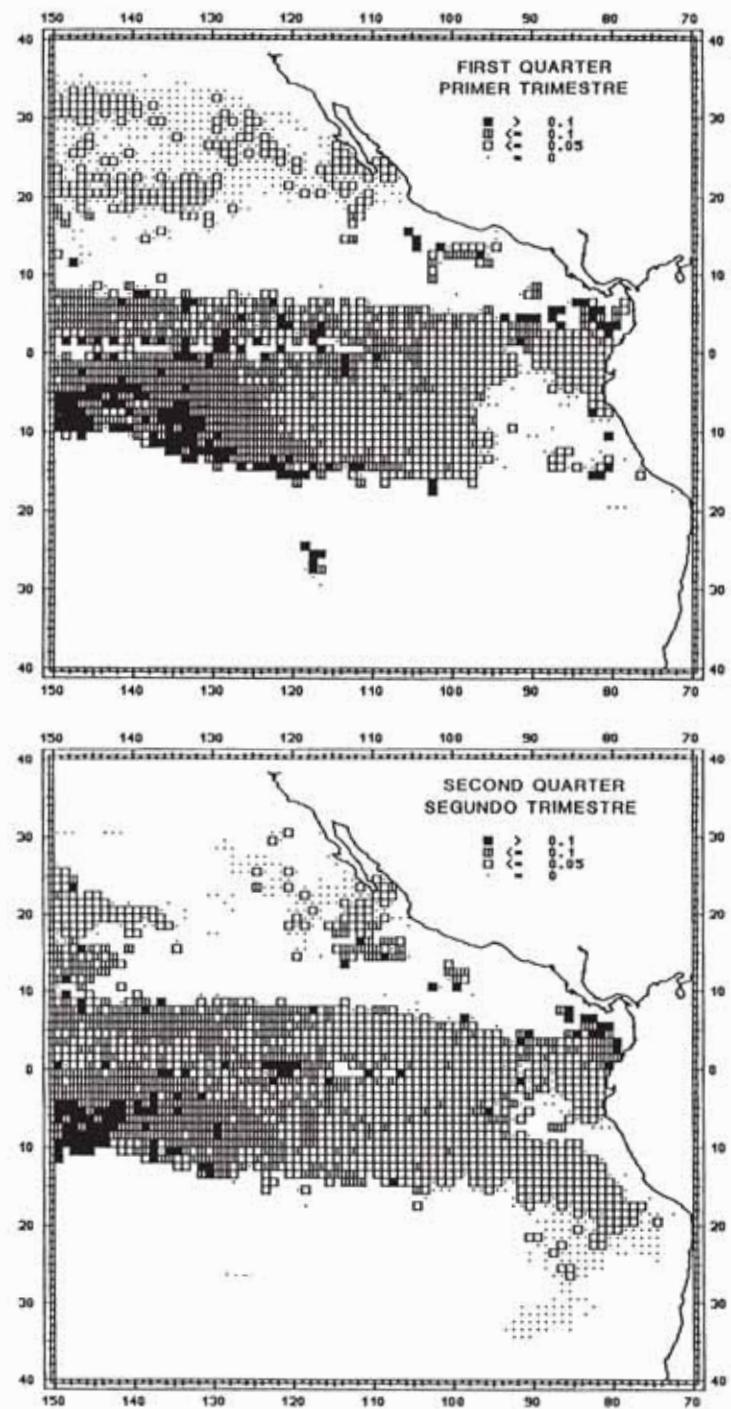


FIGURE 19. Quarterly distributions of hook rates of blue marlin in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 19. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlín azul en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

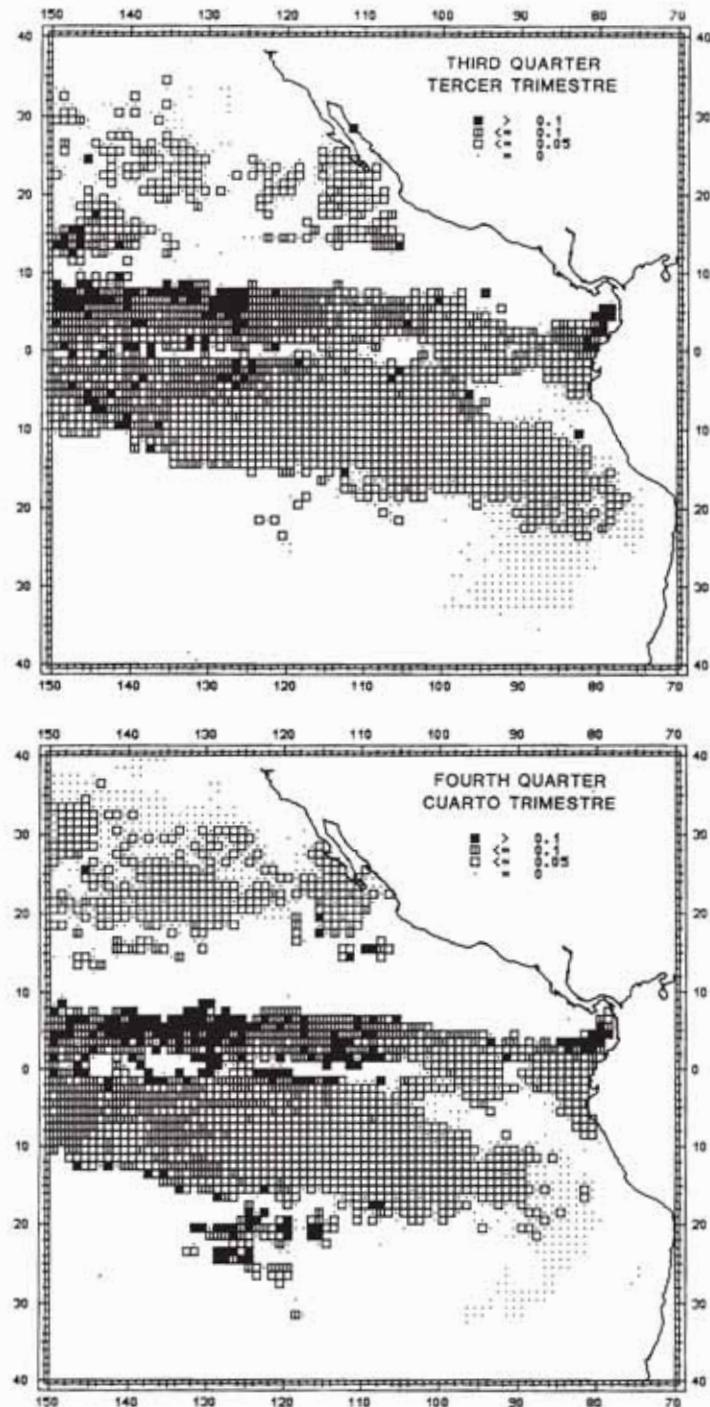


FIGURE 19. (continued)

FIGURA 19. (continuación)

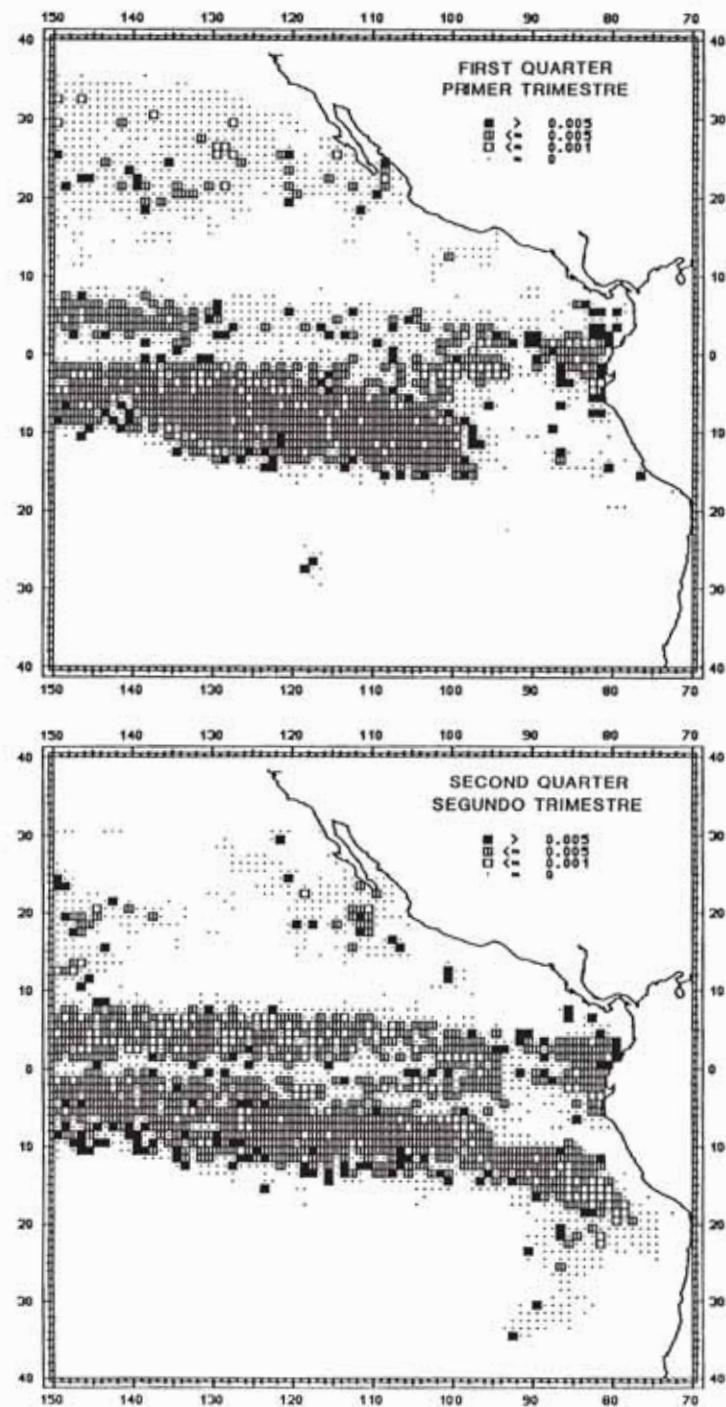


FIGURE 20. Quarterly distributions of hook rates of black marlin in the EPO during 1981–1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 20. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de marlin negro en el OPO durante 1981–1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

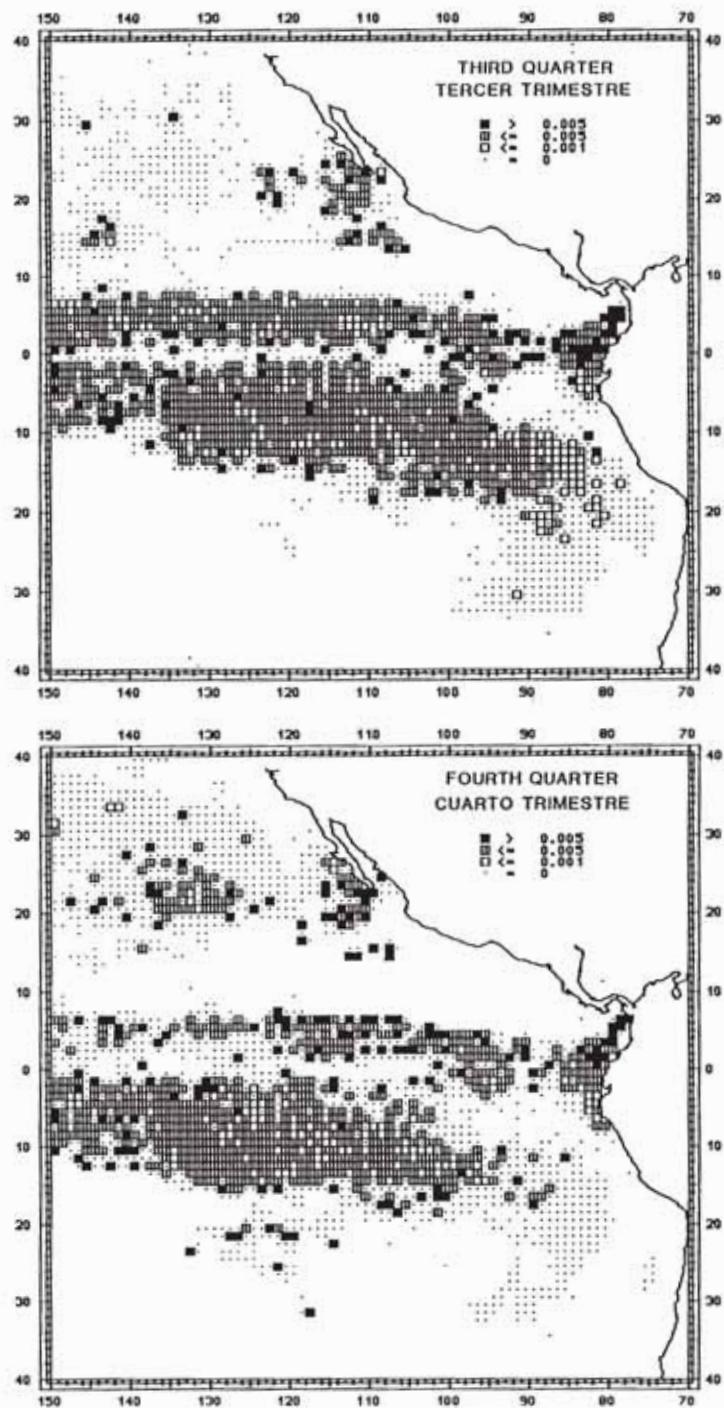


FIGURE 20. (continued)
FIGURA 20. (continuación)

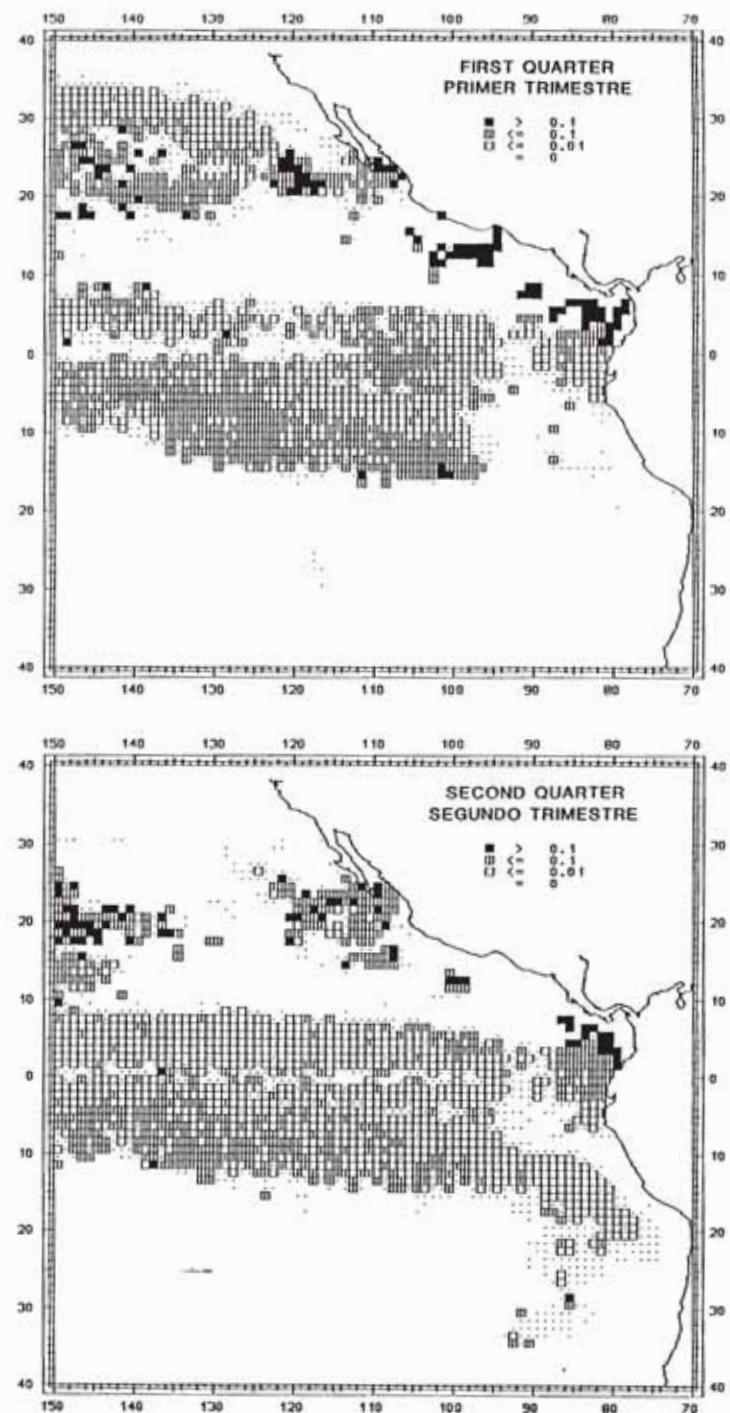


FIGURE 2L. Quarterly distributions of hook rates of sailfish and shortbill spearfish in the EPO during 1981-1987, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 2L. Distribuciones trimestrales de las tasas de captura de pez vela y marlín trompa corta en el OPO durante 1981-1987, expresadas como capturas por 100 anzuelos, por área de 1°.

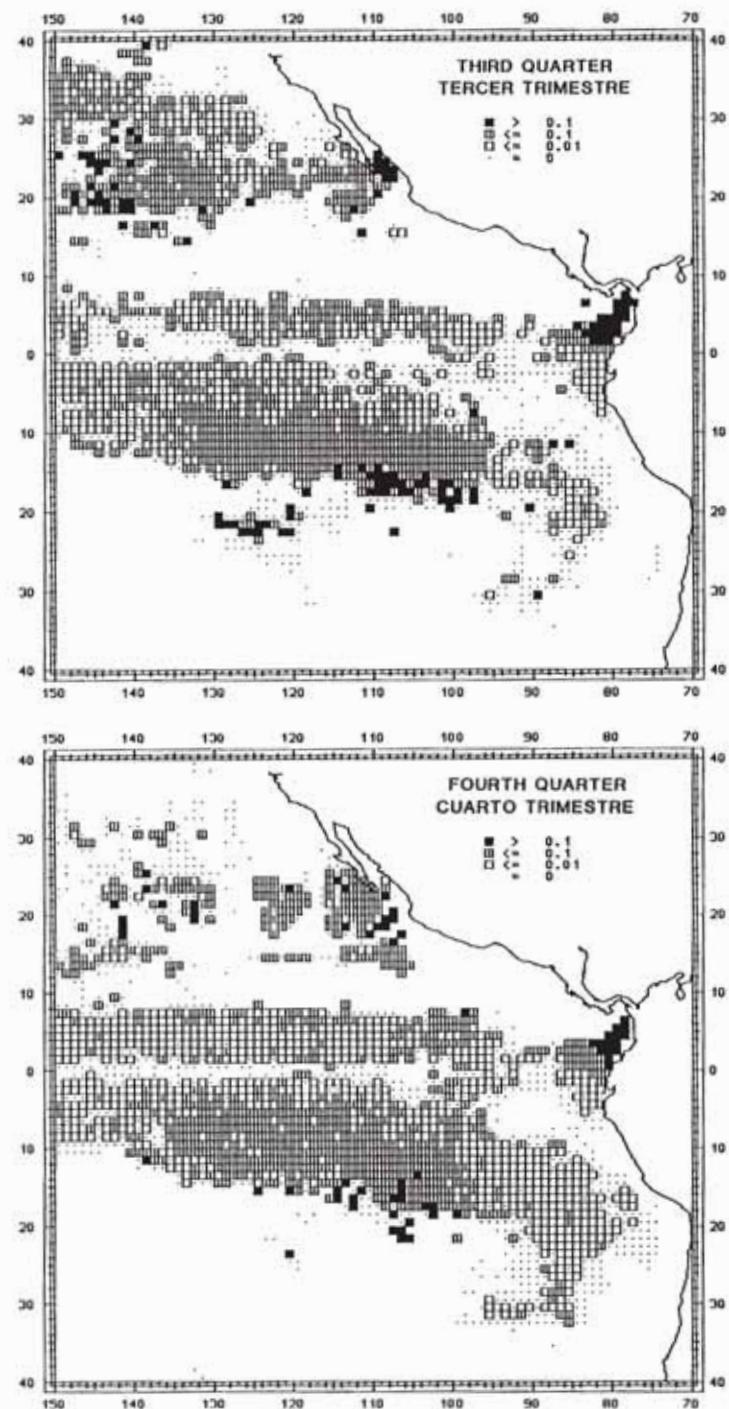


FIGURE 21. (continued)

FIGURA 21. (continuación)

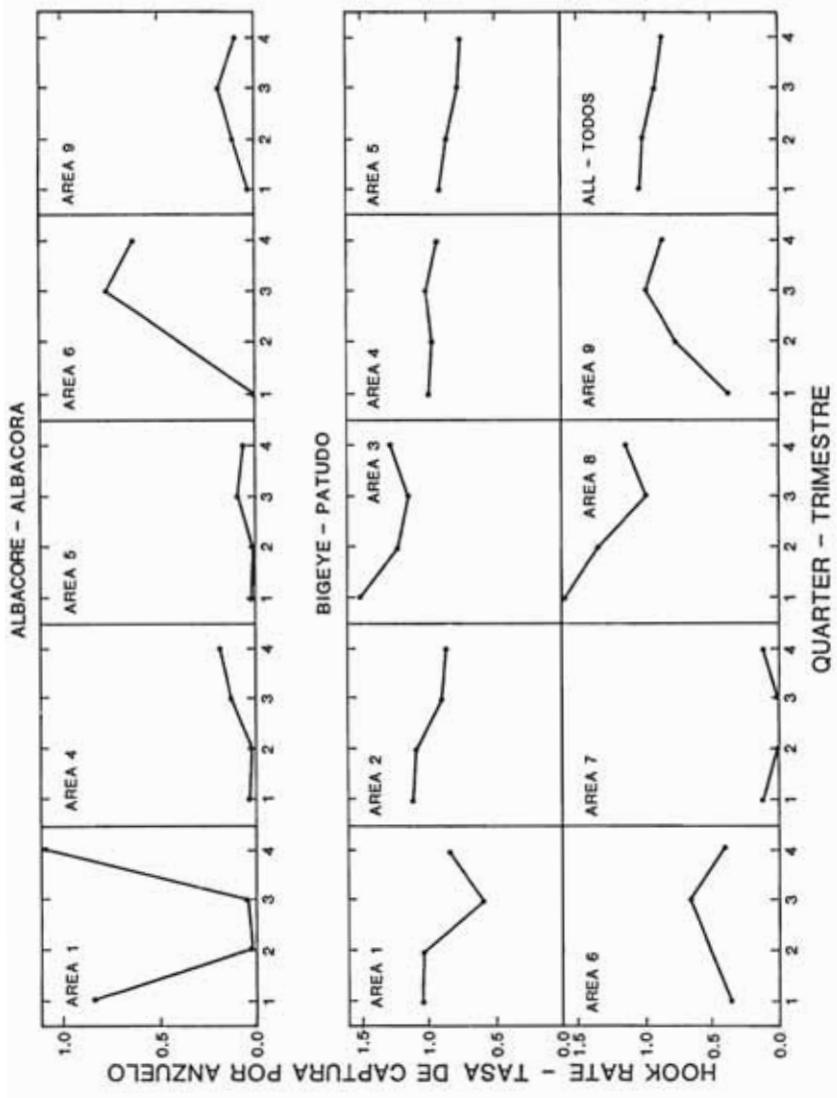


FIGURE 22. Quarterly hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of tunas and billfishes by area, 1981-1987.

FIGURA 22. Tasas de captura trimestrales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de atunes y picudos por área, 1981-1987.

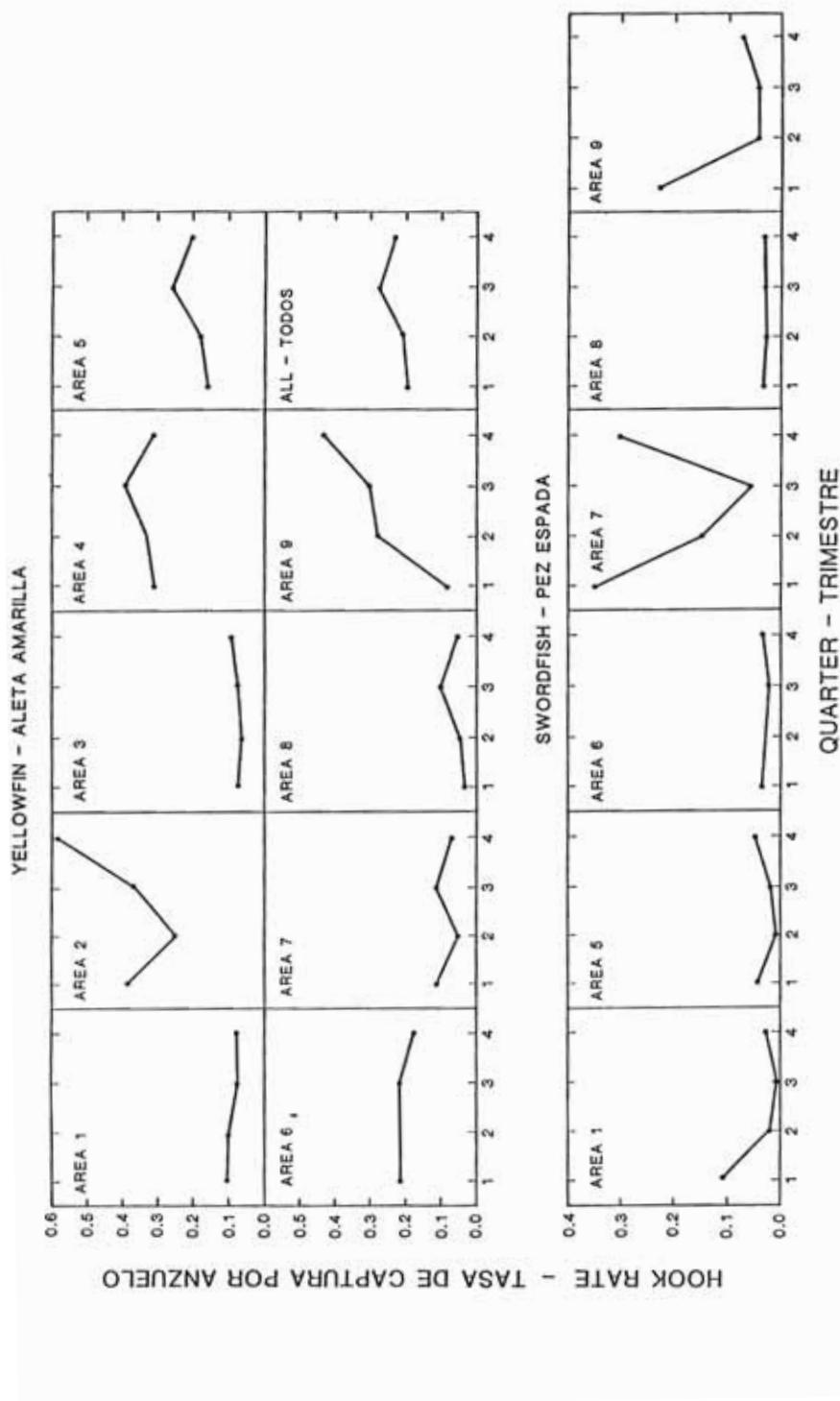


FIGURE 22. (continued)
FIGURA 22. (continuación)

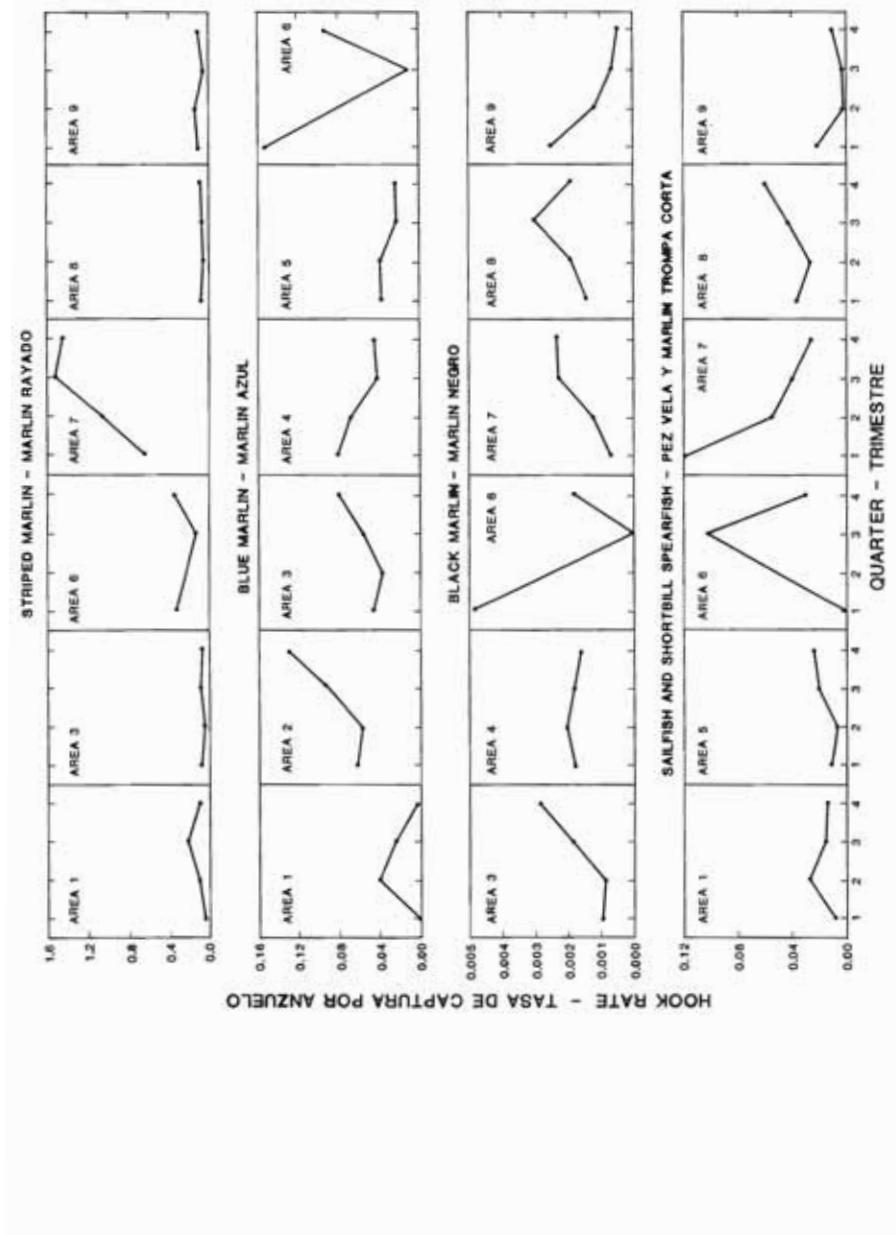


FIGURE 22. (continued)
FIGURA 22. (continuación)

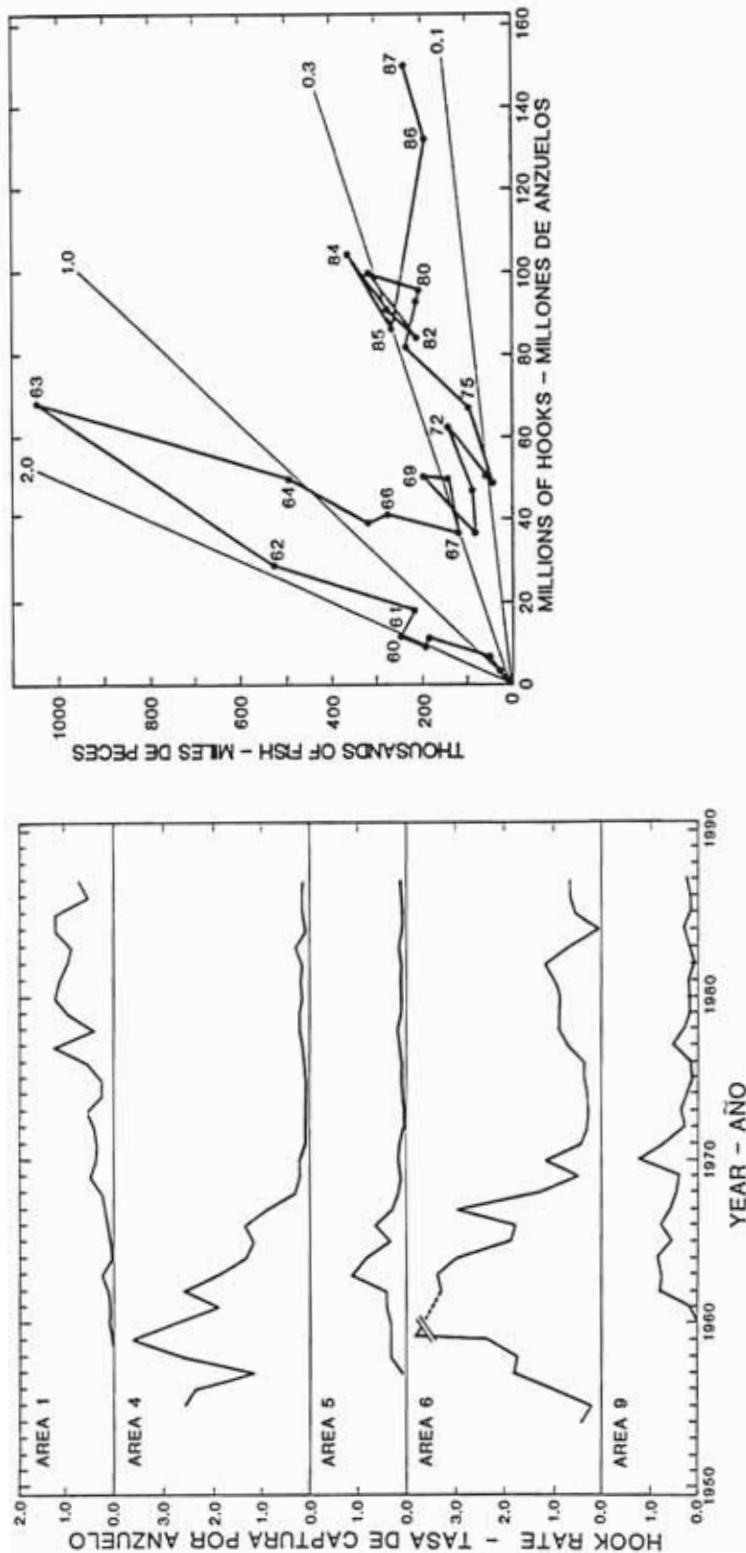


FIGURE 23. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of albacore by area.
FIGURA 23. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de albacora por área.

FIGURE 24. Relation between estimated longline catch and effort for albacore in Areas 1, 4-6, and 9 for 1955-1987.
FIGURA 24. Relación entre captura y esfuerzo palangreros estimados de albacora en las Áreas 1, 4-6, y 9 en 1955-1987.

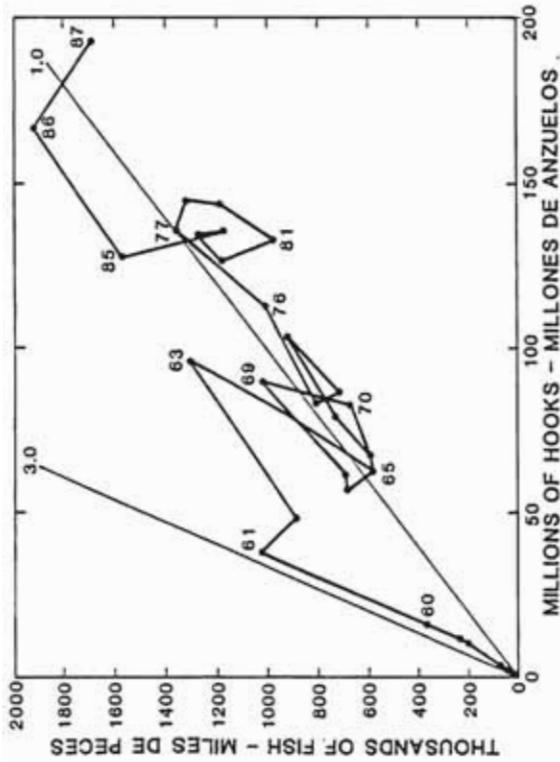


FIGURE 26. Relation between estimated longline catch and effort for bigeye in Areas 2-5, and 8-9 for 1955-1987.
FIGURA 26. Relación entre captura y esfuerzo estimados de patudo en las Areas 2-5, y 8-9 en 1955-1987.

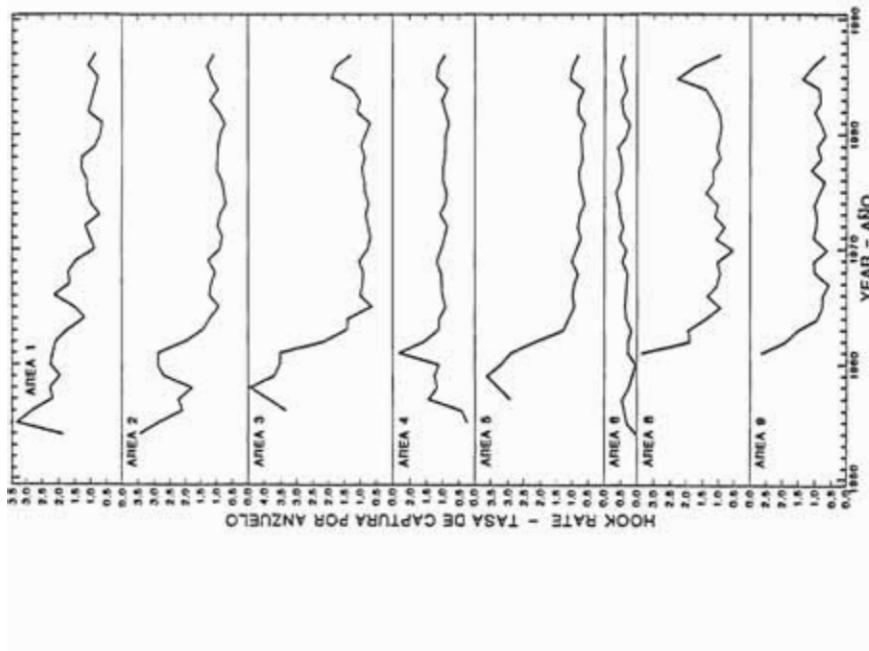


FIGURE 25. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of bigeye by area.
FIGURA 25. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de patudo por área.

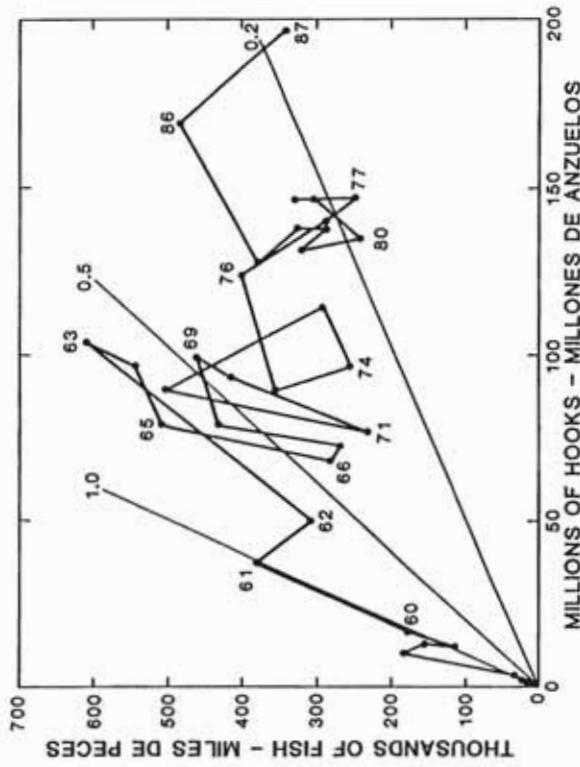


FIGURE 28. Relation between estimated longline catch and effort for yellowfin in the EPO for 1955-1987.
FIGURA 28. Relación entre captura y esfuerzo palangrero estimados de aleta amarilla en el OPO en 1955-1987.

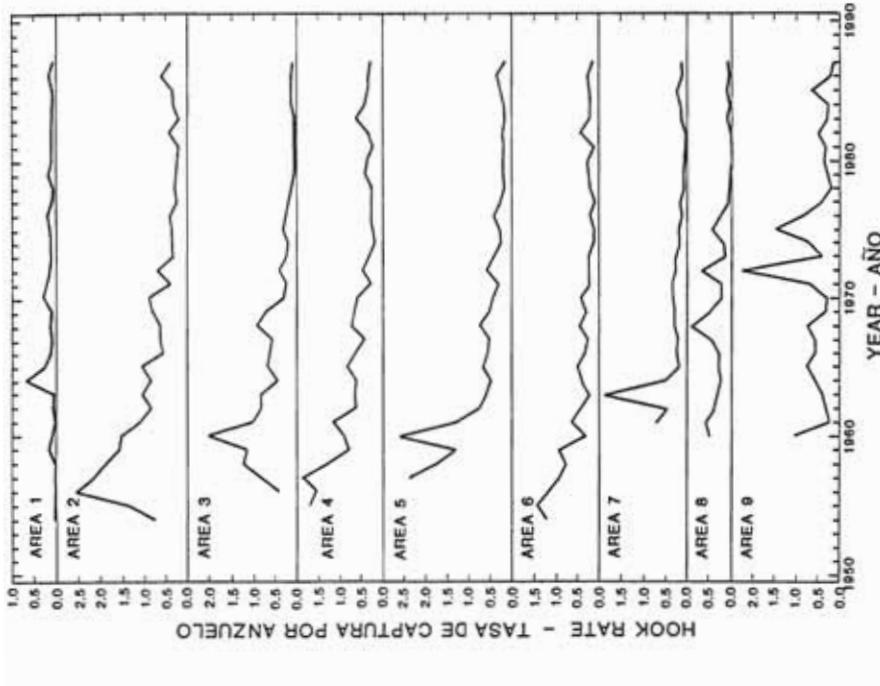


FIGURE 27. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of yellowfin by area.
FIGURA 27. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de aleta amarilla por área.

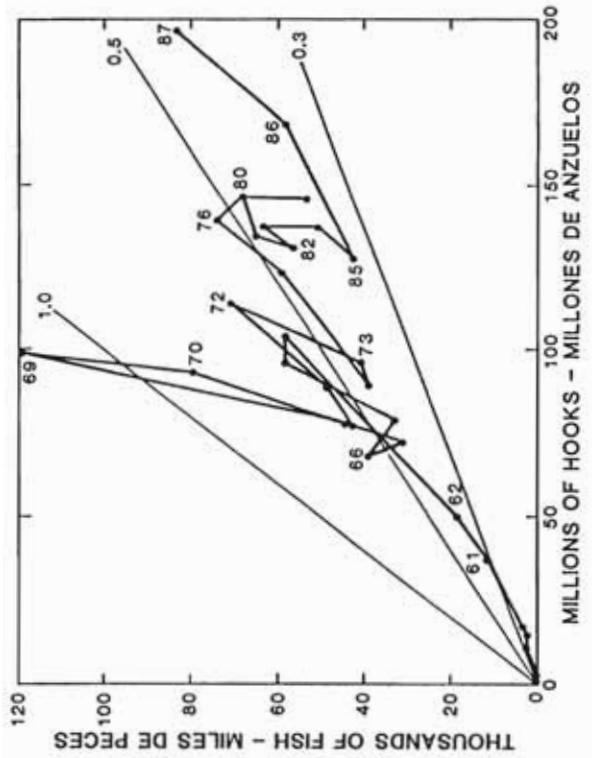


FIGURE 30. Relation between estimated longline catch and effort for swordfish in the EPO for 1955-1987.
FIGURA 30. Relación entre captura y esfuerzo palangrero estimados de pez espada en el OPO en 1955-1987.

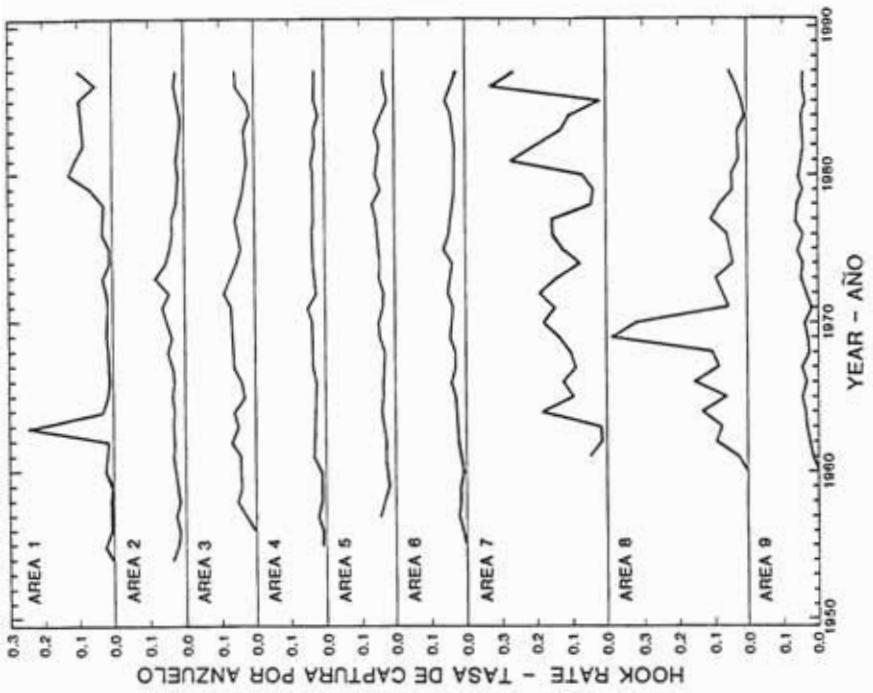


FIGURE 29. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of swordfish by area.
FIGURA 29. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de pez espada por área.

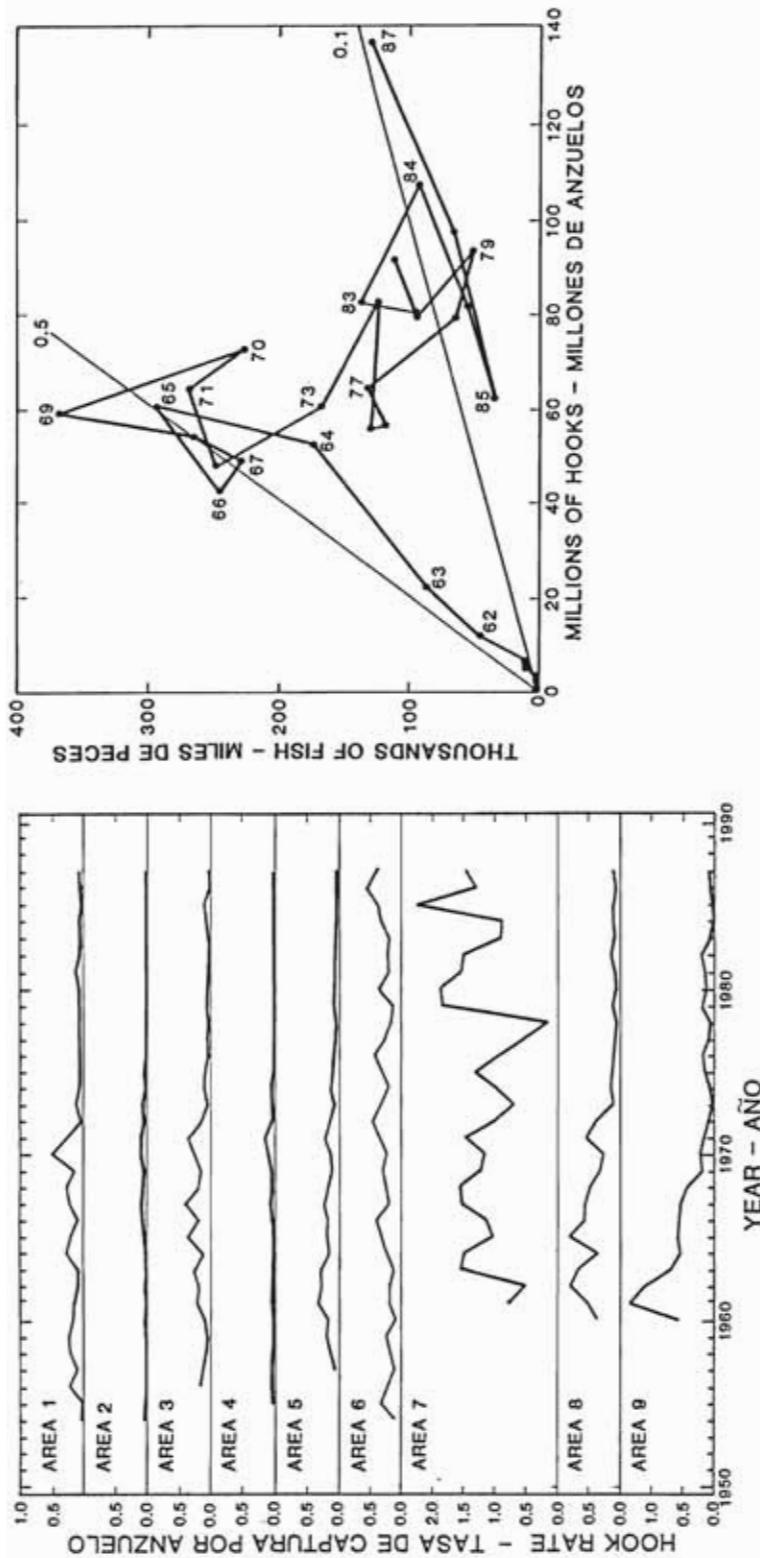


FIGURE 31. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of striped marlin by area.

FIGURA 31. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de marlin rayado por área.

FIGURE 32. Relation between estimated longline catch and effort for striped marlin in Areas 1, 3, and 5-9 for 1955-1987.

FIGURA 32. Relación entre captura y esfuerzo palangrero estimados de marlin rayado en las Áreas 1, 3, y 5-9 en 1955-1987.

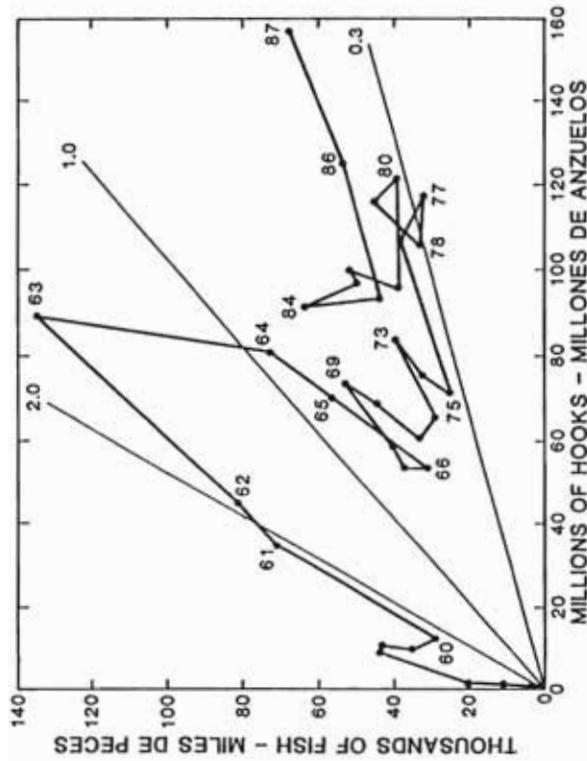
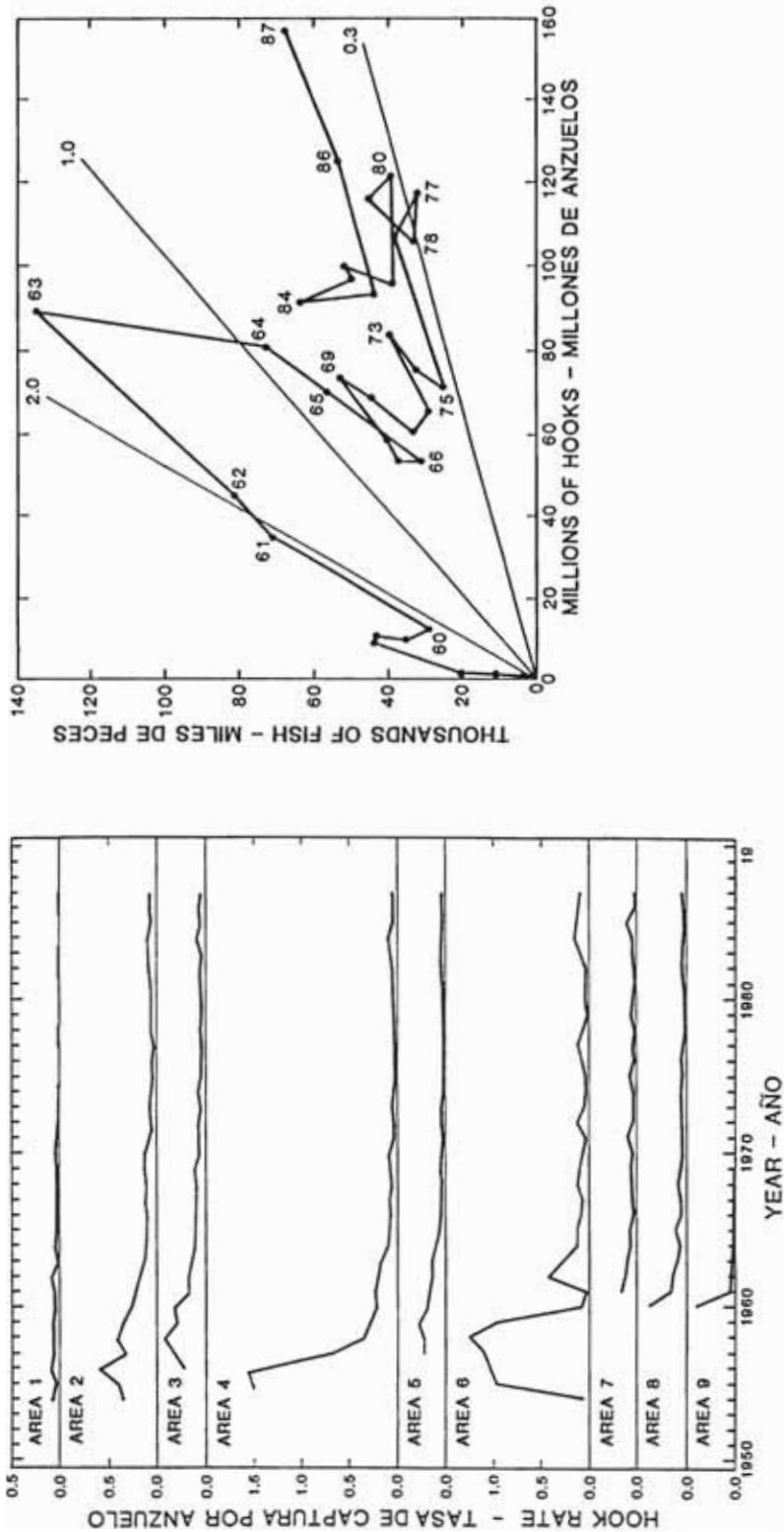


FIGURE 33. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of blue marlin by area.
FIGURA 33. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de marlin azul por área.

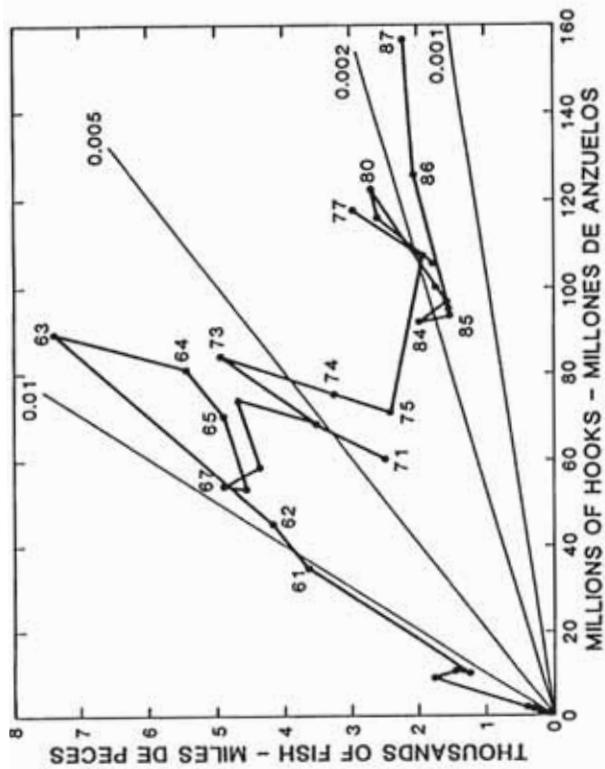


FIGURE 36. Relation between estimated longline catch and effort for black marlin in Areas 2-8 for 1955-1987.
FIGURA 36. Relación entre captura y esfuerzo palangreros estimados de marlin negro en las Áreas 2-8 en 1955-1987.

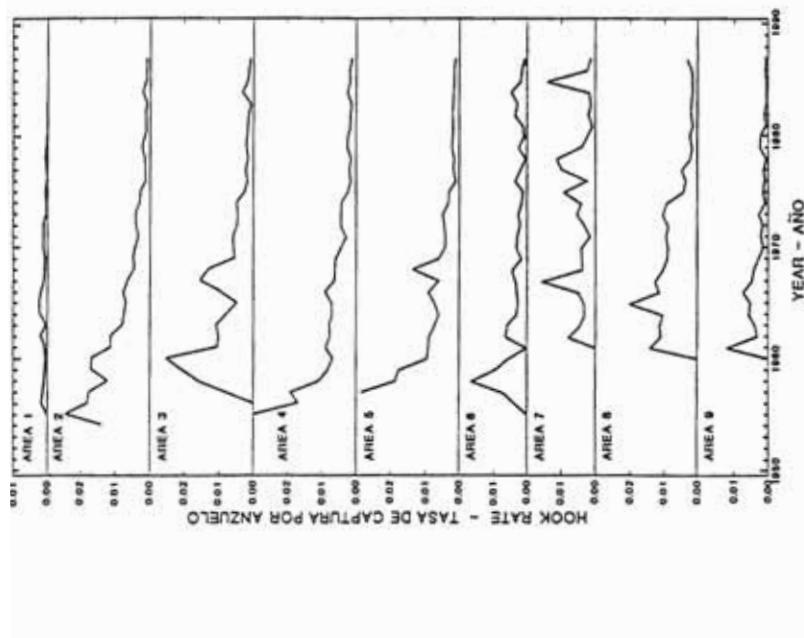


FIGURE 35. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of black marlin by area.
FIGURA 35. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de marlin negro por área.

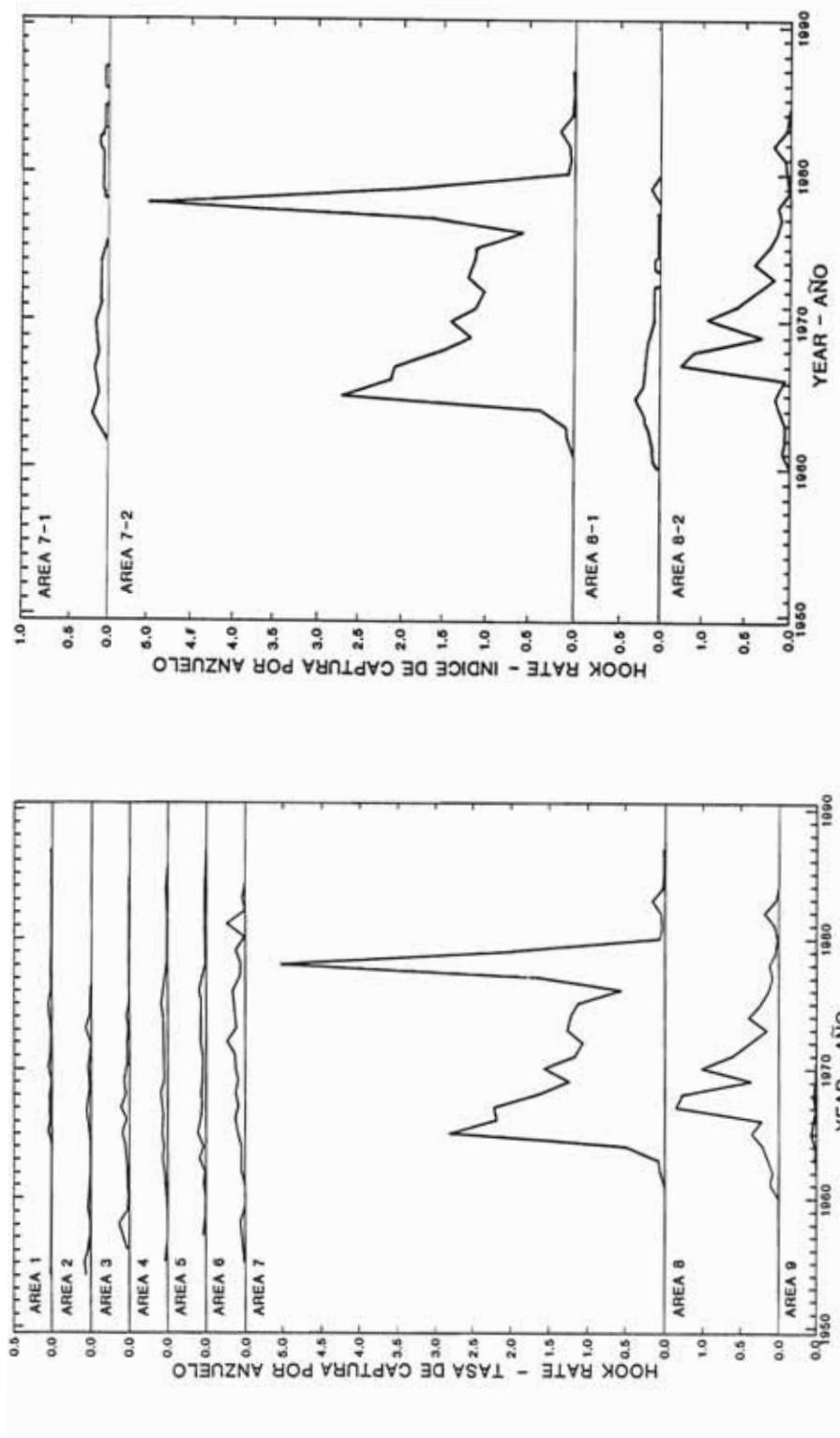


FIGURE 37. Annual hook rates, expressed in catch per 100 hooks, of sailfish and shortbill spearfish by area.

FIGURA 37. Tasas de captura anuales, expresadas como captura por 100 anzuelos, de pez vela y marlin tronpa corta por área.

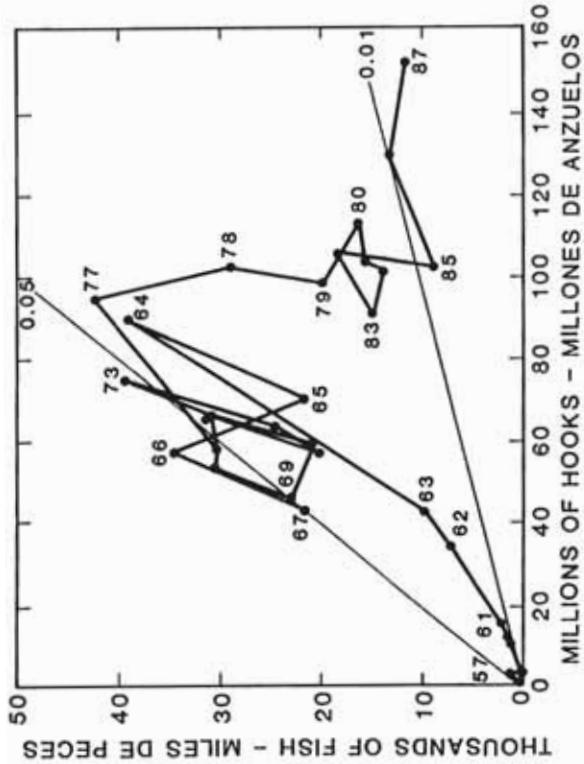


FIGURE 39. Relation between estimated longline catch and effort for shortbill spearfish in Areas 1-6 for 1955-1987.

FIGURA 39. Relación entre captura y esfuerzo palangreros estimados de marlin trompa corta en las Áreas 1-6 en 1955-1987.

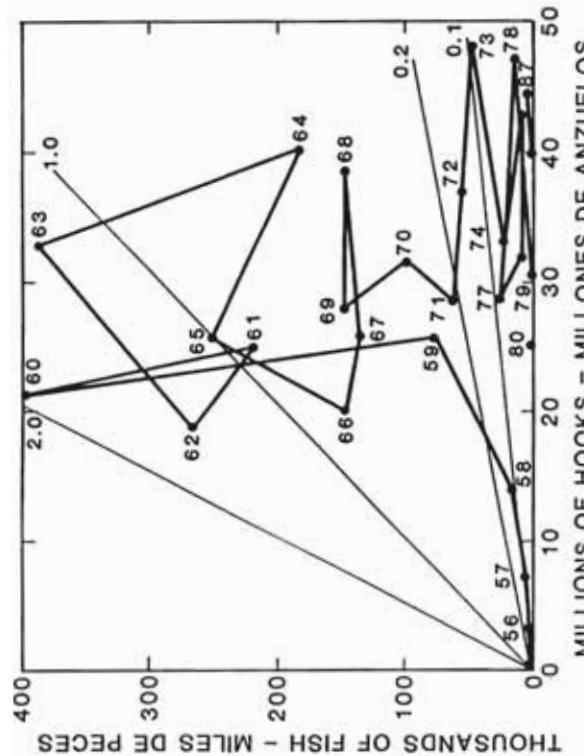


FIGURE 38. Relation between estimated longline catch and effort for sailfish in Areas 7-9 for 1955-1987.

FIGURA 38. Relación entre captura y esfuerzo palangreros estimados de pez vela en las Áreas 7-9 en 1955-1987.

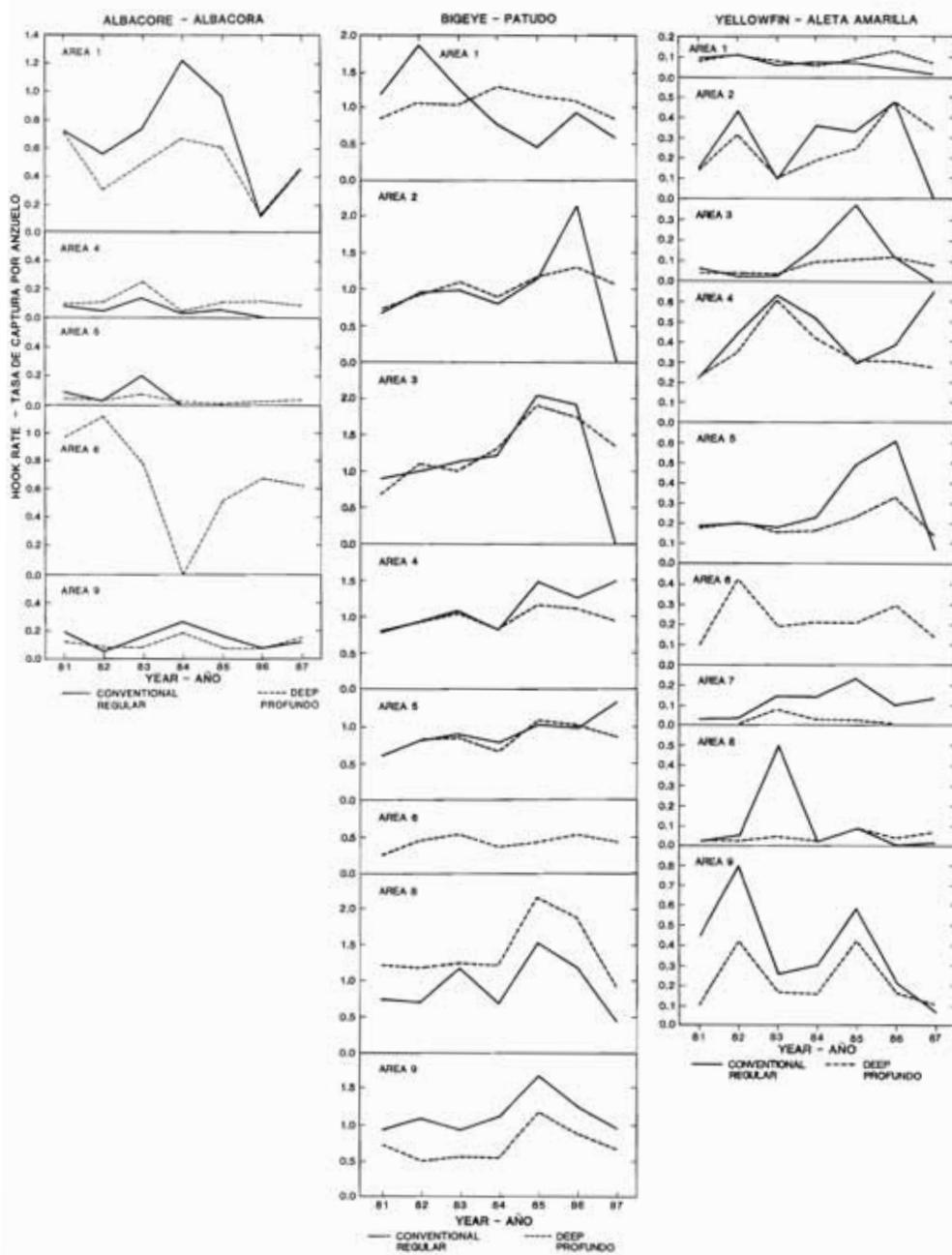


FIGURE 40. Comparisons of hook rates of conventional and deep longline gear for tunas and billfishes.

FIGURA 40. Comparación de tasas de captura de atunes y picudos correspondientes a palangres convencionales y profundos.

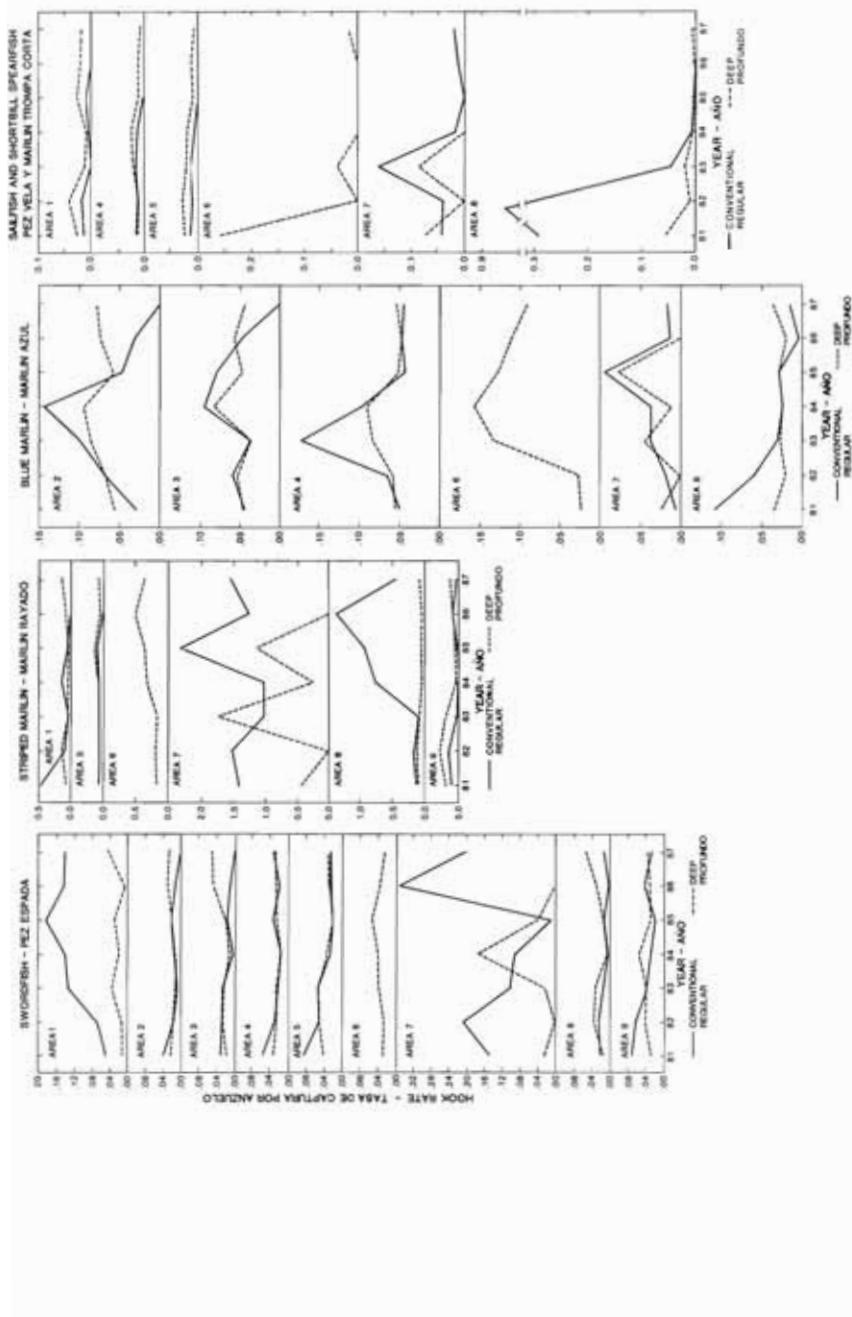


FIGURE 40. (continued)
FIGURA 40. (continuación)

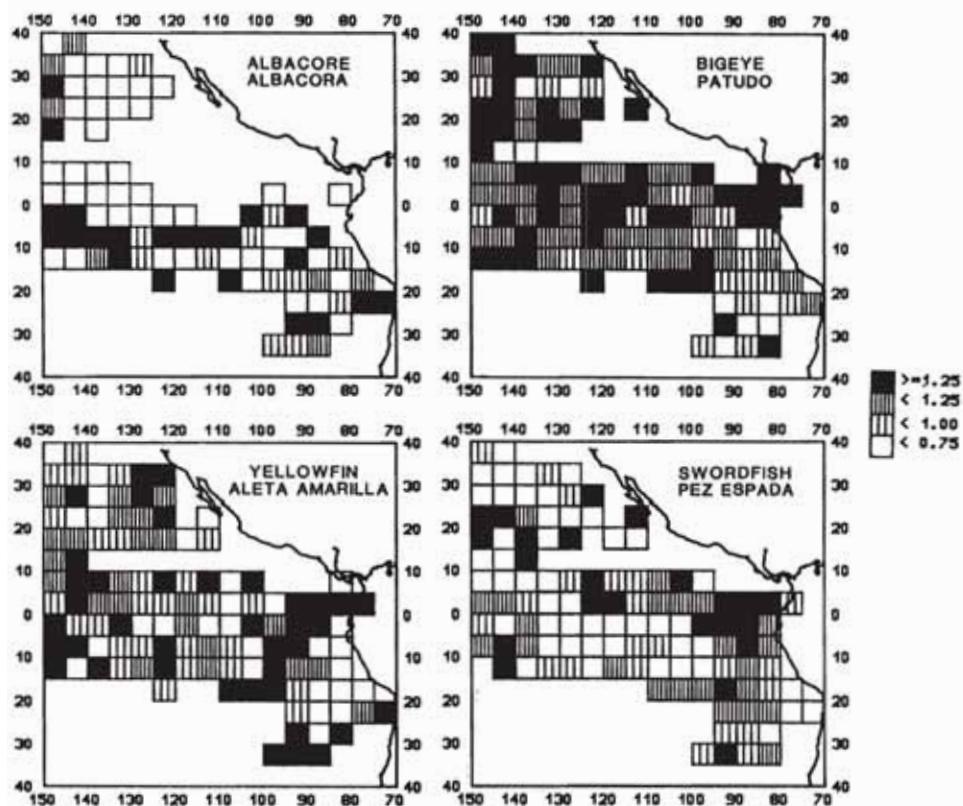


FIGURE 41. Distribution of ratios of deep longline to conventional longline hook rates for tunas and billfishes, 1981–1987. Data are shown only for area-time strata with effort of more than 20,000 hooks and a hook rate of more than 0.1 fish per 100 hooks for each gear.

FIGURA 41. Distribución de cocientes de tasas de captura de palangres profundos a convencionales para atunes y picudos, 1981–1987. Se presentan solamente datos de estratos de área–tiempo con esfuerzo de más de 20,000 anzuelos y tasa de captura de más de 0.1 peces por 100 anzuelos para cada arte.

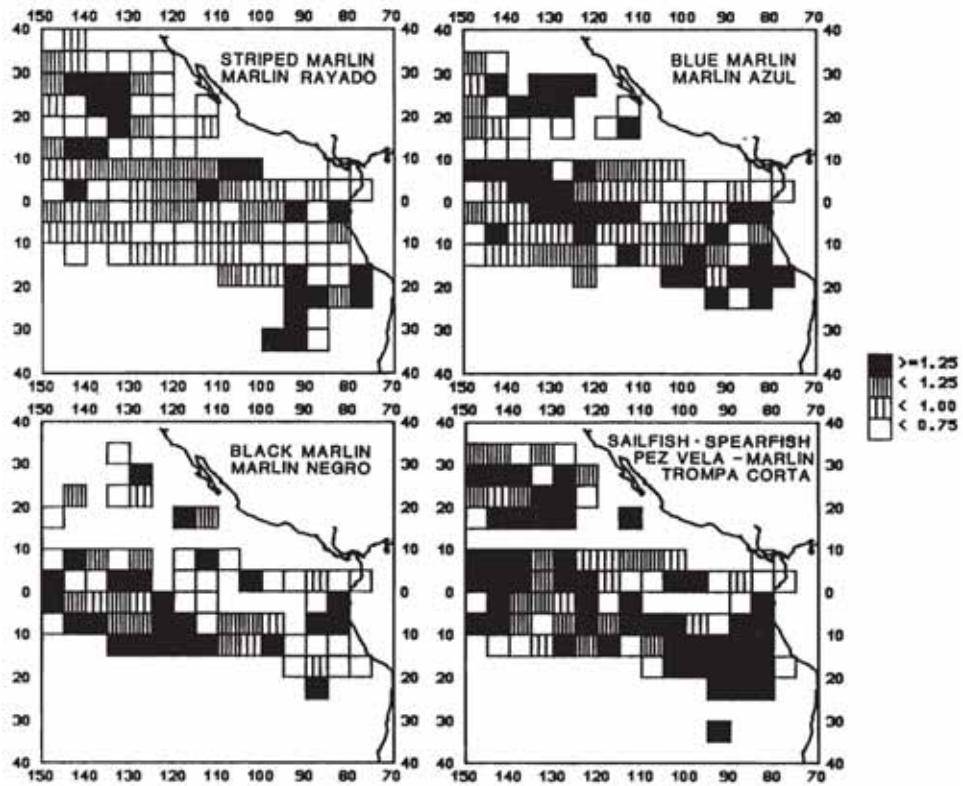


FIGURE 41. (continued)
FIGURA 41. (continuación)

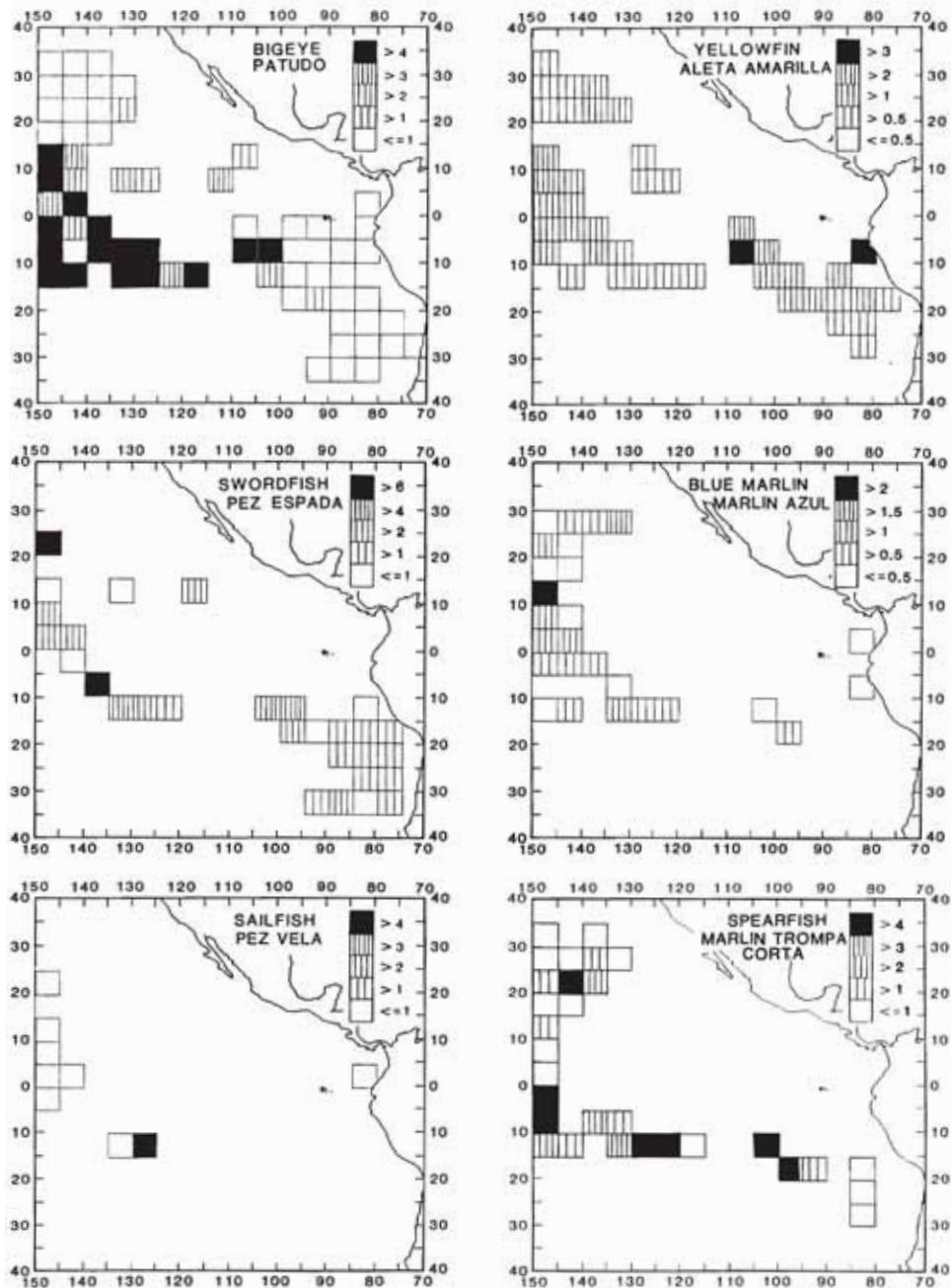


FIGURE 42. Distribution of average gonad indices for each species, all quarters combined, 1981–1987.

FIGURA 42. Distribución de índices gonadales medios correspondientes a cada especie, todos los trimestres combinados, 1981–1987.

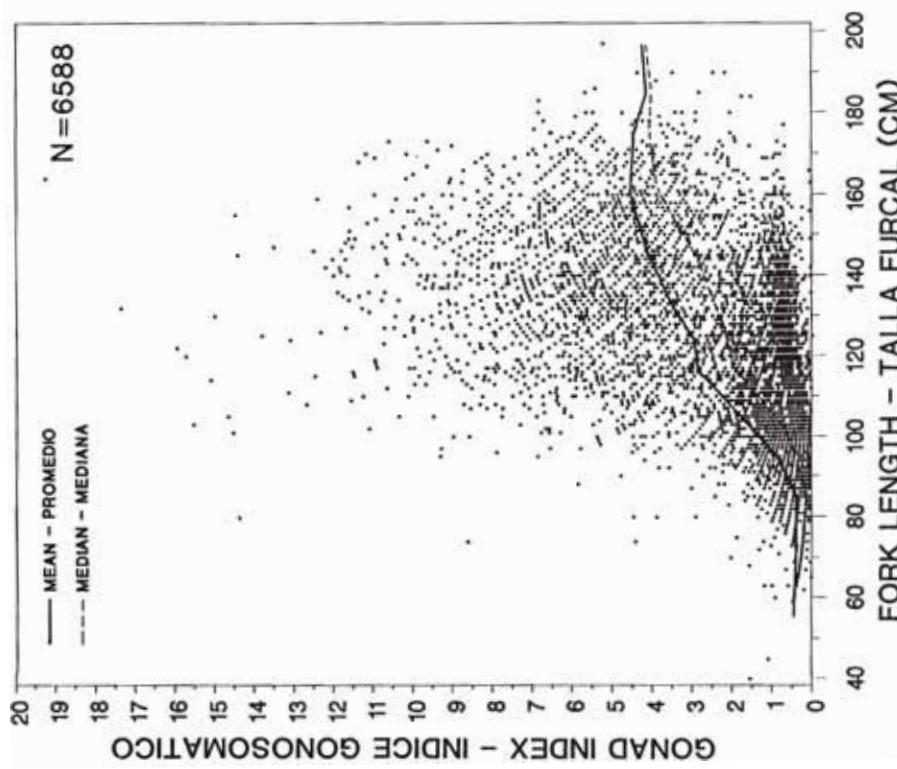


FIGURE 43. Relation between gonad index and length for female bigeye, 1981-1987.
 FIGURA 43. Relación entre índice gonadal y talla de patudos hembra, 1981-1987.

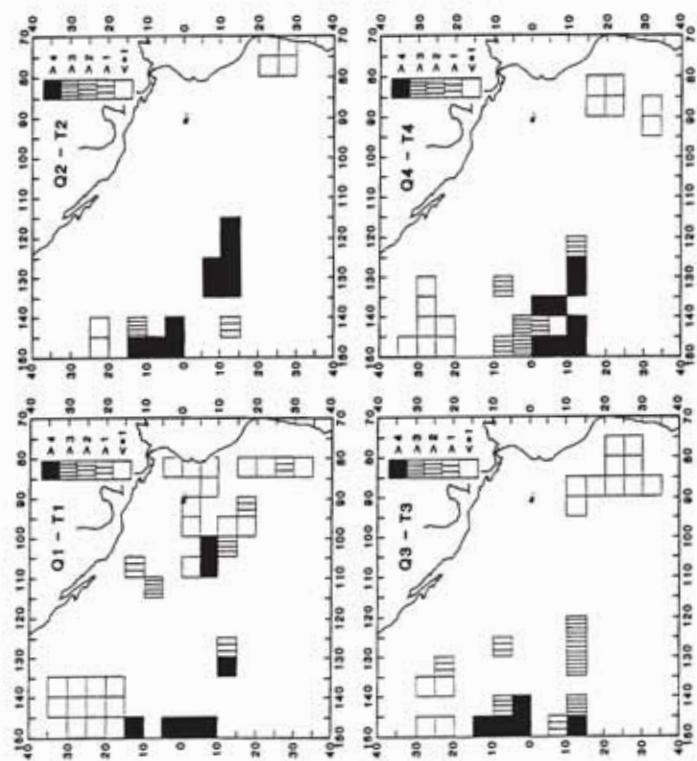


FIGURE 44. Quarterly distribution of average gonad indices for bigeye greater than 120 cm in length, 1981-1987.
 FIGURA 44. Distribución trimestral de índices gonadales medios de patudos de talla superior a los 120 cm, 1981-1987.

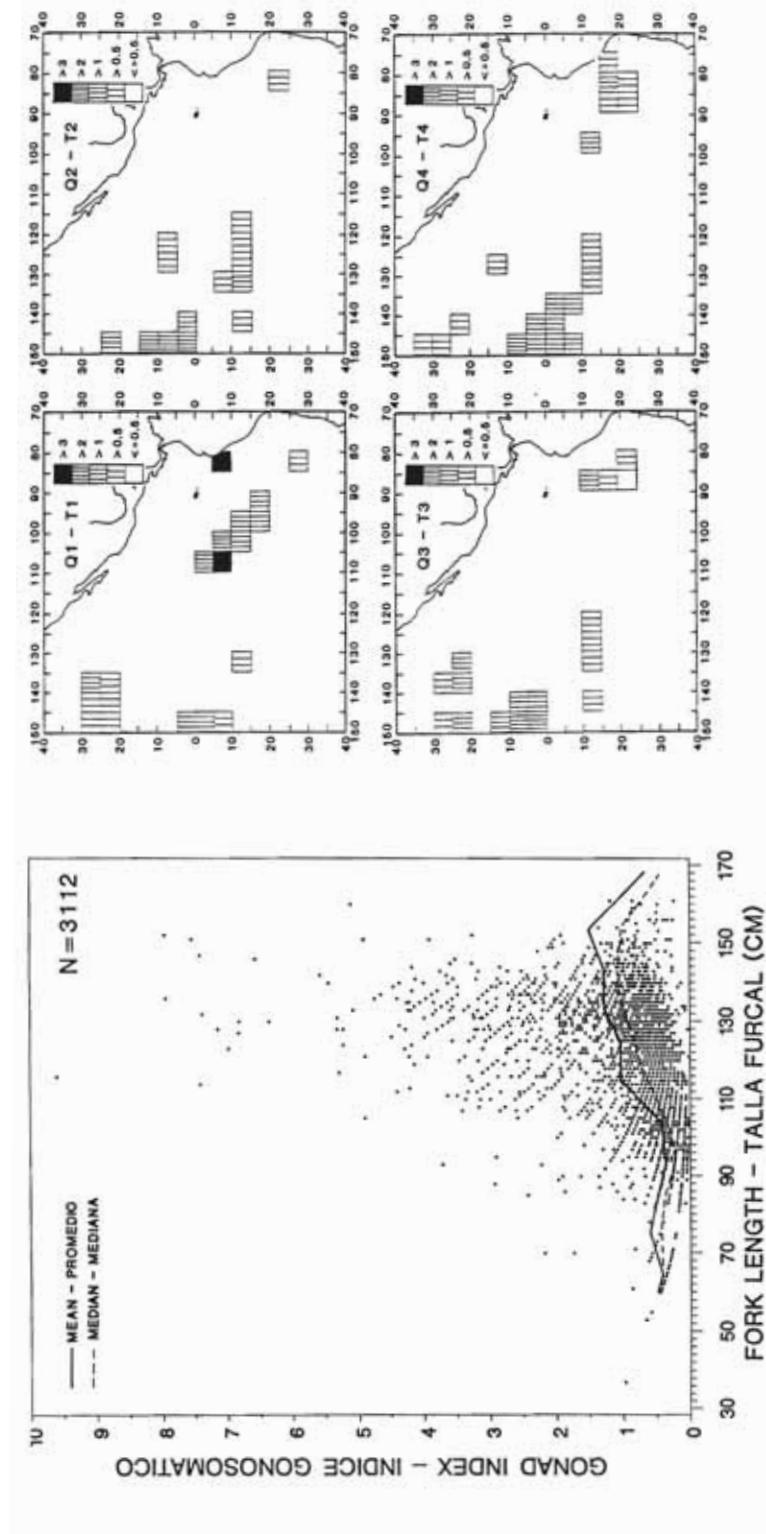


FIGURE 45. Relation between gonad index and length for female yellowfin, 1981-1987.

FIGURA 45. Relación entre índice gonadal y talla de aletas amarillas hembra, 1981-1987.

FIGURE 46. Quarterly distribution of average gonad indices for yellowfin greater than 120 cm in length, 1981-1987.

FIGURA 46. Distribución trimestral de índices gonadales medios de aletas amarillas de talla superior a los 120 cm, 1981-1987.

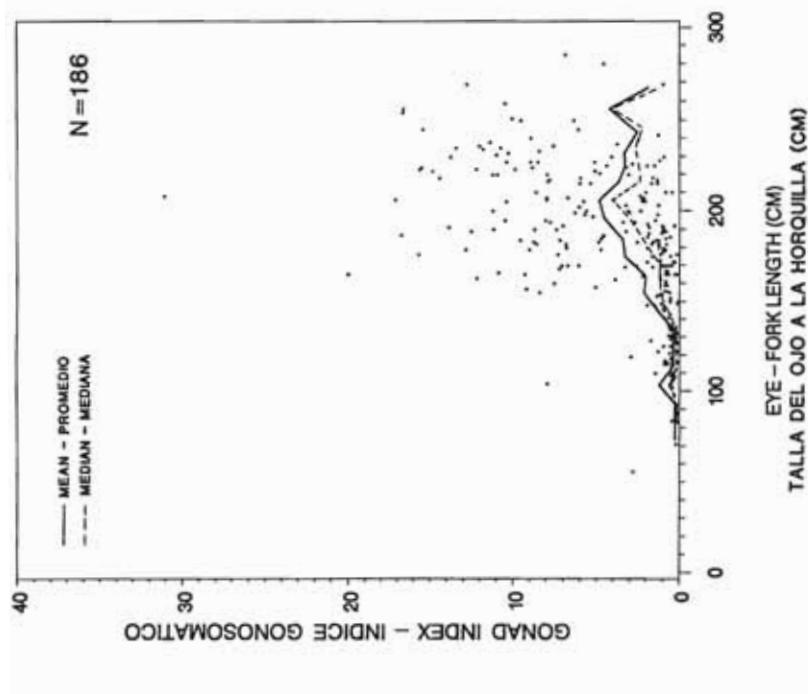


FIGURE 47. Relation between gonad index and length for female swordfish, 1981–1987.

FIGURA 47. Relación entre índice gonadal y talla de peces espada hembra, 1981–1987.

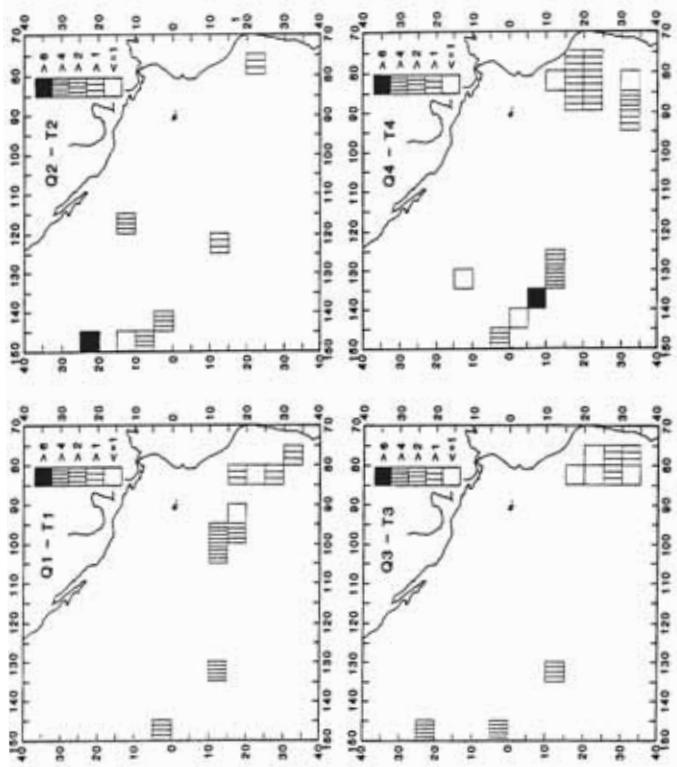


FIGURE 48. Quarterly distribution of average gonad indices for swordfish greater than 150 cm in length, 1981–1987.

FIGURA 48. Distribución trimestral de índices gonadales medios de peces espada de talla superior a los 150 cm, 1981–1987.

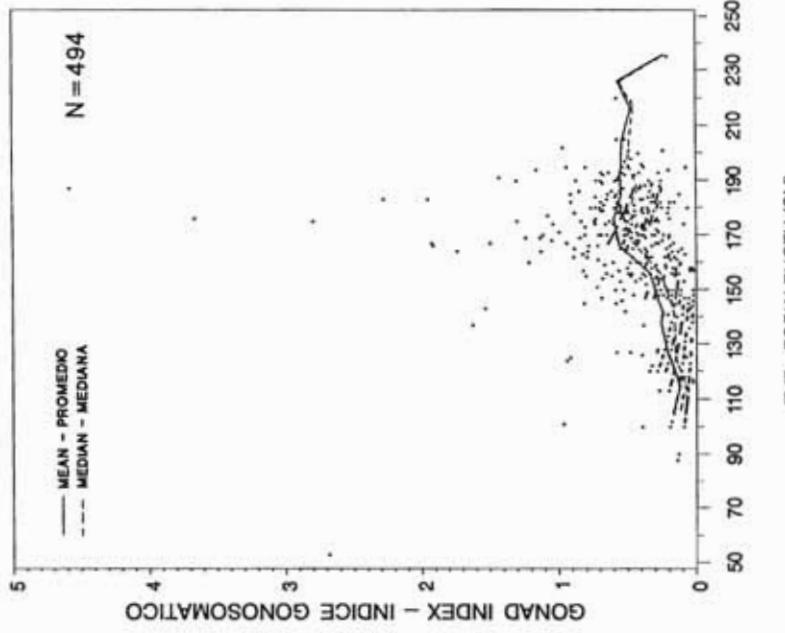


FIGURE 49. Relation between gonad index and length for female striped marlin, 1981-1987.
FIGURA 49. Relación entre índice gonadal y talla de marlines rayados hembra, 1981-1987.

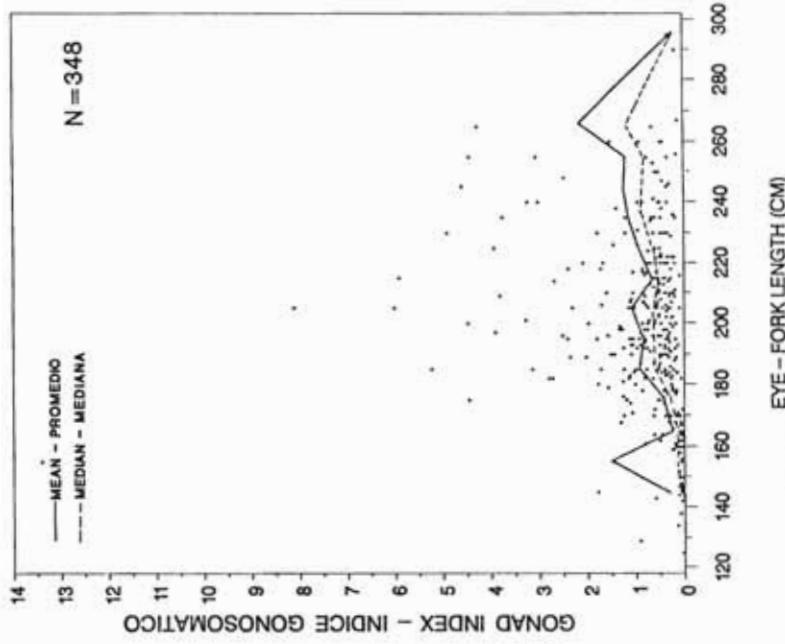


FIGURE 50. Relation between gonad index and length for female blue marlin, 1981-1987.
FIGURA 50. Relación entre índice gonadal y talla de marlines azules hembra, 1981-1987.

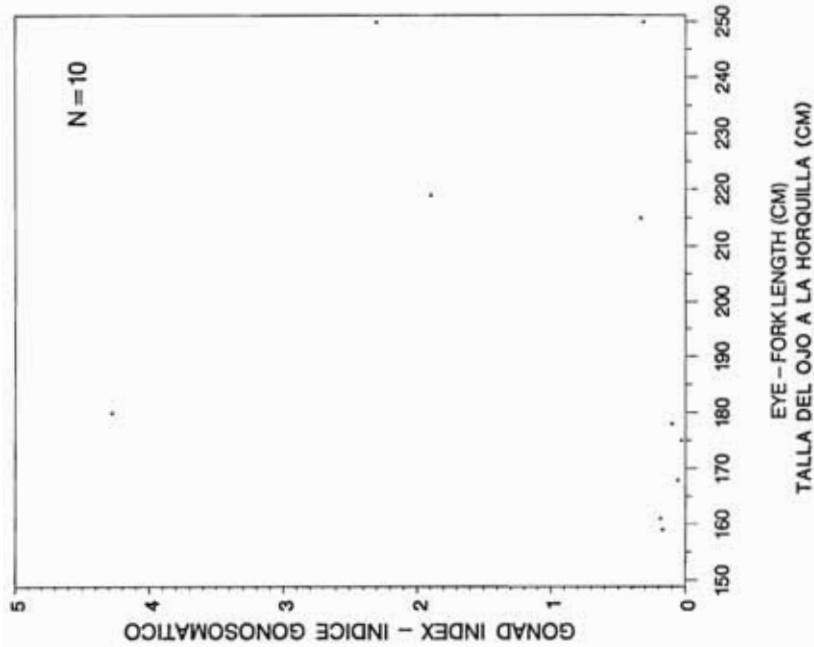


FIGURE 52. Relation between gonad index and length for female black marlin, 1981-1987.
FIGURA 52. Relación entre índice gonadal y talla de marlines negros hembras, 1981-1987.

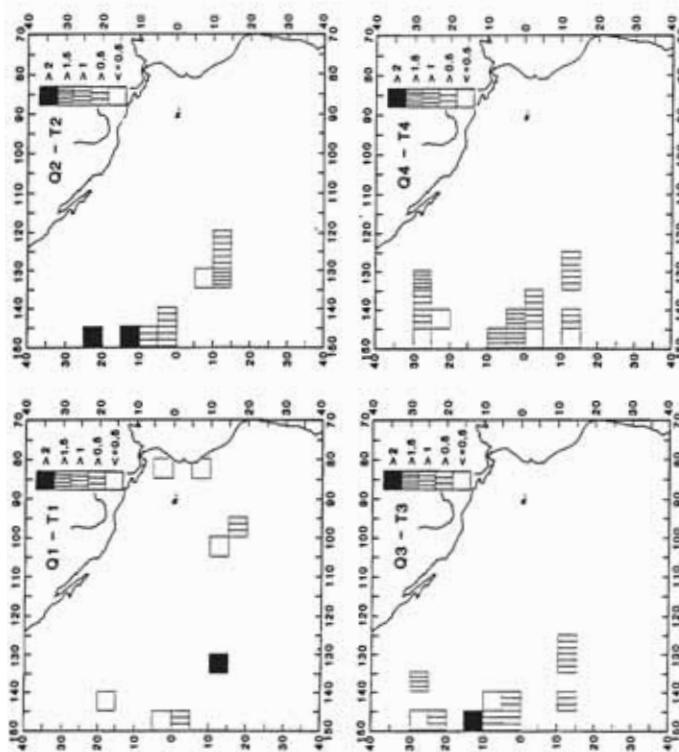


FIGURE 51. Quarterly distribution of average gonad indices for blue marlin greater than 180 cm in length, 1981-1987.
FIGURA 51. Distribución trimestral de índices gonadales medios de marlines azules de talla superior a los 180 cm, 1981-1987.

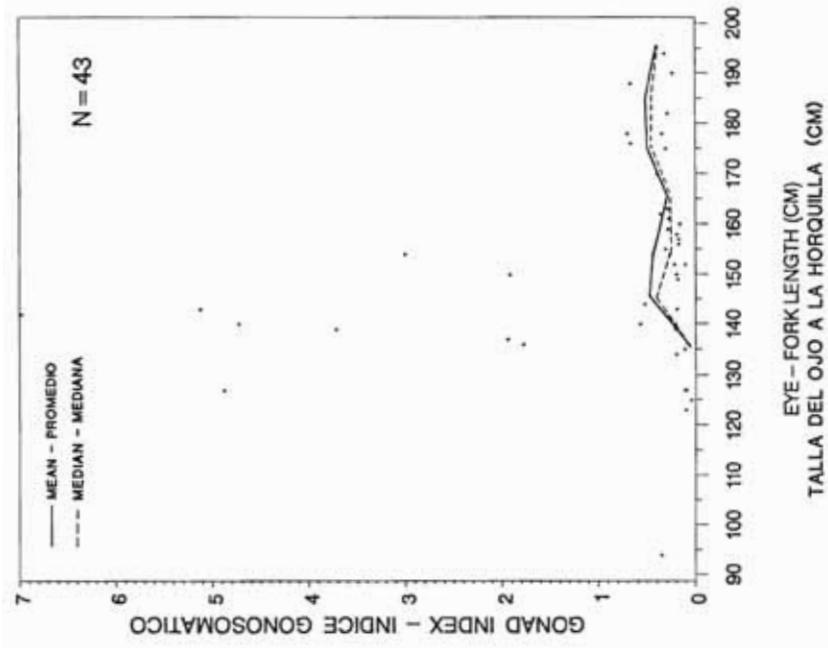


FIGURE 53. Relation between gonad index and length for female sailfish, 1981-1987.
FIGURA 53. Relación entre índice gonadal y talla de peces vela hembra, 1981-1987.

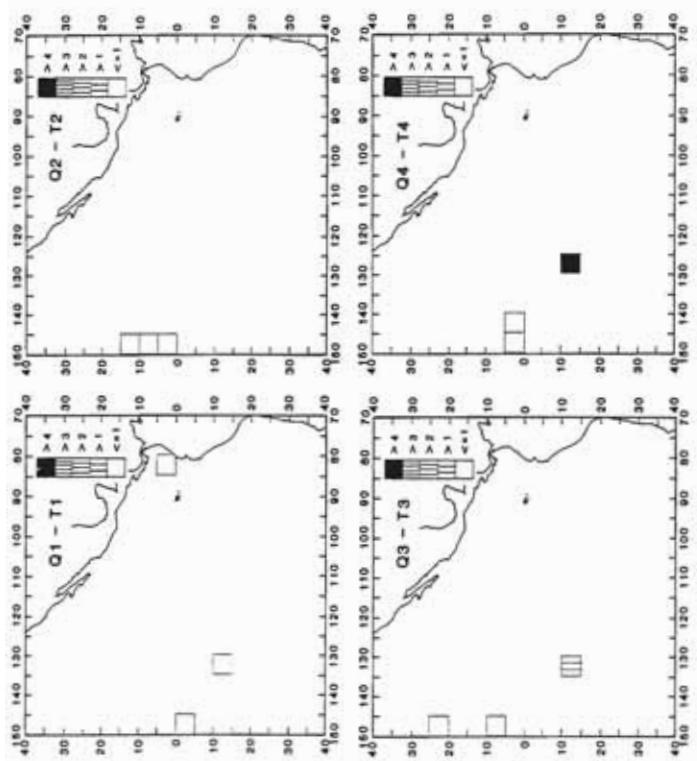


FIGURE 54. Quarterly distribution of average gonad indices for sailfish, 1981-1987.
FIGURA 54. Distribución trimestral de índices gonadales medios de peces vela, 1981-1987.

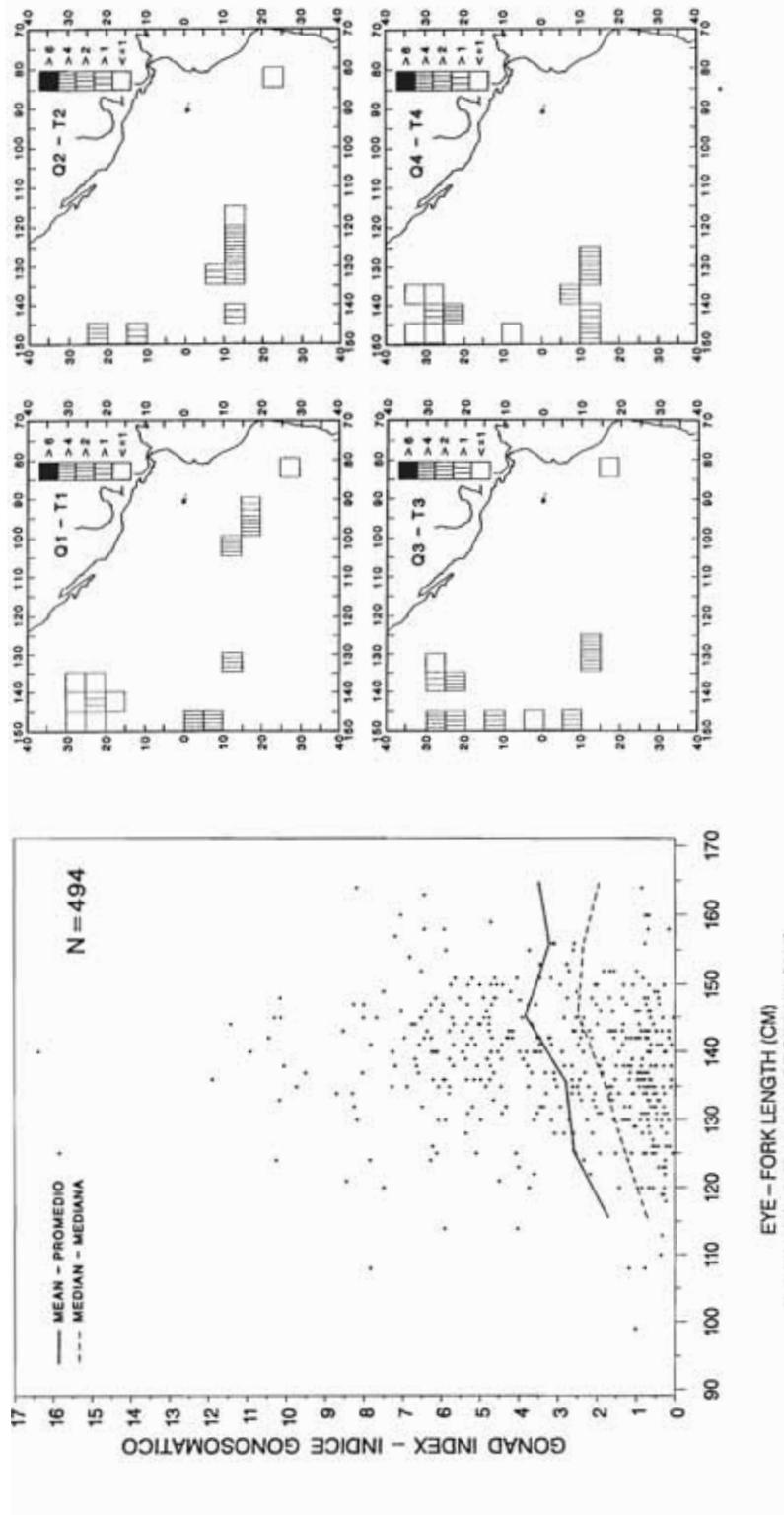


FIGURE 55. Relation between gonad index and length for female shortbill spearfish, 1981-1987.
FIGURA 55. Relación entre indice gonadal y talla de marlines trompa corta, 1981-1987.

FIGURE 56. Quarterly distribution of average gonad indices for shortbill spearfish, 1981-1987.
FIGURA 56. Distribución trimestral de indices gonadales medios de marlines trompa corta, 1981-1987.

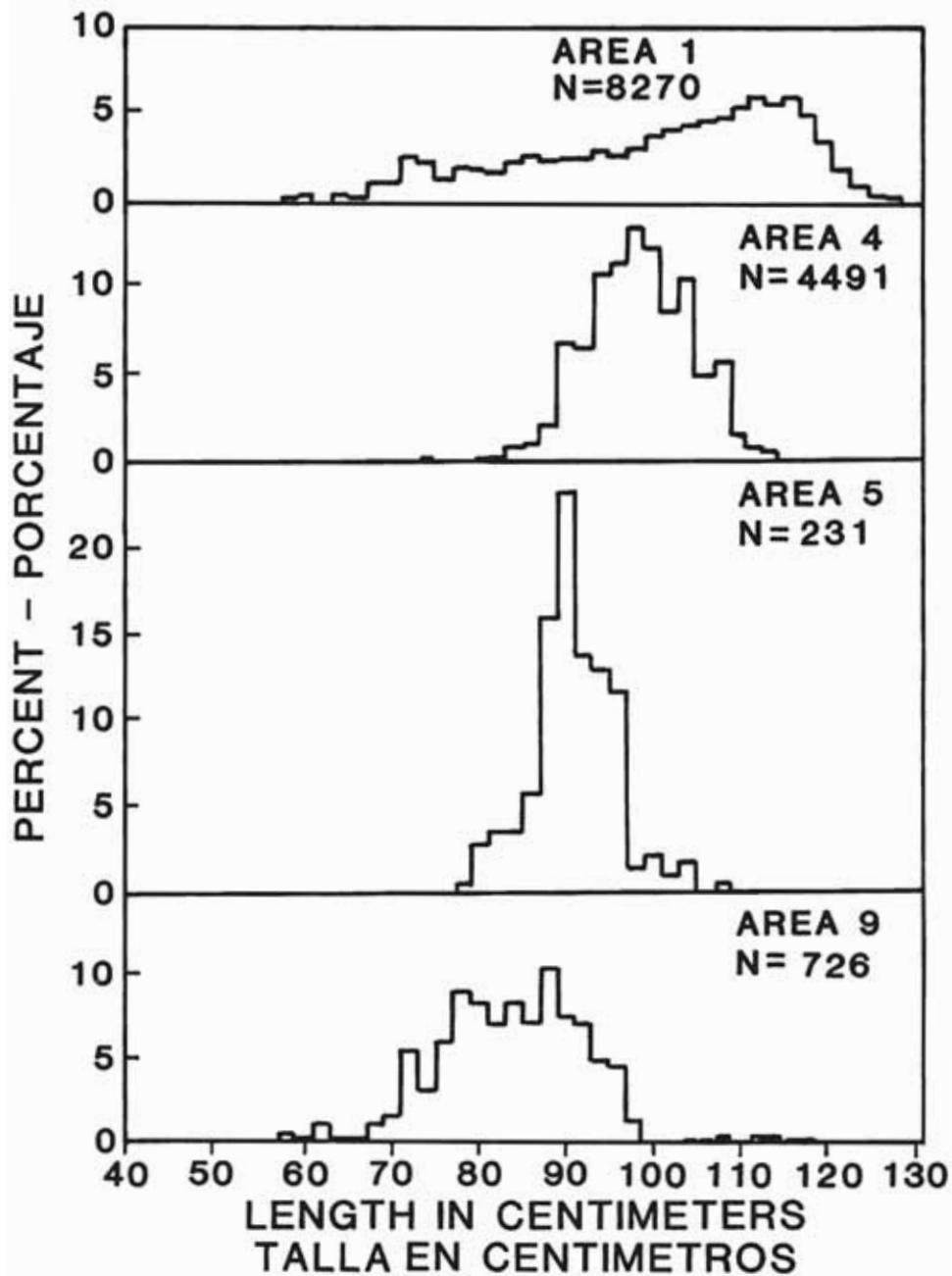


FIGURE 57. Length frequencies of albacore by area, 1981–1987.

FIGURA 57. Frecuencias de talla de albacora por área, 1981–1987.

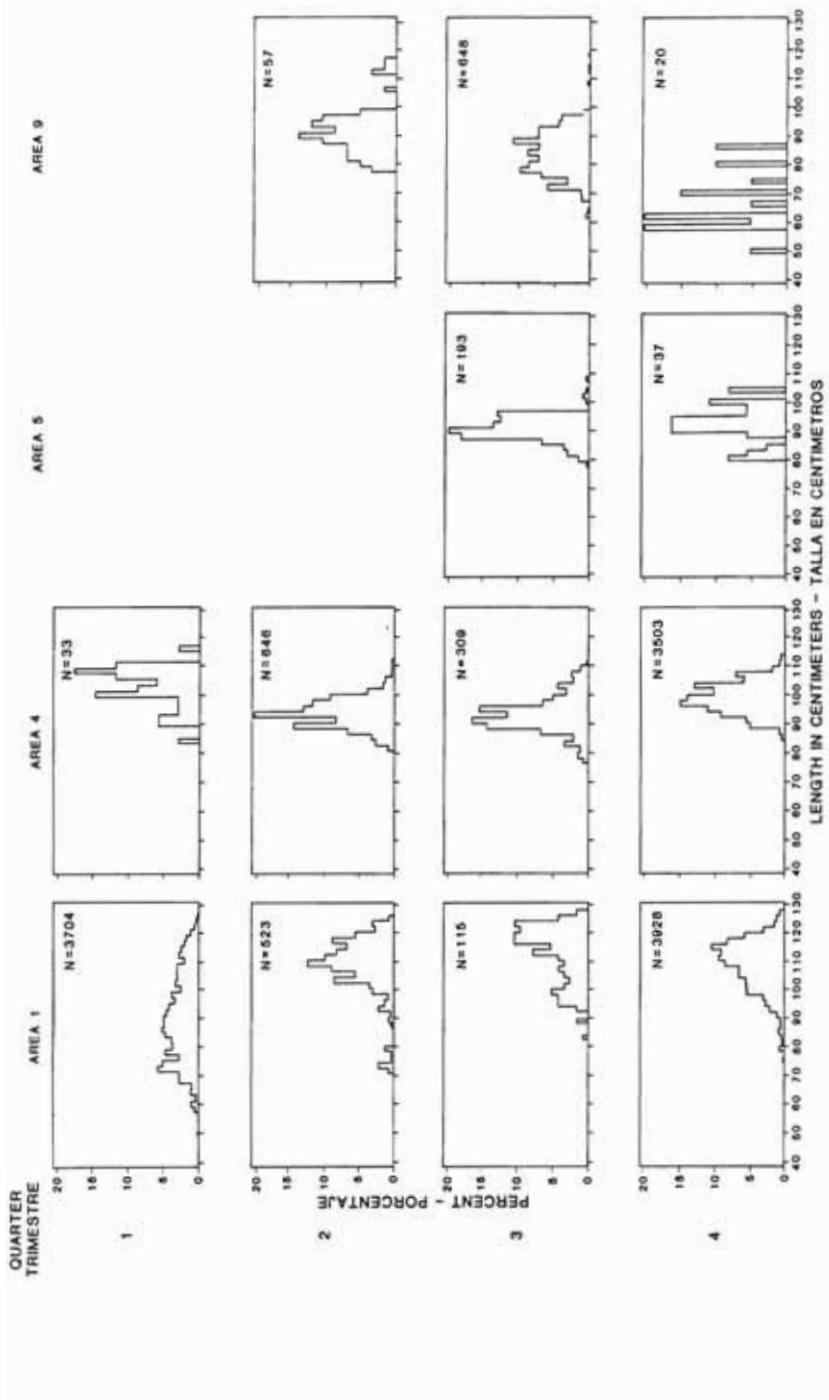


FIGURE 58. Quarterly length frequencies of albacore by area, 1981-1987.

FIGURA 58. Frecuencias de talla trimestrales de albacora por área, 1981-1987.

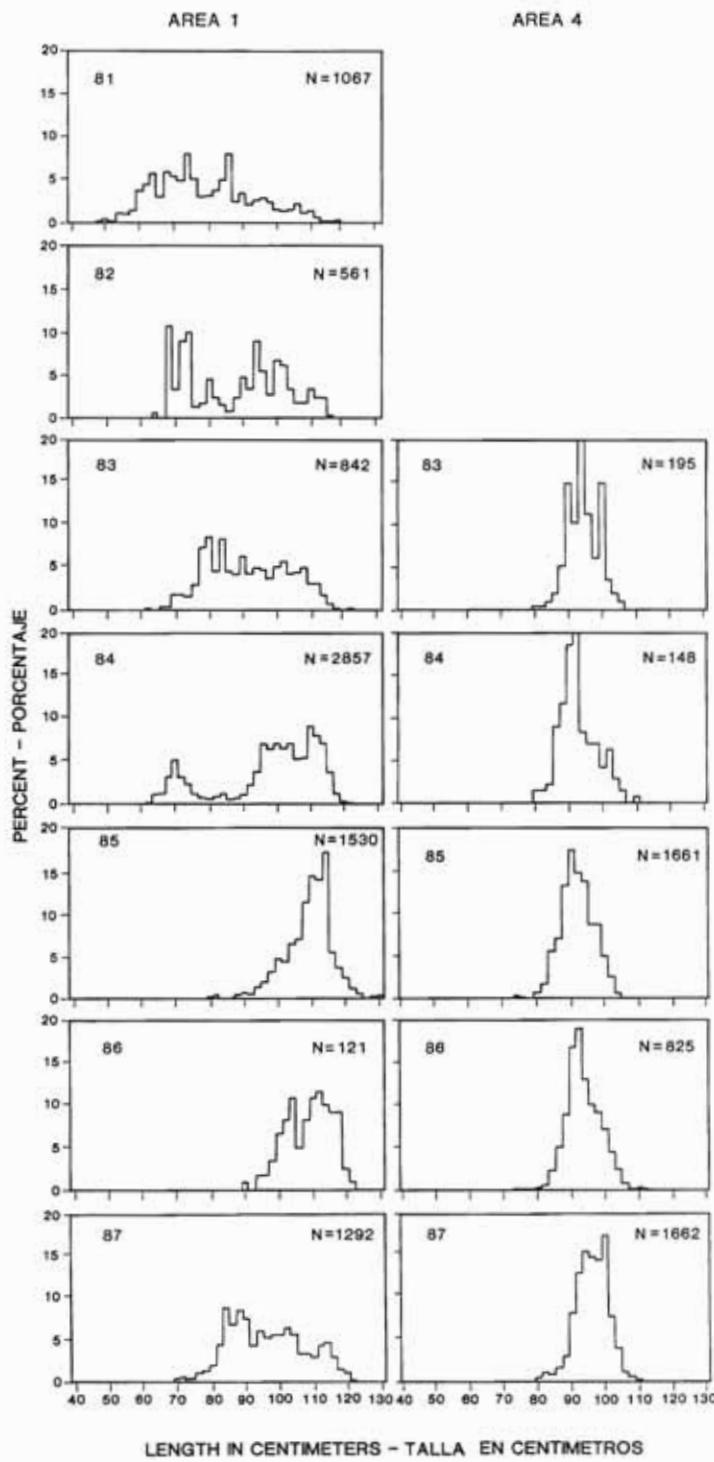


FIGURE 59. Annual length frequencies of albacore by area, 1981–1987.

FIGURA 59. Frecuencias de talla anuales de albacora por área, 1981–1987.

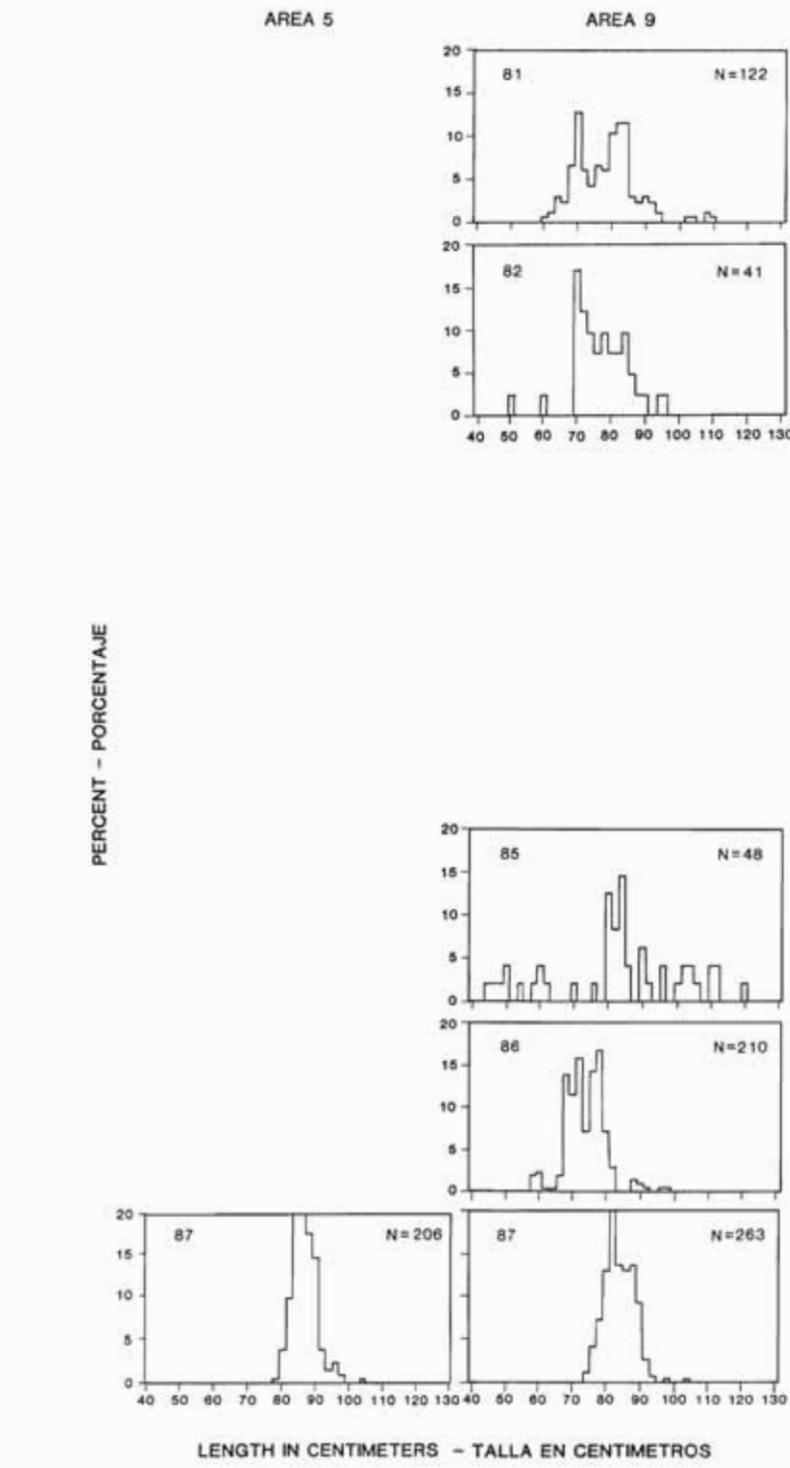


FIGURE 59. (continued)
FIGURA 59. (continuación)

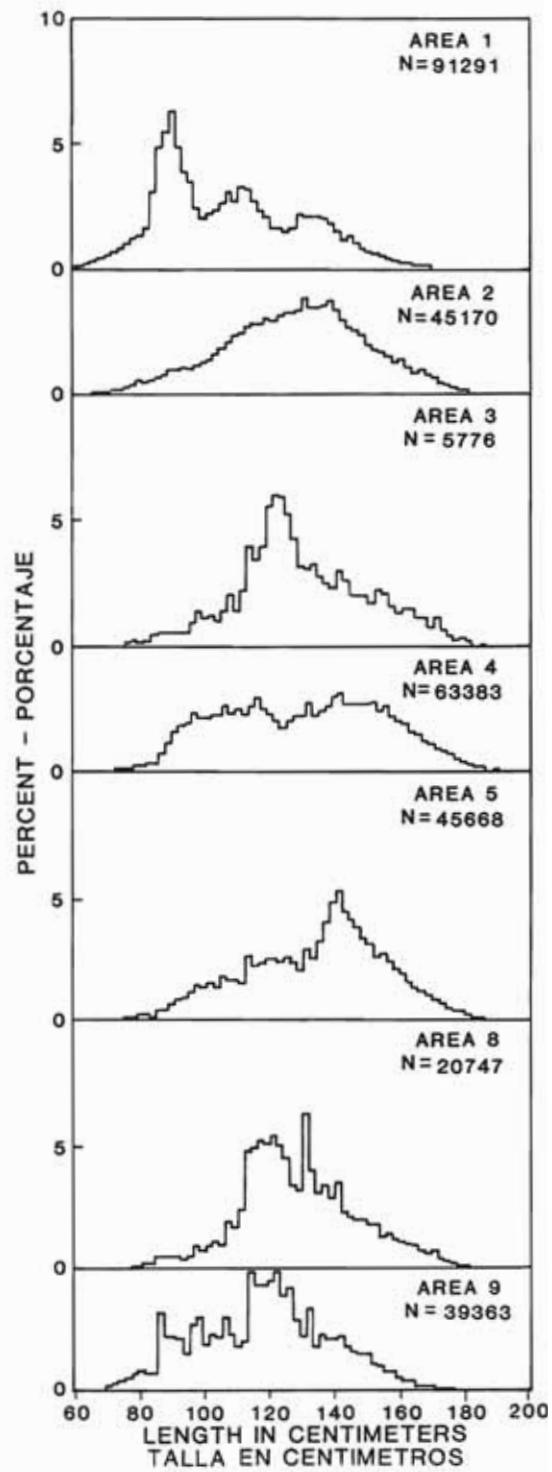


FIGURE 60. Length frequencies of bigeye by area, 1981–1987.

FIGURA 60. Frecuencias de talla de patudo por área, 1981–1987.

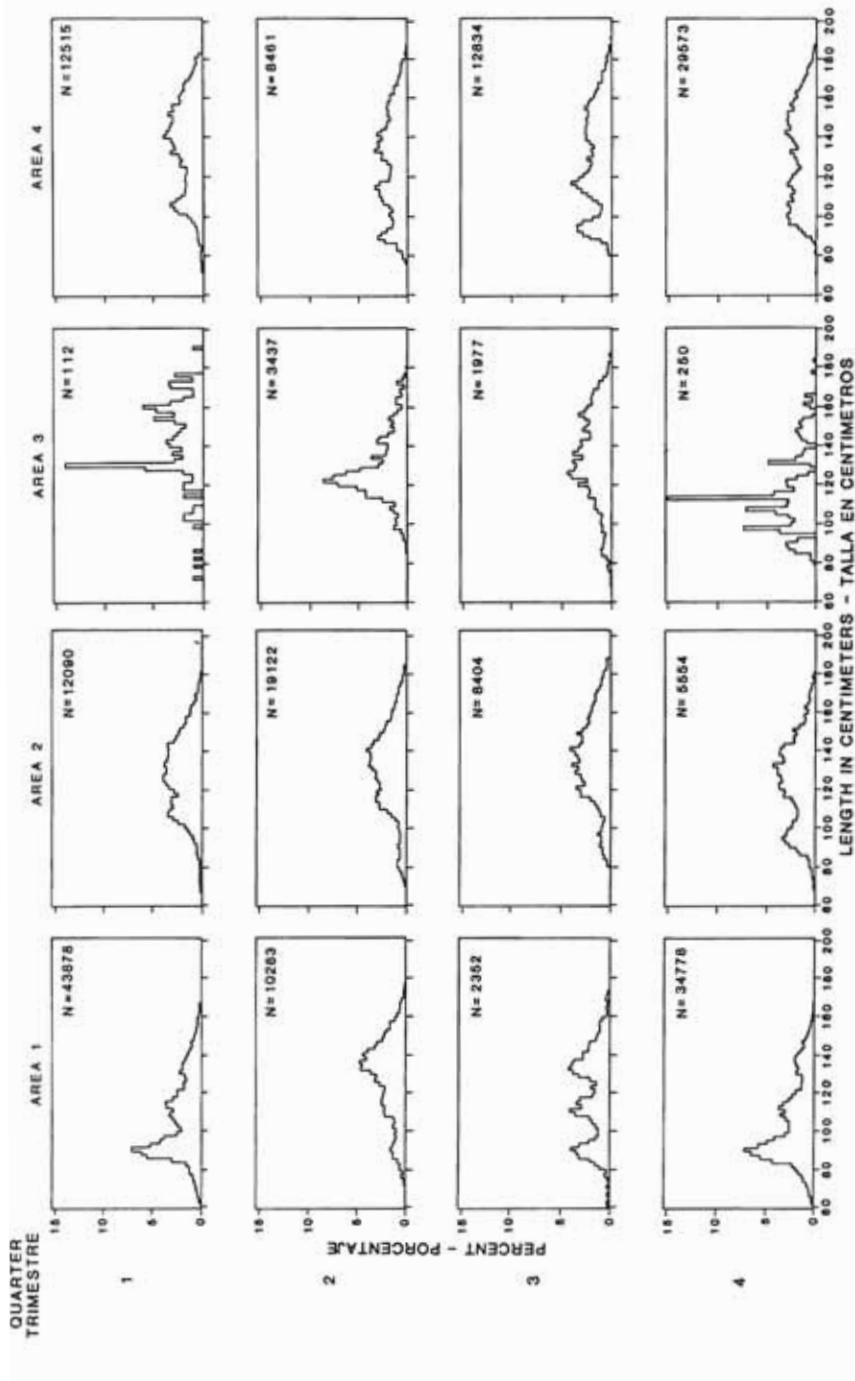


FIGURE 61. Quarterly length frequencies of bigeye by area, 1981-1987.

FIGURA 61. Frecuencias de talla trimestrales de patudo por área, 1981-1987.

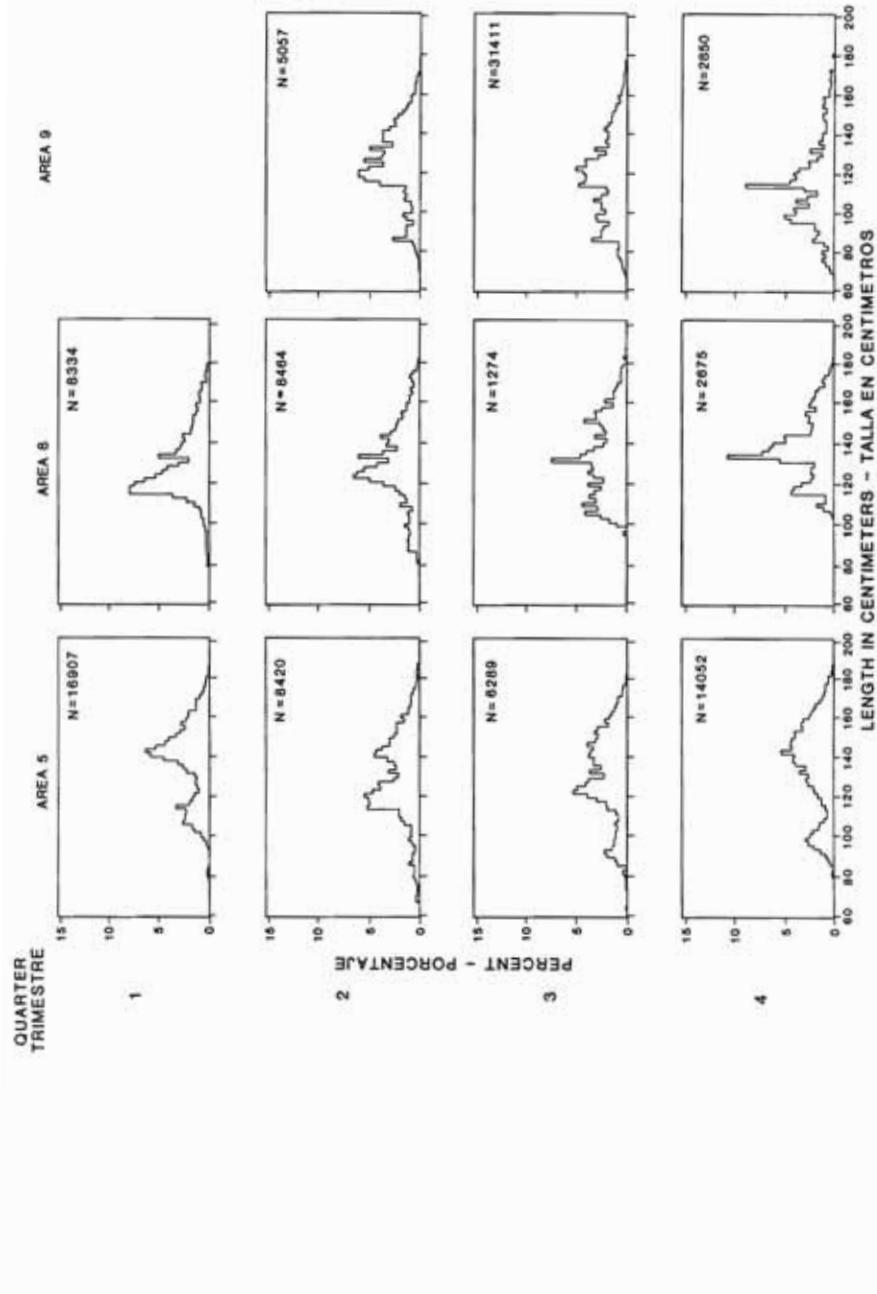


FIGURE 6L. (continued)
FIGURA 6L. (continuación)

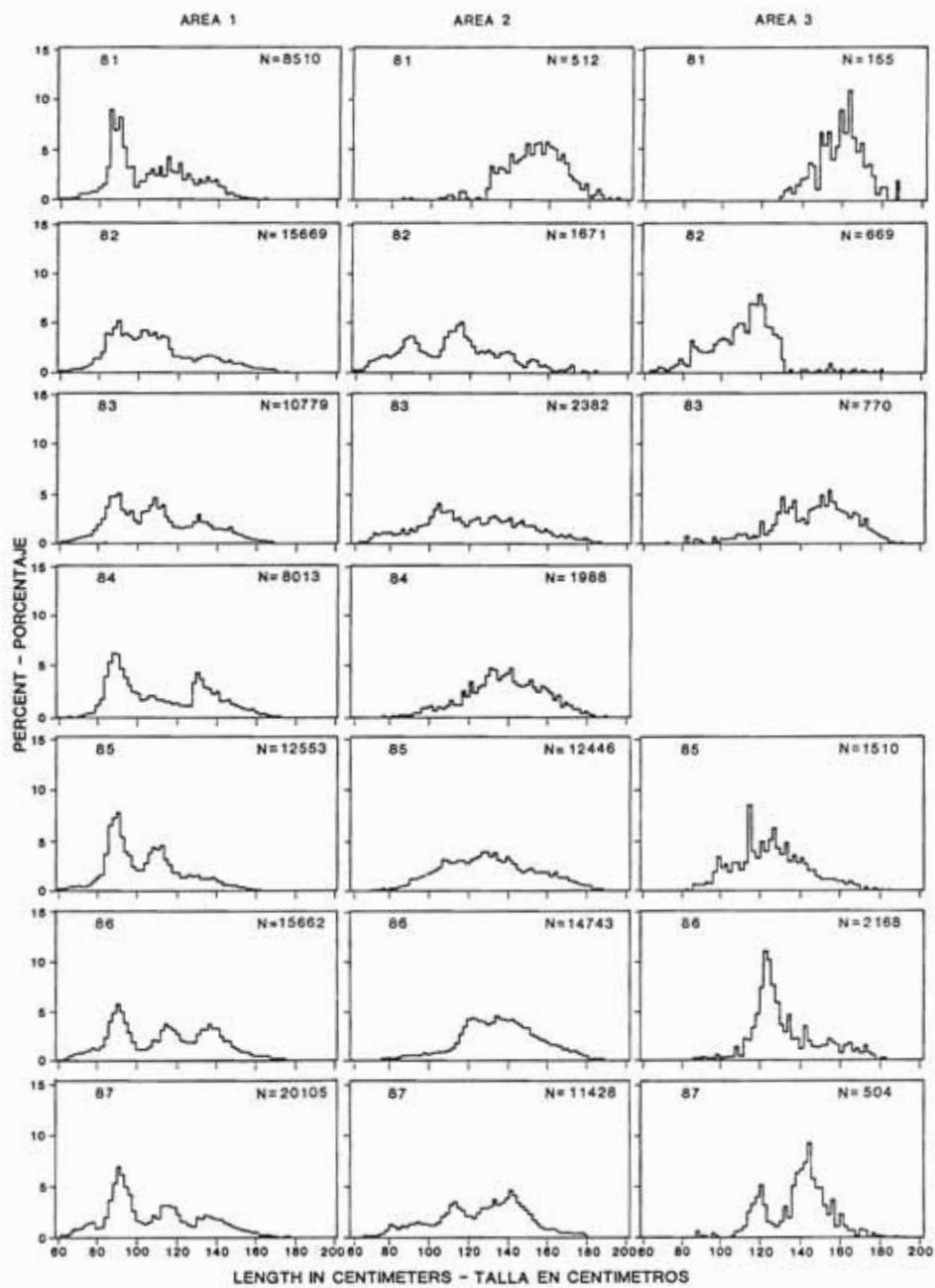


FIGURE 62. Annual length frequencies of bigeye by area, 1981–1987.

FIGURA 62. Frecuencias de talla anuales de patudo por área, 1981–1987.

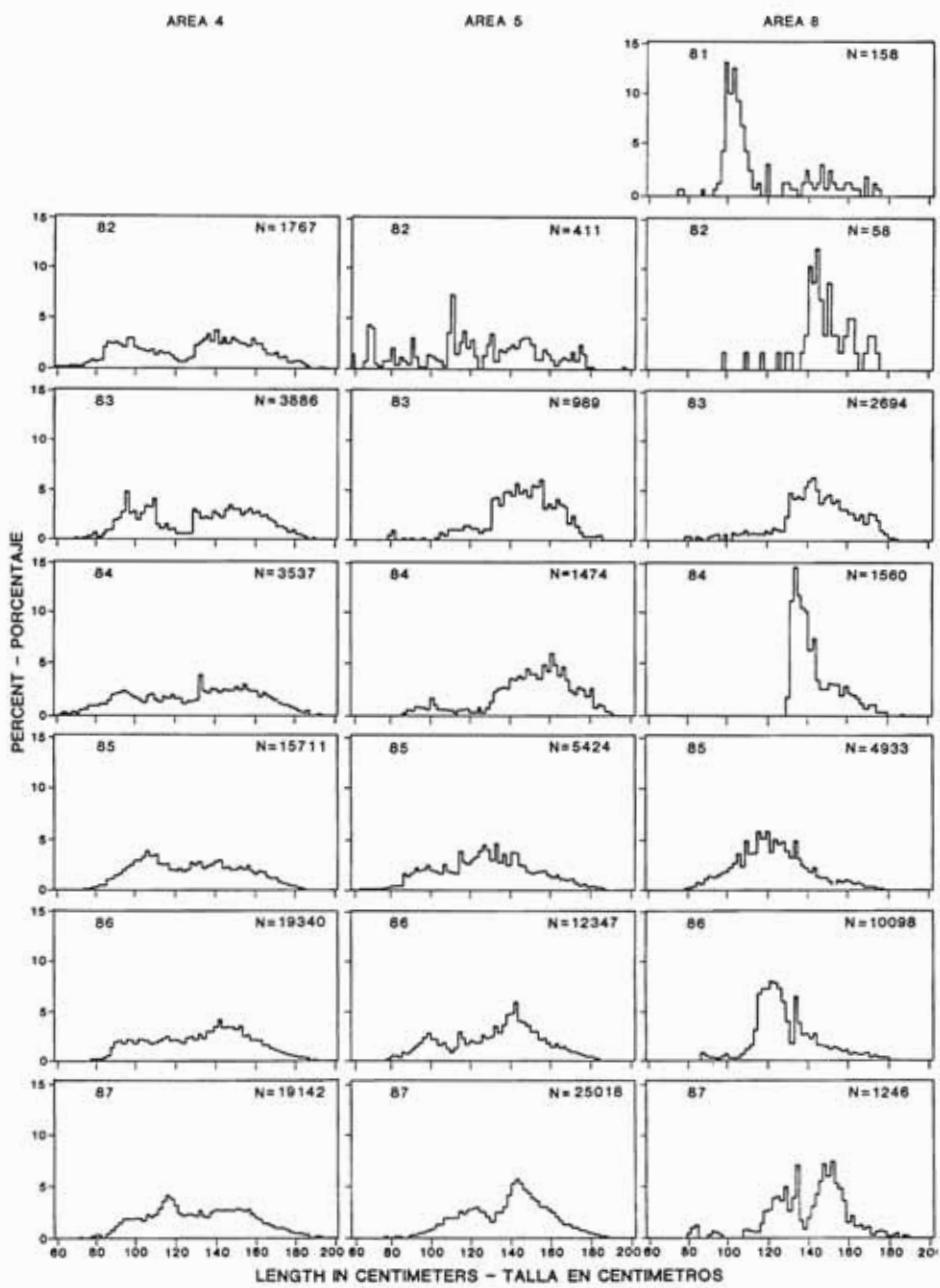


FIGURE 62. (continued)
FIGURA 62. (continuación)

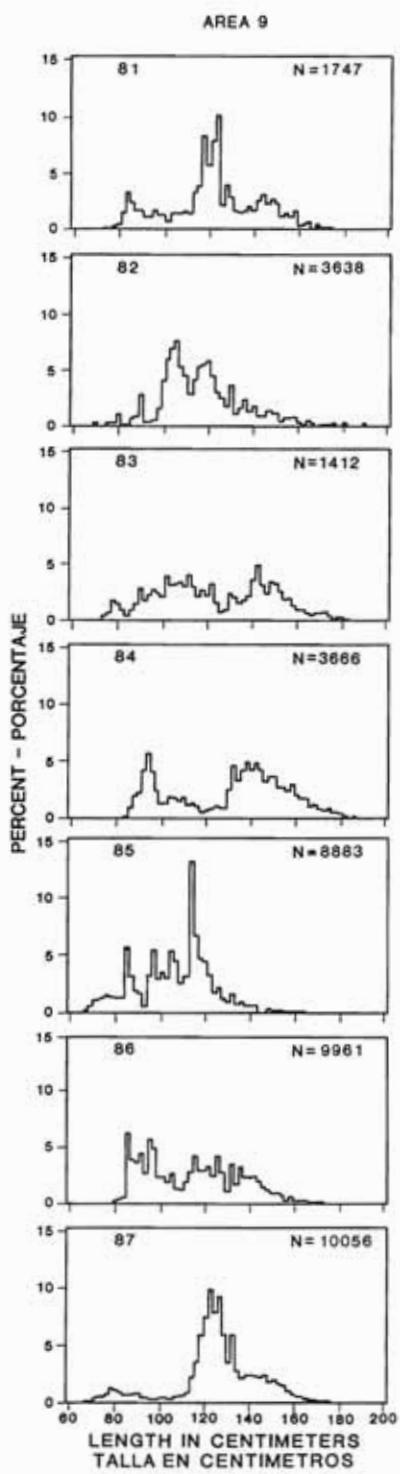


FIGURE 62. (continued)

FIGURA 62. (continuación)

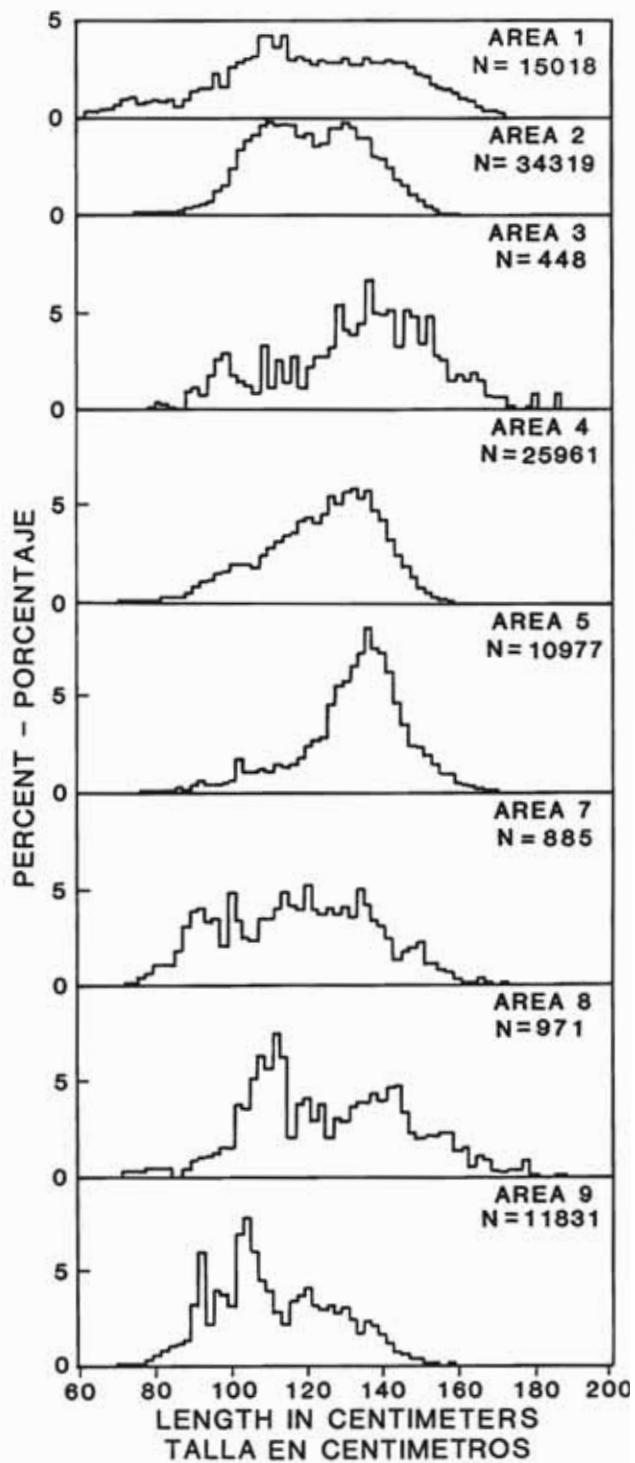


FIGURE 63. Length frequencies of yellowfin by area, 1981-1987.

FIGURA 63. Frecuencias de talla de aleta amarilla por área, 1981-1987.

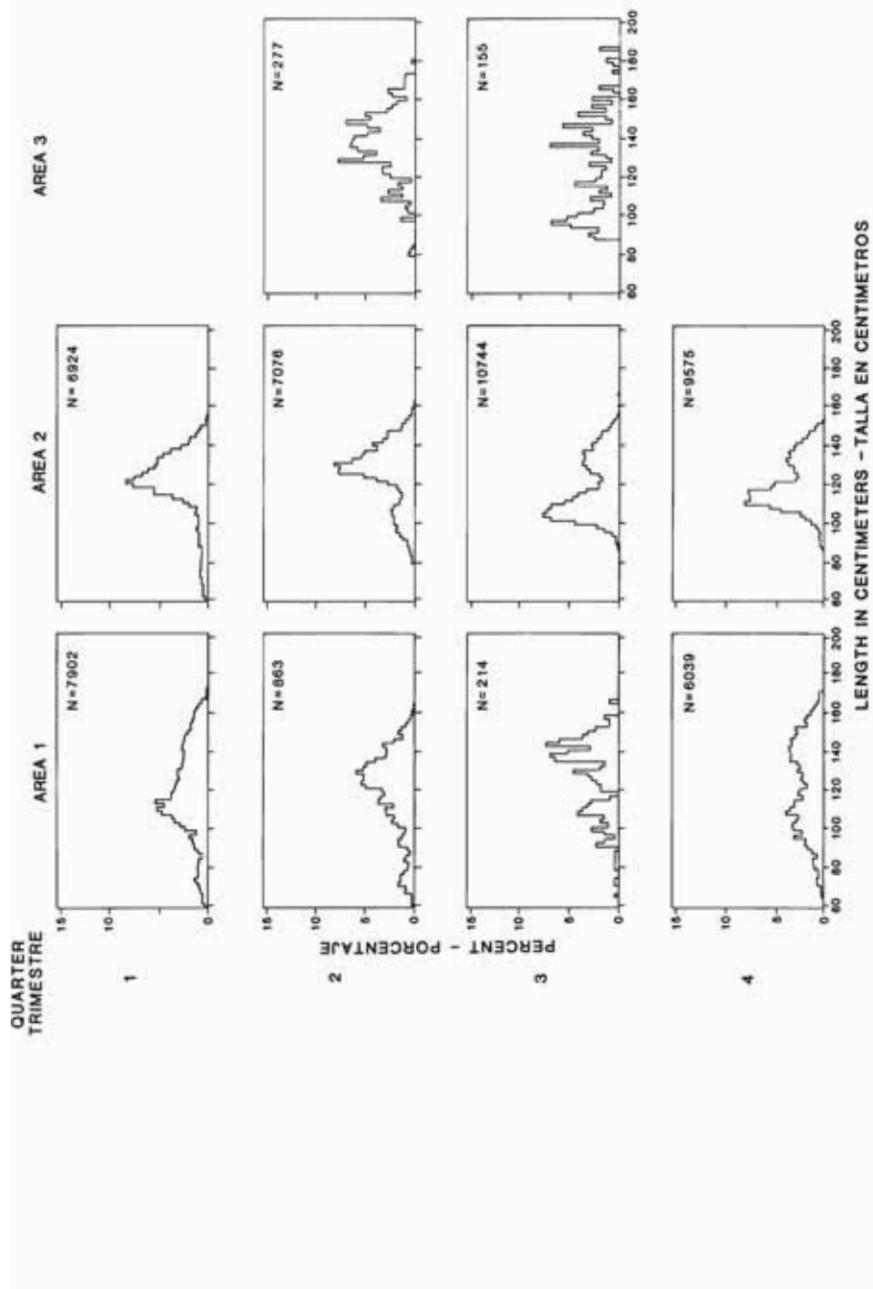


FIGURE 64. Quarterly length frequencies of yellowfin by area, 1981-1987.

FIGURA 64. Frecuencias de talla trimestrales de aleta amarilla por área, 1981-1987.

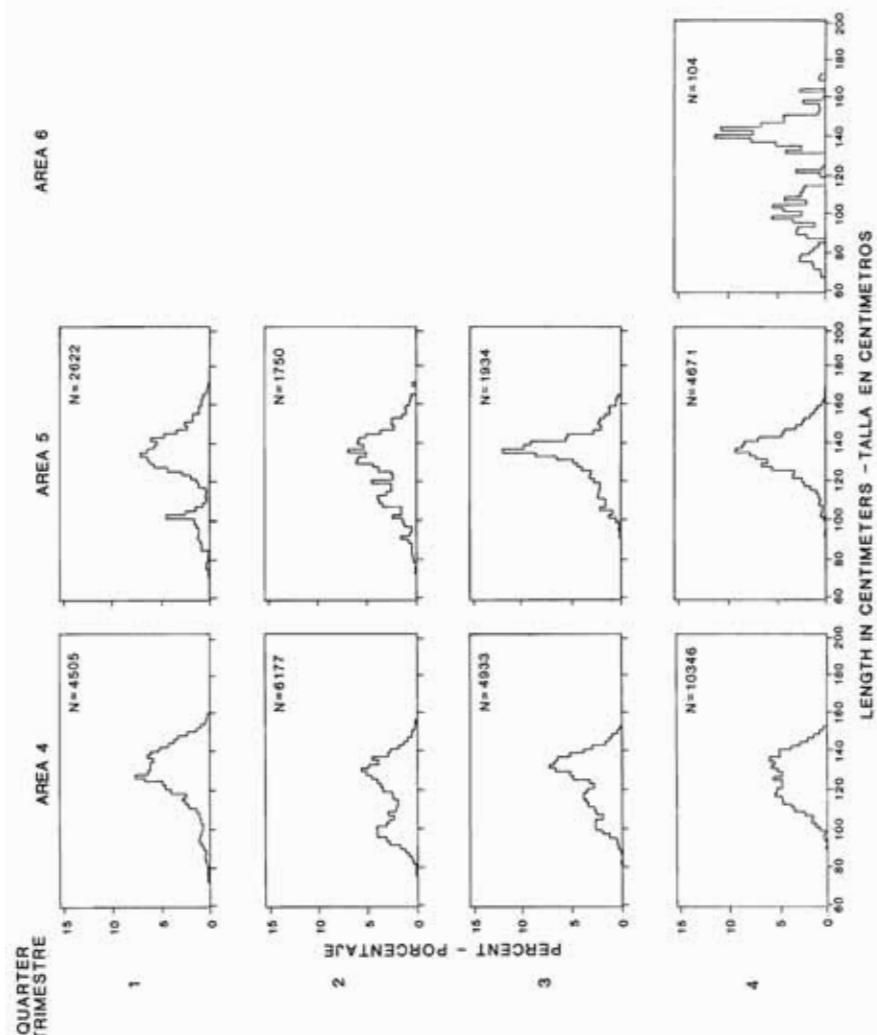


FIGURE 64. (continued)

FIGURA 64. (continuación)

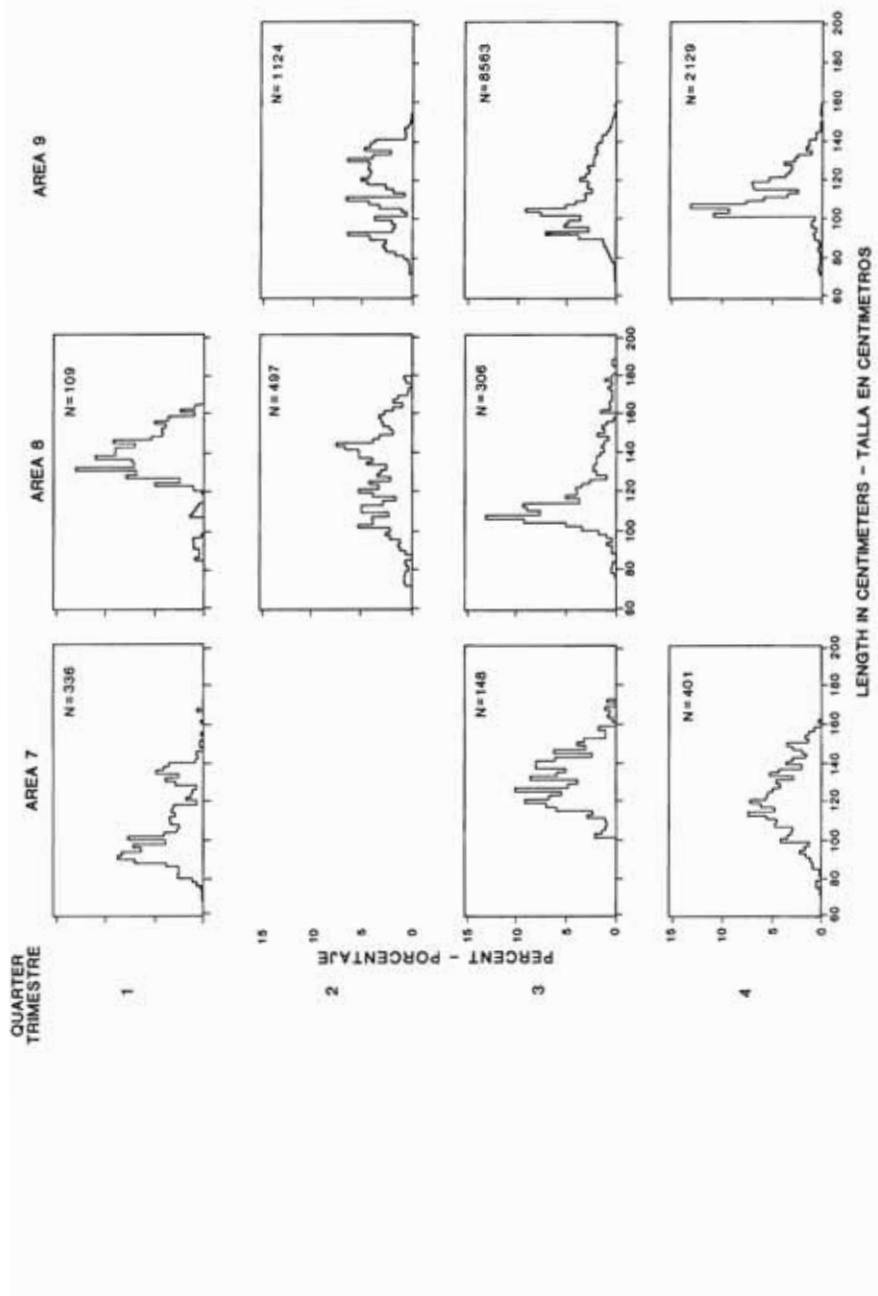


FIGURE 64. (continued)
FIGURA 64. (continuación)

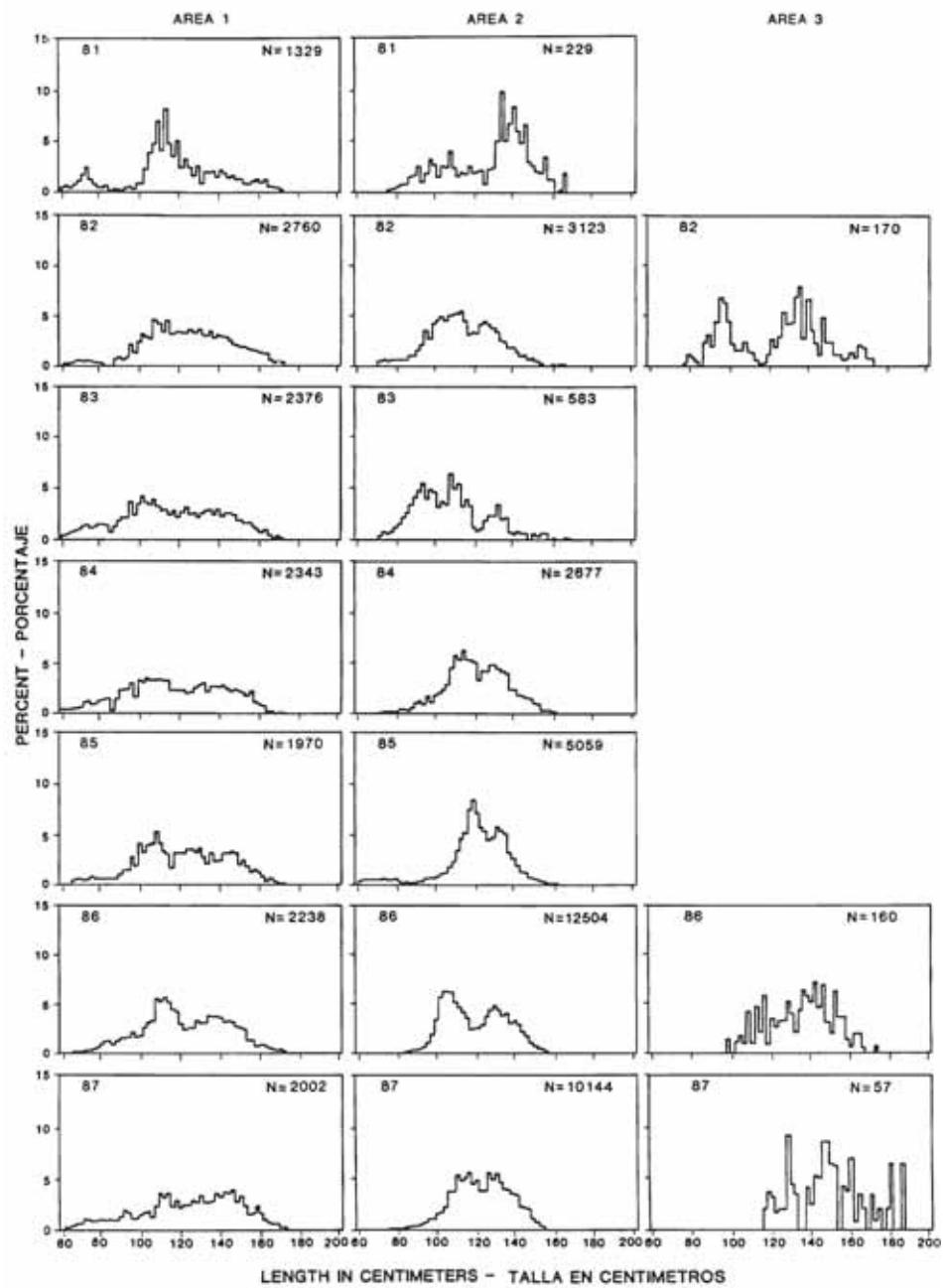


FIGURE 65. Annual length frequencies of yellowfin by area, 1981–1987.

FIGURA 65. Frecuencias de talla anuales de aleta amarilla por área, 1981–1987.

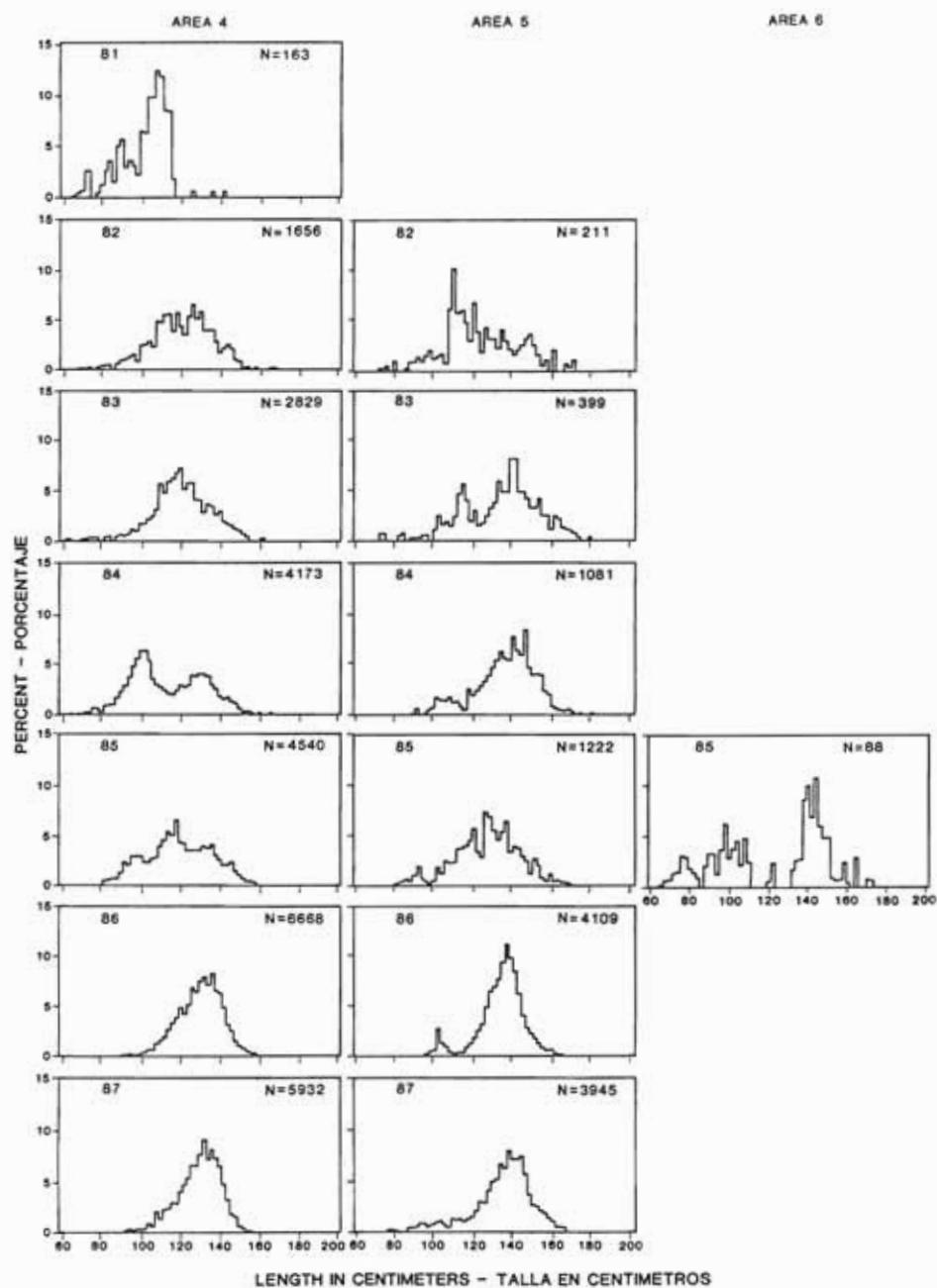


FIGURE 65. (continued)
FIGURA 65. (continuación)

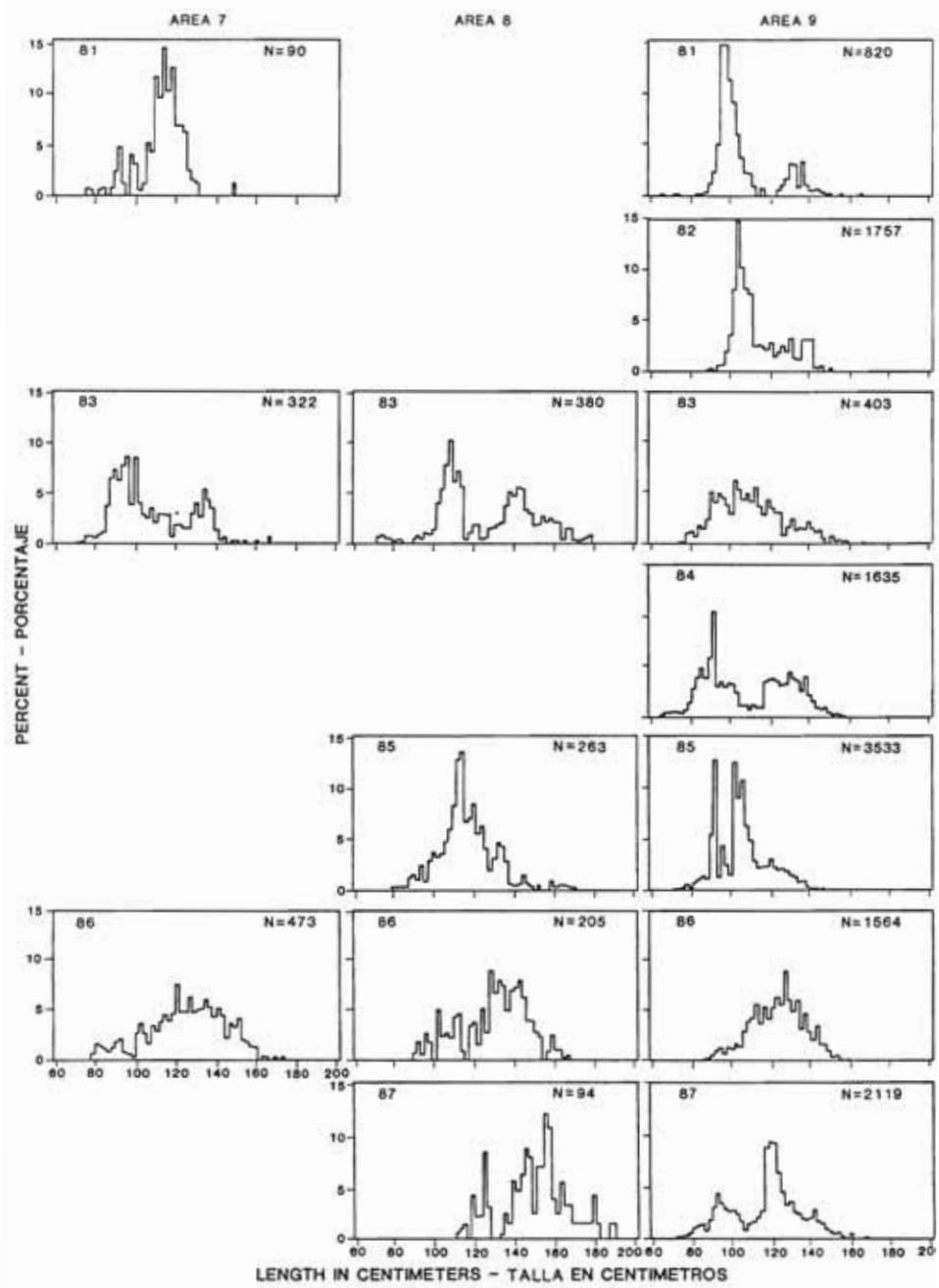


FIGURE 65. (continued)

FIGURA 65. (continuación)

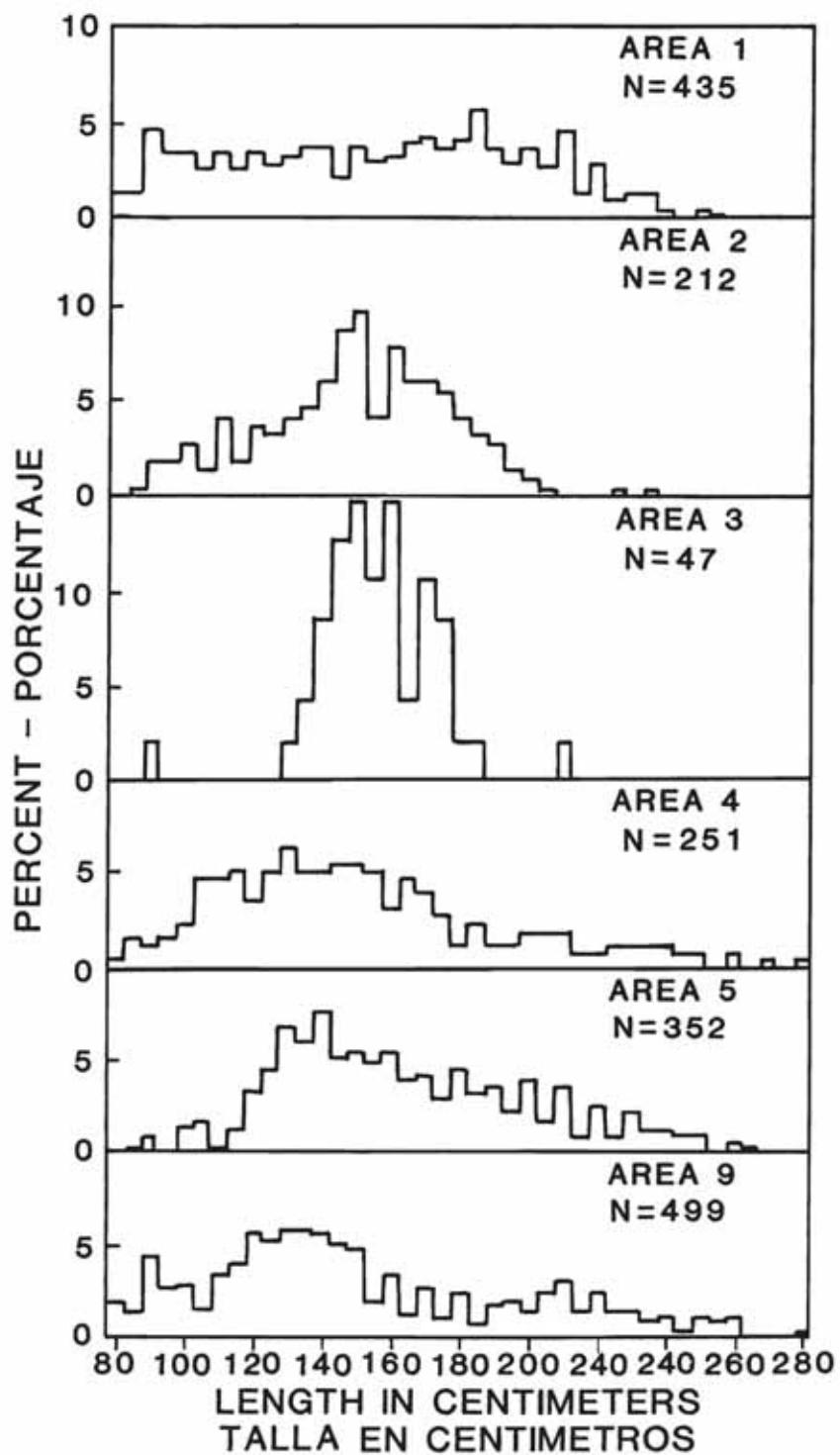


FIGURE 66. Length frequencies of swordfish by area, 1981-1987.

FIGURA 66. Frecuencias de talla de pez espada por área, 1981-1987.

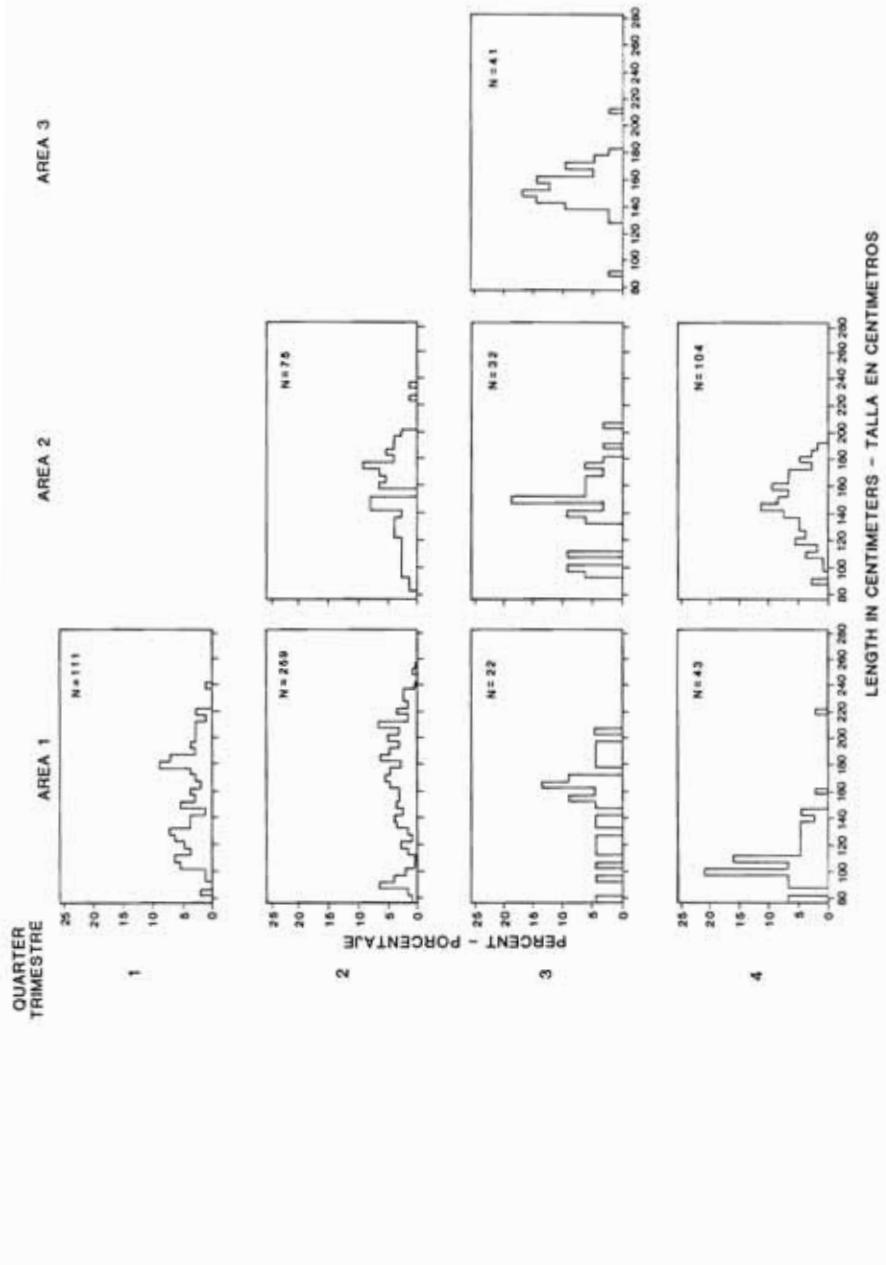


FIGURE 67. Quarterly length frequencies of swordfish by area, 1981-1987.
FIGURA 67. Frecuencias de talla trimestrales de pez espada por área, 1981-1987.

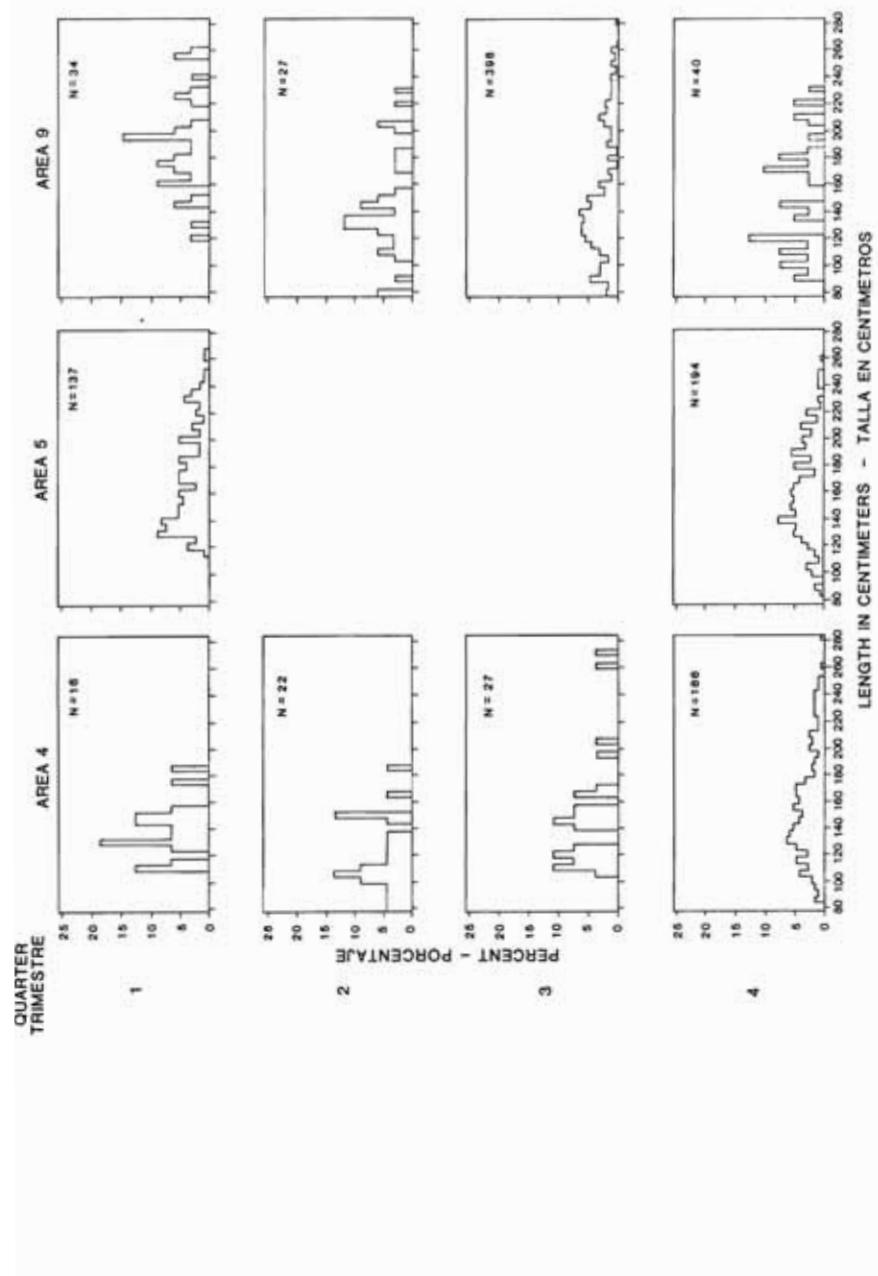


FIGURE 67. (continued)
FIGURA 67. (continuación)

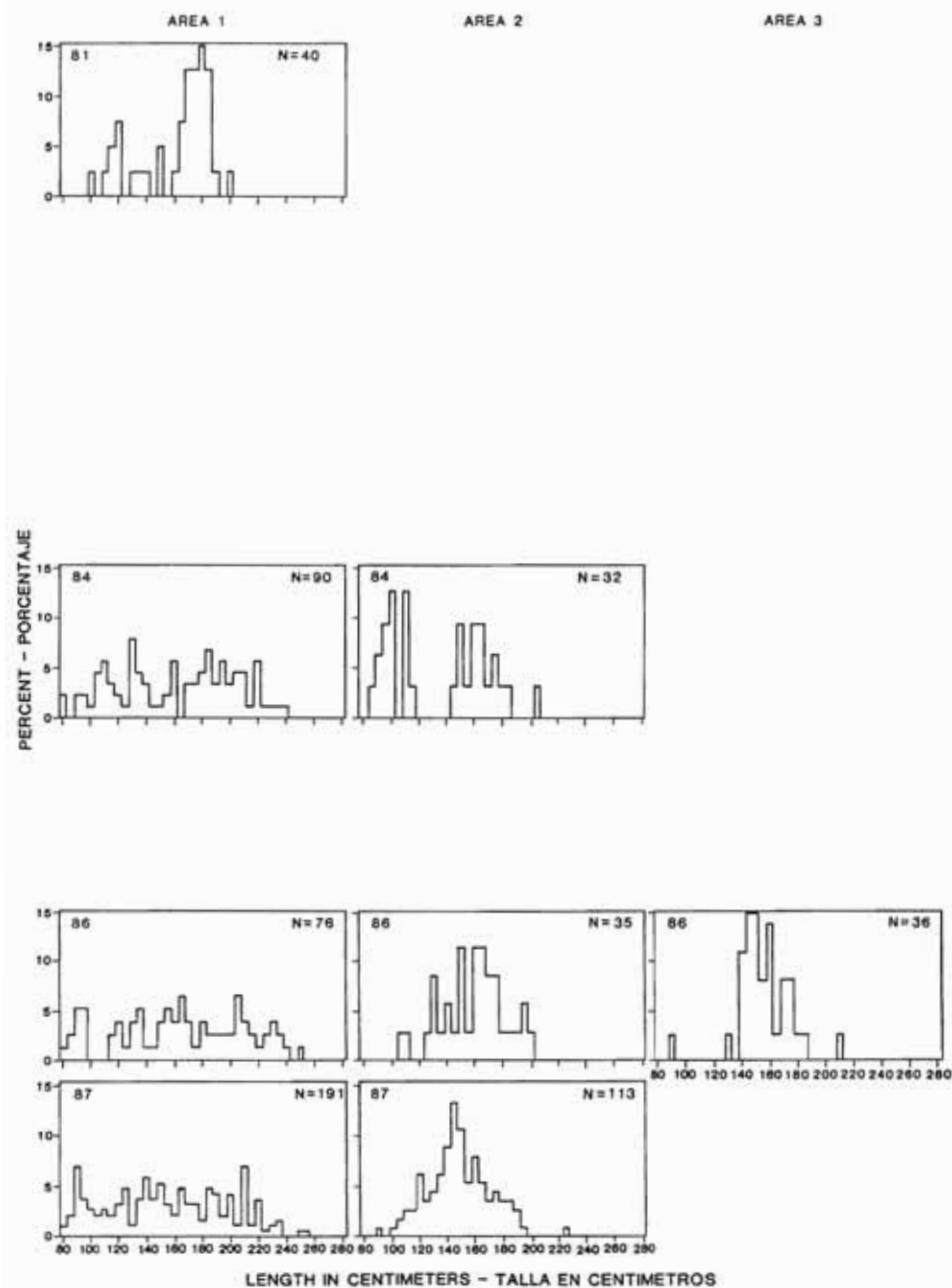


FIGURE 68. Annual length frequencies of swordfish by area, 1981–1987.

FIGURA 68. Frecuencias de talla anuales de pez espada por área, 1981–1987.

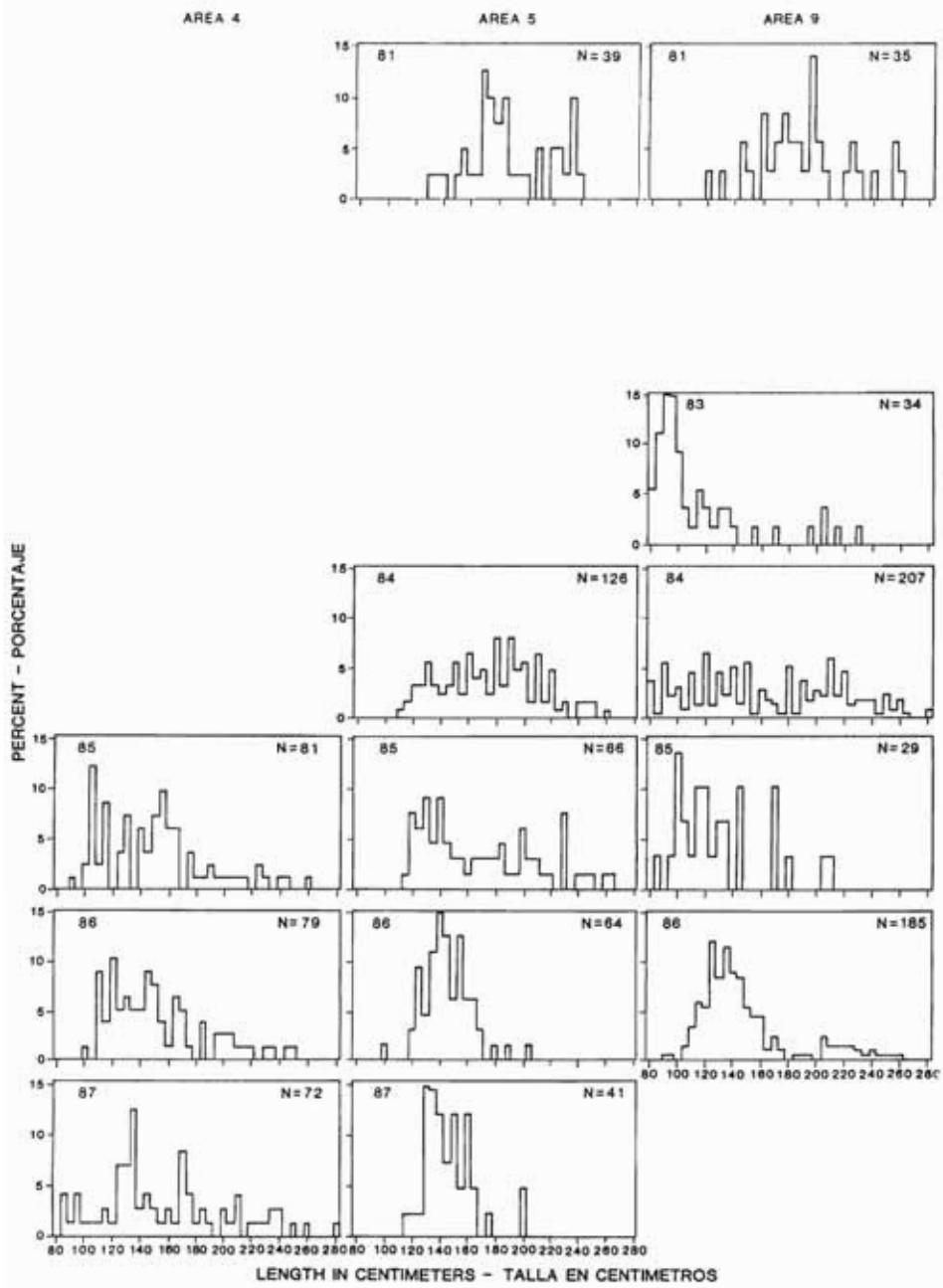


FIGURE 68. (continued)
FIGURA 68. (continuación)

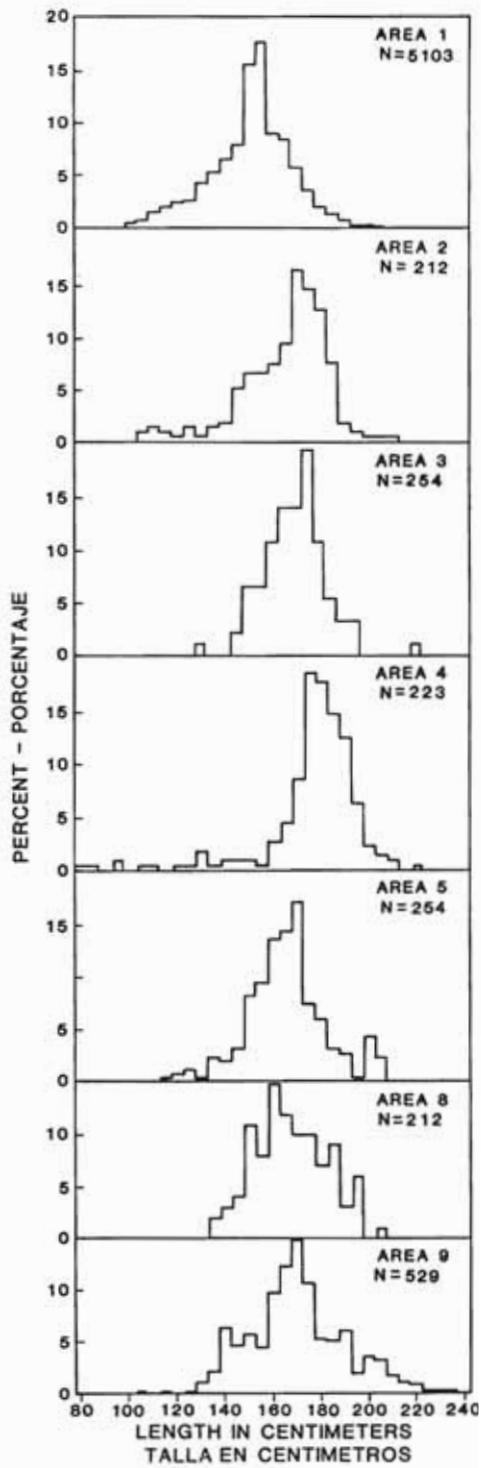


FIGURE 69. Length frequencies of striped marlin by area, 1981-1987.

FIGURA 69. Frecuencias de talla de marlín rayado por área, 1981-1987.

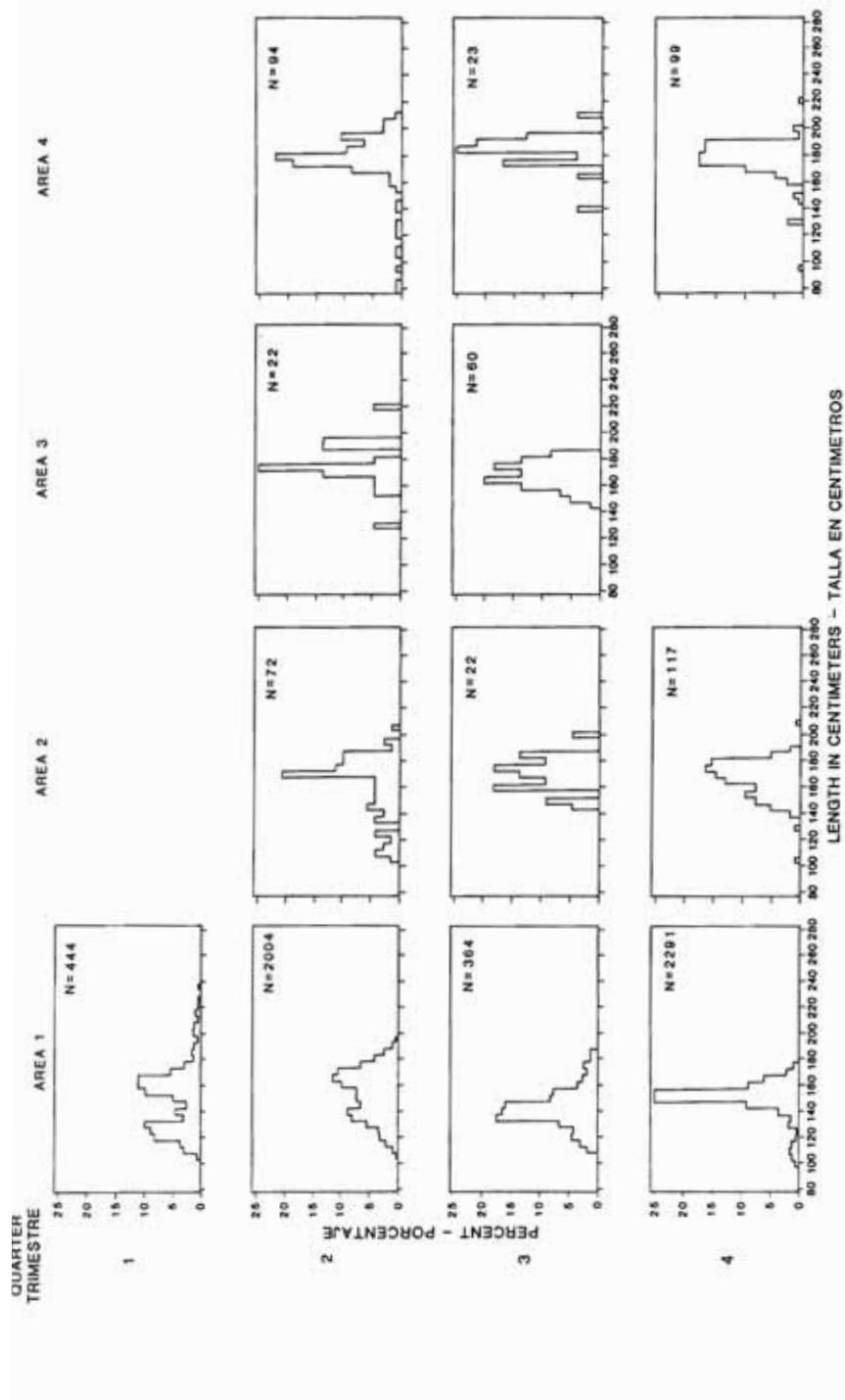


FIGURE 70. Quarterly length frequencies of striped marlin by area, 1981-1987.

FIGURA 70. Frecuencias de talla trimestrales de marlin rayado por área, 1981-1987.

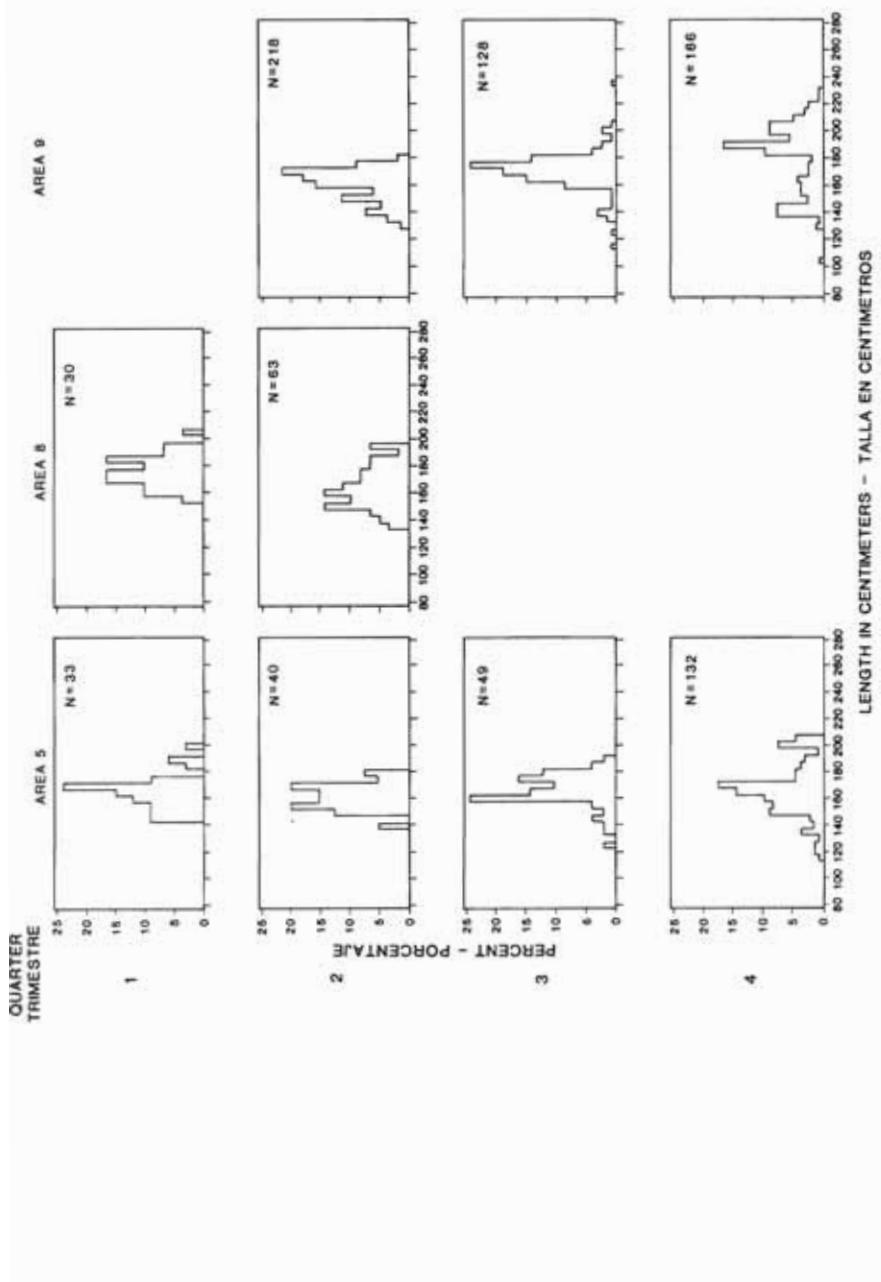


FIGURE 70. (continued)
FIGURA 70. (continuación)

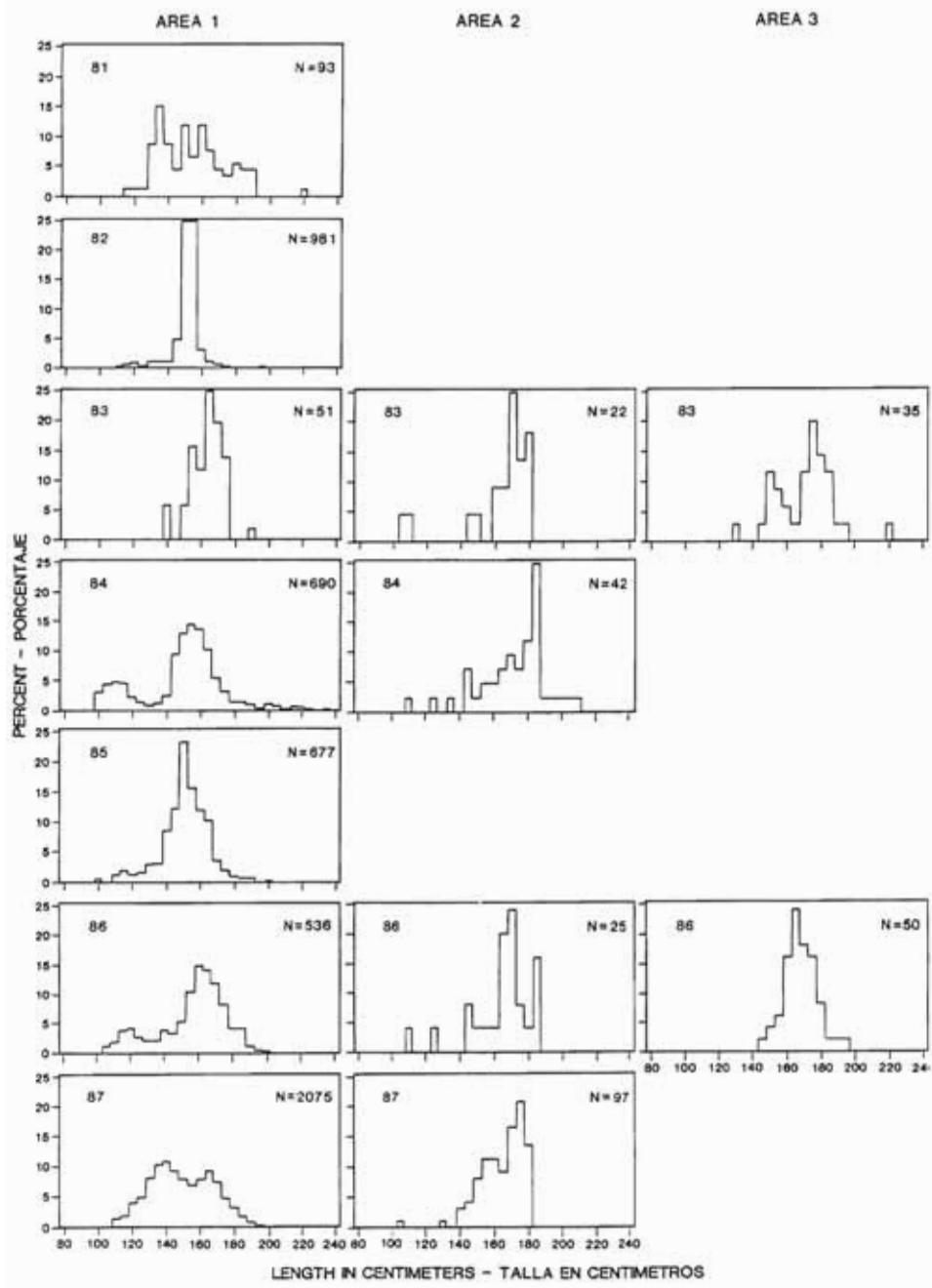


FIGURE 71. Annual length frequencies of striped marlin by area, 1981-1987.
FIGURA 71. Frecuencias de talla anuales de marlin rayado por área, 1981-1987.

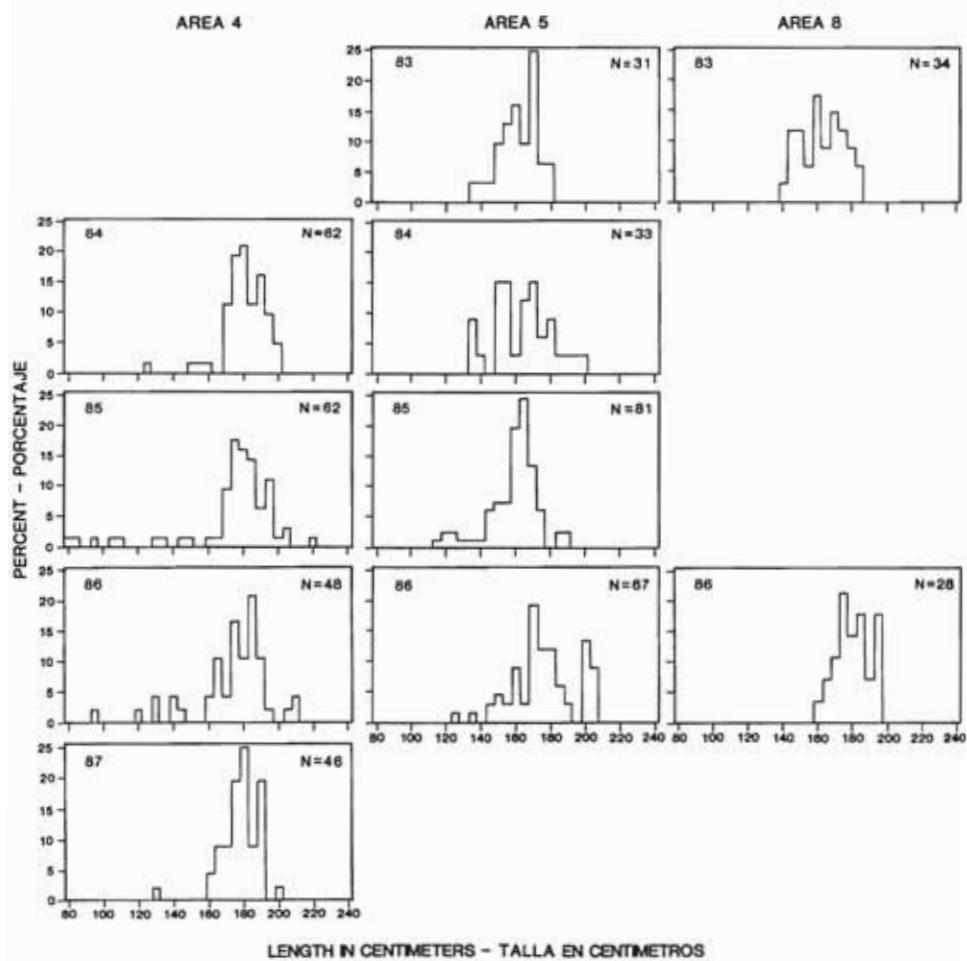


FIGURE 71. (continued)
FIGURA 71. (continuación)

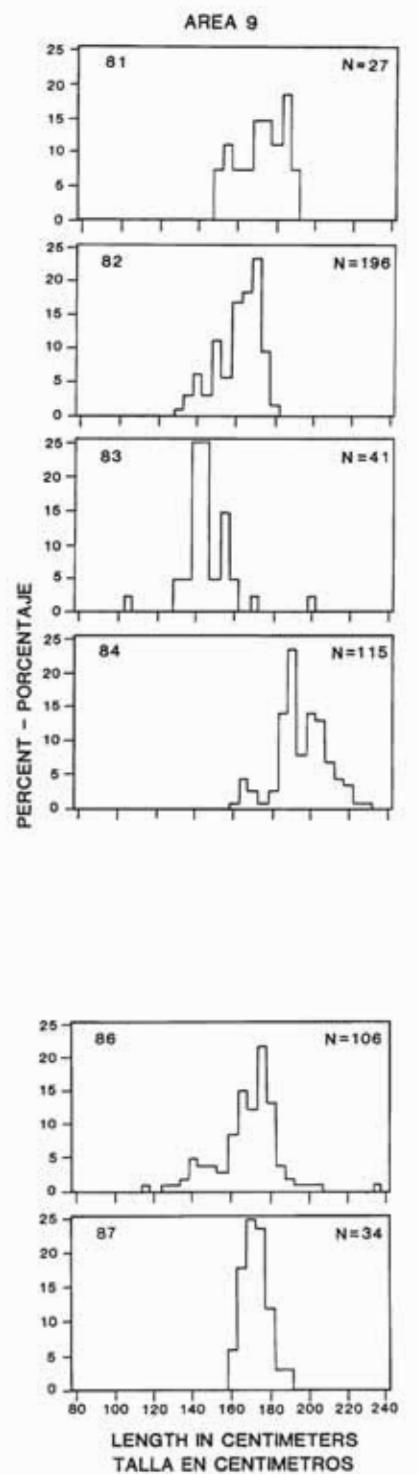


FIGURE 71. (continued)

FIGURA 71. (continuación)

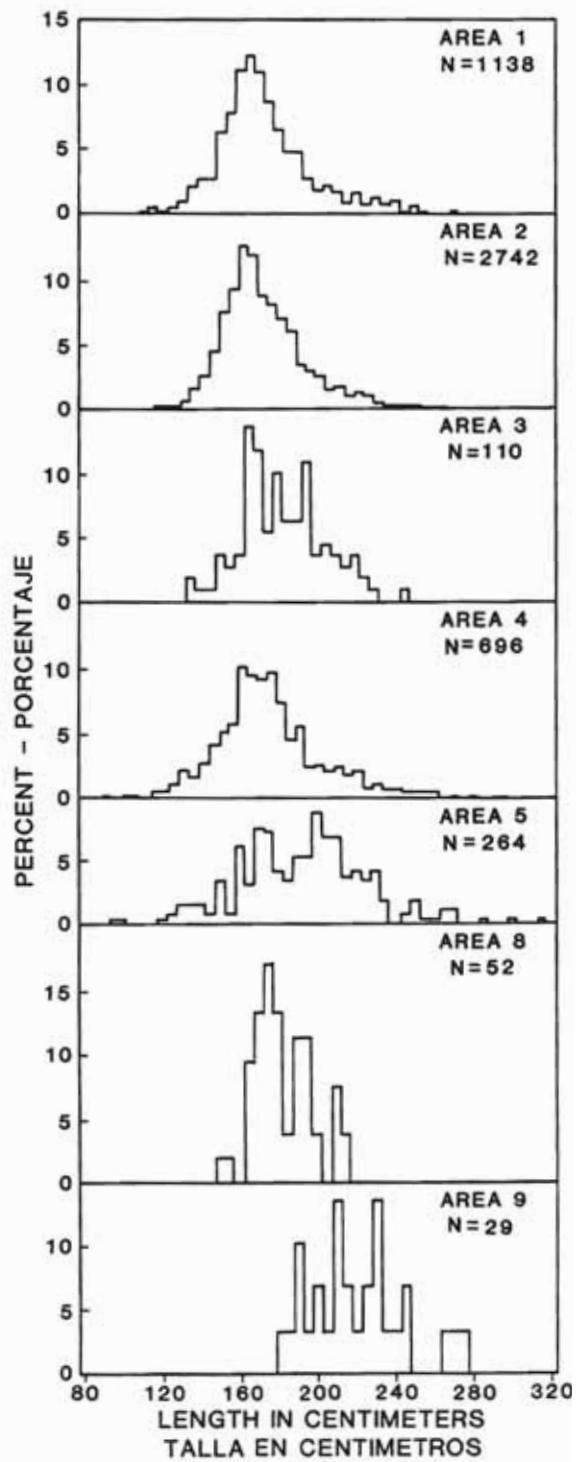


FIGURE 72. Length frequencies of blue marlin by area, 1981-1987.

FIGURA 72. Frecuencias de talla de marlín azul por área, 1981-1987.

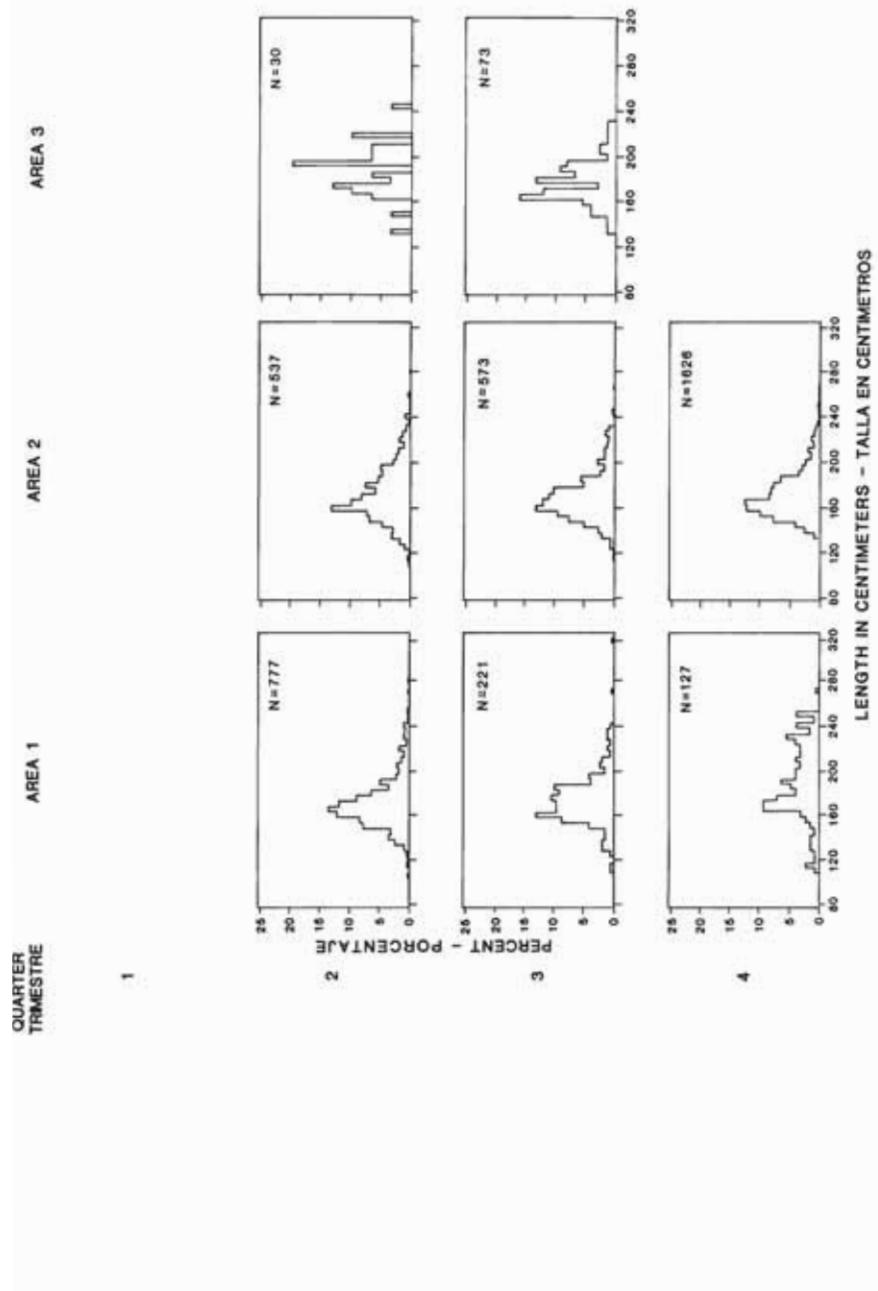


FIGURE 73. Quarterly length frequencies of blue marlin by area, 1981-1987.

FIGURA 73. Frecuencias de talla trimestrales de marlin azul por área, 1981-1987.

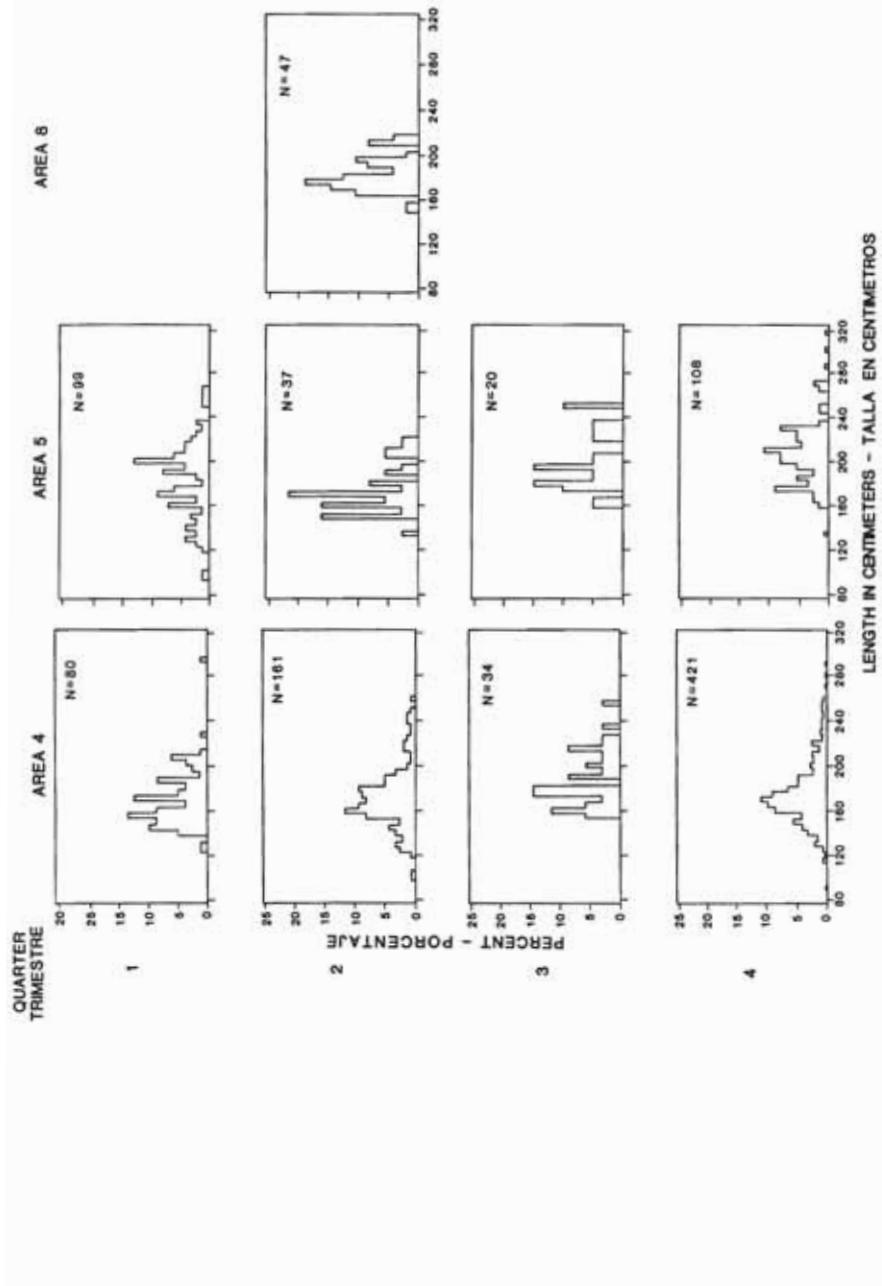


FIGURE 73. (continued)

FIGURA 73. (continuación)

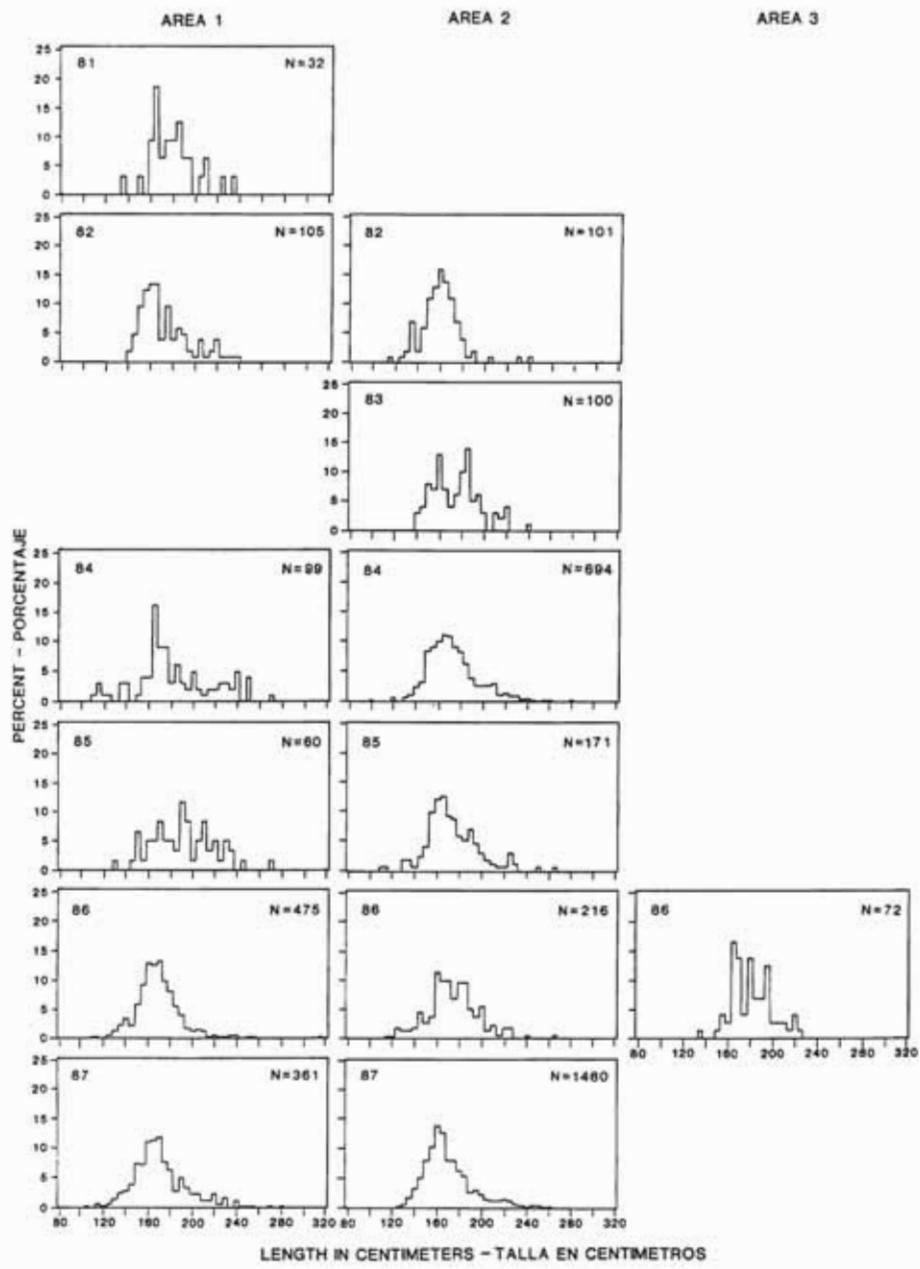


FIGURE 74. Annual length frequencies of blue marlin by area, 1981–1987.
FIGURA 74. Frecuencias de talla anuales de marlín azul por área, 1981–1987.

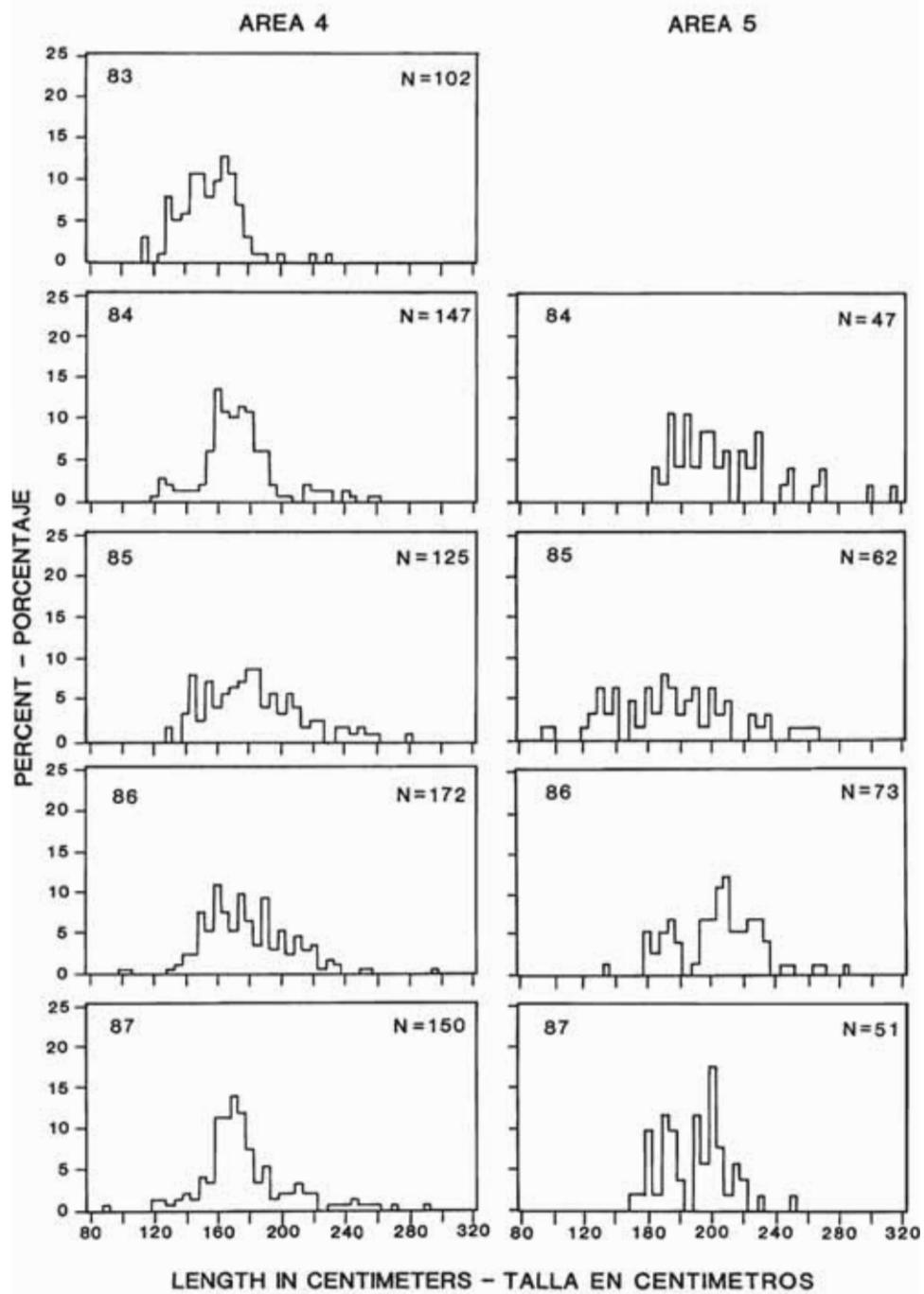


FIGURE 74. (continued)

FIGURA 74. (continuación)

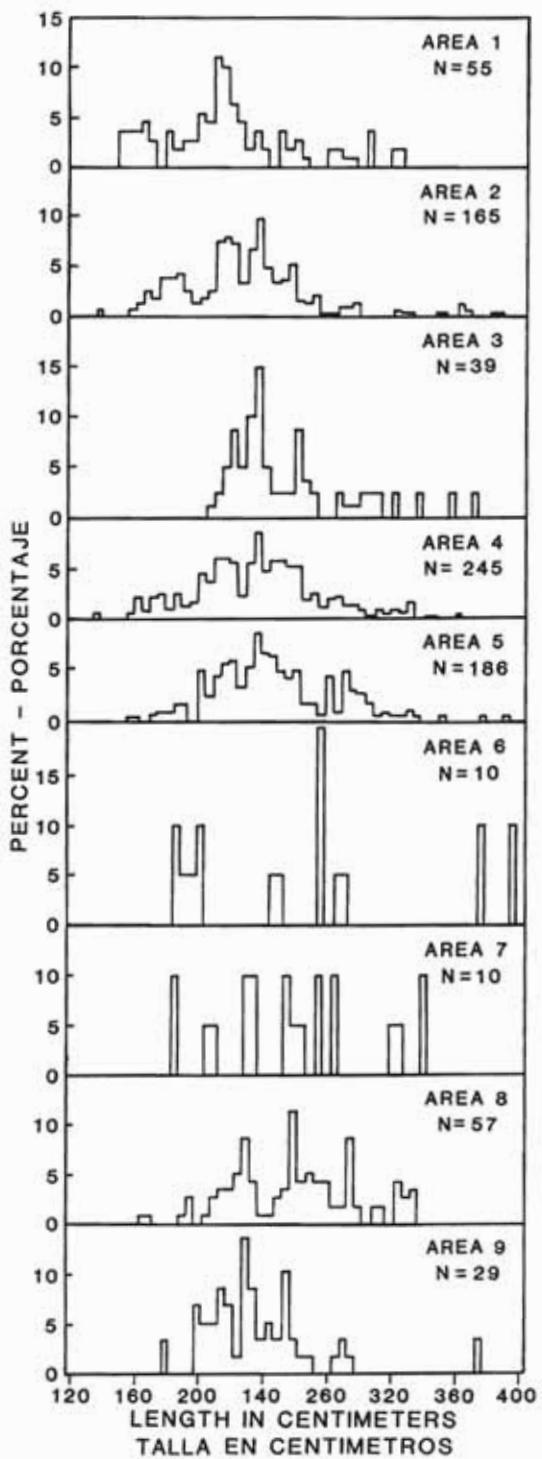


FIGURE 75. Length frequencies of black marlin by area, 1981-1987.

FIGURA 75. Frecuencias de talla de marlín negro por área, 1981-1987.

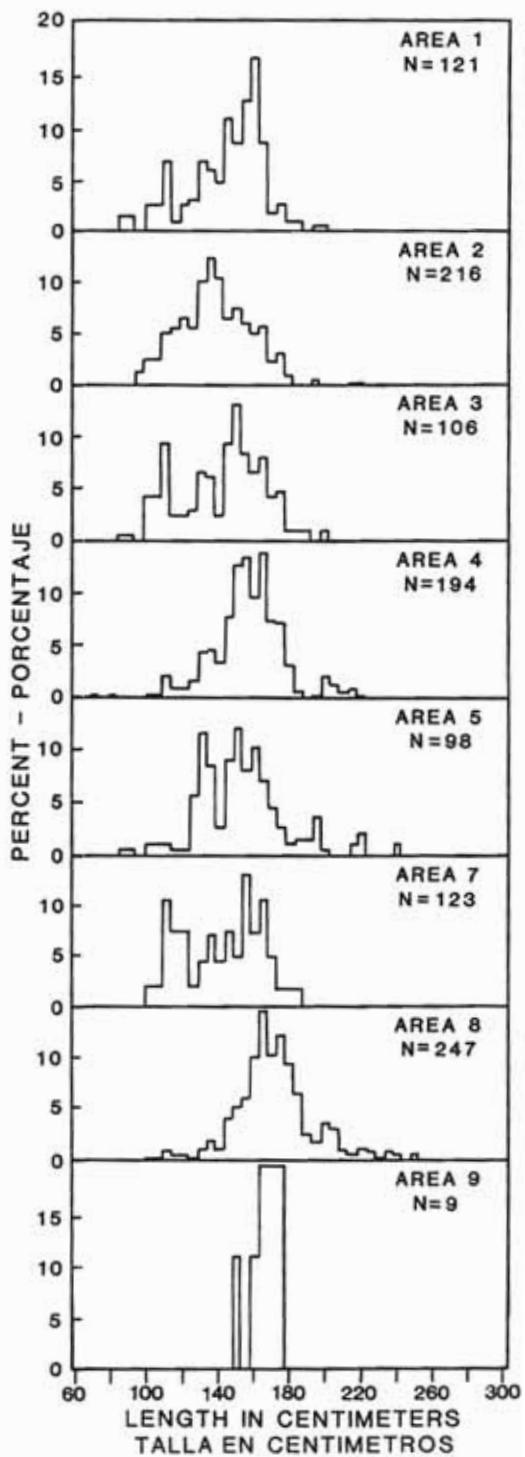


FIGURE 76. Length frequencies of sailfish by area, 1981–1987.

FIGURA 76. Frecuencias de talla de pez vela por área, 1981–1987.

QUARTER
TRIMESTRE

AREA 1

AREA 2

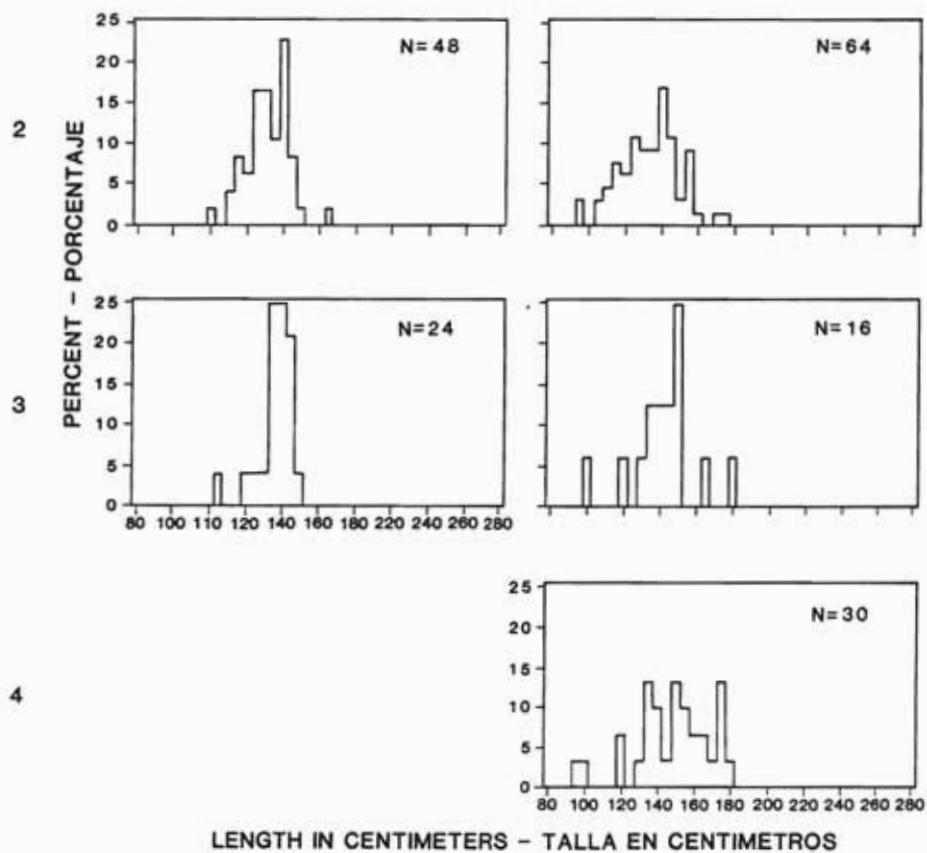


FIGURE 77. Quarterly length frequencies of sailfish by area, 1981-1987.
FIGURA 77. Frecuencias de talla trimestrales de pez vela por área, 1981-1987.

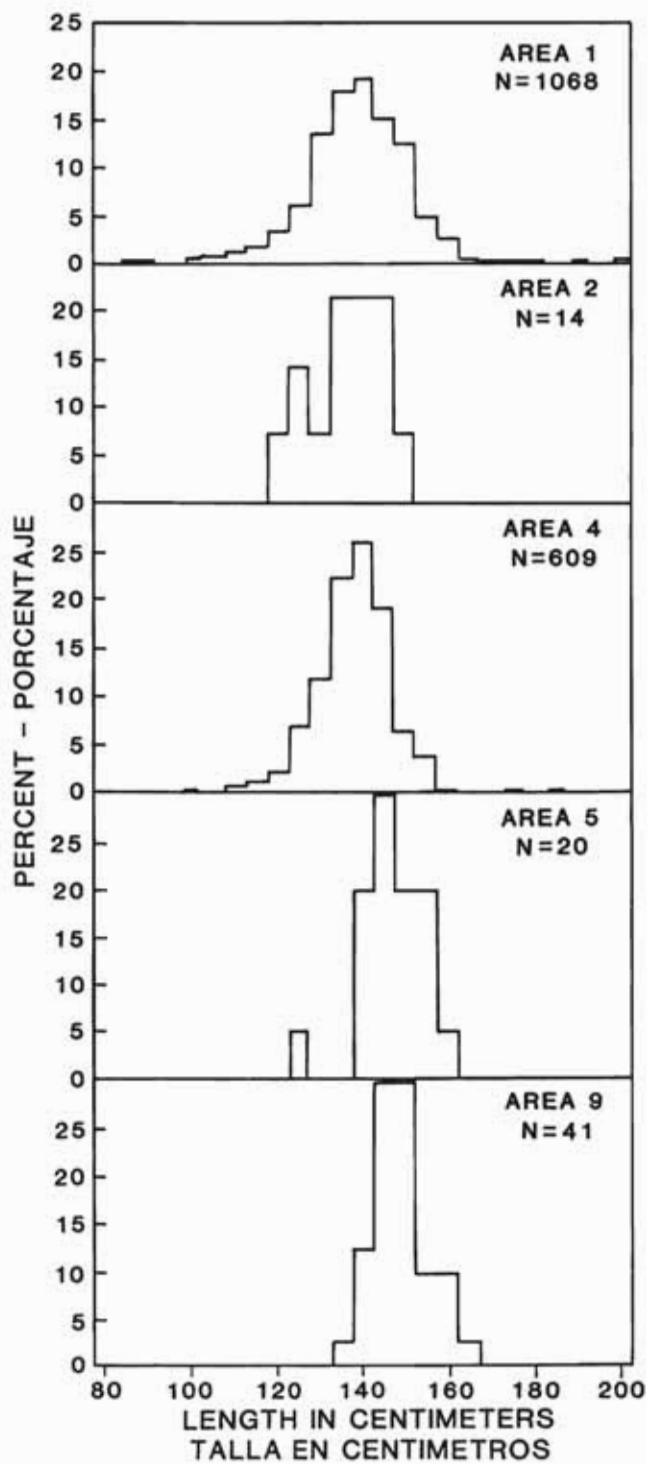


FIGURE 78. Length frequencies of shortbill spearfish by area, 1981-1987.

FIGURA 78. Frecuencias de talla de marlin trompa corta por área, 1981-1987.

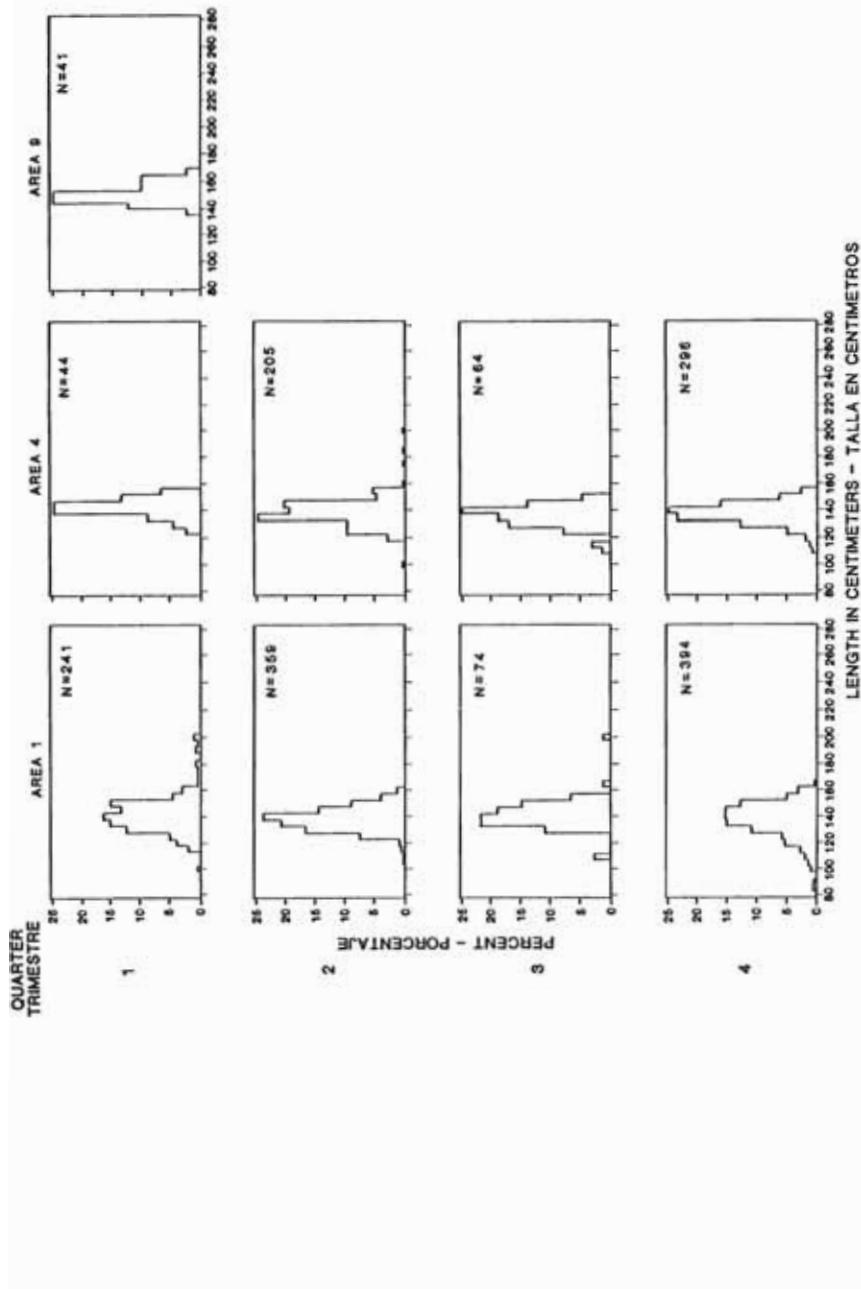


FIGURE 79. Quarterly length frequencies of shortbill spearfish by area, 1981-1987.

FIGURA 79. Frecuencias de talla trimestrales de marlin tronpa corta por área, 1981-1987.

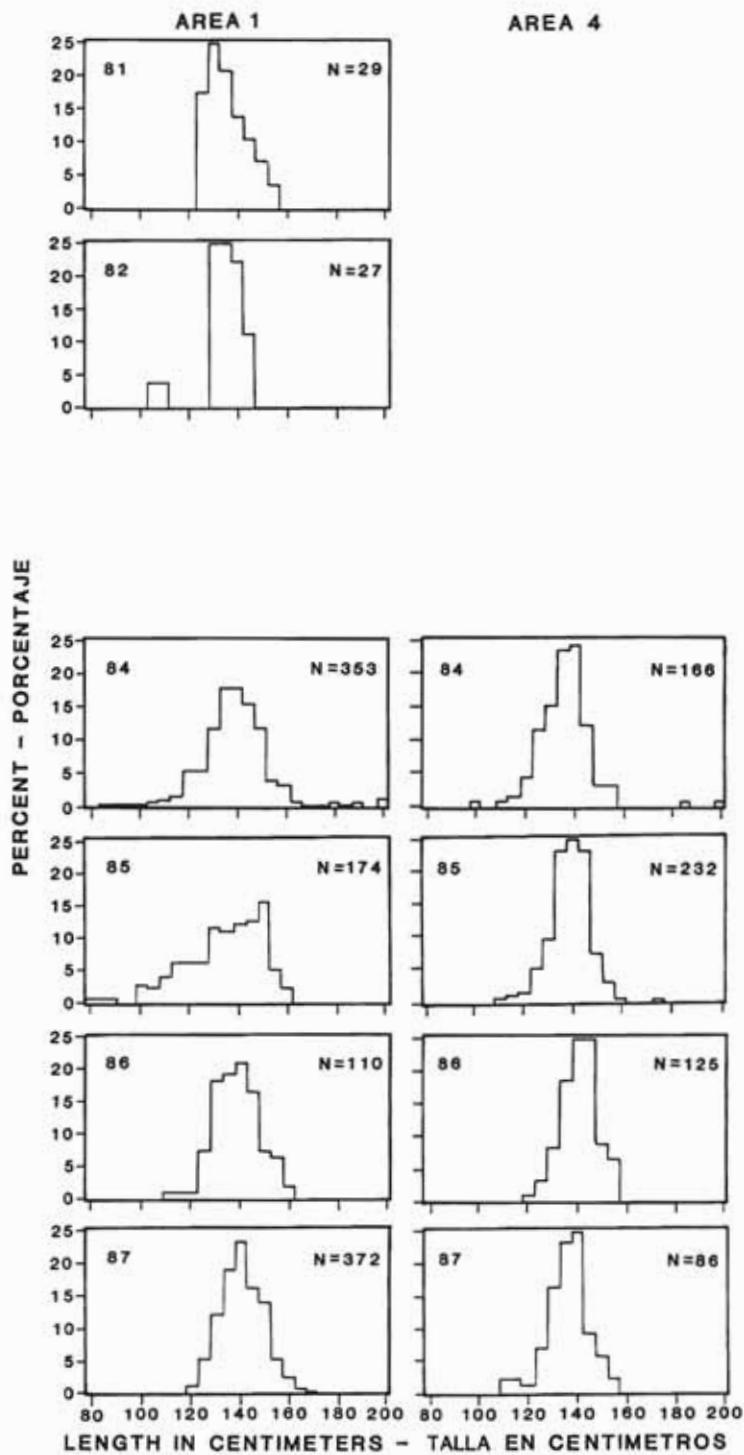


FIGURE 80. Annual length frequencies of shortbill spearfish by area, 1981–1987.

FIGURA 80. Frecuencias de talla anuales de marlín trompa corta por área, 1981–1987.

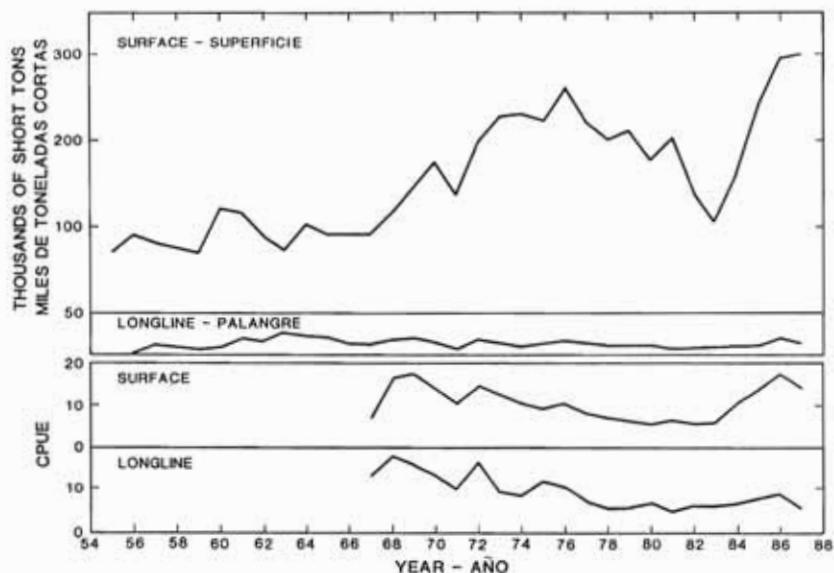


FIGURE 81. Catches (top two panels) and CPUEs (bottom two panels) for yellowfin in the EPO. The CPUE data for the surface fishery are expressed as catch per day by Class-6 vessels, and those for the longline fishery are expressed as catch per 73,800 hooks.

FIGURA 81. Capturas (dos recuadros superiores) y CPUE (dos recuadros inferiores) de aleta amarilla en el OPO. Se expresan los datos de CPUE correspondientes a la pesquería de superficie como captura por día por barcos de la Clase 6, y los de la pesquería palangrera como captura por 73,800 anzuelos.

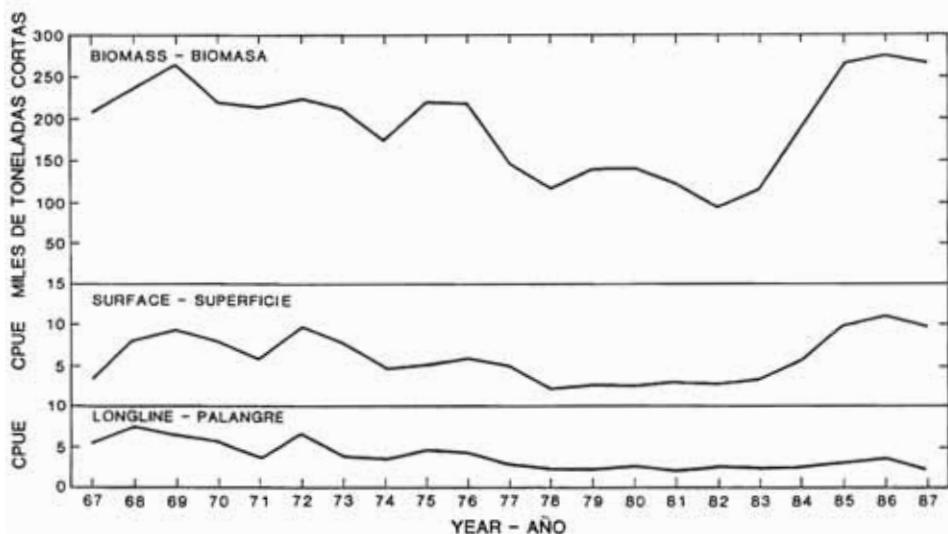


FIGURE 82. CPUEs of large yellowfin by surface and longline gear, compared to biomass estimates of large yellowfin in the EPO. The CPUE data for the surface fishery are expressed as catch per day by Class-6 vessels, and those for the longline fishery are expressed as catch per 30,550 hooks.

FIGURA 82. CPUE de aletas amarillas grandes por arte de superficie y palangre, comparadas con estimaciones de la biomasa de aletas amarillas grandes en el OPO. Se expresan los datos de CPUE correspondientes a la pesquería de superficie como captura por día por barcos de la Clase 6, y los de la pesquería palangrera como captura por 30,550 anzuelos.

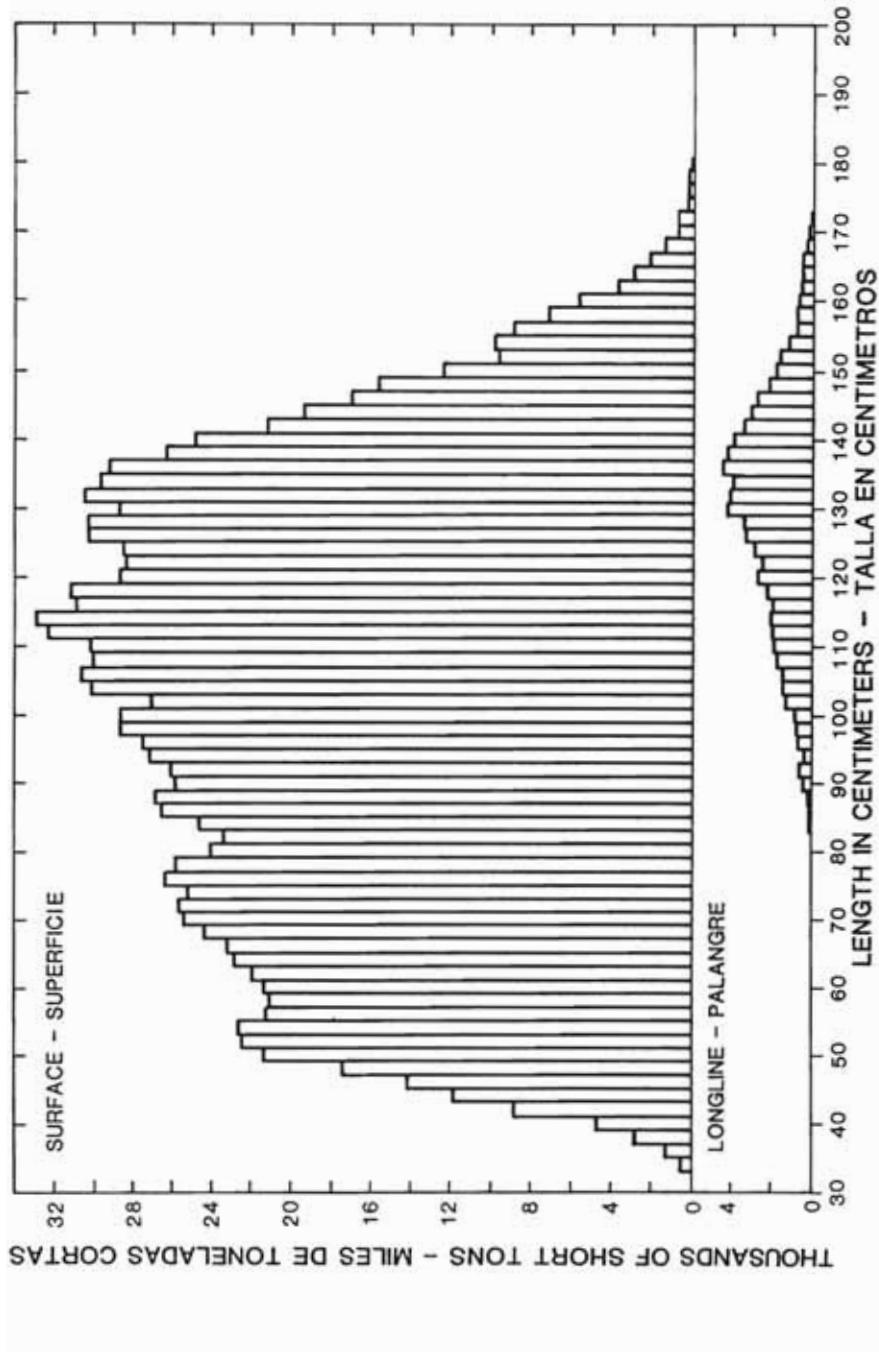


FIGURE 83. Estimated yellowfin catches, by lengths, in the EPO, by surface and longline gear, during 1981-1987.

FIGURA 83. Capturas estimadas de aleta amarilla, por talla, en el OPO, por arte de superficie y palangre, durante 1981-1987.

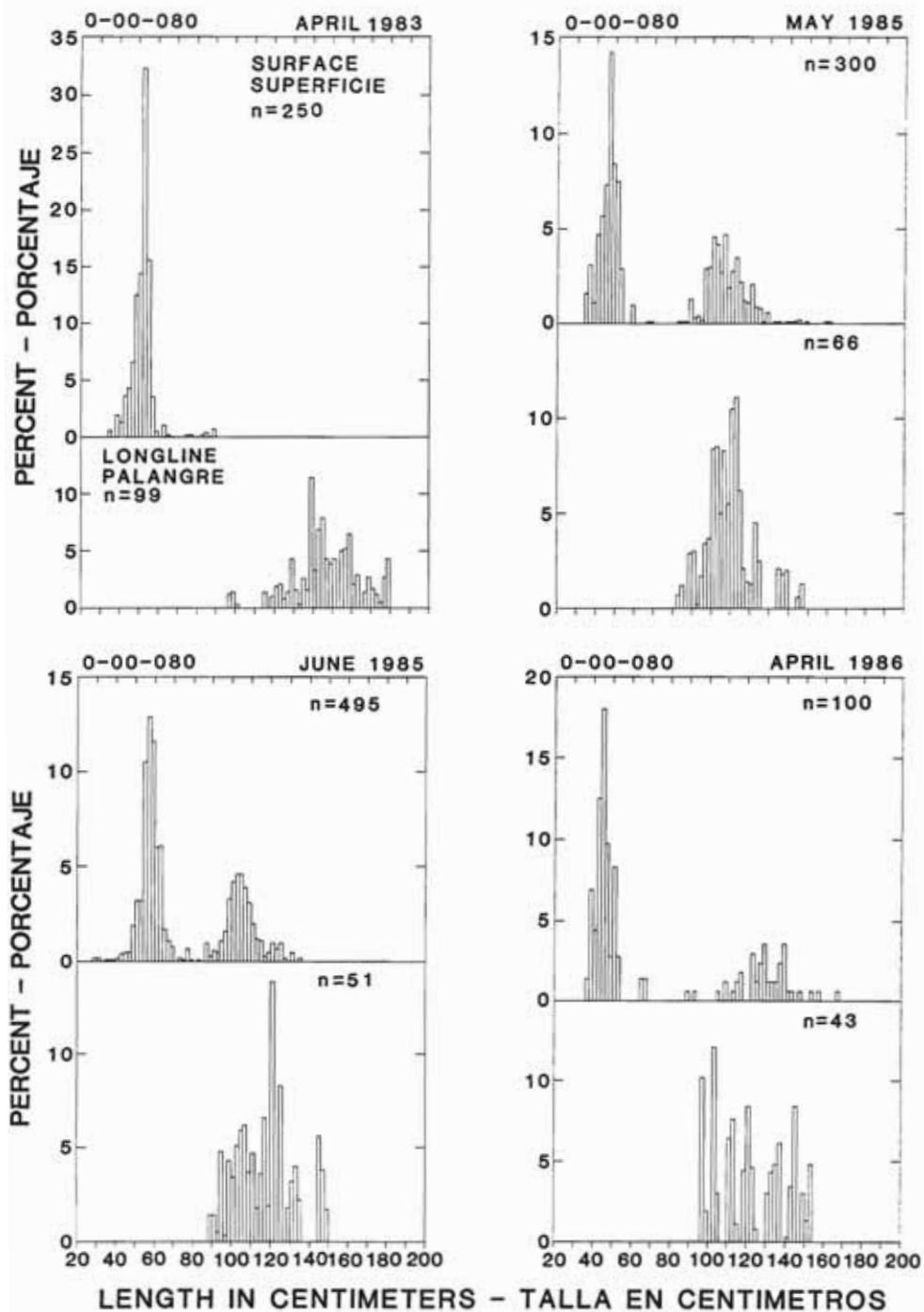


FIGURE 84. Length frequencies of yellowfin caught by surface and longline gear in the same area-time strata during 1981–1987.

FIGURA 84. Frecuencias de talla de aleta amarilla capturado por arte de superficie y palangre, en los mismos estratos de área–tiempo durante 1981–1987.

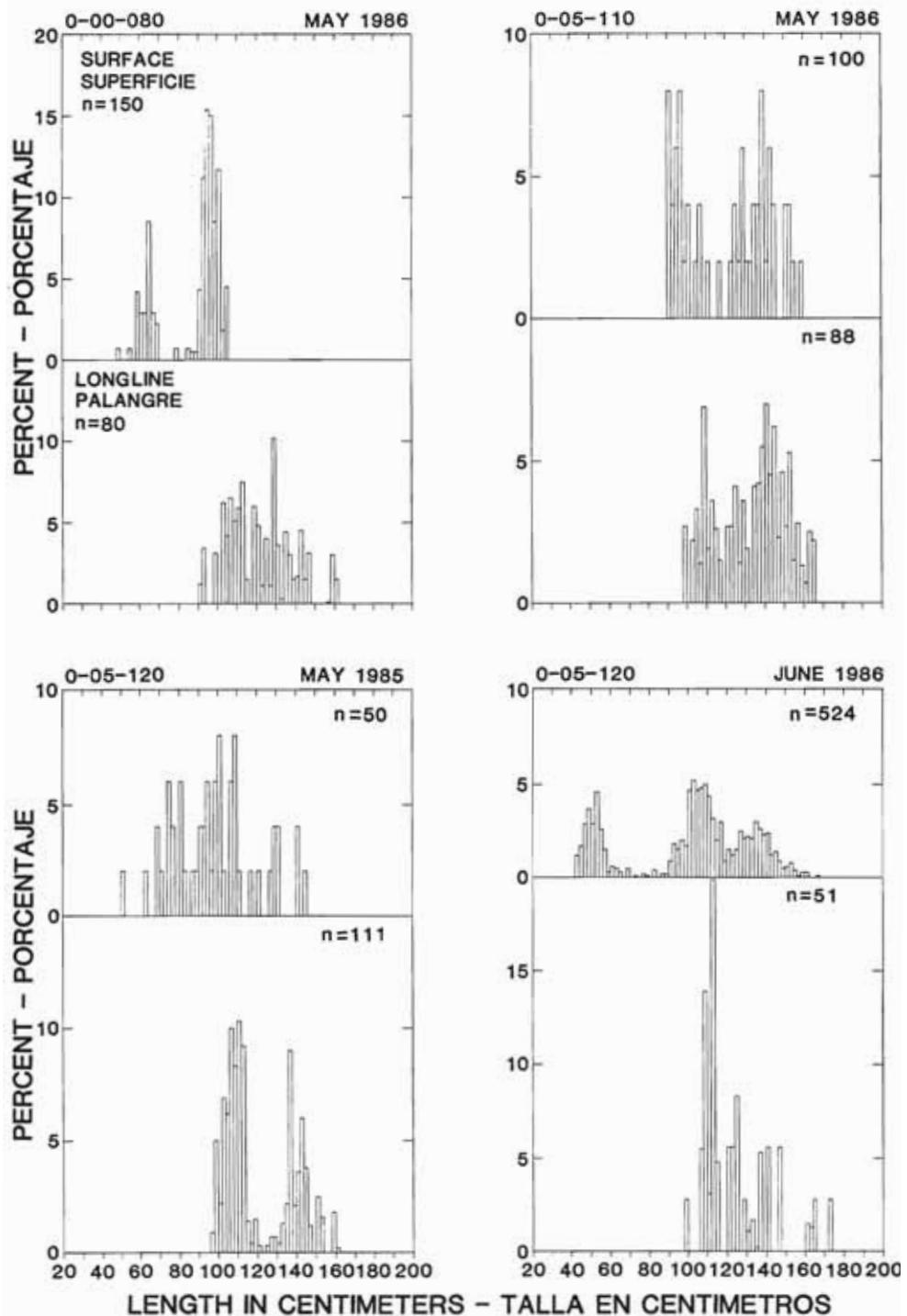


FIGURE 84. (continued)

FIGURA 84. (continuación)

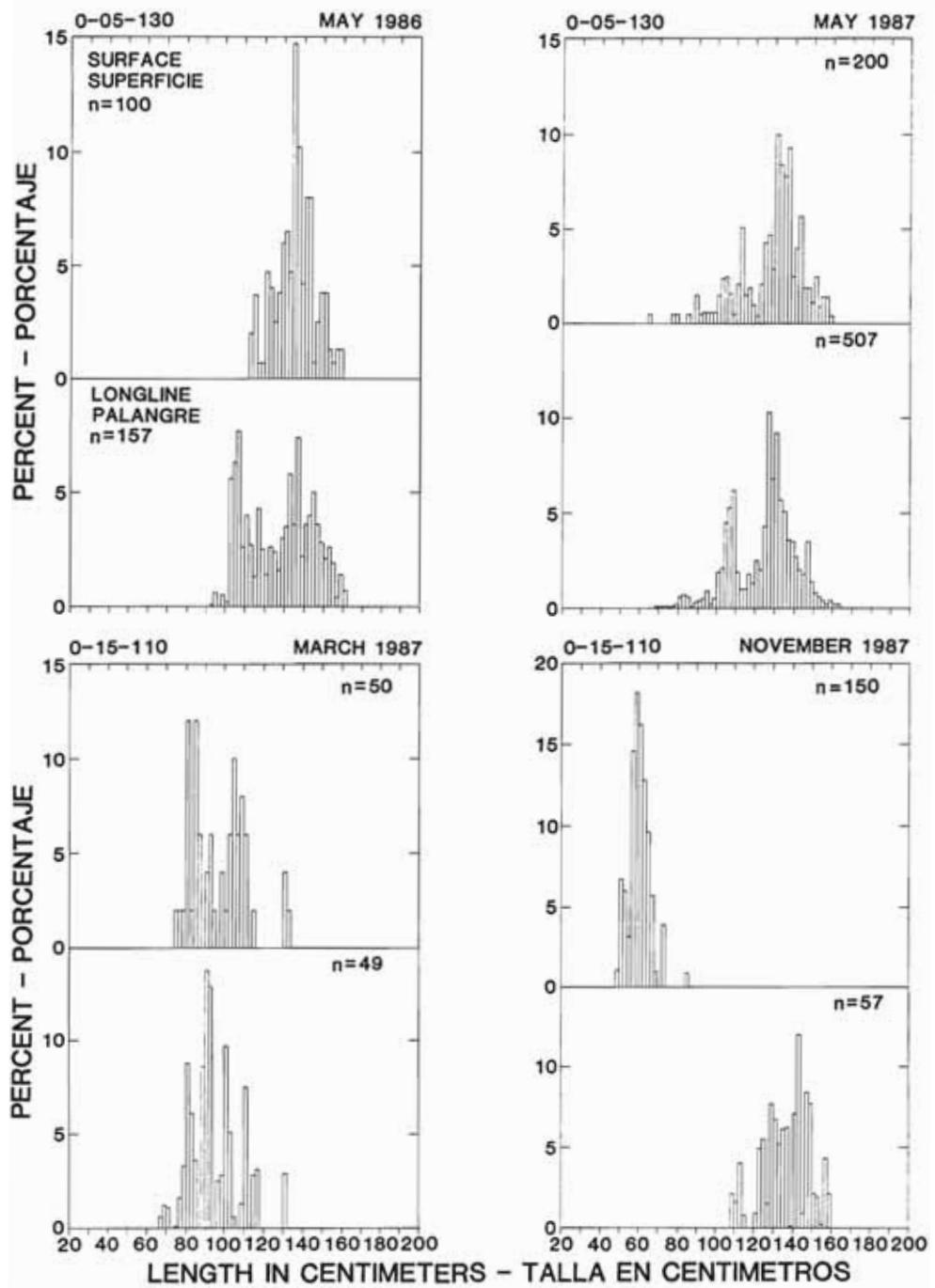


FIGURE 84. (continued)
FIGURA 84. (continuación)

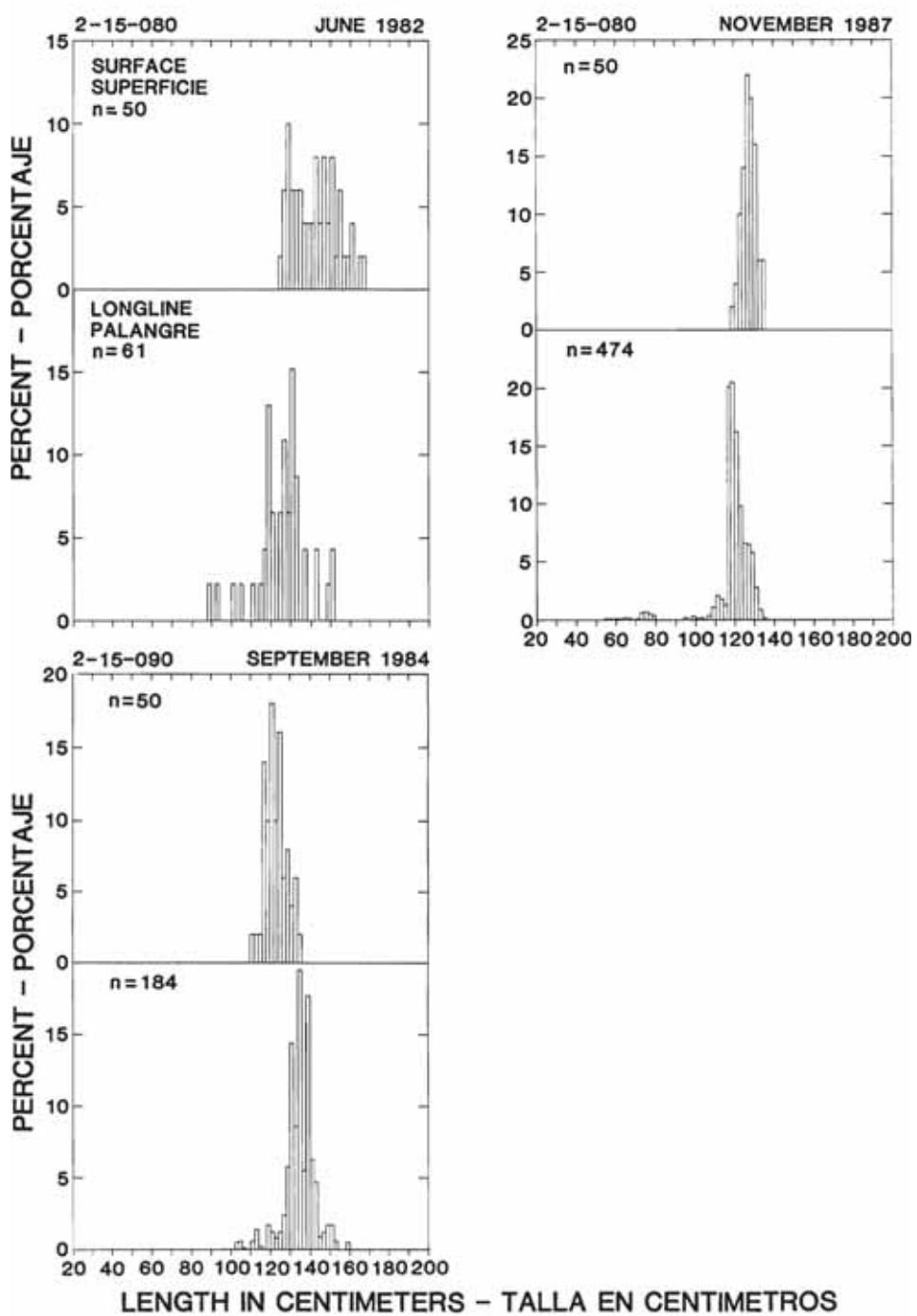


FIGURE 84. (continued)

FIGURA 84. (continuación)

TABLE I. Annual estimates of Japanese longline effort and logbook coverage in the eastern Pacific Ocean (EPO).
 TABLA I. Estimaciones anuales del esfuerzo de barcos palangreros japoneses y cobertura de los cuadernos de bitácora en el Océano Pacífico oriental (EPO).

Year Año	Units Unidad	Vessel capacity (tons) — Capacidad de acarreo (toneladas)			Hooks per set Anzuelos por lance	Logbook coverage (%) Cobertura de bitácoras (%)
		50–100	100–200	200–500		
1981	sets—lances	144	3,843	58,546	62,533	2,331.5
	hooks— anzuelos %	262,502 0.2	7,983,923 5.7	131,289,148 94.1	139,505,573	
1982	sets—lances	430	3,357	47,200	50,987	2,310.5
	hooks— anzuelos %	816,529 0.7	7,404,249 6.3	109,569,163 93.0	117,789,941	
1983	sets—lances	799	4,921	47,222	52,942	2,421.8
	hooks— anzuelos %	1,570,527 1.2	11,570,116 9.0	115,073,515 89.8	128,214,158	
1984	sets—lances	342	3,288	45,319	48,949	2,468.3
	hooks— anzuelos %	698,403 0.6	7,990,916 6.6	112,113,823 92.8	120,803,142	
1985	sets—lances	250	2,526	40,195	42,971	2,504.1
	hooks— anzuelos %	524,102	6,287,712	100,795,396	107,607,210	
1986	sets—lances	705	6,921	55,104	62,730	2,572.7
	hooks— anzuelos %	1,686,648 1.0	17,459,427 10.8	142,201,400 88.1	161,387,475	
1987	sets—lances	421	8,636	63,806	72,863	2,593.9
	hooks— anzuelos %	1,034,055 0.5	22,459,378 11.9	165,522,953 87.6	188,996,386	

TABLE 2. Prices, in yen per kilogram, paid for frozen tunas and billfishes at fish markets in ports of landing in Japan. The data for the first six species were obtained from Anonymous (1982c-1988), and those for the last two from unpublished data of the National Research Institute of Far Seas Fisheries.
TABLA 2. Precios, en yen/kg, pagados por atunes y peces de billón en mercados congelados en puertos de descarga en Japón. Los datos de las seis primeras especies provienen de Anónimo (1982c-1988), y los de las dos últimas de datos inéditos del National Research Institute for Far Seas Fisheries.

Year Año	Albacore Albacora	Bigeye Patudo	Yellowfin Aleta amarilla	Swordfish Pez espada	Striped marlin Marlin rayado	Blue marlin Marlin azul	Black marlin Marlin negro	Sailfish Pez vela
1981	515	975	541	718	677	569	543	372
1982	401	933	474	862	866	698	574	316
1983	338	847	436	747	809	534	558	249
1984	363	1,145	668	902	1,106	494	487	273
1985	346	917	628	820	799	511	443	294
1986	248	872	526	791	719	451	413	196
1987	259	838	551	796	656	355	548	—

TABLE 3. Average weights, in kilograms, of longline-caught bigeye and surface- and longline-caught yellowfin in the EPO.**TABLA 3.** Peso promedio, en kilogramos, de patudo capturado con palangre y de aleta amarilla capturado con arte de superficie y palangre en el OPO.

Year Año	Bigeye—Patudo		Yellowfin—Aleta amarilla	
	Longline—Palangre	Surface—De superficie	Longline—Palangre	
1971	55.4	11.3	43.4	
1972	56.2	14.7	37.9	
1973	60.6	10.5	45.3	
1974	57.4	7.5	43.8	
1975	53.4	11.0	30.5	
1976	52.8	10.6	41.6	
1977	57.2	9.7	42.3	
1978	54.1	4.5	39.9	
1979	44.6	5.2	34.7	
1980	54.5	5.8	40.4	
1981	55.9	6.5	28.8	
1982	45.1	5.0	34.7	
1983	59.7	7.0	36.4	
1984	57.7	9.0	33.3	
1985	45.6	15.2	32.4	
1986	52.1	12.7	41.9	
1987	55.5	10.7	42.8	

TABLE 4. Numbers of tagged yellowfin released from purse-seine vessels which travelled various net distances (in nautical miles) during various periods at liberty.**TABLA 4.** 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 5. Release and recapture data for tagged surface-caught yellowfin recaptured by longline vessels (first six fish) and tagged longline-caught yellowfin recaptured by surface gear (last fish).

TABLA 5. Datos de liberación y recaptura correspondientes a aletas amarilla capturados en superficie y recapturados por palangreros (seis primeros peces) y aleta amarilla capturado por palangrero y recapturado en la pesquería de superficie (último pez).

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

**UN EXAMEN DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE ATUNES Y PICUDOS
EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1981-1987**

por

Hideki Nakano¹ y William H. Bayliff

RESUMEN

En este informe se presenta un repaso de la actividad pesquera de barcos palangreros japoneses en el Océano Pacífico oriental durante el período de 1981-1987, extendiendo los estudios del período de 1956-1980 realizados por otros investigadores. Se examinan las distribuciones espacial y temporal del esfuerzo de pesca, la captura, la abundancia aparente, la madurez sexual, y la composición por talla de las principales especies de atunes y picudos capturadas por dicha pesquería. Se comenta la interacción entre las pesquerías de superficie y palangrera.

INTRODUCCION

El presente informe es uno de una serie preparada por científicos del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; antes el Far Seas 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) analizaron la pesquería y ciertos aspectos de la biología de los peces en el período de 1956-1980; el presente informe analiza datos similares del período de 1981-1987. En este estudio, al igual que en el de Miyabe y Bayliff (1987), se usaron datos del área entre el litoral de las Américas y 150°W.

Embarcaciones de las Repúblicas de China y de Corea también pescan atunes y picudos en el OPO (Lee *et al.*, 1979; Anónimo, 1981b y 1985b). Sin embargo, estas capturas son mucho menores que aquellas de las embarcaciones japonesas. La mayoría del esfuerzo de las embarcaciones chinas y coreanas es dirigida hacia la albacora y el aleta amarilla, respectivamente, mientras que el patudo es el objetivo principal de las embarcaciones japonesas. De ahora en adelante en este informe la pesquería palangrera significará la pesquería palangrera japonesa.

Las tendencias de la pesquería palangrera en el OPO en el período de 1981-1987 fueron como sigue. El esfuerzo de pesca siguió aumentando, alcanzando unos 190 millones de anzuelos en 1987. La captura total y el porcentaje de la captura formado por el patudo también siguió aumentando. Las capturas de los demás atunes y de picudos permanecieron a más o menos el mismo nivel o disminuyeron. Se cree que estas tendencias en la captura se deben al aumento en el uso de palangres profundos, que suelen capturar cantidades mayores de patudo y menores de la mayoría de las demás especies de atunes y picudos.

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 talla. Se comparan para las distintas especies las tasas de captura de palangres convencionales y profundos. Se comenta también la interacción de las pesquerías de superficie y palangrera.

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

FUENTES Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

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

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

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

Se expresan los datos de esfuerzo y captura palangrera en número de anzuelos y número de peces, respectivamente. Inicialmente fueron tabulados por áreas de 1° y meses. Ya que los palangres se extienden entre 60 y 75 millas, 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 ésto 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 un máximo de nueve áreas principales (Figura 1). No se dispone de datos de esfuerzo y captura de toda la flota de embarcaciones que pescó en el OPO, y por lo tanto se ajustaron los datos de esfuerzo y captura dividiéndolos por las porciones de la flota de las cuales se obtuvieron datos para estimar el esfuerzo y las capturas totales. La cobertura de los libros de bitácora osciló entre 90 y 95% por año durante el período de 1981–1987 (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 separar los datos de embarcaciones usando palangres profundos y convencionales y comparar los dos tipos de arte.

Se usó el índice gonadal, la proporción del peso de los ovarios a un valor proporcional al peso del pez, para indicar la madurez de las hembras. Se estima el índice gonadal mediante $GI = (W/L^3) \times 10^4$, donde GI = índice gonadal, W = peso de las gónadas en gramos, y L = talla del pez en centímetros.

Los datos de talla de peces capturados con palangre usados en el presente informe fueron derivados de medidas de talla de patudos y aletas amarillas y medidas de talla más datos de peso de albacora y picudos. Los atunes fueron medidos al próximo intervalo de talla de 2 cm desde la punta del hocico a la furca caudal, y los picudos al próximo intervalo de 5 cm desde el margen posterior de la órbita a la furca caudal. Las albacoras fueron pesadas enteras a próximo intervalo de 1 kg. Los picudos, desgallados y destripados, fueron pésados al próximo intervalo de 2 kg (marlín rayado, pez vela, y marlín trompa corta) o 5 kg (pez espada, marlín azul, y marlín negro). Los datos de peso de albacoras y picudos fueron convertidos a tallas usando las ecuaciones talla-peso apropiadas de

Nakamura y Uchiyama (1966) para el albacora, Kume y Joseph (1969b) para el pez espada, marlín rayado, marlín azul, pez vela, y marlín trompa corta, y Skillman y Yong (1974) para el marlín negro, prorranteando entre las tallas correspondientes a los intervalos de peso para suavizar las distribuciones de frecuencia de talla.

Se obtuvieron los datos de peso promedio de patudo y aleta amarilla convirtiendo cada intervalo de talla a peso con las ecuaciones de talla-peso de Nakamura y Uchiyama (1966) y luego calculando el promedio de los mismos, ponderando por el número de peces en cada intervalo en cada área y año.

Los datos de talla del aletas amarillas capturados con arte de superficie obtenidos de peces medidos al milímetro más cercano desde la punta del hocico a la furca caudal y agrupados al intervalo de 2 cm previo (es decir, peces de entre 500 y 519 mm fueron incluidos en el grupo de 500 mm, y así sucesivamente). El número de aletas amarillas de cada intervalo de 2 cm capturado en viajes por embarcaciones de la flota de superficie para los cuales se obtuvieron datos de bitácora (un 90% de todos los viajes) fue estimado a partir de los datos de muestreo, estratificados por área de medición (Anónimo, 1991a: Figura 14) y trimestre. Para obtener los datos de peso promedio se añadieron 9.5 mm a cada talla, se convirtieron estos valores a peso con la ecuación talla-peso de Chatwin (1959), y se calculó el promedio de los mismos, ponderando por el número de peces en cada intervalo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TENDENCIAS EN EL ESFUERZO

En el recuadro superior de la Figura 2 se presentan estimaciones anuales del esfuerzo de pesca total de palangreros japoneses, expresado en número de anzuelos, correspondiente a todos los océanos, el Océano Pacífico entero, y el OPO. En el presente informe no se hace ningún ajuste para ninguno de los factores que podría afectar el éxito de la pesca, excepto que se eliminan los datos de algunas áreas de algunas especies (por ejemplo, Figuras 24, 26, 32, 34, 36, 38, y 39). Barcos palangreros japoneses pescaron en el OPO por primera vez en 1954. Durante el resto de esa década el esfuerzo permaneció en menos de 15 millones de anzuelos, pero luego se incrementó rápidamente a unos 34 millones de anzuelos en 1961 y unos 92 millones de anzuelos en 1963. El esfuerzo permaneció en unos 70 a 100 millones de anzuelos entre 1963 y 1975, y entonces aumentó y permaneció en unos 100 to 140 millones de anzuelos durante el período de 1976 a 1985. Posteriormente subió a unos 160 millones de anzuelos en 1986 y 190 millones de anzuelos en 1987.

En el recuadro inferior de la Figura 2 se ilustra el esfuerzo palangrero en el OPO en relación a aquél del Pacífico entero y a aquél de todos los océanos. Históricamente, la proporción del esfuerzo en el OPO a aquél del Pacífico entero y a aquél de todos los océanos aumentó rápidamente en los años 60, y luego se incrementó paulatinamente desde fines de los 60 hasta 1980. Durante el período de 1981-1985 las proporciones permanecieron entre unos 0.35-0.45 con respecto al Pacífico entero y 0.25-0.35 con respecto a todos los océanos. Estas cifras aumentaron aún más en 1986 y 1987. Es aparente a partir de los datos que la importancia relativa del OPO para la pesquería palangrera está manteniendo o superando los altos niveles que alcanzó durante la década de los setenta.

La capacidad bruta de los palangreros japoneses que pescan en el OPO varía de un poco menos de 100 a 500 toneladas métricas. La porción del esfuerzo correspondiente a embarcaciones de más de 200 toneladas disminuyó durante los dos últimos años del período de 1981-1987 (Tabla 1). Durante dicho período embarcaciones de menos de 100 toneladas generaron del 0.2 al 1.2% del esfuerzo, las de 100 a 200 toneladas del 5.8 al 11.9%, y las de 200 a 500 toneladas del 87.8 al 94.2%. Embarcaciones de menos de 200 toneladas han pescado solamente en la porción occidental del OPO. Embarcaciones de

50 a 100 toneladas han pescado principalmente en el hemisferio norte al oeste de 130°W, y aquellas de 100 a 200 toneladas en un amplio rango de latitud, pero siempre al oeste de 110°W.

El número de anzuelos por calada aumentó progresivamente durante 1981–1987 (Tabla 1). El número de caladas disminuyó entre 1981 y 1985, y luego aumentó en 1986 y 1987. Este aumento en el número de caladas en el OPO coincidió con una disminución en el número de caladas en el Océano Índico, y se cree que un traslado de las embarcaciones del Océano Índico al OPO fue en gran medida responsable por el aumento del esfuerzo en el OPO.

Las zonas de pesca palangrera cubren una amplia área del OPO entre 40°N y 35°S (Figura 3). Existen tres zonas de pesca principales, (1) una franja horizontal entre la línea ecuatorial y 10°N que se extiende desde la costa de Ecuador a 150°W, (2) una franja horizontal entre la línea ecuatorial y 15°S y un área frente al Perú y el norte de Chile al este de 90°W entre 10°S y 35°S, y (3) el área entre 20°N y 35°N desde Baja California hasta 150°W. La zona de pesca norteña es estacional, y se ejerce allí menos esfuerzo durante el segundo y tercer trimestre del año. Cabe destacar que hubo poco esfuerzo de pesca a lo largo de la línea ecuatorial, al sur de las Islas Galápagos (aproximadamente 0°–90°W), y especialmente en el área entre 10°N y 20°N, la zona de pesca principal de la pesquería cerquera de altura de aleta amarilla y barrilete (Anónimo, 1991a; Figuras 2 y 4). Suda *et al.* (1969) propuso que la falta de esfuerzo palangrero en este área se deba tal vez a que la poca profundidad de la termoclina en el área resulte en bajas tasa de captura de patudo.

En la Figura 4 se ilustran las tendencias anuales en el esfuerzo por área (Figura 1). El esfuerzo tendió a aumentar en las Areas 4, 5, y 9 durante el período 1981–1987. En las Areas 1 y 2 el nivel de esfuerzo permaneció más o menos constante, y en las Areas 3, 7, y 8, el esfuerzo disminuyó.

En la Figura 5 se grafican las tendencias trimestrales del esfuerzo en cada área. Por lo visto la abundancia aparente y la vulnerabilidad a la captura de las distintas especies varía relativamente poco entre años, y por lo tanto se combinaron los datos de esfuerzo del período de 1981–1987. En las Areas 1, 4, y 5, el esfuerzo fue mayor en el primer y cuarto trimestre que en el segundo y tercero, y en las Areas 2, 3, y 9 ocurrió lo contrario. En las Areas 6–8, el esfuerzo fue casi constante durante todo el año.

En la Figura 6 se pueden ver áreas de esfuerzo concentrado en la franja horizontal entre la línea ecuatorial y 10°N durante los trimestres segundo y tercero, mientras que en la franja entre la línea ecuatorial y 15°S ocurren durante los trimestres primero y cuarto. En este último caso el esfuerzo estuvo concentrado al sur de 10°S durante el cuarto trimestre y al norte de 10°S durante el primer trimestre. Durante el primer trimestre ocurrió un esfuerzo considerable al norte de 30°N entre 140°W y 150°W y poco frente a Perú y el norte de Chile. En aguas costeras el esfuerzo estuvo concentrado frente a Baja California y frente a Ecuador y el norte de Perú durante todo el año.

Esfuerzo con palangre profundo

La pesca con palangre profundo es comentada por Saito (1973 y 1975), Suzuki *et al.* (1977), Suzuki y Kume (1982), y Yang y Gong (1988), y descrita en el OPO durante el período de 1975–1980 por Miyabe y Bayliff (1987). Este método de pesca fue introducido por pequeñas embarcaciones palangreras japonesas en el Pacífico ecuatorial occidental en 1974. Las artes palangreras convencional y profunda son esencialmente iguales, con la excepción de la cantidad de sedal principal por canasta y el número de anzuelos por canasta, es decir, entre dos flotadores. El número de anzuelos por canasta varía entre 4 y 15, pero Suzuki *et al.* (1977) y Suzuki y Kume (1982) consideraron que los palangreros convencionales y profundos eran aquellos con 4 a 6 y aquellos con 10 o más anzuelos por canasta, respectivamente, y en el presente informe se sigue esta convención. El ángulo de suspensión del sedal principal de los flotadores es más o menos igual para ambas artes, de manera que los anzuelos cercanos a los flotadores pescan a más o menos la misma profundidad, pero los anzuelos centrales de los palangres profundos pescan a mayor profundidad que aquellos de los

palangres convencionales (Suzuki *et al.*, 1977; Figura 2). Hanamoto (1974) descubrió que el patudo es capturado con mayor frecuencia en los anzuelos más profundos de los palangres convencionales, y Saito (1975) informó que las tasas de captura de patudo con palangres verticales experimentales eran considerablemente mayores que aquellas con palangre convencional. Suzuki *et al.* (1977: Tabla 5 y Figura 3) usaron información obtenida de registros de bitácora para comparar las tasas de captura de artes palangreras convencionales y profundas en embarcaciones basadas en el puerto de Yaizu. Observaron que las tasas de captura de palangres profundos eran mayores para el patudo y menores para la mayoría de los demás atunes y los picudos. Yang y Gong (1988: Tabla 1 y Figura 4) realizaron análisis similares con datos de 17 embarcaciones coreanas que pescaron en el Atlántico ecuatorial en 1985 y obtuvieron resultados similares. Suzuki y Kume (1982) y Miyabe y Bayliff (1987) 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 1975–1980. El primero de estos informes incluye mapas que ilustran la distribución de zonas de pesca donde los palangres convencionales y profundos son más efectivos, y el segundo incluye mapas ilustrando las áreas donde se pesca con palangre profundo. Suzuki y Kume (1982) formularon una hipótesis que explica por qué los palangres son más efectivos en ciertas áreas que en otras. En breve, el patudo es encontrado a temperaturas más bajas que la mayoría de las demás especies de atunes y picudos, y por lo tanto los palangres profundos son más efectivos que los convencionales en áreas donde la termoclina es más profunda.

La demanda de *sashimi* ha aumentado en los últimos años, y ya que el patudo es la especie preferida para el *sashimi*, no es de extrañar que se haya intensificado la pesca con palangre profundo para aprovechar el precio relativamente alto del patudo (Tabla 2).

Se dispone de datos sobre el número de anzuelos por canasta correspondientes a más del 97% del esfuerzo registrado en cada año del período de 1981–1987. Para cada área de 5° se entabló el número de anzuelos por canasta usado con mayor frecuencia por cada embarcación en cada mes. En la Figura 7 se reúnen estos datos para todas las áreas combinadas. El cambio de arte palangrera convencional a profunda comenzó en 1975 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 30) y continuó durante el período de 1981–1987. Durante 1981 y 1982 la moda fue 10 anzuelos, pero en 1986 había aumentado a 13. En las embarcaciones con menos de 10 anzuelos por canasta, la moda cambió de seis anzuelos durante 1981–1982 a ocho durante 1987.

En la Figura 8 se grafican las porciones del esfuerzo palangrero total formadas por el esfuerzo con palangre profundo, por área y año. La pesca con palangre profundo ocurrió principalmente en la parte occidental del OPO en aguas ecuatoriales durante 1981. Durante los años siguientes se extendió hacia el este y, en grado menor, hacia el sur. Predominan los palangres convencionales en el área al norte de 20°N y frente al Perú y el norte de Chile. El agua es más fría y la formación de la termoclina es estacional en esas áreas.

TENDENCIAS EN LA CAPTURA

La captura total palangrera japonesa de atunes y picudos superó los 3 millones de peces en 1963, el año de la mayor captura (Figura 9, recuadro superior). 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. Desde entonces, como resultado de un gran aumento del esfuerzo, han aumentado las capturas, alcanzando unos 2.9 millones de peces en 1986 y unos 2.4 millones en 1987.

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. Durante el período de 1977–1986 los picudos formaban solamente un 10% de la captura total,

reducción debida principalmente a una pesca menos intensa en el Área 7 y en el Área 8 entre 5°N y 10°N y al uso de palangres profundos a partir de mediados de los 70 (Miyabe y Bayliff, 1987).

El patudo fue el componente más importante de las capturas de atunes, seguido por el aleta amarilla y la albacora, en ese orden (Figura 10). La captura de patudo aumentó de un 50% a principios y mediados de la década de los 60 a un 70% desde fines de los años 70 hasta mediados de los 80. Los porcentajes de aleta amarilla y albacora fueron aproximadamente iguales a principios de los años 60, pero a partir de entonces el porcentaje de albacora disminuyó más que aquel de aleta amarilla. Los componentes principales de la captura de picudos fueron marlín azul más marlín negro desde mediados de los 50 hasta mediados de los 60, y marlín rayado y pez vela más marlín trompa corta desde mediados de los 60 hasta fines de los 70. Subsecuentemente el componente pez vela más marlín trompa corta disminuyó, y aumentaron pez espada y marlín azul más marlín negro. Los cuadernos de bitácora usados por las embarcaciones palangreras japonesas combinan peces vela y marlines trompa corta en la misma columna, de manera que resulta imposible separar las dos especies en las estadísticas. Sin embargo, un 85% de la captura de pez vela más marlín trompa corta es realizado en aguas costeras entre Baja California y Panamá, y ya que el pez vela es predominante en ese área (Kume y Joseph, 1969a), se supone que la mayoría de la captura de pez vela más marlín trompa corta consistió de pez vela. En el OPO se capturó más marlín azul que marlín negro; la captura de marlín negro jamás ha superado el 1.5% de la captura total de picudos.

En la Figura 11 se ilustran las capturas palangreras de las distintas especies en el OPO y el Pacífico entero. Son evidentes reducciones para albacora, marlín rayado, marlín azul, marlín negro, y pez vela más marlin trompa corta. Grandes porciones de las capturas totales de patudo, (50–80%), marlín rayado (30–70%), y pez vela más marlin trompa corta (50–85%) fueron capturadas en el OPO. Las capturas de aleta amarilla fueron bastante constantes en el OPO durante el período 1962–1986, mientras que aquellas del Pacífico entero aumentaron considerablemente hacia fines de los años 70 y disminuyeron durante los 80. Por otra parte, la captura de patudo en el OPO permaneció más o menos igual desde mediados de los 60 hasta mediados de los 80; de ésto se infiere que los palangres en el OPO estaban concentrando su esfuerzo sobre el patudo y, en menor grado, los picudos. Aproximadamente el 25 al 20% de las capturas de peces espada y un tercio de las de marlín azul fueron logradas en el OPO, lo cual corresponde a la porción del esfuerzo del Pacífico entero realizado en el OPO (Figura 2).

En la Figura 12 se presenta la composición por especie de las capturas del período de 1981–1987, por área. Las mayores capturas fueron logradas en el Área 4 en 1981, en el Área 7 en 1982, en el Área 8 en 1983, en el Área 1 en 1984, en las Areas 2 y 3 en 1985, en el Área 9 en 1985–1986, en el Área 4 en 1986, y en el Área 5 en 1987. El patudo predominó en las capturas de las Areas 2–5 y 8–9, y picudos en las capturas del Área 7. Un 95% de la captura en el Área 7 consistió de picudos, principalmente marlín rayado y pez vela. Aleta amarilla fue la única especie de atún registrada en ese área. En el Área 1 se capturaron cantidades aproximadamente iguales de albacora y patudo. El aleta amarilla fue un componente importante de las capturas en las Areas 2, 4, 5, y 9.

DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES POR ZONA DE PESCA Y TRIMESTRE

Los informes previos en esta serie (Suda y Schaefer, 1965a; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1969a; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987) usaron mapas de las tasas de captura, expresadas como capturas por 1000 anzuelos o capturas por 100 anzuelos, para estimar la abundancia de las distintas especies de atunes y picudos por área y temporada. Dichos mapas incluyen área y temporada, pero no la profundidad de los anzuelos. La tasa de captura no es necesariamente un buen estimador de la abundancia relativa de una especie en particular en distintas áreas o trimestres. Además, hay razones por creer que las distintas especies son igualmente vulnerables a la captura con palangre, hasta en los mismos estratos de área–tiempo–

profundidad, de manera que no se puede afirmar, con base en los datos de tasas de captura, que una especie sea más o menos abundante que otra. Se dijo anteriormente que los patudos pasan más tiempo a mayores profundidades que la mayoría de las otras especies, y por lo tanto la profundidad de los anzuelos puede afectar la composición por especies de las capturas. Dentro de las especies, la vulnerabilidad a la captura puede variar con área, año, temporada, profundidad de los anzuelos (Punsly y Nakano, 1992), talla de los peces, y otros factores. No obstante, se puede obtener información útil de los datos de tasa de captura, y se grafican éstos por trimestre en las Figuras 13–21. Cabe destacar que los valores correspondientes a los distintos tipos de sombreado no son los mismos para especies distintas. Un examen de las Figuras 13–21 y las figuras equivalentes de informes anteriores en esta serie demuestra que las áreas y temporadas de las capturas máximas y mínimas de las distintas especies suelen permanecer más o menos iguales, aunque han ocurrido algunos cambios menores, debidos probablemente a cambios en las condiciones oceanográficas y diferencias en las modas de operación de los palangres. En general, las diferencias en las distribuciones de las capturas entre el período de 1956–1980 y el de 1981–1987 fueron mayores que las diferencias dentro del período de 1981–1987. Por lo tanto, se combinan los datos de todos los años del período de 1981–1987 en las Figuras 13–21.

Albacora

La distribución de las capturas de albacora (Figura 13) en el OPO fue algo restringida. La albacora no fue capturada a menudo en el área al norte de 20°N entre Baja California y 125°W, y en el área entre 5°S y 20°N en el OPO.

Se encontraron tasas de captura relativamente elevadas en el área al norte de 25°N y al oeste de 130°W durante el primer y cuarto trimestre. Este área de buena pesca de albacora está al extremo oriental de la "zona de pesca de albacora del Pacífico norte," que se extiende hasta frente al sur del Japón durante el invierno septentrional. En el hemisferio sur las tasas de captura fueron máximas durante el tercer y cuarto trimestre. Las tasas de captura de albacora máximas ocurrieron en una franja que se extiende desde 10°S a los 150°W 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 elevadas descritas por Shingu *et al.* (1974: Figura 8a) para el período de 1967–1970 no fueron evidentes en los datos de 1971–1980 (Miyabe y Bayliff (1987: Figura 11) ni en los de 1981–1987.

Patudo

Las tasas de captura de patudo (Figura 14) fueron elevadas en la mayor parte del OPO; la excepción fue el área al norte de 5°N y al este de 125°W. Las áreas de tasas de captura máximas fueron franjas horizontales entre 120°W y Ecuador y 10°S y 5°N durante todo el año, al noreste de Hawaii en el área entre 20°N y 33°N y 122°W y 140°W durante el primer y cuarto trimestre, y frente al sur del Perú y el norte de Chile en el área entre 18°S y 25°S y 80°W y 90°W durante el tercer y cuarto trimestre.

En la región ecuatorial norteña, entre la línea ecuatorial y 10°N, donde hubo un esfuerzo de pesca intenso, las tasas de captura fueron relativamente bajas durante la segunda mitad del año, especialmente en la parte occidental de dicha región. 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, empero, entre la línea ecuatorial y 15°S, las tasas de captura fueron relativamente altas en la parte occidental de la región durante todo el año.

La distribución del esfuerzo no coincidió bien con las áreas de tasas máximas de captura de patudo, a pesar de que el patudo fue la especie más importante capturada por los palangreros. Por ejemplo, son aparentes concentraciones intensas de esfuerzo en aguas ecuatoriales (8°N a 15°S y al oeste de 110°W) (Figuras 3 y 6), pero las tasas de captura de patudo en este área no fueron particularmente altas. Además, aunque las tasas de captura de patudo fueron bastante elevadas al

noreste de Hawaii y frente al sur del Perú y el norte de Chile, no se ejerció mucho esfuerzo en esas áreas. Esto podría ser debido a que en la región ecuatorial se podía capturar el patudo durante el año entero y los peces solían ser grandes, mientras que en las latitudes más altas la ocurrencia del patudo fue más estacional y los peces solían ser más pequeños (Kume, 1979).

Aleta amarilla

Las capturas de aleta amarilla, al igual que aquellas de patudo, estuvieron ampliamente distribuidas en el OPO (Figura 15), pero las tasas de captura del aleta amarilla solieron ser inferiores a aquellas del patudo. Ocurrieron tasas de captura de aleta amarilla relativamente elevadas en el área al oeste de 130°W entre la línea ecuatorial y 10°S en todo el año, al oeste de 130°W entre la línea ecuatorial y 10°N durante el tercer y cuarto trimestre, y frente al Perú durante el segundo, tercero, y cuarto trimestre. La última zona de pesca 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 el tercer y cuarto trimestre (Figura 14).

Kume y Joseph (1969a: Figura 6c) y Shingu *et al.* (1974: Figura 8c) descubrieron que las tasas de captura del aleta amarilla fueron máximas en 10°N al oeste de 120°W durante 1964–1966 y en 10°N al este de 105°W durante 1967–1970. Hubo relativamente poco esfuerzo de pesca en 10°N durante 1971–1980 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 3) y durante 1981–1987. Grandes cantidades de aleta amarilla son capturadas por barcos cerqueros entre 5°N y 15°N (Anónimo, 1991a: Figura 2). En la sección titulada **INTERACCION ENTRE LAS PESQUERIAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA DE ALETA AMARILLA** se comentan los efectos posibles de la pesca con red de cerco sobre la pesquería palangrera.

Aleta azul del norte

El aleta azul del norte fue capturado infrecuentemente por embarcaciones palangreras. Ocurrieron tasas de captura relativamente elevadas entre 30°N y 35°N al oeste de 125°W durante el primer trimestre, en 30°S entre 85°W y 95°W durante el tercer trimestre, y justo al sur de la línea ecuatorial entre 85°W y 105°W durante el cuarto trimestre (Figura 16). El aleta azul del norte desova solamente en el Pacífico occidental, pero muchos de los peces juveniles migran al OPO, donde son capturados por embarcaciones cerqueras frente a California y Baja California antes de regresar al Pacífico occidental (Bayliff *et al.*, 1991). Los peces capturados al norte de 25°N durante el primer y cuarto trimestre eran probablemente peces en maduración sexual migrando del Pacífico oriental al occidental.

Pez espada

Ocurrieron tasas de captura elevadas en el área entre 30°N y 35°N al oeste de 135°W (primer y cuarto trimestre), frente a Baja California y cerca de la desembocadura del Mar de Cortez (durante todo el año), el área entre 10°S y 15°S y 95°W y 110°W (primer y cuarto trimestre), y frente al norte de Chile (segundo, tercero, y cuarto trimestre) (Figura 17). Las distribuciones correspondientes al periodo de 1956–1980 (Joseph *et al.*, 1974; Figura 11; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 14) señalan tasas de captura elevadas de peces espada frente a Baja California y frente al norte de Chile, pero no en las dos áreas de altura.

Marlin rayado

Las tasas de captura del marlin rayado del periodo de 1981–1987 (Figura 18) fueron similares a aquellas del periodo de 1956–1980 (Joseph *et al.*, 1974: Figura 7; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 15). Fueron máximas frente a Baja California, en la desembocadura del Mar de Cortez, y al sur de Baja California hasta 10°N. El área de tasas de captura elevadas se extendió más al oeste durante el tercero y cuarto trimestre. Las tasas de captura fueron asimismo algo mayores en el área entre 10°S y 15°S y 80°W y 105°W durante el primer y segundo trimestre y en el Golfo de Panamá durante el primer y cuarto trimestre.

Marlin azul

El marlin azul estuvo ampliamente distribuido en el OPO (Figura 19), pero las tasas de captura fueron bastante bajas. Se presentaron tasas de captura relativamente elevadas en el Golfo de Panamá durante todo el año, alrededor de las Islas Marquesas (aproximadamente 10°S–140°W) durante el primer y segundo trimestre, el área entre la línea ecuatorial y 10°N al oeste de 110°W durante el tercer y cuarto trimestre, y el área entre aproximadamente 20°S y 25°S y 115°W y 130°W durante el primer y cuarto trimestre. El último de éstos coincide con una concentración descubierta en el mismo área durante el primer trimestre por Joseph *et al.* (1974: Figura 8) y Miyabe y Bayliff (1987: Figura 16).

Marlin negro

Las tasas de captura de marlin negro fueron bajas en todas las áreas (Figura 20), al igual que en el periodo de 1956–1980 (Joseph *et al.*, 1974: Figura 9; Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 17). Las tasas de captura fueron relativamente mayores en el Golfo de Panamá y el área al oeste del mismo hasta 95°W.

Pez vela y marlin trompa corta

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

Las tasas de captura del pez vela (Figura 21) fueron elevadas en la desembocadura del Mar de Cortez y en el Golfo de Panamá durante todo el año y frente al sur de México durante el primer trimestre. Hubo poco esfuerzo de pesca frente al sur de México del segundo al cuarto trimestre durante 1981–1987.

Las mayores tasas de captura de marlin trompa corta (Figura 21) ocurrieron en el área entre 15°N y 30°N al oeste de 135°W durante todos los trimestres y entre 95°W y 130°W al sur de 15°S durante el tercer y cuarto trimestre.

TENDENCIAS EN LA ABUNDANCIA APARENTE RELATIVA

Los primeros en usar las tasas de captura como índices de abundancia de atunes y picudos en el OPO fueron Suda y Schaefer (1965a), quienes dijeron que "considerando las tendencias de la abundancia aparente en el espacio y en el tiempo, las variaciones en la disponibilidad pueden ser promediadas hasta cierto grado, de modo que nos sea posible hacer deducciones razonables en cuanto a los cambios verdaderos en la abundancia de los peces." En esta sección se usan las tendencias anuales en las tasas de captura por área correspondientes al periodo de 1954–1987 para medir las abundancias relativas de las distintas especies de peces. Se calcularon las tasas anuales de captura de todas o la mayoría de las áreas combinadas (Figuras 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, y 39) sumando los números de peces capturados en las áreas bajo consideración, sumando los números de anzuelos que pescaron en dichas áreas, y luego dividiendo la primera suma por la segunda. Adicionalmente, se examinan las tendencias trimestrales del periodo de 1981–1987. 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 13–21 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, el área de cuyas zonas de pesca es más limitada y para los cuales las ocurrencias fueron más estacionales. Se intentó reducir los sesgos mediante la división de

las Areas 7 y 8 en subáreas (inserción en la Figura 1) para el pez vela más marlín trompa corta. Los límites de estas subáreas fueron seleccionadas a partir de la información presentada en la Figura 21. Existe también un problema con el cambio de la pesca convencional a la pesca con palangre profundo, comenzando en 1975, que ha causado que aumenten las tasas de captura de patudo y que disminuyan las de aleta amarilla, marlín rayado, marlín azul, marlín negro, y pez vela y marlín trompa corta en la mayoría de las áreas. En el presente informe se procura reducir los problemas ocasionados por la distribución no uniforme de los peces al incluir solamente los datos de las áreas en las cuales la abundancia de la especie en cuestión es máxima. Punsly y Nakano (1992) tratan estos problemas para el patudo y aleta amarilla mediante la estandarización de los datos por área, temporada, y profundidad con modelos lineales generalizados.

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

La condición de los distintos stocks de peces no puede ser evaluada únicamente mediante el examen de datos sobre las tasas de captura, por supuesto, ya que se debe también prestar atención a la composición por talla de los peces. Se efectúa ésto en otra sección del informe.

Albacora

Las tasas de captura trimestrales de albacora solieron ser máximas durante el primer y cuarto trimestre en el Area 1 y durante el tercer y cuarto trimestre en el Area 6 (Figura 22).

En el hemisferio sur, con la posible excepción del Area 9, las tasas de captura disminuyeron precipitadamente durante los años 60 y 70 (Figura 23). Esto podría deberse a una reducción de la abundancia, una tendencia por parte de los pescadores a pescar en estratos de área-tiempo-profundidad en los cuales era más probable que se capturara patudo que albacora, o ambos. En contraste, ocurrió una tendencia ascendente en las tasas de captura en el hemisferio norte (Area 1). Se cree que ésto se debió a aumentos en el esfuerzo en las zonas de pesca al norte de 25°N, donde era más abundante la albacora, y no a un aumento en la abundancia de albacora en el Area 1. Hubo también una tendencia ascendente en el Area 6 entre 1976 y 1982.

En la Figura 24 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de albacora correspondiente al período de 1955–1987 en las Areas 1, 4–6, y 9. Se seleccionó esta combinación de áreas para el examen de estos datos porque incluye las principales zonas de pesca de albacora, y se cree que la inclusión de datos de otras áreas con grandes cantidades de esfuerzo y capturas de albacora bajas tendería a ocultar las relaciones que pudieran existir entre el esfuerzo y la captura de albacora. Durante el período de 1955–1963 la captura se incrementó con rapidez y las tasas de captura permanecieron entre 1.0 y 3.0 peces por 100 anzuelos. Durante el período de 1963–1970 las tasas de captura disminuyeron precipitadamente, debido probablemente a que el esfuerzo fue dirigido más hacia otras especies. Durante el período de 1970–1987 el esfuerzo aumentaba, pero las tasas de captura permanecieron, generalmente, entre 0.1 y 0.3 peces por 100 anzuelos.

Patudo

Kume y Joseph (1969a; Figura 9a) y Shingu *et al.* (1974; Figura 9b) notaron que las tasas de captura de patudo durante el período de 1964–1970 fueron máximas en las áreas de altura durante el primer y segundo trimestre y máximas en las áreas costeras durante el tercer y cuarto trimestre, y manifestaron que ésto podría resultar de las migraciones de los peces. Durante el período de 1971–1980 las tasas de captura no demostraron mucha estacionalidad (Miyabe y Bayliff 1987; Figura 20). Durante el período de 1981–1987 las tasas de captura trimestrales tendieron a ser bastante

uniformes durante todo el año (Figura 22), aunque fueron relativamente elevadas durante el primer y segundo trimestre en las Areas 1, 2, y 8 y relativamente bajas en el Area 9.

Las tendencias anuales en las tasas de captura fueron descendientes en todas las áreas excepto 4 y 6 (Figura 25). Las tasas de captura disminuyeron precipitadamente a principios de los años 60 a menos de la mitad de las tasas de fines de los años 50, pero a partir de mediados de los años 60 permanecieron relativamente constantes. Parece que debería haber ocurrido una tendencia ascendiente a partir de 1975 debido a la introducción de la pesca con palangre profundo, pero ésta no es evidente, aunque las tasas de captura en las Areas 3, 8, y 9 sí aumentaron en 1985. Las fluctuaciones anuales en las tasas de captura fueron relativamente leves a partir de mediados de la década de los 60 en las áreas ecuatoriales, con la excepción de las Areas 3 y 8. Esto se debió probablemente a que los peces de mayor talla y edad estuvieran mejor representados en las pesquerías en las áreas ecuatoriales, lo cual tendería a moderar los efectos de las fluctuaciones en el reclutamiento. En contraste, las fluctuaciones anuales en las tasas de captura en las latitudes más elevadas (las Areas 1 y 9), donde se capturaron peces más pequeños de menores grupos de edad, fueron mucho mayores. Las tasas de captura de patudo en el Area 1 hubieran probablemente sido mayores en años recientes de no haber sido divertido el esfuerzo a las zonas de pesca al norte de 25°N, donde la albacora fue relativamente abundante y el patudo relativamente escaso.

En la Figura 26 se ilustra la relación entre esfuerzo y captura de patudo correspondiente al período de 1955–1987 en las Areas 2–5, 8, y 9. Se seleccionó esta combinación de áreas para el examen 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 tendería a ocultar cualquier relación que pudiera existir entre el esfuerzo y la captura de patudo. Durante el período de 1957–1960 el esfuerzo y las capturas fueron bajas y las tasas de captura elevadas. Durante el período de 1961–1964 el esfuerzo y la captura fueron mucho mayores que durante el período de 1957–1960. La tasa de captura fue ligeramente inferior a los 3.0 peces por 100 anzuelos en 1960, y disminuyó a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos en 1964. Durante el período de 1965–1987 el esfuerzo osciló entre unos 60 y 200 millones de anzuelos y la captura entre unos 0.5 y 1.9 millones de peces, pero las tasas de captura permanecieron casi constantes en unos 1.0 peces por 100 anzuelos. Es normal que la tasa de captura disminuya con un aumento del esfuerzo, y reducciones modestas no indican necesariamente una pesca excesiva (del punto de vista de reducir el rendimiento promedio máximo sostenible). La reducción de las tasas de captura a menos de la mitad de lo que eran cuando el esfuerzo era bajo, empero, podría ser indicativo de una reducción de la población a un nivel inferior al necesario para producir el rendimiento promedio máximo sostenible). Sin embargo, pudiera ser significativo que las capturas se triplicaron durante el período de 1965–1987, mientras que las tasas de captura permanecieron aproximadamente iguales. Una explicación posible es que aquellos individuos especialmente vulnerables a los palangres fueron extraídos selectivamente de la población durante los primeros años de la pesquería, reduciendo las tasas de captura más que la abundancia de los peces. Otra posibilidad es que, a raíz del precio elevado del patudo, los pescadores dirigieron sus esfuerzos más hacia aquella especie durante los últimos años. Por ejemplo, la adopción de palangres profundos hacia fines de la década de los 70 podría haber mantenido la tasa de captura de patudo al mismo nivel al mismo tiempo que disminuía su abundancia. 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 patudo, para permitir una evaluación mejor de los efectos anuales. La incertidumbre acerca de la interpretación de los datos resulta también de la insuficiencia de los conocimientos disponibles sobre el grado de intercambio de peces entre las áreas en cuestión y las áreas adyacentes.

Aleta amarilla

Shingu *et al.* (1974: Figura 9c) y Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) notaron que las tasas de captura del aleta amarilla tendieron a ser máximas en las áreas norteñas durante el primer y segundo trimestre y en las áreas sureñas durante el tercer y cuarto trimestre. En el presente estudio no se observó una estacionalidad fuerte, excepto en las Areas 2 y 9 (Figura 22). Miyabe y Bayliff (1987) notaron que la estacionalidad en las tasas de captura disminuyó durante los años 70, y que esa tendencia parece haber continuado durante los 80.

Las tasas de captura disminuyeron marcadamente en las Areas 2–5 hacia fines de los años 50 y principios de los 60 (Figura 27), al igual que con el patudo (Figura 25). A partir de mediados de la década de los 60 las tasas de captura de patudo se estabilizaron, pero aquellas del aleta amarilla siguieron disminuyendo. Las tasas de captura disminuyeron también en las Areas 6–8, pero menos precipitadamente que en las Areas 2–5. Cabe destacar que las tasas de captura más bajas hacia fines de los años 70 y en los 80 ocurrieron en las Areas 3 y 8, áreas de esfuerzo y captura particularmente elevadas por parte de la pesquería de superficie (Anónimo, 1974a–1975a: Figura 3; 1976a–1988a: Figura 2). El esfuerzo de pesca en el Area 7 es dirigido principalmente hacia los picudos, de manera que no se debe asignar mucha importancia a la tendencia del aleta amarilla en este área. No son evidentes reducciones en las tasas de captura en las Areas 1 y 9, las áreas más al norte y al sur. Son evidentes tasas de captura relativamente elevadas en 1968, 1972, y 1975, particularmente en las Areas 8 y 9, pero también, en algunos casos, en las Areas 3–5.

En la Figura 28 se presenta la relación entre el esfuerzo y la captura en el OPO correspondiente al período de 1955–1987. Se decidió usar los datos de todas las áreas del OPO porque se capturan cantidades sustanciales de aleta amarilla en todas áreas. El esfuerzo de pesca fue bajo (menos de 40 millones de anzuelos) durante 1955–1961, intermedio (50 a 120 millones de anzuelos) durante 1962–1975, y alto (más de 120 millones de anzuelos) durante 1976–1987. Las capturas fueron mínimas durante 1955–1960 y máximas durante 1963–1965, 1972, y 1986. Las tasas de captura fueron máximas (más de 1.0 peces por 100 anzuelos) durante 1957–1961 y mínimas (menos de 0.2 peces por 100 anzuelos) durante 1977, 1980, y 1987. Las reducciones marcadas en las tasas de captura de aleta amarilla (Figura 27) podrían resultar de reducciones en la abundancia de los peces, extracción selectiva de los individuos más vulnerables a los palangres durante los primeros años de la pesquería, y/o concentración del esfuerzo en estratos de área–temporada–profundidad en los cuales el aleta amarilla fue menos abundante durante los últimos años. 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 una evaluación mejor de los efectos anuales. (Sus datos indican que las tasas de captura del aleta amarilla son más elevadas para los palangres profundos que para los convencionales, resultado que no concuerda con los 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 este informe (Figura 40).)

Pez espada

Joseph *et al.* (1974: Figura 11) demostraron que durante el período de 1956–1970 las tasas de captura del pez espada frente a México fueron máximas durante el primer y cuarto trimestre y que las tasas de captura frente al norte de Sudamérica evidenciaron poca estacionalidad. Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) descubrieron lo mismo para el período de 1971–1980. Atribuyeron la falta de estacionalidad en el Area 8 a que los pescadores dirigieron su esfuerzo hacia otras especies. Durante el período de 1981–1987 las tasas de captura en el Area 7 fueron máximas durante el primer y cuarto trimestre y mínimas durante el tercer trimestre (Figura 22). En las Areas 1 y 9 las tasas de captura fueron máximas durante el primer trimestre, y en las Areas 5, 6, y 8 las tasas de captura demostraron poca estacionalidad.

Las tasas de captura fueron bajas, siempre inferiores a los 0.1 peces por 100 anzuelos, excepto en las Areas 1, 7, y 8 (Figura 29). Las tasas de captura han aumentado en el Area 1 desde fines de los años 70 y disminuyeron en el Area 8 desde los primeros años de la década de los 70. No parecen haber tendencias anuales en ninguna de las otras áreas. Miyabe y Bayliff (1987) explicaron que las fluctuaciones anuales relativamente grandes en el Area 7 se debieron al hecho de que habían zonas de pesca separadas para el pez espada y marlin rayado en este área, y que los pescadores han cambiado frecuentemente de una zona de pesca a la otra de acuerdo con la especie que preferían pescar en una temporada dada.

En la Figura 30 se presenta la relación entre el esfuerzo y la captura de pez espada en el OPO en el periodo de 1955–1987. Se decidió usar los datos de todas las áreas del OPO porque se capturan cantidades sustanciales de peces espada en todas áreas. Las tasas de captura fueron superiores a los 0.5 peces por 100 anzuelos durante la mayoría de los años del periodo de 1963–1972 y máximas en 1969. 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 60, particularmente frente a Baja California. Esto fue probablemente la causa de las elevadas tasas de captura durante 1963–1972. Durante la década de los 80 las tasas de captura permanecieron entre 0.3 y 0.5 peces por 100 anzuelos.

Marlin rayado

Joseph *et al.* (1974: Figura 7) y Shingu *et al.* (1974: Figura 9e) informaron que durante el periodo de 1956–1970 las tasas de captura de marlin rayado tendieron a ser máximas al norte de la línea ecuatorial durante el verano septentrional y máximas al sur de la misma durante el verano austral. Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) describieron fluctuaciones estacionales en las tasas de captura durante el periodo de 1971–1980 en las Areas 7 y 9. Durante el periodo de 1981–1987 se observaron fluctuaciones estacionales en las tasas de captura solamente en el Area 7, donde fueron máximas durante el tercer y cuarto trimestre (Figura 22). Dichas fluctuaciones fueron menos pronunciadas durante el periodo de 1971–1987 que durante los años anteriores.

No es aparente ninguna tendencia anual en las tasas de captura en las Areas 1–6. La tasa de captura en el Area 7 fue mayor en los años 80 que en los años previos, y aquellas en las Areas 8 y 9 mostraron tendencias descendentes a partir de principios de los años 60 (Figura 31). Las tasas de captura durante las décadas de los 70 y 80 fueron máximas en las Areas 6 y 7, especialmente en el Area 7.

En la Figura 32 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlin rayado en las Areas 1 y 5–9 en el periodo de 1955–1987. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron relativamente mayores que en las demás áreas. Las tasas de captura permanecieron en unos 0.5 peces por 100 anzuelos desde 1962 hasta 1972 y en unos 0.1 peces por 100 anzuelos desde 1974 hasta 1987. Parece probable que la introducción de la pesca con palangre profundo causó una reducción en la tasa de captura del marlin rayado debido a la menor vulnerabilidad de esta especie a dicha arte.

Marlin azul

Joseph *et al.* (1974: Figura 8) notaron que las tasas de captura del marlin azul durante el periodo de 1956–1970 tendieron a ser máximas al norte de la línea ecuatorial durante el verano septentrional y máximas al sur de la misma durante el verano austral. Durante el periodo de 1971–1980 las tasas de captura fueron máximas en las Areas 2 y 3 durante el tercer y cuarto trimestre y máximas en las Areas 4 y 5 durante el primer y segundo trimestre (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 20). Ocurrió lo mismo en el periodo de 1981–1987 (Figura 22). Esto podría indicar migraciones estacionales de peces entre las Areas 2 y 3 (tercer y cuarto trimestre) y las Areas 4 y 5 (primer y segundo trimestre). Adicionalmente, es aparente que las tasas de captura fueron máximas durante el primer

trimestre y mínimas durante el tercer trimestre en el Área 6 durante 1981–1987. No hubo esfuerzo en este área durante el segundo trimestre.

Las tendencias anuales en las tasas de captura fueron descendientes en todas áreas (Figura 33). En las Areas 4 y 6 las tasas de captura fueron superiores a 1 pez por 100 anzuelos durante un breve periodo a fines de los años 50.

En la Figura 34 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín azul en el periodo de 1955–1987 en las Areas 2–8. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron mayores allí que en las demás áreas. El esfuerzo y la captura aumentaron durante 1955–1963, y las tasas de captura permanecieron en unos 2.0 peces por 100 anzuelos. A partir de entonces la tasa de captura disminuyó, permaneciendo entre 0.3 y 1.0 peces por 100 anzuelos en cada año del periodo de 1964–1987 excepto uno.

Marlín negro

Las tasas de captura del marlín negro tendieron a ser máximas en las Areas 3 y 7 durante el tercer y cuarto trimestre, en el Área 8 durante el tercer trimestre, en el Área 6 durante el primer y cuarto trimestre, y en el Área 9 durante el primer y segundo trimestre (Figura 22). Estas fluctuaciones estacionales no indican necesariamente migraciones, ya que las tasas de captura fueron bastante bajas.

Las tasas de captura fueron bajas en todas áreas, y disminuyeron in todas las áreas excepto Área 7 (Figura 35).

En la Figura 36 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín negro en el periodo de 1955–1987 en las Areas 2–8. Se seleccionaron esas áreas porque las tasas de captura fueron mayores allí que en las demás áreas. El esfuerzo y la captura aumentaron durante 1955–1963, mientras que las tasas de captura permanecieron en unos 0.01 peces por 100 anzuelos hasta 1968. Durante 1976–1987 las tasas de captura permanecieron en unos 0.002 peces por 100 anzuelos.

Pez vela y marlín trompa corta

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

Kume (1973: Figura 8) y Shingu *et al.* (1974: Figura 9f) manifestaron que las tasas de captura de pez vela fueron máximas durante el primer y cuarto trimestre, particularmente el primero. Los datos de Miyabe y Bayliff (1987: Figura 20) indican que las tasas de captura fueron máximas en el Área 7 durante el primer y segundo trimestre del periodo de 1971–1980. Durante 1981–1987 las tasas de captura máximas fueron observadas en el Área 7 durante el primer trimestre, en el Área 8 durante the cuarto trimestre, y en el Área 9 durante el primer y cuarto trimestre (Figura 22).

Son aparentes reducciones en las tasas de captura a partir de mediados de los años 60 en las tres áreas costeras, excepto que las tasas de captura en el Área 7 fueron elevadas durante 1977–1979 (Figura 37). Las tasas de captura mayores en esos tres años fueron ocasionadas por un cambio en el esfuerzo de las zonas de marlín rayado en la parte noroccidental del Área 7 a las del pez vela en la parte suroriental de la misma (Miyabe y Bayliff, 1987). A fin de estudiar la pesquería del pez vela en mayor detalle, se crearon cuatro nuevas áreas, 7-1, 7-2, 8-1, y 8-2 (Figura 1, inserción). Las tasas de captura fueron mucho mayores en las dos áreas cerca de la costa, 7-2 y 8-2, y son aparentes reducciones en las tasas de captura a partir de mediados o fines de los años 70 en ambas áreas. El esfuerzo ha disminuido mucho en el Área 7-2 desde mediados de los años 70 y en el Área 8-2 desde 1980, y es posible que las relativamente pocas embarcaciones que pescaron en esas áreas durante los años 80 hayan capturado menos peces vela por unidad de esfuerzo porque trasladaron sus opera-

ciones a otras partes de las Areas 7-2 y 8-2 o comenzaron a pescar con palangres profundos. Es posible que las embarcaciones hayan estado pescando un stock casi virgen durante los años 60 y 70. Esa pesca pudiera haber sido provechosa a raíz de lo elevado de las tasas de captura, y a pesar de que los precios pagados por el pez vela son relativamente bajos (Tabla 2). Más tarde, cuando las tasas de captura fueron más bajas y la pesca del pez vela cesó de ser provechosa, es posible que los pescadores hayan trasladado sus operaciones a otras partes de las Areas 7-2 y 8-2 o cambiado a la pesca con palangre profundo, causando que las tasas de captura de pez vela disminuyeran casi a zero. No obstante, es posible que la abundancia del pez vela en el Océano Pacífico oriental haya sido reducido marcadamente, justificando una investigación más profunda. Si resultara posible obtener los datos de captura por unidad de esfuerzo de embarcaciones de pesca deportiva para una serie de años, y no cambiaran los métodos de pesca durante esos años, serían útiles para determinar si la reducción en la abundancia señalada por los datos de tasa de captura con palangre es real.

En la Figura 38 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de pez vela en las Areas 7-9 en el período de 1955-1987. Las tasas de captura fueron superiores a los 0.2 peces por 100 anzuelos durante 1959-1971 e inferiores a ese nivel durante 1955-1958 y 1971-1987.

Durante el período de 1981-1987 las tasas de captura máximas de marlín trompa corta fueron observadas en el Area 1 durante el segundo trimestre y las Areas 5 y 6 durante el tercer y cuarto trimestre (Figura 22).

La abundancia de esta especie parece haber permanecido casi constante a niveles bajos desde mediados de los años 50 hasta 1987 en las Areas 1-6 (Figura 37).

En la Figura 39 se ilustra la relación entre el esfuerzo y la captura de marlín trompa corta en las Areas 1-6 en el período de 1955-1987. Las tasas de captura fueron alrededor de los 0.05 peces por 100 anzuelos durante 1964-1977 e inferiores a ese nivel durante 1955-1963 y 1978-1987.

Indices de abundancia aparente obtenidos de palangres convencionales y profundos

La pesca con palangre profundo fue introducida al OPO a mediados de los años 70 (Miyabe y Bayliff, 1987). Durante el período de 1981-1987 se amplió el uso de palangres profundos, y fueron usados no sólo en áreas ecuatoriales sino que también en latitudes más elevadas (Figura 8). En esta sección se comparan las tasas de captura de palangres convencionales y profundos para cada especie.

Albacora

Para la albacora las tasas de captura con palangre profundo fueron máximas en el Area 4 y con el convencional en las Areas 1, 5, y 9 (Figura 40). Miyabe y Bayliff (1987: Figura 36) obtuvieron los mismos resultados para las Areas 4 y 5 en el período de 1975-1980. (No presentaron datos para las demás áreas.) El mejor desempeño de los palangres profundos en el Area 4 podría deberse a que la termoclinia sea más profunda en ese área que en las Areas 1, 5, y 9 (Wyrtki, 1964: Figura 54). La proporción de las tasas de captura de albacora con palangre profundo a aquellas con palangre convencional durante 1981-1987 fue elevada en el área al sur de la línea ecuatorial, frente al norte de Chile, y al noreste de Hawaii (Figura 41).

Patudo

Para el patudo las tasas de captura con palangres profundos fueron máximas en las Areas 1 (1984-1987), 2 (1987), 3 (1975-1978 y 1987), 4 (1975 y 1985-1987), 5 (1975 y 1987), y 8 (1975-1987), y con los convencionales en las Areas 1 (1976-1977 y 1981-1983), 2 (1986), y 9 (1975-1987) (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 32; este informe: Figura 40). La proporción de las tasas de captura de patudo con palangre profundo a aquellas con palangre convencional durante 1981-1987 fue elevada en todas las áreas excepto frente al norte de Chile (Figura 41).

Aleta amarilla

Para el aleta amarilla las tasas de captura con palangre convencional fueron iguales o superiores en todas las áreas excepto las Areas 1 (1986–1987), 2 (1987), y 3 (1987) (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 34; este informe: Figura 40). La proporción de las tasas de captura de aleta amarilla con palangre profundo a aquellas con palangre convencional varió considerablemente, y no es evidente ningún patrón geográfico (Figura 41).

Pez espada

Para el pez espada las tasas de captura con palangres profundos fueron máximas en las Areas 3 (1975 y 1986–1987), 4 (1975), 5 (1975–1976), y 8 (1975–1980 y 1986–1987) y con los convencionales en las Areas 1 (1981–1987) y 7 (1975–1983 y 1986–1987) (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 36; este informe: Figura 40). La proporción de las tasas de captura de pez espada con palangre profundo a aquellas con palangre convencional fue elevada frente al norte de Sudamérica y al este de Hawaii (Figura 41).

Marlin rayado

Para el marlin rayado los palangres profundos fueron superiores a los convencionales solamente en las Areas 7 (1983) y 9 (1981–1983), mientras que los convencionales fueron superiores en las Areas 1, 3, 5, 7, y 8 en al menos algunos años (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 36; este informe: Figura 40). Las tasas de captura con palangre convencional fueron mucho mayores en las Areas 7 y 8. La proporción de las tasas de captura de marlin rayado con palangre profundo a aquellas con palangre convencional fue elevada frente al norte de Chile y al este de Hawaii (Figura 41).

Marlin azul

Para el marlin azul el palangre convencional tendió a ser superior al profundo, aunque en algunos estratos de área–tiempo ocurrió lo contrario (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 36; este informe: Figura 40). La proporción de las tasas de captura de marlin azul con palangre profundo a aquellas con palangre convencional fue elevada en alta mar al oeste de Baja California, al norte y sur de la línea ecuatorial al oeste de 110°W, y frente a Perú y el norte de Chile (Figura 41).

Marlin negro

La proporción de las tasas de captura de marlin negro con palangre profundo a aquellas con palangre convencional fue elevada entre 10°N y 15°S (Figura 41).

Pez vela y marlín trompa corta

Tal como se menciona arriba, no se distinguió entre el pez vela y el marlín trompa corta en las bitácoras de embarcaciones palangreras, pero se supone que los peces capturados a menos de unos centenares de millas del litoral continental fueron peces vela y los demás marlines trompa corta (Kume y Joseph, 1969a). Para estas especies los palangres profundos tendieron a ser iguales o superiores a los convencionales en las Areas 1, 3, 4, y 5, mientras que ocurrió lo contrario en las Areas 7 y 8 (Miyabe y Bayliff, 1987: Figura 36; este informe: Figura 40). Ya que las Areas 1, 3, 4, y 5 son áreas de altura y las Areas 7 y 8 son costeras, parece que los palangres profundos son más eficaces para el marlín trompa corta y los convencionales para el pez vela. La proporción de las tasas de captura de pez vela más marlín trompa corta con palangre profundo a aquellas con palangre convencional fue elevada en alta mar al oeste de Baja California, al norte y sur de la línea ecuatorial al oeste de 120°W, y frente a Perú y el norte de Chile hasta 105°W (Figura 41).

Las tasas de captura de patudo en el OPO con palangre profundo fueron mayores que aquellas con palangre convencional, mientras que las tasas de captura con palangre convencional fueron iguales o mayores para el aleta amarilla, marlín rayado, marlín azul, marlín negro, pez vela, y marlín

trompa corta. Estos resultados son similares a aquellos obtenidos por Suzuki *et al.* (1977: Figura 5 y Tabla 3) en el Pacífico ecuatorial occidental y central y Miyabe y Bayliff (1987: Figuras 32, 34, y 36) en el OPO. Para el pez espada y marlin trompa corta, empero, el desempeño de los palangres profundos fue relativamente mejor en el OPO que en el Pacífico occidental y central.

Durante el periodo de 1981-1987 el uso de palangres profundos se hizo más común, y ahora puede ser considerado un método de pesca "normal."

MADUREZ

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

de Vlaming, Grossman, y Chapman (1982) evaluaron la validez de los índices gonadales de varias especies de peces, entre ellas los atunes patudo y aleta amarilla, como indicadores de su madurez, y concluyeron que "no es un indicador acertado de la actividad gonadal." Sus conclusiones son muy probablemente válidas, pero los índices gonadales 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 cantidades de datos grandes para el patudo y aleta amarilla, pero mucho menores para los picudos. La mayoría de los datos corresponden a peces capturados entre 10°N y 20°N y al oeste de 100°W, el área principal de pesca palangrera en la parte occidental del OPO.

En la Figura 42 se ilustran los índices gonadales medios por área de 5° correspondientes a seis especies. En las Figuras 43, 45, 47, 49, 50, 52, 53, y 55 se ilustra la relación entre índice gonadal y talla. En las Figuras 44, 46, 48, 51, 54, y 56 se presentan los índices gonadales medios, por área de 5° y trimestre. Índices bajos en un estrato de área de 5°-tiempo indican una preponderancia de peces inmaduros, pero no necesariamente la ausencia de peces maduros. (En este informe "inmaduro" incluye peces con índice gonadal bajo, algunos o la mayoría de los cuales habían probablemente desovado antes de ser capturados.) 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 para este estudio son los mismos usados por Miyabe y Bayliff (1987): patudo y aleta amarilla, 120 cm; pez espada y marlin rayado, 150 cm; marlin azul y marlin negro, 180 cm. No se designaron puntos de corte para el pez vela o marlin trompa corta porque casi todos los peces fueron considerados maduros (Figuras 53 y 55).

Patudo

La madurez del patudo en el OPO ha sido estudiada por Kikawa (1961, 1962, y 1966), Kume y Joseph (1966 y 1969a), Kume (1969a, 1969b, y 1979), Shingu *et al.* (1974), Hisada (1979), y Miyabe y Bayliff (1987). Kikawa (1961) y la mayoría de los investigadores subsecuentes clasificaron de maduras a las hembras con índices gonadales de 3.1 o más, y se sigue esta convención en el presente informe. Kikawa (1961, 1962, y 1966) señaló que la incidencia de peces maduros aumenta mucho del Pacífico occidental al OPO, y que los peces maduros ocurren principalmente en la región ecuatorial entre 10°N y 10°S. Manifestó en su trabajo de 1966 que la incidencia de peces maduros fue máxima al norte de la línea ecuatorial durante abril-mayo y al sur de la misma durante febrero-marzo. Kume y Joseph (1966) señalaron que la incidencia de peces maduros fue máxima entre la línea ecuatorial y 10°N al oeste de 95°W, especialmente durante el primer, segundo, y tercer trimestre, y entre 5°S y 15°S al oeste de 105°W, particularmente durante el primer y segundo trimestre. Notaron una

correlación positiva entre la incidencia de peces con índices gonadales elevados y temperatura superficial del mar elevada. Kume (1969a) reportó la presencia de peces maduros entre 16°N y 28°N al este de 180° durante el segundo trimestre. Kume (1969b) también descubrió que la incidencia de peces maduros aumenta del Pacífico occidental al OPO. Sugirió que los peces sexualmente inmaduros ocurren en las aguas más frías en el OPO. Kume y Joseph (1969a) indicaron una mayor incidencia de peces maduros entre 5° y 15° que entre la línea ecuatorial y 5° a ambos lados de la línea ecuatorial. Señalaron que la incidencia de peces maduros es máxima al norte de la línea ecuatorial durante el segundo y tercer trimestre y al sur de la misma durante el primer y segundo trimestre. Notaron además que cerca de las Islas Galápagos la incidencia máxima de peces maduros ocurre durante el primer y cuarto trimestre. Shingu *et al.* (1974) descubrió incidencias elevadas de peces maduros entre 10°N y 10°S al este hasta 85°W al norte de la línea ecuatorial y 100°W al sur de la misma. No fueron evidentes picos estacionales, pero la incidencia de peces maduros fue ligeramente mayor durante el primer y segundo trimestre. Todas las áreas con incidencias elevadas de peces maduros tenían una temperatura superficial del mar superior a los 24°C. Kume (1979) mencionó que el patrón encontrado cerca de 30°N consistió de peces inmaduros migrando hacia las zonas de desove en aguas ecuatoriales. Hisada (1979) reportó una incidencia menor de peces maduros en la región ecuatorial al oeste de 110°W entre 4°N y 4°S. Manifestó que la incidencia de peces maduros es máxima en áreas donde el isotermo de 24°C se extiende hasta al menos 50 m debajo de la superficie. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que la incidencia de peces maduros fue elevada en región ecuatorial entre 15°N y 15°S durante todo el año, si bien pareció disminuido en cierto grado durante el cuarto trimestre, especialmente al norte de la línea ecuatorial.

El presente estudio se basa en 6,588 hembras, 3,408 de ellas de talla mayor de 120 cm. En la Figura 43 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De estas 3,408 hembras, 2,041 (59.9%) tenían un índice gonadal de 3.1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 71 y 80 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 19.27, en un pez de 164 cm con gónadas que pesaban 8,500 g.

En las Figuras 42 y 44 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras en las distintas etapas medias de madurez. La incidencia de peces maduros fue elevada en la región entre 20°N y 10°S durante todo el año. No se encontraron peces maduros al este de 100°W.

Aleta amarilla

La madurez del aleta amarilla en el OPO ha sido estudiada por Schaefer y Orange (1956), Orange (1961), Kikawa (1959, 1962, y 1966), Kume y Schaefer (1966), Kume y Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Knudsen (1977), Suzuki *et al.* (1978), y Miyabe y Bayliff (1987). Kikawa (1962) y la mayoría de los investigadores subsecuentes clasificaron de maduras a las hembras con índices gonadales de 2.1 o más, y se sigue esta convención en el presente informe. Schaefer y Orange (1956) notaron la presencia de peces maduros cerca de las Islas Revillagigedo (alrededor de 19°N–111°W) entre mayo y septiembre y frente a Centroamérica durante todo el año. Los resultados de Orange (1961) concordaron con ésto. Adicionalmente, reportó la presencia de peces maduros alrededor de las Islas Galápagos durante el cuarto trimestre y cerca de la Isla Cocos (5°32'N–86°59'W). Afirmó que la talla de primera madurez es aproximadamente 50 cm frente a Centroamérica y unos 70–80 cm cerca de las Islas Revillagigedo. Kikawa (1959, 1962, y 1966) reportó altas incidencias de peces maduros al oeste de 125°W entre la línea ecuatorial y 10°N, principalmente durante el tercer y cuarto trimestre, y al oeste de 100°W entre la línea ecuatorial y 10°S durante todo el año. Kume y Schaefer (1966) reportaron ocurrencias de peces maduros entre 10°N y 10°S. La incidencia de peces maduros fue máxima en alta mar (95°W to 130°W) durante el primer, segundo, y tercer trimestre, y se encontraron peces maduros al este de 90°W durante el cuarto trimestre. Kume y Joseph (1969a) reportaron incidencias elevadas de peces maduros entre 10°N y 10°S, con algunos peces maduros al norte de 15°N y al sur de 15°S. La incidencia de peces maduros en el área al oeste de 95°W parece ser máxima

durante el segundo trimestre y mínima durante el cuarto. Al este de 95°W pareció ser máxima durante el primer y cuarto trimestre, pero no se dispuso de datos para el segundo. Shingu *et al.* (1974) reportaron resultados similares, y declararon que "la isoterma superficial de 24°C parece ser un indicador bastante bueno de los límites norte y sur del área de desove." Knudsen (1977) demostró que la incidencia de peces maduros es más esporádica cerca de la costa que en alta mar. Suzuki *et al.* (1978) compararon los índices gonadales de peces de los mismos grupos de talla capturados con palangre y con red de cerco en las mismas áreas y demostraron que los índices gonadales de aquellos capturados con red de cerco fueron consistentemente más elevados. Afirieron que éste fenómeno podía ser explicado por la hipótesis de Hisada (1973) de que el aleta amarilla busca temperaturas mayores de 26°C para desovar. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que la incidencia de peces maduros fue elevada en la región ecuatorial entre 15°N y 5°S durante el segundo y tercer trimestre. Tenían relativamente pocos datos para el primer y cuarto trimestre.

El presente estudio se basa en 3,112 hembras, 1,698 de ellas de talla superior a los 120 cm. En la Figura 45 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De estas 1,698 hembras, 215 (12.7%) tenían índices gonadales de 2.1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 71 y 80 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 9.61, correspondiente a un pez de 120 cm con gónadas que pesaban 1,500 g.

En las Figuras 42 y 46 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras de las distintas etapas medias de madurez. La incidencia de peces maduros fue elevada entre 15°N y 5°S. Aparecieron índices gonadales elevados al sur de la línea ecuatorial y al este de 110°W durante el primer trimestre y al norte de la línea ecuatorial y al oeste de 145°W durante los demás trimestres.

Pez espada

La madurez del pez espada en el OPO ha sido estudiada por Yabe *et al.* (1959), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Weber y Goldberg (1986), y Miyabe y Bayliff (1987). Matsumoto y Kazama (1974), Nishikawa y Ueyanagi (1974), y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) estudiaron la distribución de los peces espada larvales y juveniles. Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974) clasificaron de maduras a las hembras con índice gonadal de 3.0 o más. Uchiyama y Shomura (1974) clasificaron como a punto de desovar ("ripe") a 3 de las 16 hembras del Pacífico central detalladas en su Tabla 1. Tenían índices gonadales de 6.72 a 8.78, y por lo tanto en el presente estudio se considerarán maduras solamente las hembras con índices gonadales de 7.0 o más. Yabe *et al.* (1959) y Kume y Joseph (1969b) reportaron ocurrencias de hembras con índices gonadales de 3.0 o más al oeste de 98°W entre 12°N y 31°S. Kume y Joseph señalaron que parecía que los peces maduros eran abundantes principalmente en latitudes norteñas entre marzo y julio y en las sureñas alrededor de enero. Los peces maduros más pequeños que encontraron midieron 139 cm. Shingu *et al.* (1974) notaron la incidencia de índices gonadales medios de 3.0 o más al oeste de 95°W entre 10°N y 30°S durante todo el año. Afirieron que sus datos "puede indicar que la reproducción se limita a aguas que se encuentran mar afuera," pero comentaron sobre la falta de muestras de aguas costeras frente a México, donde tiene lugar pesca comercial. Weber y Goldberg (1986) no descubrieron ningún pez con un índice gonadal de 3.0 o más entre 67 hembras muestreadas frente al sur de California. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que ocurrieron peces maduros al oeste de 110°W entre 10°N y 30°S. La incidencia de peces maduros fue máxima durante el primer y cuarto trimestre, pero se encontraron peces maduros entre 145°W y 150°W durante el segundo y tercero. Matsumoto y Kazama (1974) registraron cuatro larvas y/o juveniles capturados al oeste de 130°W entre 5°N y 20°S. Nishikawa y Ueyanagi (1974) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) registraron muchas más larvas, la mayoría de ellas en aguas ecuatoriales al oeste de 120°W. Todas fueron encontradas en aguas cuya temperatura de superficie superaba los 24°C.

El presente estudio se basa en 186 hembras, 138 de ellas de talla superior a los 150 cm. En la Figura 47 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De estas 138 hembras, 61 (44.2%)

tenían índices gonadales de 7.0 o más. Los peces maduros más pequeños median entre 101 y 110 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 31.11, en un pez de 208 cm de talla con gónadas que pesaban 28,000 g.

En las Figuras 42 y 48 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de peces en las distintas etapas de madurez. Ocurrieron índices gonadales medios de 7.0 o más al oeste de 95°W entre 25°N y 15°S. Peces con índices gonadales de 7.0 o más ocurrieron al norte de la línea ecuatorial durante el segundo trimestre y al sur de la misma durante el cuarto.

Marlín rayado

La madurez del marlín rayado en el OPO ha sido estudiada por Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Eldridge y Wares (1974), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). Howard y Ueyanagi (1965) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) estudiaron la distribución de las larvas y postlarvas del marlín rayado. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) clasificaron de maduras a las hembras con índice gonadal de 3.1 o más, y se sigue esta convención en el presente informe. Howard y Ueyanagi (1965) reportaron la ocurrencia de peces maduros entre 20°S y 30°S y 130°W y 140°W. Shiohama (1969) registró concentraciones elevadas de peces maduros entre 15°N y 20°N y 110°W y 120°W y entre 10°S y 25°S y 120°W y 130°W. Kume y Joseph (1969b) encontraron peces maduros frente a México durante el segundo y tercer trimestre, frente a Centroamérica durante el primero y cuarto, y entre 10°S y 25°S y 120°W y 130°W durante el primero, segundo, y cuarto. Eldridge y Wares (1974) afirmaron que ocurren marlines rayados maduros cerca de las Islas Revillagigedo en julio. Shingu *et al.* (1974) registraron concentraciones elevadas de peces maduros entre 25°S y 30°S durante el primer y cuarto trimestre. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que las concentraciones máximas de peces maduros fueron encontradas frente a México durante el segundo, tercero, y cuarto trimestre y al sur de 20°S durante el primero y cuarto. Los peces maduros estudiados por Kume y Joseph (1969b) fueron más pequeños en el norte (140 a 180 cm) que en el sur (160 a 220 cm). Howard y Ueyanagi (1965) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) reportaron la ocurrencia de larvas y postlarvas en aproximadamente 20°S-142°W. Matsumoto y Kazama (1974) comentaron sobre el hecho de que no encontraron larvas de marlín rayado en sus cruceros de investigación, a pesar de que esa especie de picudo predomina en las capturas comerciales frente a Hawaii. Squire y Suzuki (1990) declararon que "el área principal de desove está en el Pacífico occidental . . . Es posible que ocurra algún desove en el Pacífico oriental pero han sido capturadas pocas larvas en esa zona."

El presente estudio se basa en 494 hembras, 309 de ellas de talla mayor de 150 cm. En la Figura 49 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De estas 309 hembras, 2 (0.6%) tenían índices gonadales de 3.1 o más. El índice gonadal máximo encontrado fue 4.59, en un pez de 187 cm con gónadas que pesaban 3,000 g.

Las dos hembras maduras fueron capturadas en 11°S-131°W y 12°S-126°W en octubre.

Marlín azul

La madurez del marlín azul en el OPO ha sido estudiada por Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974), y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) estudiaron la distribución de marlines azules larvales, postlarvales, y juveniles. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) clasificaron de maduras las hembras con índice gonadal de 3.1 o más, y se sigue esta convención en el presente informe. Shiohama (1969) reportaron concentraciones elevadas de peces maduros entre 120°W y 130°W, especialmente entre 20°S y 25°S. Kume y Joseph (1969b) descubrieron que ocurren peces maduros entre 5°N y 25°S y 125°W y 130°W durante el primer trimestre, entre la línea ecuatorial y 10°N y 110°W y 125°W durante el segundo y tercero, y entre 20°S y 25°S y 120°W y 130°W durante el cuarto. Shingu *et al.* (1974) encontraron concentraciones elevadas de peces maduros entre 25°S y 30°S y 110°W y 115°W durante el cuarto trimestre. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron concentraciones

elevadas de peces maduros al sur de 20°S durante el primer trimestre y en alta mar entre 10°N y 15°S durante el segundo, tercero, y cuarto. Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974), y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) reportaron la ocurrencia de larvas, postlarvas, y juveniles entre 20°N y 20°S al oeste de 130°W.

El presente estudio se basa en 348 hembras, 268 de ellas de talla mayor de 180 cm. En la Figura 50 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De estas 268 hembras, 17 (6.3%) tenían índices gonadales de 3.1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 151 y 160 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 13.43, en un pez de 155 cm con gónadas que pesaban 5,000 g. Este pez fue el individuo maduro más pequeño que se encontró.

En las Figuras 42 y 51 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Las concentraciones máximas de peces en maduración sexual fueron encontradas al oeste de 130°W entre 30°N y 15°S.

Marlín negro

La madurez del marlín negro en el Océano Pacífico ha sido estudiada por Ueyanagi (1960), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). Ueyanagi (1960) reportó que de las 74 hembras muestreadas en el Mar de Coral durante noviembre de 1956, 8 tenían gónadas que pesaban entre 2 y 5 kg, 31 entre 5 to 10 kg, y 35 más de 10 kg. Afirmó que ocurre un desove intensivo en el noroeste del Mar de Coral, especialmente durante octubre y noviembre. Reportó que la talla de primera madurez es alrededor de los 140 cm en los machos y 200 cm en las hembras, que la mayoría de los peces de talla superior a los 230 cm son hembras, y que ovarios maduros pesan probablemente más de 1 kg. Shingu *et al.* (1974) reportaron que hembras con ovarios que pesaban más de 1 kg son poco comunes en el OPO, y que no se encontró ningún pez con un índice gonadal superior a 1.0. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron sobre dos marlines negros con índices gonadales de 2.0 o más capturados en 13°N–148°W y 13°S–127°W.

El presente estudio se basa en 10 hembras, 5 de ellas de talla superior a los 180 cm. En la Figura 52 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De estas 5 hembras, dos (40.0%) tenían índices gonadales de 2.0 o más. Estos peces fueron capturados en 13°N–148°W en junio y 10°S–134°W en noviembre.

Pez vela

La madurez del pez vela en el OPO ha sido estudiada por Kume y Joseph (1969b), Yurov y Gonzalez (1971), Eldridge y Wares (1974), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). Ueyanagi (1959) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) estudiaron la distribución de peces vela larvales. Shingu *et al.* (1974) clasificaron de maduras a las hembras con índices gonadales de 3.1 o más, y se sigue esta convención en el presente informe. Desove fue reportado por Kume y Joseph (1969b) frente a Centroamérica durante febrero y marzo de 1967, y por Yurov y González (1971) en el Golfo de Tehuantepec de febrero a abril. Eldridge y Wares (1974) estimaron las temporadas de desove del pez vela a partir de las tallas de larvas y juveniles y de datos de crecimiento. Estimaron que el desove ocurre frente a México durante abril–noviembre y frente a Centroamérica durante diciembre–abril y agosto. Shingu *et al.* (1974) reportaron incidencias elevadas de peces en maduración sexual en alta mar al sur de la línea ecuatorial durante el primer trimestre y en el Golfo de Panamá durante el tercero. Notaron que se cree generalmente que las demás especies de picudos desovan a mayor distancia de la costa que el Golfo de Panamá. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que peces en maduración sexual fueron encontrados esporádicamente en plena alta mar en la región ecuatorial. Ueyanagi (1959) reportó la presencia de larvas de pez vela en aproximadamente 7°S–132°W, y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) reportaron su ocurrencia frente a Centroamérica y el norte de Sudamérica.

El presente estudio se basa en 43 hembras. En la Figura 53 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De las 43 hembras, 5 (11.6%) tenían índices gonadales de 3.1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 121 y 130 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 6.98, en un pez de 142 cm con gónadas que pesaban 2,000 g.

En las Figuras 42 y 54 se ilustran las distribuciones por área de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Se encontraron peces en maduración sexual solamente en el área entre la línea ecuatorial y 15°S y 125°W y 130°W durante el cuarto trimestre.

Marlín trompa corta

La madurez del marlín trompa corta en el OPO ha sido estudiada por Ueyanagi (1962), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). Ueyanagi (1962), Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974), y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) estudiaron la distribución de marlines trompa corta larvales, postlarvales, y juveniles. Ueyanagi (1962) reportó la ocurrencia de peces maduros en aguas ecuatoriales al oeste de 130°W. Kume y Joseph (1969b) examinaron 12 hembras capturadas en alta mar frente a México; 11 eran inmaduras y la otra tenía un índice gonadal de 5.1. Shingu *et al.* (1974) encontraron hembras con índices gonadales de 3.0 o más en aguas ecuatoriales de altura durante el segundo, tercer, y cuarto trimestre. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que fueron aparentes concentraciones elevadas de peces maduros en alta mar entre la línea ecuatorial y 20°S durante todos los trimestres y entre 20°N y 25°N durante el cuarto trimestre. Ueyanagi (1962), Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974), y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) reportaron la ocurrencia de larvas, postlarvas, y juveniles entre 20°N y 20°S al oeste de 100°W.

El presente estudio se basa en 494 hembras. En la Figura 55 se ilustra la relación entre el índice gonadal y la talla. De las 494 hembras, 157 (31.8%) tenían índices gonadales de 4.1 o más. Los peces maduros más pequeños midieron entre 101 y 110 cm. El índice gonadal máximo encontrado fue 16.40, en un pez de 140 cm de talla con gónadas que pesaban 4,500 g.

En las Figuras 42 y 56 se ilustran las distribuciones por área y tiempo de hembras de las distintas etapas medias de madurez. Las concentraciones máximas de peces maduros fueron aparentes en alta mar entre la línea ecuatorial y 20°S. Concentraciones elevadas de peces maduros fueron encontradas en el área entre la línea ecuatorial y 15°S durante todos los trimestres y en el área al norte de 20°N y al oeste de 135°W durante el segundo y cuarto trimestre.

COMPOSICIÓN POR TALLA

Para este estudio se dispuso de grandes cantidades de datos para la albacora, patudo, aleta amarilla, marlín rayado, y marlín azul, pero los datos para el pez espada, marlín negro, pez vela, y marlín trompa corta fueron mucho más escasos. Muchos estratos de área-tiempo fueron insuficientemente muestreados, no sólo para las cuatro últimas especies, sino también para las cinco primeras. Peces abnormalmente pequeños o grandes fueron designados atípicos y excluidos de los histogramas de frecuencia de talla. Los límites superior e inferior, y el número de peces que no cayeron entre éstos, fueron como sigue: albacora, 40 y 120 cm, 54 peces; patudo, 60 y 200 cm, 363 peces; aleta amarilla, 60 y 200 cm, 135 peces; pez espada, 80 y 280 cm, 129 peces; marlín rayado, 80 y 240 cm, ninguno; marlín azul, 80 y 320 cm, 1 pez; marlín negro, 80 y 320 cm, ninguno; pez vela, 80 y 240 cm, ninguno; marlín trompa corta, 80 y 200 cm, ninguno.

Un análisis completo de los datos de frecuencia de talla de cada especie yace fuera del alcance de este informe. Shomura y Keala (1963), Otsu y Sumida (1968), y Murphy y Shomura (1972) demostraron que el número de machos suel ser mayor que el de hembras en las categorías de talla mayores de patudos, albacoras, y aletas amarillas, respectivamente, capturados con palangre. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) demostraron que sucede lo contrario con el pez espada, marlín rayado, marlín azul, marlín negro, y pez vela, y por lo tanto graficaron por separado los datos

de los machos, las hembras, y los peces de sexo desconocido. No se dispuso de los datos sobre el sexo de los peces medidos o pesados para este estudio, de manera que fue imposible proceder de esta forma. Las nueve áreas en la Figura 1 no son necesariamente las más adecuadas para las especies bajo consideración. Un procedimiento similar a aquel usado por Punsly y Nakano (1992) para dividir el OPO en áreas para el análisis de los datos de captura por unidad de esfuerzo correspondientes al patudo y aleta amarilla podría ser usado para seleccionar las áreas para la estratificación de los datos de frecuencia de talla. Sería probablemente también apropiado considerar la profundidad de captura como una variable, aunque no se dispone siempre de ese dato. (Se sabe que los peces capturados en los anzuelos más cercanos a las boyas fueron capturados cerca de la superficie, pero aquellos capturados en los anzuelos más alejados de las boyas no fueron necesariamente capturados todos en las profundidades máximas a las cuales descendieron los anzuelos.) En el caso poco probable de que se encuentre que nueve áreas fuesen apropiadas para cada especie, se examinaría hasta un máximo de 756 histogramas de frecuencia de talla (9 áreas \times 7 años \times 12 meses) para cada especie si se quisiera analizar los datos de la forma más completa posible. En el análisis siguiente se combinan los 12 meses en 4 trimestres. Adicionalmente, para la albacora, por ejemplo, se combinan los datos de años y trimestres en la Figura 57, los de años en la Figura 58, y los de trimestres en la Figura 59. 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 igualmente los datos de cada estrato.

Albacora

Datos sobre las frecuencias de talla de albacoras capturadas con palangre en el OPO han sido publicados por Shingu *et al.* (1974) y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 13,637 peces del presente estudio varió entre unos 60 y 130 cm, pero la mayoría de los peces midieron entre unos 70 y 120 cm (Figura 57).

La talla de los peces fue máxima en las Areas 1 y 4, intermedia en el Area 5, y mínima en el Area 9. El rango de tallas fue mucho mayor en el Area 1 que en las Areas 4 ó 5.

Las frecuencias de talla no cambiaron mucho entre trimestres en las Areas 4 y 5, pero son evidentes cambios considerables para las Areas 1 y 9 (Figura 58). Miyabe y Bayliff (1987) reportaron la ocurrencia de peces pequeños en el Area 1 durante el tercer trimestre y en el Area 9 durante el primer trimestre del periodo de 1971–1980, y comentaron que ésto 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. Durante el periodo de 1981–1987, sin embargo, es evidente que los peces más pequeños capturados en el Area 1 fueron capturados durante el primer trimestre, y no en el tercero.

En el Area 1 la talla de los peces tendió a aumentar durante el periodo de 1981–1985 (Figura 59). Se cree que ésto se debe a cambios en las temporadas de pesca en el área. Las distribuciones anuales de la frecuencia de talla en el Area 4 no cambiaron mucho entre años, al igual que los datos trimestrales de este área (Figura 58). En el Area 5 los datos de 1987 indican una sola moda entre 80 y 90 cm. En el Area 9 el rango de tallas fue diferente en distintos años, debido probablemente a cambios en las temporadas de pesca en el área.

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), y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 311,064 peces del presente estudio varió entre unos 60 y 180 cm, pero la mayoría midió entre unos 80 y 170 cm (Figura 60). Según Kume y Joseph (1966), los machos y hembras crecen a más o menos el mismo paso hasta los 150 cm, aproximadamente, y se

supone por lo tanto que el crecimiento diferencial de los dos sexos no causa problemas en la interpretación de los datos de frecuencia de talla de peces de menos de 150 cm.

Los peces más pequeños formaron una mayor porción de las capturas en las Areas 1 y 9, en los extremos norte y sur de la pesquería, que en las demás áreas (Figura 60). Son evidentes tres grupos modales en muchos de los histogramas trimestrales (Figura 61) y anuales (Figura 62), 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 Area 1 y, en menor grado, en las Areas 2, 4, 5, y 9. Los grupos segundo y tercero aparecen en todas las áreas, pero son mucho más prominentes en las Areas 2-5 y 8. Peces de talla superior a los 150 cm fueron importantes en las Areas 2-5 y 8, pero no tanto en las Areas 1 y 9.

Se pueden seguir progresiones de modas dentro de años en las Areas 1, 2, 4, y 5, y, en menor grado, las Areas 3, 8, y 9 (Figura 61). Las progresiones del segundo y tercer grupo modal indican tasas de crecimiento de unos 25 y 20 cm por año, respectivamente, lo cual concuerda con los resultados de Kume y Joseph (1966 y 1969a). Ya que peces del primer grupo modal son prominentes principalmente en las Areas 1 y 9, se infiere que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurre primordialmente en esas áreas.

Si es que existen clases anuales dominantes, podrían ser aparente a partir de progresiones de las modas en la Figura 62. Progresiones de este tipo aparecen en algunos casos, por ejemplo en el Area 2 (1982-1984), Area 3 (1985-1987), Area 4 (1984-1986), Area 5 (1983-1984 y 1985-1987), y Area 8 (1986-1987). En muchos casos aparecen modas prominentes que desaparecen el año siguiente, por ejemplo en las Areas 2 (1981-1983), 3 (1981-1982), 8 (1981-1982), y 9 (1984-1985). Estas apariciones y desapariciones podrían ser causadas por (1) reclutamiento y mortalidad, (2) desplazamientos de los peces de un área a otra, y/o (3) cambios en las estrategias de pesca. Considerando primero el reclutamiento y mortalidad, la aparición en el Area 2 de peces de talla inferior a los 100 cm en 1980 podría ser debido a reclutamiento del Area 1. Las porciones de peces de talla superior a los 140 cm disminuyó en algunas áreas durante 1981-1987. Un examen de los datos de años previos (Kikawa, 1962: Tablas 3 y 4; Kume y Joseph, 1966: Figura 7; Kume y Joseph, 1969a: Figura 21; Shingu *et al.*, 1974: Figura 26) demuestra que ésto formó parte de una tendencia a largo plazo, debida probablemente a un aumento de la mortalidad por pesca. Los datos de 1980-1981 de las Areas 8 y 9 brindan un ejemplo posible del desplazamiento. Los peces de 90 a 110 cm que aparecieron en el Area 8 en 1981 podrían haber aparecido como peces de 100 a 130 cm en el Area 9 en 1982. Casi cualquier cambio observado podría ser debido a cambios en las estrategias de pesca, pero un examen completo de éstos está fuera del alcance de este informe.

En la Tabla 3 se ilustran los datos de peso promedio en el OPO correspondientes a 1971-1987. Todos los valores para el patudo fueron calculados a partir de datos de frecuencia de talla de peces capturados por la pesquería palangrera. No se usó ninguna ponderación para ajustar por las diferencias en la intensidad del muestreo entre estratos, y los datos son por consiguiente probablemente sesgados. Los valores de 1971-1980 son inferiores a aquellos de Miyabe y Bayliff (1987: Tabla 3) para los mismos años porque se usan los datos de todas las áreas en la Tabla 3, mientras que Miyabe y Bayliff (1987) usaron solamente datos de las Areas 2-5 y 8. El peso promedio disminuyó entre 1973 y 1979, y a partir de ese año fluctuó entre unos 45 y 60 kg.

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), y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 100,391 peces del presente estudio varió entre unos 60 y 190 cm, pero la mayoría midió entre 80 y 160 cm (Figura 63).

Son aparentes diferencias en las tallas de los peces entre áreas (Figura 63). Peces de talla mayor de 120 cm formaron una mayor proporción de las capturas en las Areas 3-5 y 8 que en las

demás áreas. Peces de talla menor de 100 cm formaron una mayor porción de las capturas en las Areas 1 y 2 y en las áreas cerca de la costa (7-9) que en las demás áreas.

Son aparentes variaciones trimestrales en la talla de los peces capturados, especialmente aquellos de las Areas 2, 4, 7, y 8 (Figura 64). En el Area 1 el rango de tallas fue amplio en todos los trimestres. Las distribuciones de talla fueron unimodales en unos pocos estratos de área-trimestre. El reclutamiento a la pesquería palangrera parece haber ocurrido principalmente en el Area 1 durante todos los trimestres y en las Areas 2 y 7 durante el primer trimestre. No hubieron indicaciones obvias de reclutamiento en las demás áreas.

En la Figura 65 se ilustra la distribución anual de frecuencias de talla de cada área. Peces de talla mayor de 100 cm predominaron en las capturas en todas las áreas durante todos los años. Se puede seguir la progresión de modas en varias áreas, especialmente las Areas 2, 4, y 5. Si las modas representan grupos de edad, estos datos indican que el crecimiento de los peces de entre 80 y 140 cm es aproximadamente 35 cm por año, cifra cercana a las estimaciones de Wild (1986), obtenidas a partir de conteos de incrementos en los otolitos, y de Bayliff (1989), obtenidas de datos de marcado. Peces de talla menor de 80 cm aparecieron en las capturas del Area 1 en todos los años, Area 2 en 1985, Area 4 en 1981, Area 6 en 1985, y Area 9 en 1984. Las porciones de peces de talla menor de 100 cm tendieron a ser mayores en 1983 y 1984, y aquellas de peces de talla menor de 120 cm en 1982, 1983, y 1984. Las porciones de peces de talla mayor de 140 cm disminuyeron en algunas áreas durante el periodo de 1981-1987. Un examen de los datos de años anteriores (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) descubre una tendencia a largo plazo hacia una reducción de la talla de peces capturados por la pesquería palangrera.

En la Tabla 3 se ilustran datos del peso promedio en el OPO correspondientes a 1971-1987. Todos los valores para el aleta amarilla fueron calculados a partir de datos de frecuencia de talla de peces capturados por las pesquerías palangrera y de superficie. Los datos de la pesquería de superficie fueron ponderados usando el método de Shingu *et al.* (1974) para eliminar, o al menos minimizar, cualquier sesgo que pudiera existir como resultado del muestreo desigual de los estratos. No se procedió así con los datos de la pesquería palangrera, y están por lo tanto probablemente sesgados. Los valores de 1971-1980 son inferiores a aquellos de Miyabe y Bayliff (1987: Tabla 3) correspondientes a los mismos años porque se usaron los datos de todas las áreas en la Tabla 3, mientras que Miyabe y Bayliff usaron solamente datos de las Areas 1-5. El peso promedio disminuyó gradualmente entre 1971 y 1985, y luego aumentó en 1986 y 1987.

Pez espada

Datos sobre la frecuencia de tallas del pez espada en el OPO han sido publicados por Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 1,816 peces del presente estudio varió entre 80 y 280 cm, pero la mayoría midió menos de 240 cm (Figura 66). Sería obviamente deseable presentar las frecuencias de talla de peces de talla menor de 80 cm, pero ésto no es posible porque se obtuvieron las tallas al convertir los pesos a tallas, y se pesaron los peces solamente al próximo intervalo de 5 kg. Peces de talla menor de 80 cm forman frecuentemente una porción considerable de la captura (en número de peces, no en peso de los mismos) dentro de distintos estratos de área-tiempo, lo cual no ocurre con ninguna otra especie de picudo. No es evidente ninguna tendencia por área o estación en estas ocurrencias de peces pequeños.

Hubo una variación considerable entre áreas en las frecuencias de talla (Figura 66). Peces de talla menor de 120 cm fueron más importantes en las Areas 1, 4, y 9, y los de talla mayor de 200 cm en las Areas 1, 5, y 9. Los rangos de frecuencia de talla fueron mínimos en las Areas 2 y 3.

Es evidente una variación considerable en la ocurrencia de modas en distintos trimestres en los datos de las Areas 3, 4, y 7 (Figura 67). Los peces más pequeños (de talla menor de unos 100 cm) ocurrieron en muchos estratos de área-trimestre, pero no se pueden seguir progresiones temporales

de modas dentro de años o entre años (Figura 68). Esto hace parecer que el reclutamiento a la pesquería palangrera tuvo lugar en áreas geográficas y temporadas muy extensas y sobre un rango amplio de tallas de los peces. Kume y Joseph (1969b) estimaron la tasa de crecimiento en unos 35 cm por año para peces de entre 62 y 165.

Marlin rayado

Datos sobre la frecuencia de tallas del marlín rayado en el OPO han sido publicados por Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), y Squire y Suzuki (1990). La talla de los 34,515 peces del presente estudio varió entre unos 80 y 240 cm, pero la mayoría midió entre unos 120 y 200 cm (Figura 69).

Los peces fueron más grandes en las Areas 2-4 que en las demás áreas (Figura 69).

En la mayoría de los estratos de área-trimestre ocurrió solamente una moda; las excepciones principales fueron las Areas 1, 2, y 9, donde se capturan a menudo peces más pequeños (Figura 70). Esto podría indicar que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurrió primordialmente en las Areas 1, 2, y 9. En el Área 1 se puede seguir una progresión modal desde el primer trimestre (aproximadamente 125 cm) al segundo trimestre del año siguiente (aproximadamente 170 cm), a partir de la cual se estima una tasa de crecimiento de unos 36 cm por año. Esto concuerda con la tasa de 35 cm por año para peces de 120 to 160 cm estimada por Koto (1963), pero algo inferior a la tasa de 40 cm por año para peces de 100 to 170 cm estimada por Miyabe y Bayliff (1987). En el Área 9 se puede seguir una progresión modal desde el segundo trimestre (aproximadamente 170 cm) hasta el cuarto (aproximadamente 200 cm), a partir de la cual se estima una tasa de crecimiento de unos 15 cm por año. Esto es sustancialmente inferior a la tasa de 27 cm por año para peces de 160 a 185 cm estimada por Koto (1963). No es evidente ninguna otra progresión de modas.

En la Figura 71 se muestran las frecuencias de talla anuales. Es evidente una bimodalidad en el Área 1 para 1984 y 1986 y posiblemente en algunos otros estratos de área-tiempo.

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

Marlin 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), y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 7,423 peces del presente estudio varió entre unos 90 y 310 cm, pero la mayoría midió entre unos 120 y 240 cm (Figura 72).

Los peces tendieron a ser más pequeños en las Areas 1-5 (de altura al norte de 20°S), intermedia en el Área 8 (cerca de la costa entre 10°N y 10°S), y más grandes en el Área 9 (cerca de la costa al sur de 10°S).

La incidencia de peces pequeños fue más o menos igual en casi todos los estratos de área-trimestre, lo cual sugiere que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurrió en la mayoría de los mismos (Figura 73). Kume y Joseph (1969b) comentaron que los peces fueron más grandes en el Área 8 durante el segundo y tercer trimestre, y sugerieron que ésto pudiera ser debido a migración de peces al Área 8 de las Areas 3 y 5 durante el cuarto trimestre y lo contrario durante el segundo.

En la Figura 74 se ilustran las frecuencias de talla anuales. No es evidente mucha variación entre áreas o años.

Marlin negro

Datos sobre las frecuencias de talla del marlín negro en el OPO han sido publicados por Shiohama (1969), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff, (1987). La talla de los 1,255 peces del presente estudio varió entre unos 130 y 400 cm, pero la mayoría midió entre unos 150 y 320 cm (Figura 75).

Los peces tendieron a ser más pequeños en las Areas 1 y 2 (de altura al norte de la línea ecatorial) que en las demás. Miyabe y Bayliff (1987) notaron que fueron más pequeños en las Areas 1, 2, y 9 (cerca de la costa al sur de 10°S) durante 1971-1980.

Pez vela

Datos sobre las frecuencias de talla del pez vela en el OPO han sido publicados por Kume y Joseph (1969b), Yurov y Gonzalez (1971), Shingu *et al.* (1974), y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 1,481 peces del presente estudio varió entre unos 70 y 250 cm, pero la mayoría midió entre unos 100 y 200 cm (Figura 76).

Miyabe y Bayliff (1987) comentaron que hubo una variación considerable en la talla entre áreas durante el período de 1971-1980, pero que fue menos evidente para el período de 1981-1987 (Figura 76). Los peces fueron más pequeños en las Areas 1-3 y 5, intermedios en las Areas 4 y 7, y más grandes en las Areas 8 y 9 durante este segundo período.

Miyabe y Bayliff (1987) notaron la presencia de dos modas en uno de los estratos de área-trimestre en los datos de 1971-1980, y afirmaron que si éstas representaban peces de grupos de edad sucesivos el crecimiento sería unos 50 cm por año. Esto es considerablemente superior a la tasa de 35 cm por año para peces 140 to 175-cm estimada por Koto y Kodama (1962). Los datos de 1981-1987 son insuficientes para estimar el crecimiento en ese período (Figura 77).

Marlin 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), y Miyabe y Bayliff (1987). La talla de los 2,550 peces del presente estudio varió entre unos 80 y 200 cm, pero la mayoría midió entre unos 120 y 160 cm (Figura 78).

Los peces fueron más pequeños en las Areas 1, 2, y 4 que en las Areas 5 y 9 (Figura 78).

No son aparentes progresiones modales en los datos trimestrales (Figura 79) ni en los anuales (Figura 80).

INTERACCION ENTRE LAS PESQUERIAS DE SUPERFICIE Y PALANGRERA PARA EL ALETA AMARILLA

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

Suzuki *et al.* (1978: 298), basándose en datos sobre la madurez sexual y el desove, distribución horizontal y vertical de las capturas, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota palangrera japonesa, composición por talla, y desplazamientos del aleta amarilla, concluyeron tentativamente que existen tres "existencias 'semi-independientes'" de esta especie, que viven en el Pacífico occidental, central, y oriental, respectivamente. Se cree que el área ocupada por este último stock corresponde bastante bien con el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA), ilustrado en la Figura 1. Estudios subsecuentes sugirieron que los peces dentro y fuera del ARCAA fueron afectados de forma distinta por la pesca, lo cual tiende a apoyar esta opinión. "Sin embargo, desde 1978 la distribución del esfuerzo de pesca y de las capturas se ha hecho mucho más continua . . . y es ahora aparente que desde el principio de la década de los 70 la talla media de los

peces en la captura ha mostrado tendencias similares en las dos áreas . . . y que la captura por día de pesca . . . también ha sido similar en las dos áreas" (Anónimo, 1991a: 233). Por consiguiente, la mayoría de los análisis recientes de la condición del aleta amarilla en el OPO han sido realizados con datos provenientes del área al este de 150°W, con la excepción de las aguas alrededor de la Polinesia Francesa. En esta sección se supone que los peces que ocurren al este de 150°W pertenecen a un solo stock y que el límite occidental del mismo es 150°W.

Las pesquerías de superficie y palangrera no han sido proseguidas en exactamente las mismas áreas. No existió la pesca de superficie en el OPO al oeste del ARCAA antes de 1968 (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971). La pesquería palangrera comenzó en la parte occidental del OPO durante la década de los 50, pero no progresó al área donde se pescaba con arte de superficie hasta alrededor de 1961 (Suda y Schaefer, 1965a; Figura 1). En el Área 7 son capturadas grandes cantidades de aleta amarilla por la pesquería de superficie (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971; Calkins, 1975; Orange y Calkins, 1981; Anónimo, 1982a-1988a; Figura 2), pero pocos por la pesquería palangrera (Figura 15). Durante el período de 1981-1987 hubo relativamente poco esfuerzo palangrero al oeste de 95°W entre 8°N y 18°N (Figura 6), un área importante de pesca para la pesquería de superficie, especialmente aquella fuera del ARCAA (Anónimo, 1982a-1988a; Figura 2). La separación por área no sería importante si ocurriera intercambio rápido de peces entre las distintas partes del OPO. En la Tabla 4 se presentan algunos datos sobre los desplazamientos netos de aletas amarillas marcadas liberadas de barcos cerqueros durante el período de 1968-1978. En la tabla se presentan solamente datos de liberaciones correspondientes a barcos de este tipo porque los peces suelen ser más grandes que aquellos liberados de barcos de carnada y porque los cerqueros suelen pescar a mayor distancia de la costa. Estos peces son por lo tanto probablemente más parecidos a aquellos capturados por la pesquería palangrera que aquellos liberados de barcos de carnada. Desplazamientos de varios centenares de millas son comunes, pero los desplazamientos no son suficientemente extensos como para hacer que sea probable una mezcla rápida de peces de todas partes del Océano Pacífico. Solamente seis marcas de peces capturados con arte de superficie han sido devueltas por pescadores palangreros, y solamente una de un pez capturado originalmente con palangre ha sido devuelta por un pescador de superficie (Tabla 5).

En la Figura 81 se ilustran datos sobre las capturas y CPUE de aleta amarilla por las pesquerías de superficie y palangrera del OPO. Los datos de la pesquería de superficie provienen de Anónimo (1991a: Tablas 1 y 30), y aquellos de la pesquería palangrera del Sr. Patrick K. Tomlinson, investigador de la CIAT. Los dos recuadros superiores (capturas) son equivalentes a los tres recuadros superiores de la Figura 66 de Miyabe y Bayliff (1987). Las capturas logradas por las artes de superficie han sido muy superiores a aquellas de las artes palangreras. Las capturas de superficie mostraron una tendencia ascendente durante el período de 1957-1987, a diferencia de las palangreras. Los dos recuadros inferiores (las CPUE) son equivalentes a los tres recuadros inferiores de la Figura 66 de Miyabe y Bayliff (1987) y a la Figura 17 de Anónimo (1987a). Los datos de CPUE correspondientes a la pesquería palangrera se expresan como toneladas por 73,800 anzuelos porque Anónimo (1987a: 21-22) señaló que, para el aleta amarilla, un día de esfuerzo por un cerquero de la Clase 6 fue equivalente a 73,800 anzuelos palangreros durante el período de 1968-1983. Las tendencias de las CPUE para las dos pesquerías fueron marcadamente parecidas durante dicho período, hecho sorprendente "particularmente si se considera las grandes diferencias entre la distribución espacial del esfuerzo, los métodos de pesca y la composición de talla de los peces" (Anónimo, 1987a: 189). Sin embargo, el aumento de la CPUE durante 1983-1987 fue considerablemente mayor para las artes de superficie que para las palangreras. Esto podría ser debido a cambios en la estrategia de pesca con palangre que resultaron en capturas menores de aleta amarilla y mayores de otras especies. Miyabe y Bayliff (1987) trataron el cambio a palangres profundos, que capturan más patudo y menos aleta amarilla, pero éste comenzó a mediados de los años 70, y no a principios de los 80. Punsly y Nakano (1992) compararon las CPUE palangrera y cerquera de aleta

amarilla, y encontraron una correlación significativa para palangres con 10 a 12 anzuelos por canasta, pero no para palangres con 3-4, 5-9, ó 13-15 anzuelos por canasta. Sería de esperar que se obtuviera la correlación máxima con la CPUE cerquera con los datos para 3-4 anzuelos por canasta, ya que se ha demostrado que la profundidad a la cual pesca esa arte corresponde mejor a la profundidad a la cual ocurre el aleta amarilla que aquella con más de 4 anzuelos por canasta.

En la Figura 18 de Anónimo (1987a) se ilustran estimaciones de la biomasa de aletas amarillas grandes (de talla mayor de 83 cm) y las CPUE de los mismos capturados por (1) la pesquería de superficie y (2) la pesquería palangrera, todos en el OPO. Todos éstos indicaron una tendencia descendiente en el período de 1968-1983, pero las dos CPUE parecen estar mejor correlacionados entre sí que con el índice de la biomasa. Una versión actualizada de dicha figura aparece como la Figura 82 del presente informe. La CPUE de la pesquería de superficie se expresa en días de cerqueros de la Clase 6, y la de la pesquería palangrera en captura por 30,550 anzuelos, ya que el Sr. Tomlinson estimó, a partir de datos del período de 1959-1987 que los dos índices de esfuerzo son equivalentes entre sí para peces grandes. A partir de 1982 la tendencia de la CPUE correspondiente a la pesquería de superficie correspondió mucho más estrechamente a aquella de la biomasa que aquella de la pesquería palangrera. Estos resultados concuerdan con aquellos de las CPUE de peces de todas tallas, comentados en el párrafo anterior. Richard G. Punsly (comunicación personal) calculó las CPUE correspondientes a áreas de 5° individuales para las pesquerías cerquera y palangrera, y encontró que los aumentos en las CPUE cerqueras durante los años 80 no fueron, en la mayoría de los casos, complementados por aumentos en las CPUE palangreras.

Suzuki (1988: Figura 35) comparó la población de peces grandes en 1968-1983, derivada de Anónimo (1985a: Tabla 19), y la CPUE de los palangres en 1962-1983, ambos en el ARCAA, y encontró tendencias descendientes bastante parecidas.

Datos sobre las composiciones de talla de peces capturados con arte de superficie y palangrera son presentados por Suda y Schaefer (1965b: Tabla 6), Kume y Joseph (1969b: Tabla 8), Shingu *et al.* (1974: Tabla 4), Suzuki *et al.* (1978: Figura 22), Miyabe y Bayliff (1987: Figura 67), y la Figura 83 del presente informe. Los datos no son estrictamente comparables, ya que se consideraron distintas áreas y los intervalos de talla, métodos de medición, y métodos de ponderación no fueron iguales. No obstante, es aparente que una porción mucho mayor de la captura de la pesquería de superficie consiste de peces pequeños y medianos. Además, se puede ver que durante el período de 1981-1987 las capturas de superficie superaron a las palangreras en todas las clases de talla.

In la Figura 84 se presentan las distribuciones de frecuencia de talla correspondientes a todas las muestras de los estratos de mes-área (5 grados de latitud por 10 grados de longitud) de los cuales se tomaron muestras de al menos 30 peces de cada arte (de superficie y palangrera) durante 1981-1987. La posición de un área es designada por un dígito inicial que especifica el hemisferio (0 = norte; 2 = sur) seguido por la latitud y longitud de los límites sur y este, respectivamente; por ejemplo, 0-05-130 designa el área bordeado por 5°N y 10°N y 130°W y 140°W, y 2-05-080 el área bordeado por 5°S y la línea ecuatorial y 80°W y 90°W. Con algunas excepciones, los peces capturados con palangre solieron ser más grandes que aquellos capturados con arte de superficie.

En vista de ésto, sería de esperar que la pesquería de superficie tendría un efecto directo mayor sobre la pesquería palangrera que al revés, y por lo tanto se considerará inicialmente el efecto de la pesquería de superficie sobre la palangrera. Se debe tener en cuenta que las capturas y tasas de captura palangreras no son necesariamente indicadores confiables de la abundancia de los peces, ya que la pesquería palangrera es multiespecífica, y es posible que los pescadores decidan pescar en las áreas donde el aleta amarilla es menos abundante porque desean capturar otras especies o que usen artes menos efectivas para el aleta amarilla, aún en áreas donde es buena la pesca de dicha especie, por la misma razón. Las capturas de aleta amarilla en el OPO con arte de superficie permanecieron más o menos constantes en unas 100 mil toneladas por año desde 1955 hasta 1967 (Figura 81). A partir de ese año comenzaron a aumentar, y el promedio de 1970-1981 fue aproximadamente el doble

de aquel de 1955–1967. Tras tres años, 1982–1984, de capturas descendientes, se realizaron capturas récord durante 1985–1987. Las CPUE disminuyeron desde 1968 hasta 1980, y luego aumentaron desde 1983 hasta 1987. Las capturas en el OPO por embarcaciones palangreras fueron mayores durante 1961–1969 que durante 1970–1987. Las CPUE de las artes palangreras siguen la misma tendencia que aquellas de las de superficie para 1967–1983, pero aumentaron en menor grado durante 1984–1987 que las de las artes de superficie. La disminución de las tasas de captura de los palangres a partir de 1974 puede ser atribuida, al menos parcialmente, a la adopción de palangres profundos por una gran porción de la flota, comentada en la sección titulada *Indices de abundancia aparente obtenidos de palangres convencionales y profundos*.

Pasando ahora al efecto de la pesquería palangrera sobre la de superficie, es evidente a partir de la Figura 81 que la captura de aleta amarilla con artes de superficie en el OPO es mucho mayor que la palangrera. Los aletas amarillas capturados con arte de superficie son más pequeños, en promedio, que aquellos capturados con palangre (Figura 83 y Tabla 3), aunque existe una superposición de tallas considerable, de manera que la introducción de artes palangreras al OPO ha reducido ligeramente la cantidad de peces disponibles a la pesquería de superficie.

Ambas pesquerías han reducido el número de reproductores, que podría a su vez afectar el reclutamiento. En Anónimo (1991a: Tabla 27) se presentan datos sobre el reclutamiento del aleta amarilla en el OPO durante 1967–1989; fue superior al promedio en cada año del período de 1984–1989, lo cual hace parecer que las capturas totales incrementadas de esos años no redujeron el reclutamiento.

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

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Seiji Osumi, Director del NRIFSF al ser preparado el estudio, al Dr. Keisuke Okada, Jefe de División, y al Dr. Yoh Watanabe, Jefe de Sección, por permitir al primer autor unirse al personal de la CIAT como científico en visita y a los autores elaborar los datos reunidos por el NRIFSF. Se recibió ayuda considerable con los datos estadísticos de los Sres. Toshio Shiohama y Naozumi Miyabe del NRIFSF. Se desea también agradecer al Dr. James Joseph, Director de la CIAT, su ayuda financiera y apoyo entusiástico del proyecto. El Dr. Richard B. Deriso, Científico Dirigente del Programa Atún-Picudo, supervisó la ejecución del trabajo, y los Sres. Michael G. Hinton, Milton F. López, Ashley J. Mullen, Richard G. Punsly, Patrick K. Tomlinson, y Nicolás J. Webb y las Sras. Susan Boyer, Berta N. Juárez, y Gayle Ver Steeg proporcionaron datos sobre la pesquería de superficie, asistieron con el procesamiento de los datos, y ayudaron en numerosas otras formas. El manuscrito fue revisado por los Dres. Okada, Watanabe, Deriso, Ziro Suzuki, y Sachiko Tsuji, y los Sres. Miyabe y Punsly, todos de los cuales hicieron sugerencias valiosas para mejorarlo.

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA

- Anonymous. 1973a–1991a. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1972–1989.
- Anonymous. 1981b. Annual catch statistics of Taiwan's tuna longline fishery 1980. Tuna Research Center, Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei.
- Anonymous. 1985b. Annual report of catch and effort statistics and fishing grounds for the Korean tuna longline fishery 1980. Fisheries Research and Development Agency, Pusan.
- Anonymous. 1982c–1988c. Annual statistics of fishery products marketing. Japan, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Statistics and Information Department.
- Bayliff, W. H. 1989. Growth of skipjack, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin, *Thunnus albacares*, tunas in the eastern Pacific Ocean, as estimated from tagging data. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 19 (4): 307–385.
- Bayliff, W. H., Y. Ishizuka, and R. B. Deriso. 1991. Growth, movement, and attrition of northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean, as determined by tagging. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (1): 1–94.
- Calkins, T. P. 1975. Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1971–1974. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17 (1): 1–116.
- Calkins, T. P., and B. M. Chatwin. 1967. Geographical distribution of yellowfin tuna and skipjack catches in the eastern Pacific Ocean, by quarters of the year, 1963–1966. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 12 (6): 433–508.
- Calkins, T. P., and B. M. Chatwin. 1971. Geographical catch distribution of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean, 1967–1970, and fleet and total catch statistics, 1962–1970. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15 (3): 283–377.
- 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.
- Eldridge, M. B., and P. G. Wares. 1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean, 1967–1970. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 89–101.
- 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.
- Hilborn, R. 1989. Yield estimation for spatially connected populations: an example of surface and longline fisheries for yellowfin tuna. North Amer. Jour. Fish. Manag., 9 (4): 402–410.
- Hisada, K. 1973. Investigations on tuna hand-line fishing ground and some biological observations on yellowfin and bigeye tunas caught in the northwestern Coral Sea. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 8: 35–69.

- 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.
- 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.
- 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.
- Kikawa, S. 1959. Notes on the regional difference of spawning season of Pacific yellowfin tuna. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 11: 59-76.
- 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.
- Kikawa, S. 1966. The distribution of maturing bigeye and yellowfin and an evaluation of their spawning potential in different areas in the tuna longline grounds in the Pacific. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 23: 131-208.
- Knudsen, P. F. 1977. Spawning of yellowfin tuna and the discrimination of subpopulations. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17 (2): 117-169.
- Koto, T. 1963. Some considerations on the growth of marlins, using size frequencies in commercial catches. III. Attempts to estimate the growth of striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi) in the western north Pacific Ocean. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 17: 63-85.
- Koto, T. 1964. Studies on the albacore. X. The length frequency distribution of albacore in the central north Pacific longline ground. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 20: 17-25.
- Koto, T., and K. Hisada. 1967. Studies on the albacore. XIII. Size composition of south Pacific albacore caught by longline. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 25: 37-47.
- Koto, T., and K. Kodama. 1962. Some considerations on the growth of marlins, using size-frequencies in commercial catches. I. Attempts to estimate the growth of sailfish. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 15: 97-108.
- Kume, S. 1969a. Ecological studies on bigeye tuna - V. A critical review on distribution, size composition and stock structure of bigeye tuna in the north Pacific Ocean (north of 16°N). Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 57-75.
- Kume, S. 1969b. Ecological studies on bigeye tuna - VI. A review on distribution and size composition of bigeye tuna in the equatorial and south Pacific Ocean. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 77-98.
- Kume, S. 1973. Catch variation of the sailfish caught by the longline fishery in the eastern Pacific Ocean, 1963-1970. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 8: 25-33.
- Kume, S. 1979. Fishery biology of the bigeye tuna resource in the Pacific Ocean. Suisan Kenkyu Sousho, 32:

- Kume, S., and J. Joseph. 1966. Size composition, growth and sexual maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), from the Japanese long-line fishery in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 11 (2): 45-99.
- Kume, S., and J. Joseph. 1969a. The Japanese longline fishery for tunas and billfish in the eastern Pacific Ocean east of 130°W, 1964-1966. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 13 (2): 275-418.
- Kume, S., and J. Joseph. 1969b. Size composition and sexual maturity of billfishes caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 2: 115-162.
- Kume, S., and M. B. Schaefer. 1966. Studies of the Japanese long-line fishery for tuna and marlin in the eastern tropical Pacific Ocean during 1963. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 11 (3): 101-170.
- 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.
- Lernarz, W. H., and J. R. Zweifel. 1979. A theoretical examination of some aspects of the interaction between longline and surface fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. Fish. Bull., 76 (4): 807-825.
- Matsumoto, W. M., and T. K. Kazama. 1974. Occurrence of young billfishes in the central Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 238-251.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Nishikawa, Y., S. Kikawa, M. Honma, and S. Ueyanagi. 1978. Distribution atlas of larval tunas, billfishes, and selected species—results of larval surveys by R/V Shunyo Maru and Shoyo Maru (1956-1975). Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 9: 99 pp.
- Nishikawa, Y., and S. Ueyanagi. 1974. The distribution of the larvae of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Indian and Pacific Oceans. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 261-264.
- Orange, C. J. 1961. Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern tropical Pacific, as inferred from studies of gonad development. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 5 (6): 457-526.
- Orange, C. J., and T. P. Calkins. 1981. Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1975-1978. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 18 (1): 1-120.
- Otsu, T., and R. F. Sumida. 1968. Distribution, apparent abundance, and size composition of albacore (*Thunnus alalunga*) taken in the longline fishery based in American Samoa, 1964-65. U.S. Bur. Comm. Fish., Fish. Bull., 67 (1): 47-69.
- 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.

- Saito, S. 1973. Studies on fishing of albacore, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre) by experimental deep-sea tuna long-line. Hokkaido Univ., Mem. Fac. Fish., 21 (2): 107-184.
- Saito, S. 1975. On the depth of capture of bigeye tuna by further improved vertical long-line in the tropical Pacific. Jap. Soc. Sci. Fish., Bull., 41 (8): 831-841.
- Schaefer, M. B., and C. J. Orange. 1956. Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the eastern Pacific Ocean, by examination of gonads. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 1 (6): 281-349.
- Shingu, C., P. K. Tomlinson, and C. L. Peterson. 1974. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 16 (2): 65-230.
- Shiohama, T. 1969. A note on the marlins caught by the tuna longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 5-34.
- Shomura, R. S., and B. A. Keala. 1973. Growth and sexual dimorphism in growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) a preliminary report. FAO, Fish. Rep., 6 (3): 1409-1417.
- Squire, James L., and Ziro Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific Ocean. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 67-80.
- 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.
- Suda, A., S. Kume, and T. Shiohama. 1969. An indicative note on the role of permanent thermocline as a factor controlling the longline fishing ground for bigeye tuna. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 99-114.
- Suda, A., and M. B. Schaefer. 1965a. General review of the Japanese tuna long-line fishery in the eastern tropical Pacific Ocean 1956-1962. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 9 (6): 305-462.
- Suda, A., and M. B. Schaefer. 1965b. Size-composition of catches of yellowfin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific east of 130°W. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 10 (4): 265-331.
- Suzuki, Z. 1988. Study of interaction between longline and purse seine fisheries on yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre). Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 25: 73-144.
- Suzuki, Z., and S. Kume. 1982. Fishing efficiency of deep longline for bigeye tuna in the Atlantic as inferred from the operations in the Pacific and Indian Oceans. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 18 (2): 471-486.
- Suzuki, Z., Y. Warashina, and M. Kishida. 1977. The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the western and central equatorial Pacific. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 15: 51-89.
- 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.
- Uchiyama, J. H., and R. S. Shomura. 1974. Maturation and fecundity of swordfish, *Xiphias gladius*, from Hawaiian waters. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 142-148.
- Ueyanagi, S. 1959. Larvae of the striped marlin, *Makaira mitsukurii* (Jordan et Snyder). Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 11: 130-146.
- Ueyanagi, S. 1960. On the larvae and the spawning areas of the shirokajiki, *Marlina marlina* (Jordan and Hill). Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 12: 85-96.
- Ueyanagi, S. 1962. On the larvae of the shortnosed spearfish, *Tetrapturus angustirostris* Tanaka. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 16: 173-189.
- de Vlaming, V., G. Grossman, and F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. Comp. Biol. Physiol., 73A (1): 31-39.
- Weber, E. C., and S. R. Goldberg. 1986. The sex ratio and gonad indices of swordfish, *Xiphias gladius*, caught off the coast of Southern California in 1978. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 84 (1): 185-186.
- 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.
- Wyrtski, K. 1964. The thermal structure of the eastern Pacific Ocean. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft Reihe A, 8 (6): 1-84.
- 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.
- 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.
- 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).

