

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. 19, No. 1

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR
TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN,
1971-1980**

**UN EXAMEN DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE
ATUNES Y PECES ESPADA EN EL OCEANO PACIFICO
ORIENTAL, 1971-1980**

by — por

Naozumi Miyabe and/y William H. Bayliff

La Jolla, California

1987

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
ABSTRACT	3
INTRODUCTION	3
SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA	4
RESULTS AND DISCUSSION	5
Trends in effort	5
Trends in catch	7
Distribution of fishing grounds by species and quarter	9
Trends in relative apparent abundance	12
Deep longlining	17
Maturity	20
Size composition	26
Interaction between the surface and longline fisheries for yellowfin	31
ACKNOWLEDGEMENTS	34
<hr/>	
FIGURES — FIGURAS	35
<hr/>	
TABLES — TABLAS	119

VERSION EN ESPANOL — SPANISH VERSION

	Página
EXTRACTO	123
INTRODUCCION	123
ORIGEN DE LOS DATOS Y SU PROCESAMIENTO	124
RESULTADOS Y DISCUSION	126
Tendencias del esfuerzo	126
Tendencias en la captura	128
Distribución de las regiones de pesca por especie y trimestre	130
Tendencias en la abundancia relativa aparente	134
Palangres profundos	139
Madurez	143
Composición por talla	149
Interacción entre la pesca palangrera y la epipelágica de aleta amarilla	155
RECONOCIMIENTO	158
<hr/>	
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA	159

**A REVIEW OF THE JAPANESE LONGLINE FISHERY FOR
TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN,
1971-1980**

by

Naozumi Miyabe¹ and William H. Bayliff

ABSTRACT

This report reviews the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean during 1971-1980, extending the studies made by other investigators which covered the 1956-1970 period. The spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, sexual maturity, and size composition are examined for each species. The deep longlining method is described and the hook rates for this gear and for conventional longline gear are compared. Some observations on the interaction of surface and longline gear are reported.

INTRODUCTION

This report is one of a series prepared by scientists of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL; formerly the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) and the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) on the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean. The previous reports (Suda and Schaefer, 1965a and 1965b; Kume and Schaefer, 1966; Kume and Joseph, 1966, 1969a, and 1969b; Shingu *et al.*, 1974) analyzed the fishery and certain aspects of the biology of the fish for the 1956-1970 period; the present report analyzes similar data for 1971-1980.

The previous reports dealt only with the fishery to the east of 130°W, but in the present report the coverage is extended westward to 150°W to coincide with the approximate western limit of the eastern Pacific surface fishery. In addition, the enlarged area facilitates the study of bigeye, which is the most important species taken by the longline fishery in the eastern Pacific.

Longline vessels of the Republic of China and the Republic of Korea also fish for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean (Anonymous, 1981 and 1985), but their catches are much less than those of Japanese longliners. About 75 percent of the catches by weight of Chinese longline vessels in the Pacific Ocean is albacore, whereas bigeye is the principal species caught by Japanese vessels.

Several changes occurred in the Japanese longline fishery in the eastern Pacific during the 1971-1980 period. During 1963-1975 the fishing effort remained virtually level, at 70 to 100 million hooks, but during 1976-1978 it increased to about 140 million hooks and remained at that level during 1979-1980. The total catch also increased during the 1971-1980 period, but not as much as the effort. The percentage of bigeye in the catches increased, while those of the other species remained about the same or declined. This was at least partly due to greater

1. Present address: Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu, Japan

concentration of effort in the equatorial region and use of "deep longlines," which take more bigeye and less of some of the other species.

As was the case for the previous reports in this series, the spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, sexual maturity, and size are examined for each species. In addition, the deep longlining method is briefly described and the hook rates for this gear and conventional longline gear are compared. Also, some observations on the interaction of surface and longline gear are made.

SOURCES AND PROCESSING OF THE DATA

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

English name	Japanese name	Spanish name	Scientific name
albacore	binnaga	albacora	<i>Thunnus alalunga</i>
bigeye	mebachi	patudo	<i>Thunnus obesus</i>
yellowfin	kihada	aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>
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 Japanese commercial and research longline fishing vessels collected and tabulated by the FSFRL. 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, and 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 largest 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 eastern Pacific, 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 (Anonymous, 1973b-1982b). The extent of logbook coverage ranged from 71 to 95 percent per year during the 1971-1980 period (Table 1).

The effort and catch data nearly always included information on the numbers of hooks per basket, so the data for vessels using deep and conventional longline gear could be segregated for comparisons of the two types of gear.

The length data for longline-caught fish used in this report were derived from length measurements of tunas and billfishes and weight data for 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 the tail. The billfishes were weighed either whole or 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 billfishes were converted to lengths using the appropriate length-weight equations of Kume and Joseph (1969b) for swordfish, striped marlin, blue marlin, sailfish, and shortbill spearfish and of 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 averages of these, weighted by the numbers of fish in each interval.

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 10-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, 1982a: Figure 30) and quarters. The method employed, unlike that described by Shingu *et al.* (1974), makes no provision for the fact that the numbers of fish from different vessels caught in a given stratum (Stage-1 sampling unit) are not the same. Also, no estimates of the numbers of fish caught in the strata for which no samples are obtained are made. The latter deficiency, plus that resulting from the failure to get logbook data for some trips, causes the estimates of the numbers of fish caught to be low. The average weight data were obtained by adding 9.5 mm to each length, converting these values to weights with the length-weight equation of Chatwin (1959), and calculating the averages of these, weighting by the numbers of fish in each interval.

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 fish. 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.

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 eastern Pacific (east of 150°W) in the top panel of Figure 2. Japanese longliners first fished in the eastern Pacific 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 stayed at about 70 to 100 million hooks from 1963 through 1975, the years of greatest effort during that period being 1969 and 1973. The effort then increased in 1976, 1977, and 1978. During the 1978-1980 period it remained nearly constant at about 140 million hooks. The average effort for 1976-1980 was about 60 percent greater than that for 1971-1975.

The ratios of the effort in the eastern Pacific to the effort in the entire Pacific and to the effort in all oceans are shown in the bottom panel of Figure 2. The increase in effort in the entire Pacific was greater than that in the eastern Pacific during the 1975-1980 period, due to greater effort in the southwestern Pacific during the mid-1970's (Anonymous, 1982b). Nevertheless the ratio for the eastern Pacific to the entire Pacific increased from about 0.25-0.30 to 0.35-0.40 and the ratio for the eastern Pacific to all oceans increased from about 0.15-0.20 to 0.25-0.30 during the 1970's. It is apparent from these data that the relative importance of the eastern Pacific as a longline fishing area increased during the 1970's.

The Japanese longliners which fish in the eastern Pacific 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 increased slightly during the 1971-1980 period (Table 1). On the average, less than 1 percent of the effort was generated by vessels of less than 100 tons, about 7 percent by vessels of 100 to 200 tons, and about 93 percent by vessels of 200 to 500 tons during the 1971-1980 period. Vessels of less than 200 tons have fished only in the western portion of the eastern Pacific. 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 average number of hooks per set increased slightly during the 1970's, from 2,150 hooks during 1971-1975 to 2,200 hooks during 1976-1980. This increase in the number of hooks per set was obviously not enough to account for the increase in the number of hooks per year observed for this period. The increase in effort in the eastern Pacific coincided with a decrease in effort in the Indian Ocean, so it is believed that a shift of vessels from the Indian Ocean to the eastern Pacific Ocean was largely responsible for the increase in effort in the eastern Pacific.

During the 1970's many Japanese vessels began to fish with "deep" longline gear, which fishes deeper, on the average, than conventional longline gear. This method, first used by small vessels in the western equatorial Pacific in about 1974, was quickly adopted by a large portion of the Japanese longline fleet. It results in larger catches of bigeye, which apparently dwell in deeper waters than the other tunas and the billfishes. Additional information on this subject is given in the section entitled *Deep Longlining*.

The longline fishing grounds covered a wide area of the eastern Pacific from about 35°N to 30°S (Figure 3). The distributions of effort during 1971-1975 and 1976-1980 were similar. Three principal fishing areas are recognized, a horizontal

band between the equator and 10°N extending from about 90° to 150°W , a horizontal band between the equator and 15°S extending from about 90° to 150°W , and an area off Ecuador and northern Peru east of 90°W . Lesser concentrations of effort occurred northeast of Hawaii (18° to 35°N west of 125°W), in coastal waters from Baja California to Panama, and off Peru and northern Chile. 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° and 20°N west of 95°W , which is the principal fishing area for the offshore purse-seine fishery (Calkins, 1975; Orange and Calkins, 1981). 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.

The temporal trends in effort by area (Figure 1) are shown in Figure 4. The effort tended to increase during the late 1970's in Areas 2, 3, 4, 5, 8, and 9. In Areas 1 and 6 the level of effort remained more or less constant during the late 1970's, and in Area 7, principally a billfish area, the effort declined during the 1976-1980 period.

The vessels are highly mobile, and they tend to fish in different areas at different times of the year to take advantage of the best fishing conditions. The differences in fishing conditions for the various species apparently vary relatively little among years, so the effort data for 1971-1975 and 1976-1980 have been combined in Figure 5 and the data for 1971-1980 have been combined in Figure 6. It can be seen in Figure 5 that the effort was nearly uniform during the four quarters for the entire eastern Pacific, but much greater in the first and fourth quarters in Areas 1, 4, and 5 and much greater in the second and third quarters in Areas 2, 3, and 9.

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. Little fishing occurred northeast of Hawaii during the second quarter or off southern Peru and northern Chile during the first quarter. In coastal waters effort was concentrated off Baja California during the second to fourth quarters and off Ecuador and northern Peru in all quarters.

TRENDS IN CATCH

The total Japanese longline catch of tunas and billfishes exceeded 3 million fish in 1963, the year of greatest catch (Figure 7, top panel). After that it gradually declined, leveling off at about 1.5 million fish during the early 1970's. Since then, in response to a large increase in effort, the catches increased, averaging a little less than 2 million fish during 1977-1980. The catches of that period were about equal to those of the late 1960's, when the effort was only about 60 percent of the 1977-1980 effort (Figure 2).

The ratio of the billfish catch to the total catch (Figure 7, 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 1974. About 30 to 40 percent of the catch was billfish during this period, but during the 1977-1980 period billfish made up only about 10 to 15 percent of the total catch. This decline was due mainly to lesser fishing in Area 7 and in Area 8 between 5° and 10°N during the late 1970's (Figure 4).

Bigeye was the most important component of the tuna catches, followed by yellowfin and albacore in that order (Figure 8). About 50 percent of the tuna catch was bigeye during the early 1960's, but after that the portion of bigeye increased to about 70 percent. 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 striped marlin and sailfish (Figure 8). 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 and 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 and shortbill spearfish catch consisted of sailfish. The percentage of striped marlin in the billfish catch remained at about 40 percent during the 1962-1980 period. The catch of sailfish and shortbill spearfish increased greatly from 1964 to 1965, remained at about 40 percent till the mid-1970's, and then decreased during the late 1970's to about 10 percent in 1980. The portions of blue and black marlin in the billfish catches were high (about 35 percent) in 1962 and 1963. After 1974 the catches of swordfish and blue and black marlin increased in percentage at the expense of sailfish and shortbill spearfish. More blue marlin than black marlin were caught in the eastern Pacific; the catch of black marlin has never exceeded 1.5 percent of the total catch of billfishes.

The catches of the various species in the eastern Pacific and the entire Pacific are shown in Figure 9. Declines are evident for albacore, striped marlin, blue marlin, and sailfish. Major portions of the total catches of bigeye, (50-60 percent), striped marlin (60-70 percent), and sailfish and shortbill spearfish (70-85 percent) were caught in the eastern Pacific. The catches of yellowfin were fairly constant in the eastern Pacific during the 1962-1980 period, whereas the catches for the entire Pacific increased considerably during the late 1970's. On the other hand, the catch of bigeye in the eastern Pacific increased during the 1970's, while that for the rest of the Pacific stayed about the same. From this it is inferred that the longliners in the eastern Pacific were concentrating their effort on bigeye and, to a lesser extent, billfishes, while those in the rest of the Pacific were concentrating their effort on yellowfin. Roughly one third of the catches of swordfish and blue marlin were made in the eastern Pacific, which corresponds to the portion of the entire Pacific effort which is exerted in the eastern Pacific (Figure 2).

The average annual catches for the 1971-1975 and 1976-1980 periods by area and species are shown in Figure 10. In Area 7 the total catch was considerably less

in the second period than in the first, but in all the other areas the catch was greater during the second period. The catches in Areas 4 and 7 were about the same during 1971-1975, but during 1976-1980 the catch in Area 4 was more than 500,000 fish (27 percent of the total) and the catch in Area 7 was only about 55,000 fish (3 percent of the total). The catches of billfish declined in Areas 7 and 8, the principal billfish areas. The decrease in effort between 5° and 10°N mentioned previously is believed to be responsible for the decrease in the billfish catch in Area 8.

No conspicuous changes in catch composition are evident in any area. Bigeye was the most important species in all areas except Areas 6 and 7 during 1971-1980 and Area 9 during 1971-1975. In all areas south of 10°N the catch of this species was greater during 1976-1980 than during 1971-1975. Albacore, caught mostly in Areas 1, 4, and 9, also increased during the late 1970's. Yellowfin decreased in most areas, especially Areas 3, 8, and 9, but it increased markedly in Area 4. 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.

Changes in the catch compositions by area for the 1956-1980 period can be evaluated by comparing Figure 13 in Joseph *et al.* (1974) and Figure 10 of the present study. In the earlier years substantial portions of the catches in Areas 4 and 5 were albacore, but bigeye became more important after the mid-1960's.

DISTRIBUTION OF FISHING GROUNDS BY SPECIES AND QUARTER

The previous reports in this series (Suda and Schaefer, 1965a; Kume and Schaefer, 1966; Kume and Joseph, 1969a; Shingu *et al.*, 1974; Joseph *et al.*, 1974) used maps of the hook rates, expressed as catches per 1000 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 perfect 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, season, size of the fish, and/or depth of the hooks. Nevertheless useful information can be obtained from the hook rate data, so these are plotted by quarter in Figures 11-18. It should be noted that the values for the different kinds of shading are not the same for different species. Examination of Figures 11-18 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. The distributions of the effort and catches during 1971-1975 and 1976-1980 were about the same (Figures 2 and 10), despite the fact that deep longlining was introduced during the mid-1970's. This could be partly because not all of the hooks of deep

longline gear hang deeper than those of conventional longline gear and partly because deep longlining was employed mainly in tropical waters where the thermocline is usually deeper and bigeye predominated in the catches made in the tropics at all depths. In general, the differences in distributions of the catches between the 1956-1970 period and the 1971-1980 period were greater than the differences within the 1971-1980 period. Accordingly, the data for all years of the 1971-1980 period are combined in Figures 11-18.

Albacore

The distribution of the catches of albacore (Figure 11) in the eastern Pacific was rather confined. Albacore were not often caught in the area west of 125°W between 5°S and 20°N, in the area east of 125°W north of 5°S, or in the area east of 80°W.

Relatively high hook rates were encountered in the area north of 25°N and west of 125°W during the first and fourth quarters. This area of good albacore fishing is the easternmost part of the "north Pacific albacore fishing ground," which extends to off southern Japan during the northern winter.

In the southern hemisphere the hook rates were highest during the third quarter, as had been found to be the case for 1967-1970 by Shingu *et al.* (1974). However the two horizontal bands (16° to 20°S and 25° to 30°S) of high hook rate reported by them were not evident during the 1970's except east of 100°W.

Bigeye

The hook rates of bigeye (Figure 12) were high in most of the eastern Pacific except the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of highest hook rates were between Ecuador and the Galapagos Islands throughout the year, northeast of Hawaii in the area between 18° and 33°N and 120° and 145°W during the first and fourth quarters, and off southern Peru and northern Chile in the area between 18° and 25°S and 80° 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 highest hook rates of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by Japanese longliners. For example, heavy concentrations of effort are apparent in equatorial waters (10°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 eastern Pacific (Figure 13), but the hook rates for yellowfin tended to be lower than those of bigeye. Relatively high hook rates for yellowfin occurred around the Marquesas Islands (about 10°S-140°W) throughout the year and off Peru during the third and fourth quarters. The latter 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 12). The hook rates for yellowfin in this area fluctuated widely among years, however, being highest in 1972 and 1975 and lowest in 1978, 1979, and 1980 (Figure 23, Area 9). Relatively high hook rates also occurred during the first quarter at about 5°S-100°W, off Central America, and at about 25°N-125°W, but these occurrences were also sporadic. In general, the hook rates tended to be lowest during the second quarter.

Kume and Joseph (1969a: Figure 6c) and Shingu *et al.* (1974: Figure 8c) found that the hook rates for yellowfin were highest along 10°N west of 120°W during 1964-1966 and along 10°N east of 105°W during 1967-1970. There was relatively little effort along 10°N during the 1971-1980 period (Figures 3 and 6), which would have made it difficult to detect greater abundance there if it had occurred. Also, it is possible that the large catches of yellowfin made by purse seiners between about 5° and 15°N (Calkins, 1975; Orange and Calkins, 1981) affected the hook rates of the longliners. The latter is discussed in the section entitled *Interaction between the Surface and Longline Fisheries for Yellowfin*.

Swordfish

The distributions of high hook rates of swordfish for 1971-1980 (Figure 14) were similar to those for 1956-1970 (Joseph *et al.*, 1974), except that during the earlier period the hook rates off northern Chile were much lower. High hook rates occurred off Baja California and in the Gulf of California and, to a lesser extent, between Ecuador and the Galapagos Islands throughout the year. Seasonally, the hook rates were higher along 35°N west of 140°W during the first quarter, along 10°N west of 120°W during the third and fourth quarters, and off northern Chile during the second and third quarters. The high hook rates in the last area were the result of fishing operations conducted there only during 1978 and 1979.

Striped marlin

The hook rates for striped marlin for 1971-1980 (Figure 15) were similar to those for the 1956-1970 period (Joseph *et al.*, 1974). They were highest off Baja California, in the Gulf of California, and south of Baja California to about 10°N. The area of high hook rates extended further to the west during the third and fourth quarters. High hook rates were also encountered off southern Mexico and Central America and near the Galapagos Islands. Examination of the data for the fourth, first, and second quarters in that order suggests a migration northwestward along the coasts of Central America and Mexico. The hook rates

were also somewhat higher in the area between 10° and 15°S and 85° and 105°W during the first and second quarters and in the area between 20° and 30°S and 110° and 120°W during the fourth quarter.

Blue marlin

Blue marlin was not a target species of the Japanese longline fishery during the 1970's. It was widely distributed in the eastern Pacific (Figure 16), but the hook rates were quite low. Relatively high hook rates were encountered off Central America throughout the year, in the Panama Bight during the third and fourth quarters, west of the Marquesas Islands during the first quarter, and at about 25°S-121°W during the first quarter. The last of these coincides with a concentration found in the same area during the same quarter by Joseph *et al.* (1974) for the 1956-1970 period. In northern equatorial waters the hook rates were higher west of 110°W during the fourth quarter.

Black marlin

Joseph *et al.* (1974) reported that the hook rates of black marlin were low in all areas, and the same was the case for 1971-1980 (Figure 17). The highest hook rates were recorded off southern Mexico during the first and second quarters and at about 12°S-98°W during the first quarter.

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 18) were highest from the Gulf of California to the Panama Bight, especially off northern Central America, throughout the year. The same had been the case for the 1956-1970 period (Joseph *et al.*, 1974). The higher hook rates in the Panama Bight during the third and fourth quarters may indicate movement from northern Central America to the Panama Bight during the northern summer, as pointed out by Kume and Joseph (1969a) and Kume (1973). The high hook rates off southern Peru during the fourth quarter revealed by the analyses of Joseph *et al.* (1974) do not appear in the 1971-1980 data.

The hook rates for shortbill spearfish (Figure 18) tended to be higher during the fourth quarter along 10°N west of 120°W and along 20°S west of 110°W.

TRENDS IN RELATIVE APPARENT ABUNDANCE

In this section annual trends in the hook rates by area for the 1954-1980 period are used to measure the relative abundance of the various species of fish. In addition, the quarterly trends for the 1971-1980 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 11-18 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 catches 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 some of the areas for swordfish, striped marlin, and sailfish plus shortbill spearfish into subareas. The boundaries of these subareas were selected from information presented in Figures 11-18. In addition, there is the problem of 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, and blue marlin to decrease in most areas.

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

In the southern hemisphere, with the possible exception of Area 9, the hook rates for albacore declined precipitously during the 1960's and 1970's (Figure 19). 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.

The hook rates tended to be higher in the first and fourth quarters in Area 1 and in the third and fourth quarters in Area 9 (Figure 20).

Bigeye

The annual trends in hook rates for bigeye were downward in all areas except 4 and 6 (Figure 21). 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 during the late 1970's due to the introduction of deep longlining, but this is not evident, possibly because the increase in efficiency was cancelled out by a decrease in abundance. The year-to-year fluctuations in the hook rates were relatively slight after the mid-1960's in the equatorial areas, except for Area 8. This was probably because the fisheries in the equatorial areas tended to take mainly larger fish, and hence fish of more age groups, which would tend to dampen the year-to-year fluctuations. In contrast, the year-to-year fluctuations 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 higher if it were not for diversion of effort in recent years to the fishing grounds north of 25°N, where albacore were relatively abundant and bigeye relatively scarce.

Kume and Joseph (1969a) and Shingu *et al.* (1974) noted that the hook rates during the 1964-1970 period were higher in the offshore areas during the first and second quarters and higher 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 tended to be higher during the first, second, and fourth quarters in Area 1 and during the third and fourth quarters in Area 9 (Figure 20). In the other areas the seasonality was much less marked, although there was a slight tendency for higher hook rates during the first half of the year in Area 2.

The relationship between catch and effort for 1957-1980 for Areas 2-5 and 8 is shown in Figure 22. 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 1957-1960 the effort and catches were low and the hook rates were high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater than during 1957-1960. The hook rate was slightly less than 3.0 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1980 the effort ranged between about 38 and 114 million hooks and the catch between about 0.37 and 1.07 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). Decline of the 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 more than doubled during the 1965-1980 period, while the hook rates remained about the same. This could be due to the fact that bigeye, because of its high price, was especially sought by longline fishermen. For example, the adoption of deep longline gear during the late 1970's may have kept the hook rate of bigeye at the same level while its abundance decreased. 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

The hook rates for yellowfin declined sharply in Areas 2, 3, 4, and 5 during the early 1960's (Figure 23), as was the case for bigeye (Figure 21). After the mid-1960's the bigeye hook rates leveled off, but those for yellowfin continued to decline. The hook rates also declined in Areas 6, 7, and 8, but not as precipitously as in Areas 2-5. It should be noted that the hook rates during the late 1970's 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-1981a: 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. No declines in hook rates are 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 Areas 3, 4, and 5.

Shingu *et al.* (1974) noted that the hook rates tended to be highest in the

northern areas during the first and second quarters and in the southern areas during the third and fourth quarters. This tendency was also observed in the present study (Figure 20, Areas 1 and 9). The higher hook rates appear to have been related to recruitment of smaller fish to the longline fishery (Figure 57). In general, the seasonality in hook rates appears to have declined during the 1970's.

The steep declines in hook rates for yellowfin were probably mostly the result of declines in abundance of the fish. The relationship between catch and effort for 1957-1980 for Areas 3, 5, and 8 is shown in Figure 24. This combination of areas was selected because Suzuki *et al.* (1978) concluded that there are three " 'semi-independent' stocks" of yellowfin in the Pacific Ocean, the easternmost of which occurs east of 120°W. Areas 7 and 9 were not included because the longline catches of yellowfin have been low in Area 7 and there was little longline fishing in Area 9 prior to about the mid-1960's. The fishing effort was low (less than 10 million hooks) during 1957-1961, intermediate (15 to 45 million hooks) during 1962-1976, and high (more than 45 million hooks) during 1977-1980. The catches were lowest during 1957-1960 and 1978-1980 and highest during 1963, 1968, 1969, and 1972. The hook rates were highest (greater than 1.0 fish per 100 hooks) during 1957-1961 and lowest (about 0.1 fish per 100 hooks) during 1978-1980. The declines in abundance during the late 1970's may have been less precipitous than appears to be the case in Figure 23, however, for two reasons. First, it is believed that the fishermen tended to concentrate on fishing grounds within the areas which were more productive for bigeye and less productive for yellowfin. Second, yellowfin are less vulnerable to deep longline gear than are bigeye in areas where the thermocline is relatively shallow, *e.g.* Areas 3 and 5, so the switch from conventional to deep longline gear during the mid-1970's tended to increase the bigeye hook rates at the expense of the yellowfin hook rates in those areas. In Areas 2 and 4, where the thermocline is deeper and the hook rates of yellowfin are about the same with conventional and deep longline gear, little or no decline in yellowfin catch rates during the late 1970's is apparent.

Swordfish

The hook rates for swordfish were quite low, never exceeding 0.1 fish per 100 hooks, except in Areas 7 and 8 (Figure 25). There appear to have been no upward or downward trends in any of the areas. The year-to-year fluctuations in Area 7 were relatively large, 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. To reduce this effect, Area 7 was divided into two subareas, 7a, north of 20°N, and 7b, south of 20°N. The hook rates in Subarea 7a, where swordfish are more important, are also shown in Figure 25. It can be seen that the year-to-year fluctuations in the hook rates are less than those for all of Area 7.

Joseph *et al.* (1974: Figure 11) showed that during the 1956-1970 period the hook rates off Mexico were highest during the first and fourth quarters and that there was little seasonality in the hook rates off northern South America. During

the 1971-1980 period the hook rates were highest during the first quarter and lowest during the third quarter in both Area 7 and Subarea 7a (Figure 20). In Area 8 the seasonal changes in hook rates were much less, which was probably the result of the fishermen directing their effort toward other species.

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. No further information on this type of fishing was available for this study.

Striped marlin

No trends are apparent in the hook rates for striped marlin, except in Areas 8 and 9, where the trends were downward (Figure 26). The hook rates were higher in the easternmost areas, 7, 8, and 9, especially Area 7. To study the fishery for striped marlin in more detail two new areas, 7-1 and 7-2 (Figure 1, inset) were created. The hook rates were higher in Area 7-1 than in Area 7-2, and the 1979 hook rate in Area 7-1 was higher than in any previous year. There may have been a slight downward trend in the hook rates in Area 7-2.

Joseph *et al.* (1974) and Shingu *et al.* (1974) reported that during the 1956-1970 period the hook rates tended to be higher in the north during the northern summer and in the south during the southern summer. During the 1971-1980 period the hook rates were higher in Area 7-1 during the third and fourth quarters and in Areas 7-2 and 9 during the first and second quarters (Figure 20). The seasonal fluctuations were less during 1971-1980 than during the earlier years.

Blue marlin

The trends in hook rates for blue marlin were downward in all areas (Figure 27). In Areas 4 and 6 the hook rates were more than 1 fish per 100 hooks for a brief period during the late 1950's.

Joseph *et al.* (1974) noted that the hook rates during 1956-1970 were higher north of the equator during the northern summer and higher south of the equator during the southern summer. For the 1971-1980 period the hook rates were higher in Areas 2 and 3 during the third and fourth quarters and higher in Areas 4 and 5 during the first and second quarters (Figure 20). This might indicate seasonal migrations of fish between those two groups of areas.

Black marlin

The hook rates for black marlin were low in all areas, and they declined in all areas except 1 and 7 (Figure 28).

The hook rates tended to be higher in Areas 2 and 3 during the third and fourth quarters (Figure 20).

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, 8, and 9 were sailfish. Declines in hook rates after the mid-1960's are apparent in all three areas, with the exception of increased hook rates in Area 7 during 1977-1979 (Figure 29). The higher 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. To study the fishery for sailfish in more detail two new areas, 7-1 and 7-2 (Figure 1, inset) were created. The hook rates were higher in Area 7-2 than in Area 7-1, and a decline in hook rates is apparent only in Area 7-2.

Kume (1973) and Shingu *et al.* (1974) reported that the hook rates for sailfish were higher during the fourth and first quarters, particularly the latter. This is not apparent in Areas 7-1 and 7-2 for the data of 1971-1980 (Figure 20).

Assuming that the catches in the offshore areas were mostly shortbill spearfish, prior to the mid-1970's the abundance of this species appears to have increased in Areas 1, 4, 5, and 6 and remained at about the same level in Areas 2 and 3 (Figure 29). After the mid-1970's it declined in all six areas.

DEEP LONGLINING

Deep longlining is discussed by (Saito, 1973 and 1975), Suzuki *et al.* (1977), and Suzuki and Kume (1982). This method of fishing was introduced by small Japanese longlining 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 most 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: 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. Suzuki and Kume (1982) compared the hook rates for bigeye by conventional and deep longline gear, using data for the Japanese longline fisheries in the Pacific and Indian Oceans during 1975-1979. That report includes maps showing the distributions of fishing grounds where conventional and deep longlines are more effective and formulates a hypothesis which explains the reasons for this. 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 high prices paid for bigeye. Large Japanese longliners began fishing in the eastern equatorial Pacific with deep longline gear as early as 1975.

Deep longlining effort

Data on the numbers of hooks per basket are available for about 95 percent of the logged effort for the 1975-1980 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 30. In 1975 only about 4 percent of the effort was by deep longlines, but this portion increased sharply during the 1976-1978 period, and by 1980 had reached more than 60 percent. The portions of vessels with intermediate gear (7 to 9 hooks per basket) were greater in 1976, 1977, and 1978 than in 1975, but then decreased in 1979 and 1980.

The portions of the total longline effort which were deep longlining effort, by area and year, are shown in Figure 31. Deep longlining was introduced in the western part of the eastern Pacific in equatorial waters, and became the dominant method of fishing between about 20°S and 20°N west of about 95°W by 1980. Conventional longlining has predominated south of Baja California, north of 20°N, and off Peru and northern Chile. The thermocline is shallower south of Baja California, and the water is colder and the formation of the thermocline is seasonal north of 20°N and off Peru and northern Chile.

Comparison of hook rates for conventional and deep longline gear

Bigeye

The hook rates for bigeye by conventional and deep longline gear in seven areas during the 1975-1980 period are shown in Figure 32. The hook rates by deep longline gear were 10 to 30 percent greater in the equatorial areas (2, 3, 4, 5, and 8) and 20 to 35 percent less in Areas 1 and 9. The distributions of the ratios of the hook rates of deep to conventional longline gear for 1975-1980 are shown in Figure 33. It is apparent that the deep longline gear was most efficient between 10°N and 10°S and between 110° and 140°W. It is noteworthy, however, that there was little consistency among years in regard to the 5-degree areas within the larger areas in which deep longline gear was most efficient.

Yellowfin

The hook rates for yellowfin by conventional and deep longline gear in seven areas during the 1975-1980 period are shown in Figure 34. The hook rates by deep longline gear were 10 to 50 percent lower in all areas except Area 4. In that area and in Area 2 (both offshore) the hook rates by the two gear types were very close. The distributions of the ratios of the hook rates of deep to conventional longline gear for 1975-1980 are shown in Figure 35. The occurrences of areas of better fishing by deep longline gear were scattered, and there was little consistency among years.

Other species

For the other species only the equatorial areas (2-5 and 8) are considered in this report, so as to avoid bias caused by the fact that there was relatively little deep longlining effort in the other areas (Figure 31). The hook rates for the other species by conventional and deep longline gear during the 1975-1980 period are shown in Figure 36.

Albacore

For albacore the hook rates were higher for deep longline gear in Area 4 and for conventional gear in Area 5. This may be because the thermocline is deeper in Area 4 than in Area 5 (Wyrki, 1964), so the fish occur in greater depths in Area 4.

Swordfish

For swordfish the hook rates were higher for deep longline gear in all areas, but the differences appear to be significant in all years only in Area 8. The high efficiency of deep longline gear in 1975 is apparently the result of its having been used only in a few areas where deep longlining is especially effective.

Striped marlin and blue marlin

For striped marlin and blue marlin the results were similar. In the westernmost areas (2 and 4) the hook rates for the two types of gear were close to one another, but for the more onshore areas (3, 5, and 8) conventional longline gear was superior. These results are similar to those observed for albacore, and the superiority of the conventional gear in the more onshore areas may have been due to the shallower thermocline in those areas, as was hypothesized for albacore.

Sailfish and shortbill spearfish

For sailfish and shortbill spearfish conventional longline gear appears to have been more efficient in the inshore areas (3 and 8), whereas the two types of gear were about equal further offshore (Areas 2, 4, and 5). Again, this may be attributed to the depth of the thermocline.

The catch rates of bigeye in the eastern Pacific by deep longline gear were greater than those by conventional longline gear, whereas the opposite was the case for yellowfin, striped marlin, and blue marlin. These results are similar to those obtained by Suzuki *et al.* (1977: Figure 5 and Table 3) in the western and central equatorial Pacific. For swordfish and sailfish plus shortbill spearfish, however, deep longline gear performed relatively better in the eastern Pacific than in the western and central Pacific (with the exception of sailfish plus shortbill spearfish in Area 8). It is difficult, with the available data, to judge the relative effectiveness of the two types of gear for albacore in the eastern, central, and western Pacific.

The development of deep longlining is an extremely important development from the standpoint of obtaining indices of the distribution of the fish. It must be remembered, however, that the hooks of deep longline gear nearest the floats

fish at about the same depths as the hooks of conventional longline gear and that the depths of the hooks furthest from the floats may sometimes be less than expected due to currents. Also, fish may be hooked when the gear is being put into the water or retrieved, in which case the fish would have been caught nearer the surface than would be the case otherwise. (According to Saito (1973), however, this occurs only rarely.) These factors, coupled with the fact that oceanographic conditions often vary considerably within areas smaller than those used in this report, make analysis of the horizontal and vertical distribution of the fish difficult.

MATURITY

Most investigators working with tunas 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 data for females are used in the present study. Although the gonad index has been used in many studies, it is only a crude measure of maturity. For example, fish with the same gonad index may be maturing or partly spawned. In spite of this weakness, however, gonad indices can be used to obtain a general idea of the areas and times of spawning when 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°S and west of 100°W, which corresponds to the major longline fishing area in the western part of the eastern Pacific Ocean.

The relationships between gonad index and length are shown in Figures 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, and 51. The average gonad indices by 5-degree area and quarter or year are shown in Figures 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, and 52. Low gonad indices in a 5-degree area-time stratum indicate a preponderance of immature fish, but not necessarily the absence of mature fish. It has been shown for several species (*e.g.* 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 as follows: 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, however, as the maturities for these species did not change with increasing size (Figures 49 and 51).

Bigeye

The maturity of bigeye in the eastern Pacific has been studied by Kikawa (1961, 1962, and 1966), Kume and Joseph (1966 and 1969a), Kume (1969a, 1969b, and 1979), Shingu *et al.* (1974), and Hisada (1979). 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 to the eastern Pacific, 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 highest 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 highest between the equator and 10°N west of 95°W, especially during the first, second, and third quarters, and between 5° 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° and 28°N east of 180° during the second quarter. Kume (1969b) also found that the incidence of mature fish increases from the western to the eastern Pacific. He suggested that sexually immature fish occur in cooler water in the eastern Pacific. Kume and Joseph (1969a) reported higher 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 highest 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 highest 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 higher during the first and second quarters. All of the areas with high incidences of mature fish were within the 24°C sea-surface temperature isotherms. 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 lower 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.

The present study is based upon 8,539 females, of which 4,785 were greater than 120 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 37. Of the 4,785 females greater than 120 cm in length, 2,016, or 42.1 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The smallest mature fish were in the 81-90 cm length class (Figure 37). The greatest gonad index encountered was 16.86, for a 163-cm fish with gonads weighing 7,300 g.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figure 38. The incidence of mature fish was high in the equatorial region between 15°N and 15°S throughout the year, although it appears to have decreased somewhat during the fourth quarter, especially north of the equator.

Yellowfin

The maturity of yellowfin in the eastern Pacific 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), and Suzuki *et al.* (1978). 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 higher offshore (95° 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 mature yellowfin seek temperatures higher than 26°C.

The present study is based upon 5,212 females, of which 3,035 were greater than 120 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 39. Of the 3,035 females greater than 120 cm in length, 563, or 18.6 percent, had gonad indices of 2.1 or greater. The smallest mature fish was in the 71- to 80-cm length class (Figure 39). The greatest gonad index encountered was 10.19, for a 120-cm fish with gonads weighing 1,760 g.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figure 40. The incidence of mature fish was high in the equatorial region between 15°N and 5°S during the second and third quarters. There are relatively few data available for the first and fourth quarters, however.

Swordfish

The maturity of swordfish in the eastern Pacific has been studied by Kume and Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), and Weber and Goldberg (1986); Matsumoto and Kazama, 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 8.78, 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 at 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. 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 694 females, of which 468 were greater than 150 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 41. Of the 468 females with lengths greater than 150 cm, 102, or 21.8 percent, had gonad indices of 7.0 or greater. The greatest gonad index encountered was 21.71, for a 195-cm fish with gonads weighing 16,100 g.

The distributions by area and time of fish of the various stages of maturity are shown in Figure 42. Average gonad indices of 7.0 or greater occurred west of 110°W between 10°N and 30°S. The incidence of mature fish was highest during the first and fourth quarters, but average gonad indices of 7.0 or greater were encountered between 145° and 150°W during the second and third quarters.

Striped marlin

The maturity of striped marlin in the eastern Pacific has been studied by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Eldridge and Wares (1974), and Shingu *et al.* (1974); 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° and 30°S and 130° and 140°W. Shiohama (1969) recorded high concentrations of mature fish between 15° and 20°N and 110° and 120°W and between 10° and 25°S and 120° 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° and 25°S and 120° 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° and 30°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 in Hawaii.

The present study is based upon 1,493 females, of which 1,304 were greater than 150 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 43. Of the 1,304 females greater than 150 cm in length, 22, or 1.7 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The greatest gonad index encountered was 11.29, for a 196-cm fish with gonads weighing 8,500 g.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figure 44. 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.

Blue marlin

The maturity of blue marlin in the eastern Pacific has been studied by Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), and Shingu *et al.* (1974); 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) recorded high concentrations of mature fish between 120° and 130°W, especially between 20° and 25°S. Kume and Joseph (1969b) found mature fish to occur between 5°N and 25°S and 125° and 130°W in the first quarter, between the equator and 10°N and 110° and 125°W during the second and third quarters, and between 20° and 25°S and 120° and 130°W in the fourth quarter. Shingu *et al.* (1974) recorded high concentrations of mature fish between 25° and 30°S and 110° and 115°W during the fourth quarter. 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 773 females, of which 598 were greater than 180 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 45. Of the 598 females greater than 180 cm in length, 30, or 5.0 percent, had gonad indices of 3.1 or greater. The greatest gonad index encountered was 10.36, for a 249-cm fish with gonads weighing 16,000 g.

The distributions by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figure 46. High concentrations of mature fish were found south of 20°S during the first quarter and far offshore between 10°N and 15°S during the second, third, and fourth quarters.

Black marlin

The maturity of black marlin in the Pacific has been studied by Ueyanagi (1960)

and Shingu *et al.* (1974). 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 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 eastern Pacific, and that no fish was found with a gonad index greater than 1.0.

The present study is based upon 38 females, of which 26 were greater than 180 cm in length. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 47. Of the 26 females greater than 180 cm in length, 2, or 7.7 percent, had gonad indices greater than 2.0.

The distribution by area of the females of the various average stages of maturity are shown in Figure 48. This does not necessarily indicate that spawning occurs in the areas of highest gonad indices, however, as the maximum weight of the ovaries was only about 2 kg — much less than those of fish in the Coral Sea.

Sailfish

The maturity of sailfish in the eastern Pacific has been studied by Kume and Joseph (1969b), Yurov and Gonzales (1971), Eldridge and Wares (1974), and Shingu *et al.* (1974); 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 Gonzales (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 in 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. 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 267 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 49. Of the 267 females, none had a gonad index of 3.1 or greater and only 1 had ovaries weighing more than 1 kg.

The distribution by area of females of the various average stages of maturity are shown in Figure 50. This indicates that maturing fish occurred sporadically far offshore in the south equatorial region.

Shortbill spearfish

The maturity of shortbill spearfish in the eastern Pacific has been studied by Ueyanagi (1962), Kume and Joseph (1969b), and Shingu *et al.* (1974); 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. 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 977 females. The relationship between gonad index and length is shown in Figure 51. Of the 977 females, 219, or 22.4 percent, had gonad indices of 4.1 or greater. The greatest gonad index encountered was 15.53, for a 101-cm fish with gonads weighing 1,600 g.

The distribution by area and time of females of the various average stages of maturity are shown in Figure 52. High concentrations of mature fish are apparent offshore between the equator and 20°S in all quarters and between 20° and 25°N in the fourth quarter.

SIZE COMPOSITION

Large amounts of data for albacore, bigeye, yellowfin, and striped marlin, but much lesser amounts for swordfish, blue marlin, black marlin, sailfish, and shortbill spearfish, were available for this study. Many area-time strata were insufficiently sampled, not only for the last five species, but for the first four as well. In the length-frequency graphs (Figures 53-56, 57-58, and 59-65) a few outliers are included in the smallest and largest length classes.

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) 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 lack of information on the sexes of the fish which were measured or weighed makes it much more difficult to interpret the length-frequency data.

Albacore

Data on length frequencies of longline-caught albacore in the eastern Pacific have been published by Shingu *et al.* (1974). The 22,338 fish of the present study ranged from about 50 to 120 cm in length, but most of them were between about

80 and 110 cm, except in Area 9, where they tended to be smaller (Figures 53 and 54).

The length frequencies did not change much among quarters in Area 4, but considerable changes are evident for Areas 1 and 9 (Figure 53). This may be due to 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. It can be seen that the smallest fish were caught in Area 1 in the third quarter and in Area 9 in the fourth quarter.

The annual length-frequency distributions for Area 4 did not change much among years (Figure 54), as was the case for the quarterly data for this area. The same was the case for Area 1 for the 1976-1980 period, but in 1972 there were two prominent modes of larger fish and in 1975 there was one prominent mode of smaller ones. In Area 9 the ranges of the lengths tended to be greater than those in most of the other areas. In Area 6 the fish tended to become smaller with the progression of time. This is believed to be due to an eastward shift in fishing locations within Area 6, as the fish in Shingu *et al.*'s. (1974: Figure 25) Area 18 (east of 100°W) tended to be smaller than those from their Area 17 (west of 100°W)(except in 1970).

Bigeye

Data on the length frequencies of longline-caught bigeye in the eastern Pacific have been published by Yukinawa (1958), Kikawa (1962), Kume and Joseph (1966 and 1969a), and Shingu *et al.* (1974). The 163,129 fish of the present study ranged from about 60 to 200 cm in length, but most of them were between about 90 and 170 cm (Figures 55 and 56). 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 in interpretation of the length-frequency data for fish less than that length.

The differences in lengths among areas tended to be greater than those among quarters within areas (Figure 55). 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. Three modal groups are evident in many of the 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 Areas 1 and 9 and, to a lesser extent, Areas 4 and 5. The second and third groups appear in all areas, but are much more prominent in Areas 2-6 and 8. Fish greater than 150 cm in length were important in Areas 2-6 and 8, but much less so in Areas 1 and 9.

Progressions of modes can be followed in Areas 1 and 9 and, to a lesser extent, Areas 3 and 5. 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.

In Figure 56 the data for Areas 2-5 and 8 are combined, so as to have sufficient data to examine the annual trends for the northern (Area 1), equatorial (Areas 2-5 and 8), and southern (Area 9) areas. In Area 1 there was considerable variation among years. Fish 110 to 130 cm in length were especially prominent in 1975, as were 90- to 100-cm fish in 1979. Large numbers of fish about 25 to 30 cm larger than those of the prominent mode of 1975 were not found in 1976 in Areas 1 or 2-5 and 8, and the same was true in 1980 for the prominent mode of 1979. There was also considerable variation among years in Area 9. Prominent modes appear in several years, but seem to be much less apparent in succeeding years in either Area 9 or Areas 2-5 and 8. In the equatorial area the fish were larger and the variation among years less than in the northern and southern areas. The portions of fish greater than 140 cm in length decreased in all areas during the 1970's. 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.

Average weight data for 1958-1980 are shown in Table 3. The 1958-1970 values, from Kume and Joseph (1966: Table 2), Kume and Joseph (1969a: Table 2b), and Shingu *et al.* (1974: Appendix Table 1) are for fish caught east of 130°W in all latitudes, whereas those for 1971-1980 are for Areas 2-5 and 8 only. It is believed that omission of the data for the higher-latitude areas for 1971-1980 makes the data more comparable to those of 1958-1970, as the fish caught in higher latitudes tended to be smaller, and there was not much fishing effort in the higher latitudes prior to the 1970's. The average weight of bigeye decreased during the early 1960's, remained nearly constant from the mid-1960's to 1972, and after that fluctuated more than it had during the 1964-1972 period.

Yellowfin

Data on length frequencies of longline-caught yellowfin in the eastern Pacific have been published by Kikawa (1962), Suda and Schaefer (1965b), Kume and Schaefer (1966), Kume and Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), and Suzuki *et al.* (1978). The 67,797 fish of the present study ranged from about 60 to 190 cm in length, but most of them were between 90 and 150 cm (Figures 57 and 58).

The differences in lengths among areas tended to be greater than those among quarters within areas (Figure 57). Smaller fish made up greater portions of the catches in the inshore areas (7-9) than in the offshore areas (1-5). In the offshore areas the distributions were usually unimodal, and the variation among quarters was relatively small. In the inshore areas two modes are usually evident, and there was considerable variation among quarters within areas. It might be inferred from the foregoing that yellowfin tend to move offshore as they grow older, but tagging studies (Bayliff, 1979) do not indicate that this was the case. The results from the tagging studies are not definitive, however, as fishing did not take place in all areas throughout the year, and there were few returns for fish at liberty for periods longer than about 6 months.

Recruitment to the longline fishery appears to have occurred mainly in the first three quarters in the inshore areas and in the second quarter in Area 4.

The annual length-frequency distributions for the inshore and offshore areas are shown in Figure 58. In the inshore areas the smaller of the two size groups (about 80-110 cm) predominated in 1972, 1975, 1977, and 1979, whereas the larger group (about 120-140 cm) predominated in 1973, 1974, 1976, and 1980. If the modes represent year classes 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 many of the estimates of Anonymous (1984a: 30) for 43- to 102-cm fish obtained from tagging data and of Anonymous (1985a: 37-39) for 37- to 135-cm fish obtained from counting increments on the otoliths. In the offshore areas the variability among years is much less. It appears, however, that the portion of fish greater than 140 cm decreased during the 1971-1980 period. The portions of fish less than 120 cm were greater in 1975, 1976, and 1979, and those of fish less than 100 cm were greater in 1978 and 1979. Examination of data for past years (Kikawa, 1962: Tables 7-9; Kume and Schaefer, 1966: Figure 9; Kume and Joseph, 1969a: Figure 17; Shingu *et al.*, 1974: Figure 30) reveals a long-term trend toward decreasing size of fish caught by the longline fishery.

Average weight data for 1958-1980 are shown in Table 3. The 1958-1970 values, from Kume and Schaefer (1966: Table 3), Kume and Joseph (1969a: Table 2b), and Shingu *et al.* (1974: Appendix Table 1), are for fish caught east of 130°W in all latitudes, whereas those for 1971-1980 are for Areas 1-5 only. It is believed that omission of the data for the inshore areas for 1971-1980 makes the data more comparable to those of 1958-1970, as the fish caught inshore tended to be smaller, and there was less fishing effort in the inshore areas in the earlier years. The average weight decreased fairly steadily from about 60 kg in 1958 to 42 kg in 1980.

Swordfish

Data on length frequencies of swordfish in the eastern Pacific have been published by Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), and Shingu *et al.* (1974). The 5,269 fish of the present study ranged from less than 80 to about 290 cm in length, but most of them were between about 100 and 200 cm (Figure 59). 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.

Considerable variation in the occurrence of modes in different quarters is evident in the data for Areas 3, 4, and 7. There was also variation among areas; for example, the fish tended to be considerably smaller in Areas 3 and 4 than in Area 8.

Smaller fish (less than about 100 cm) occurred in many area-quarter strata, but temporal progressions of modes 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 length frequencies of striped marlin in the eastern Pacific have been published by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), and Shingu *et al.* (1974). The 34,515 fish of the present study ranged from about 80 to 225 cm in length, but most of them were between about 150 and 190 cm (Figures 60 and 61).

In most area-quarter strata there was only one mode, the major exceptions being Areas 1, 2, and 3, all north of the equator, where a group of smaller fish often occurred (Figure 60).

Recruitment to the longline fishery appears to have occurred primarily in Areas 1, 2, and 3. In Area 2 a modal progression can be followed from the first quarter (about 100 cm) to the fourth quarter of the following year (about 170 cm), from which a growth rate of about 40 cm per year is estimated. This is somewhat greater than the rates of 35 cm per year for 120- to 160-cm fish and 27 cm per year for 160- to 185-cm fish estimated by Koto (1963). No other progressions of modes are evident.

Length frequencies for Area 7 are shown on an annual basis in Figure 61. Bimodality is evident for 1974, and possibly 1976. The fish were larger in 1973, 1975, and 1976 than in 1971, 1972, and 1974.

Howard and Ueyanagi (1965) noted that the fish in the eastern Pacific 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.

Blue marlin

Data on length frequencies of blue marlin in the eastern Pacific have been published by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), and Shingu *et al.* (1974). The 7,423 fish of the present study ranged from about 80 to 350 cm in length, but most of them were between about 130 and 230 cm (Figure 62).

The fish tended to be smaller in Areas 1 and 2 (offshore north of the equator), intermediate in Areas 4 and 6 (offshore south of the equator), mixed in Area 8 (inshore), and larger in Areas 3, 5, 7, and 9 (intermediate and inshore).

The incidence of smaller fish was higher in the first and second quarters in Areas 1 and 4, suggesting that recruitment to the longline fishery tended to occur more during the first half than during the second half of the year in those areas. In Area 2, however, the incidence of smaller fish was higher during the second half of the year. Since the catch rates of blue marlin have been higher during the

second half of the year (Figure 13), it is possible that blue marlin migrate seasonally between Areas 1 and 2. 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.

Black marlin

Data on the length frequencies of black marlin in the eastern Pacific have been published by Shiohama (1969) and Shingu *et al.* (1974). The 1,255 fish of the present study ranged from about 100 to 300 cm in length, but most of them were between about 150 and 220 cm (Figure 63).

The fish tended to be smaller in Areas 1 and 2 (offshore north of the equator) and 9 (inshore south of 10°S), mixed in Area 8 (inshore between 10°N and 10°S), and larger in Areas 3, 4, 5, and 7.

Sailfish

Data on the length frequencies of sailfish in the eastern Pacific have been published by Kume and Joseph (1969b), Yurov and Gonzalez (1971), and Shingu *et al.* (1974). The 1,481 fish of the present study ranged from about 100 to 230 cm in length (Figure 64).

The variation in length among areas was considerable; Area 2 produced mostly small fish, Area 4 medium fish, Area 7 very small and medium fish, and Area 8 large fish.

All the fish measured in Area 7 were caught west of 100°W, where striped marlin was the predominant species caught.

If the two modes in Area 7, third quarter, represent 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).

Shortbill spearfish

Data on the length frequencies of shortbill spearfish in the eastern Pacific have been published by Kume and Joseph (1969b) and Shingu *et al.* (1974). The 2,550 fish of the present study ranged from about 100 to 180 cm in length, but most of them were between about 125 and 155 cm (Figure 65).

There was a mode at about 130 to 140 cm in Areas 1, 3, 4, 5, and 6, and an additional mode occurred at about 110 cm in Area 1 (first and fourth quarters).

INTERACTION BETWEEN THE SURFACE AND LONGLINE FISHERIES FOR YELLOWFIN

The interaction between the surface and longline fisheries for yellowfin in the eastern Pacific has been discussed by Suda and Schaefer (1966), Kume and Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Suzuki *et al.* (1978), and Lenarz and Zweifel (1979).

The surface and longline fisheries have not been pursued in exactly the same areas. There was no surface fishing west of the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), shown in Figure 1, prior to 1968 (Calkins and Chatwin, 1967 and 1971), and the longline fishery began in the western part of the eastern Pacific during the 1950's and 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), but few are caught there by the longline fishery (Figure 10). During the 1970's there was relatively little longline effort west of 95°W between 8° and 18°N (Figure 3), and yet this has been an important fishing area for the surface fishery, especially that outside the CYRA (Anonymous, 1974a-1975a: Figure 3; Anonymous, 1976a-1981a: Figure 2). The areal separation would not be important if there were rapid interchange of fish among the various parts of the eastern Pacific Ocean. Some data on the net movements of tagged yellowfin released from purse-seine vessels during the 1968-1978 period are given in Table 2. Only data for releases from purse-seine vessels are shown in that table because these fish tend 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 eastern Pacific is likely. Only six tags from fish originally caught by surface gear have been returned by longline fishermen (Anonymous, 1973a: 40; 1975a: 37; 1982a: 31), and only one tag from a fish originally caught by longline gear has been returned by a surface fisherman (Anonymous, 1982a: 30).

Data on the catches and catches per unit of effort (CPUEs) by surface and longline gears are shown in Figure 66. The longline data are for Areas 3, 5, and 8 only; these were selected because they are the areas which produce the greatest catches of yellowfin of the eastern Pacific stock (Suzuki *et al.*, 1978). The surface catches are given in short tons and the longline catches in numbers of fish, but the scale for the longline catches has been selected so that the weights are comparable to those in the top two panels, *e.g.* 1000 fish would weigh about 50 tons. For the eastern Pacific as a whole, the surface catches have far exceeded the longline catches. Outside the CYRA there were no surface catches prior to 1968, but in 1969 and succeeding years the surface catches outside the CYRA have exceeded those by longlines east of 150°W. For the surface fishery inside the CYRA the catches increased during the period in question, while the CPUEs decreased. The catches and CPUEs for the surface fishery outside the CYRA during the 1970-1980 period show no clear trends. For the longline fishery the catches increased during the late 1950's and early 1960's, and after that exhibited no trend. The CPUEs declined abruptly during the late 1950's and early 1960's and more gradually after that.

Data on the length compositions of the fish caught by surface and longline gear are shown by Suda and Schaefer (1965b: Table 6), Kume and Joseph (1969a: Table 8), Shingu *et al.* (1974: Table 4), Suzuki *et al.* (1978: Figure 22), and Figure

67 of the present report. The data are not strictly comparable, as different areas were considered and the methods of measurement and the length intervals were not the same. Nevertheless, it is apparent that the fish caught by the surface fishery inside the CYRA were smallest, those caught by surface gear outside the CYRA and those caught by longlines in Areas 7-9 (inshore) were intermediate, and those caught by longlines in Areas 1-6 (offshore) were the largest. Furthermore, it can be seen that during the 1971-1980 period the surface catches exceeded the longline catches for every length class of fish.

In Figure 68 are shown the length-frequency distributions for all 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 1971-1980. 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° and 10°N and 130° and 140°W, and 2-05-080 designates the area bounded by 5°S and the equator and 80° and 90°W. Although there were some exceptions, the longline-caught fish were larger than the surface-caught fish in most cases.

In view of the above, the surface fisheries would be expected to have a greater direct effect on the longline fishery than the reverse, so the effect of the surface fishery on the longline fishery will be considered initially. It should be borne in mind that the longline catches and hook rates are not necessarily reliable indicators of the abundance of the fish, as the longline fishery is a multispecies fishery, and the fishermen may decide to fish in areas where yellowfin are less abundant because they wish to catch other species or they may use gear which is less effective for yellowfin in good yellowfin fishing areas for the same reason. The catches of yellowfin by surface gear in the CYRA remained more or less constant at about 100 thousand tons per year from 1956 to 1968. After that they began to increase, and the average for 1974-1980 was about double that for 1956-1968. In addition, an average of about 30 thousand tons per year was caught outside the CYRA during 1969-1980. The catches and hook rates for the longline fleet declined during the 1969-1980 period. It should be noted, however, that the hook rates were highest during 1957-1961, and began to decline before the beginning of the period of increase in the surface catches. Furthermore, the decrease in the catches and hook rates 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 *Deep Longlining*.

Data on the average weights of surface- and longline-caught fish are listed in Table 3. Kume and Joseph (1969a) pointed out that there was a strong relationship between the average weights of surface-caught yellowfin for 1960-1965 and those of longline-caught yellowfin for the following years (1961-1966). The correlation coefficients for these data and for all the data in Table 3 were calculated with lags of 0, 1, and 2 years between the surface and longline average weights. The results are shown in Table 4. It appears that the relationship found by Kume and Joseph (1969a) was fortuitous, as none of the other

relationships are significant. This is not surprising, as the average weights of the surface-caught fish fluctuated widely during the 1970's, and these fluctuations are believed to have been due to a large extent to extraneous factors such as fishing more in areas where small yellowfin occur in years in which the recruitment of yellowfin was especially high (Anonymous, 1975a: 44).

Turning now to the effect of the longline fishery on the surface fishery, it is evident from Figure 66 that the catch of yellowfin in the eastern Pacific by surface gear is far in excess of that by longlines. Surface-caught yellowfin are smaller, on the average, than longline-caught yellowfin, but there is considerable overlap in sizes (Figure 67), so the introduction of longline gear into the eastern Pacific has slightly reduced the amount of fish available to the surface fishery.

Both fisheries have reduced the numbers of spawners, which in turn could reduce the recruitment. Data on the recruitment of yellowfin in the CYRA during 1966-1980 are given by Anonymous (1982a: Table 31); no upward or downward trends are evident.

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 rates of movement, vulnerability of fish of different sizes to the different gears, etc.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Dr. Ikuo Ikeda, Director of the FSFRL at the time of the study, Drs. Shou Morita and Tamotsu Yonemori, former and present Division Chiefs, and Mr. Susumu Kume, 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 FSFRL. Considerable assistance with the statistical data was received from Messrs. Toshio Shiohama of the FSFRL and Mineo Yamaguchi of the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory. Gratitude is also expressed to Dr. James Joseph, Director of the IATTC, for financial assistance and for his enthusiastic support of the project. Dr. Robert E. Kearney, Chief Scientist, supervised the execution of the work, and Messrs. Thomas P. Calkins, Milton F. López, Richard G. Punsly, and Patrick K. Tomlinson and Mrs. 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 Dr. Kearney and Messrs. Calkins, Kume, Witold L. Klawe, and Craig J. Orange, all of whom made useful suggestions for its improvement.

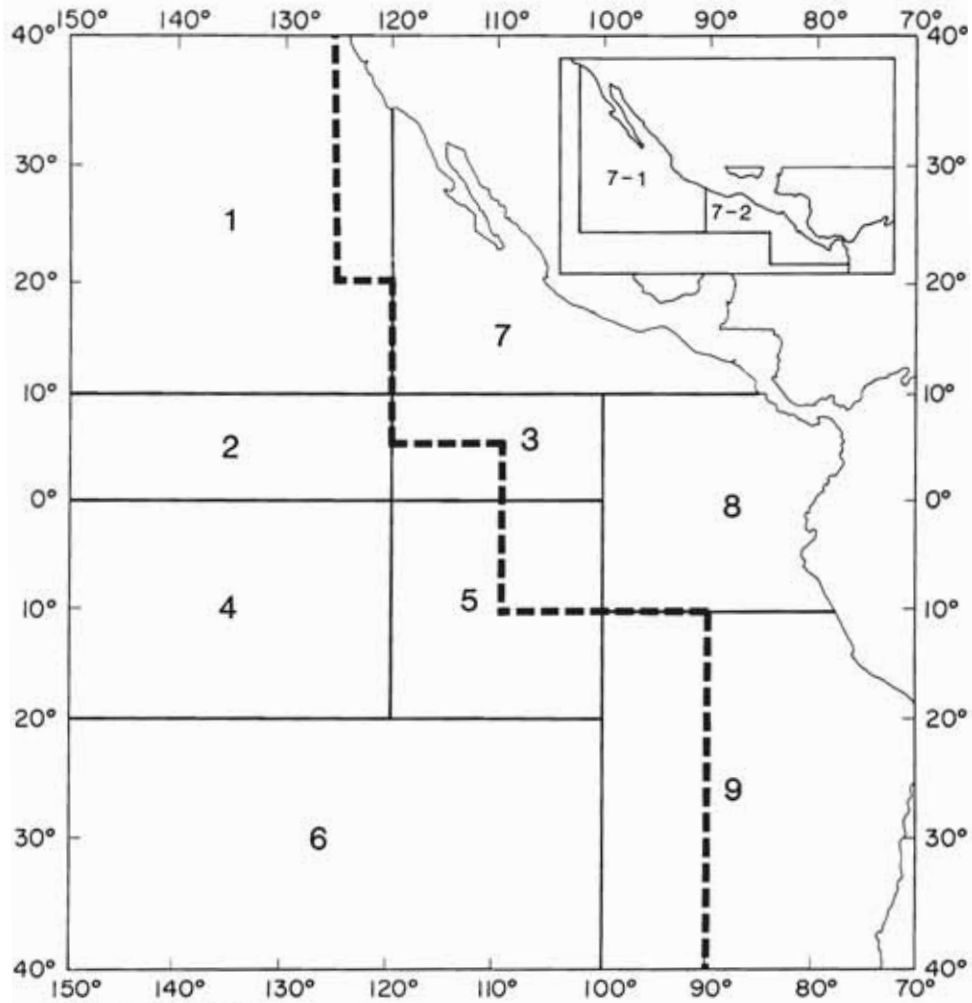


FIGURE 1. Areas of the eastern Pacific Ocean designated for this study. The area to the east and north of the dashed line is the CYRA, discussed in the section entitled *Interaction between the Surface and Longline Fisheries for Yellowfin*.

FIGURA 1. Zonas del Océano Pacífico oriental designadas para este estudio. La zona al este y al norte de la línea a guiones es el ARCAA, examinada en la sección titulada *Interacción entre la Pesca Pulangrera y la Epipelágica de Aleta Amarilla*.

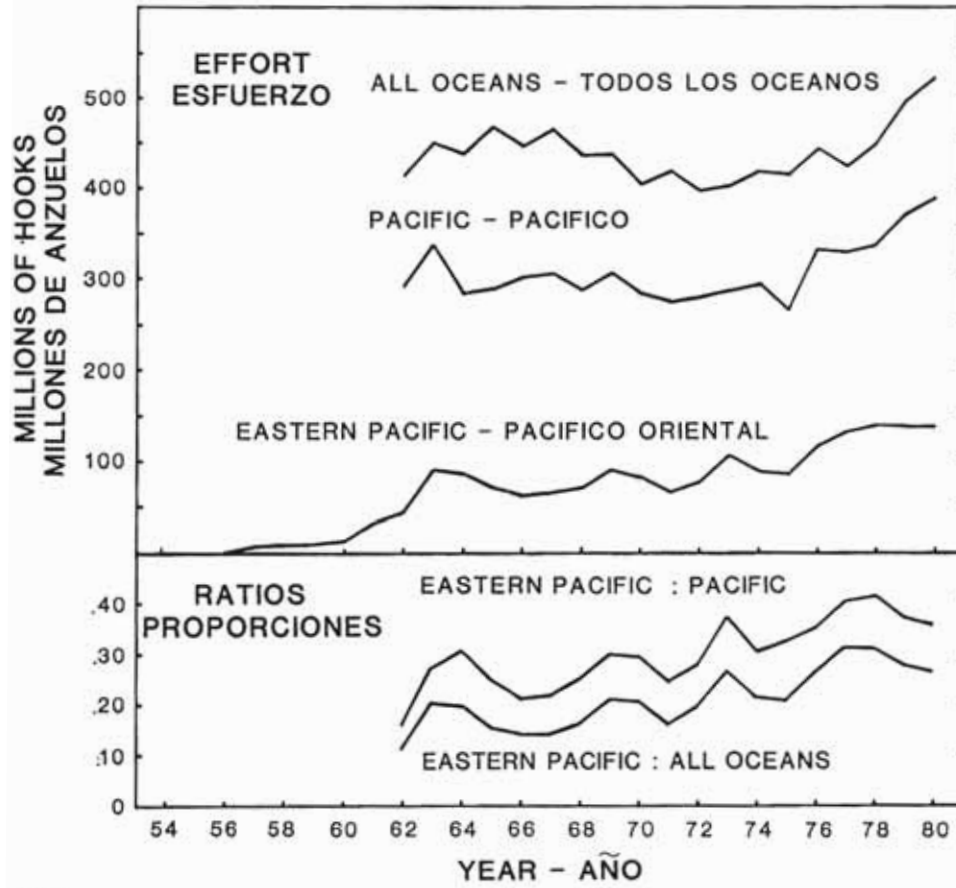


FIGURE 2. Effort by Japanese longliners in the eastern Pacific Ocean, the entire Pacific Ocean, and all oceans (upper panel), and ratios of the eastern Pacific Ocean effort to that of the entire Pacific Ocean and that of all oceans (lower panel).

FIGURA 2. Esfuerzo de los palangreros japoneses en el Océano Pacífico oriental, todo el Océano Pacífico y todos los océanos (recuadro superior), y razón del esfuerzo en el Océano Pacífico oriental con relación a todo el Océano Pacífico y el de todos los océanos (recuadro inferior).

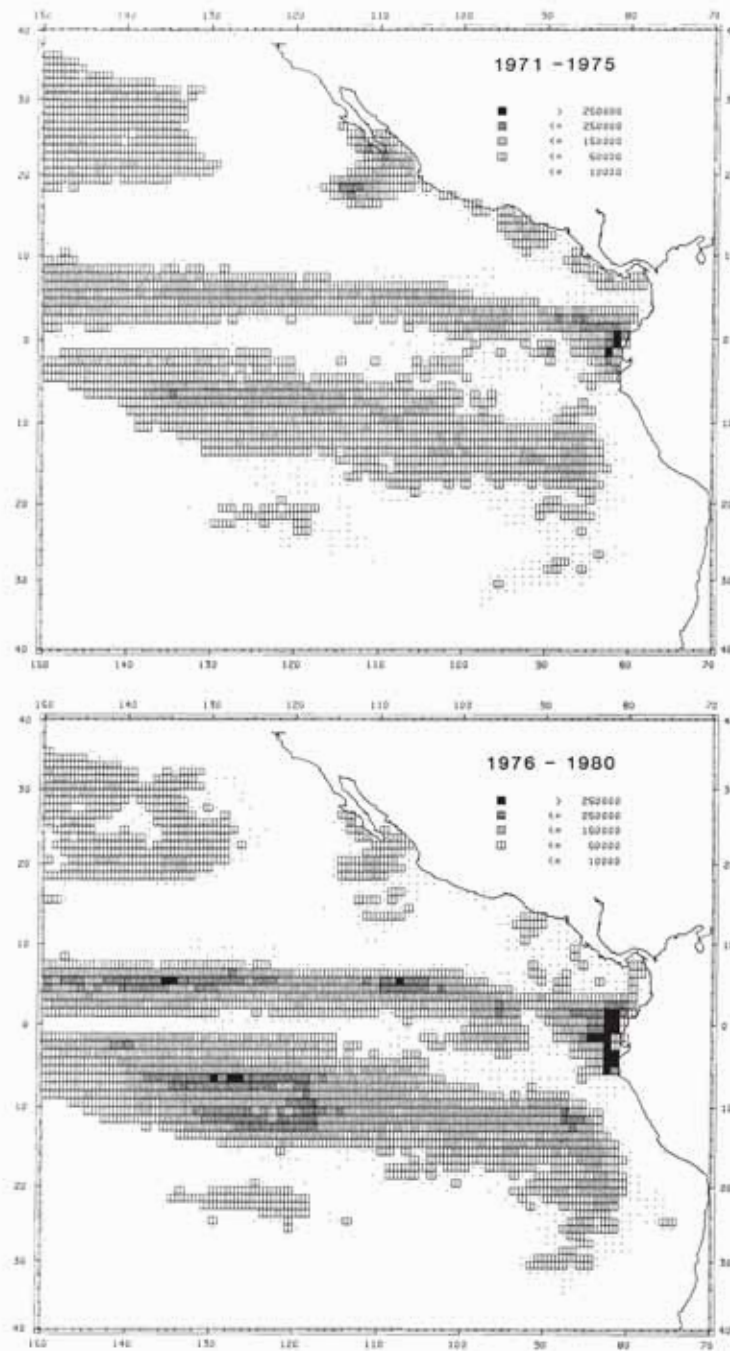


FIGURE 3. Distributions of effort in the eastern Pacific during 1971-1975 and 1976-1980, by 1-degree areas.

FIGURA 3. Distribución del esfuerzo en el Pacífico oriental durante 1971-1975 y 1976-1980, por zonas de 1 grado.

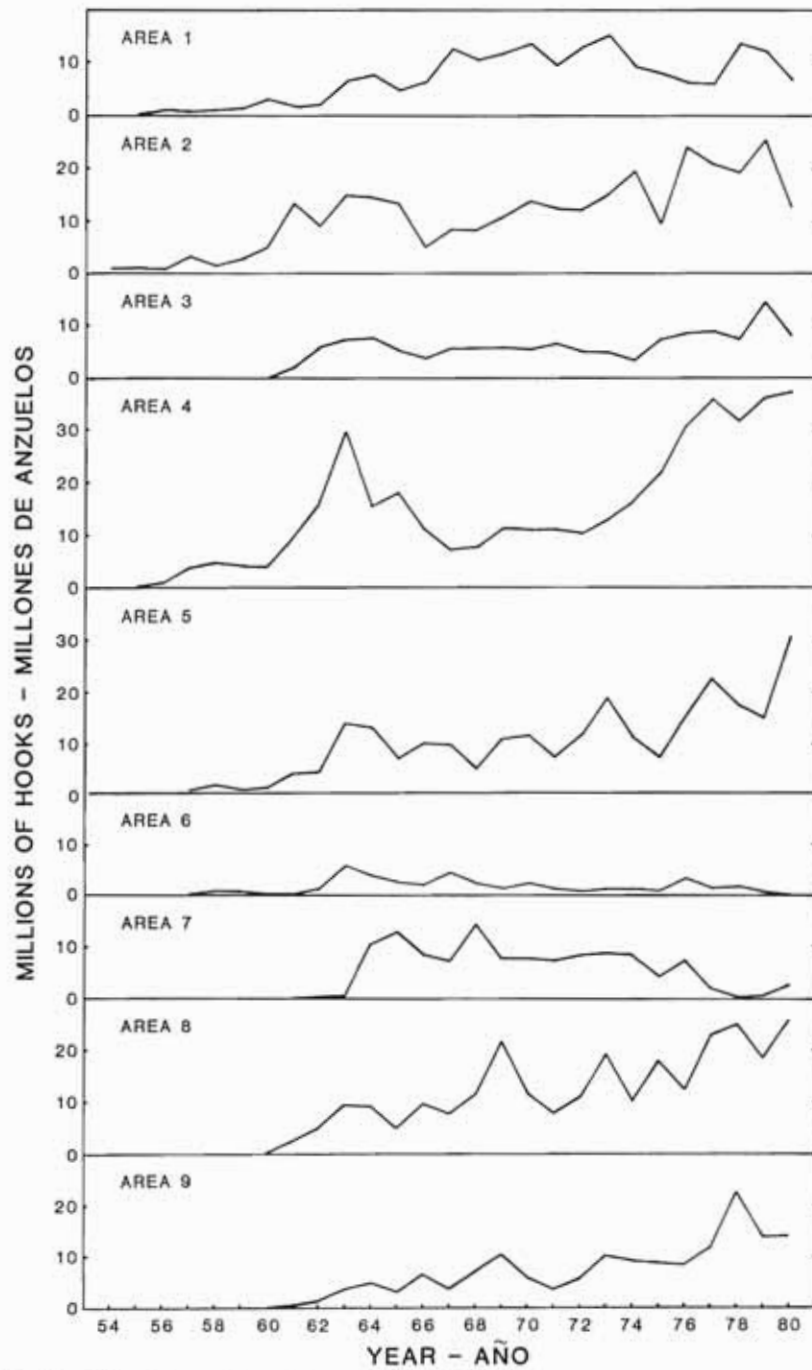


FIGURE 4. Effort in the designated areas of the eastern Pacific.

FIGURA 4. Esfuerzo en las zonas designadas del Pacífico oriental.

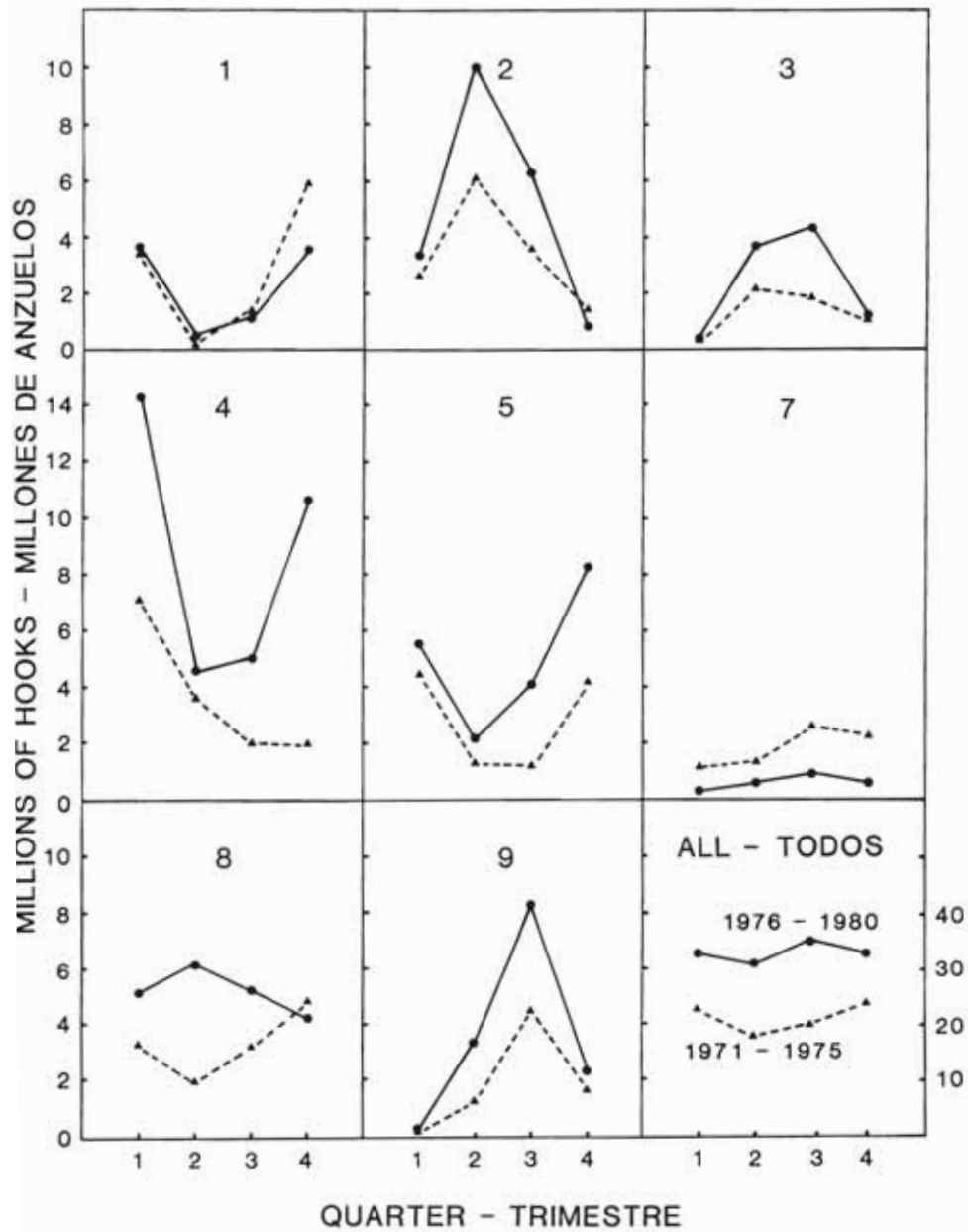


FIGURE 5. Effort in the designated areas of the eastern Pacific by quarters, 1971-1975 and 1976-1980.
 FIGURA 5. Esfuerzo en las zonas designadas del Pacifico oriental por trimestres, 1971-1975 y 1976-1980.

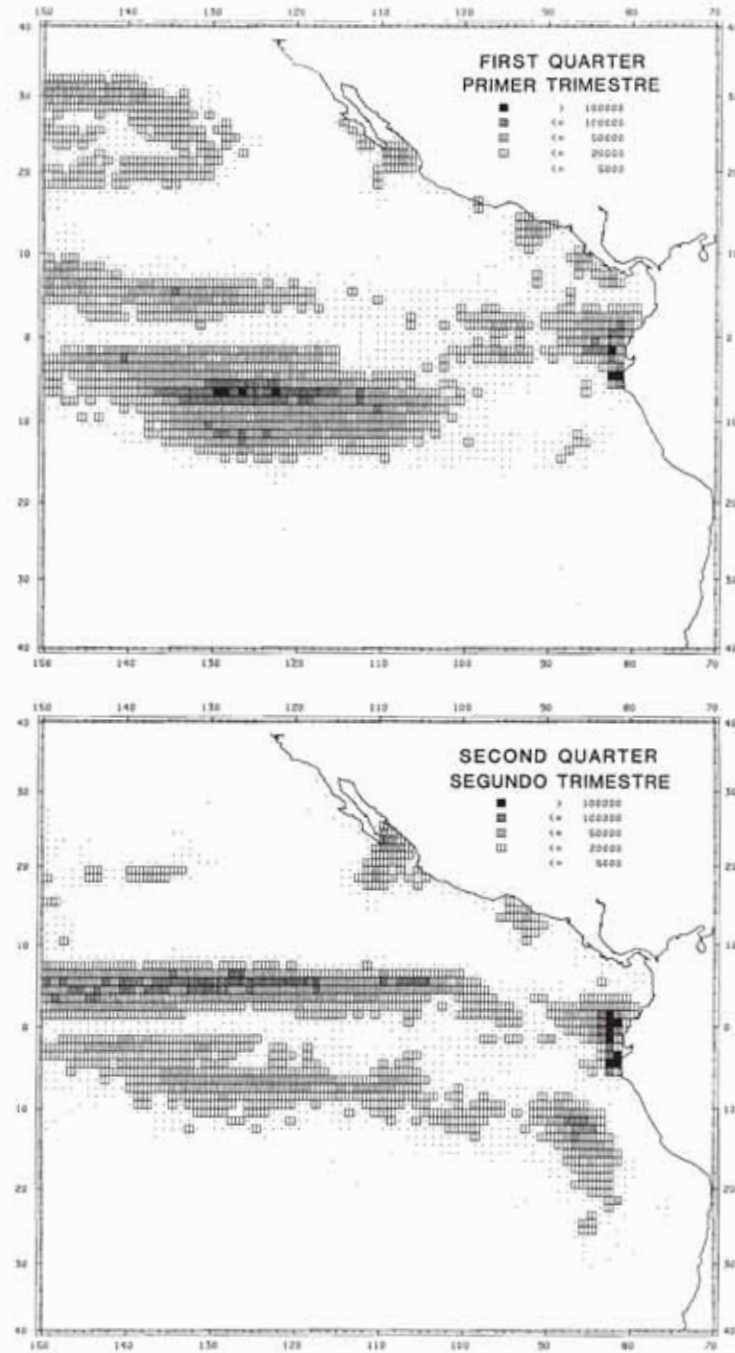


FIGURE 6. Quarterly distributions of effort in the eastern Pacific during 1971-1980, by 1-degree areas.
FIGURA 6. Distribución trimestral del esfuerzo en el Pacífico oriental durante 1971-1980, por zonas de 1 grado.

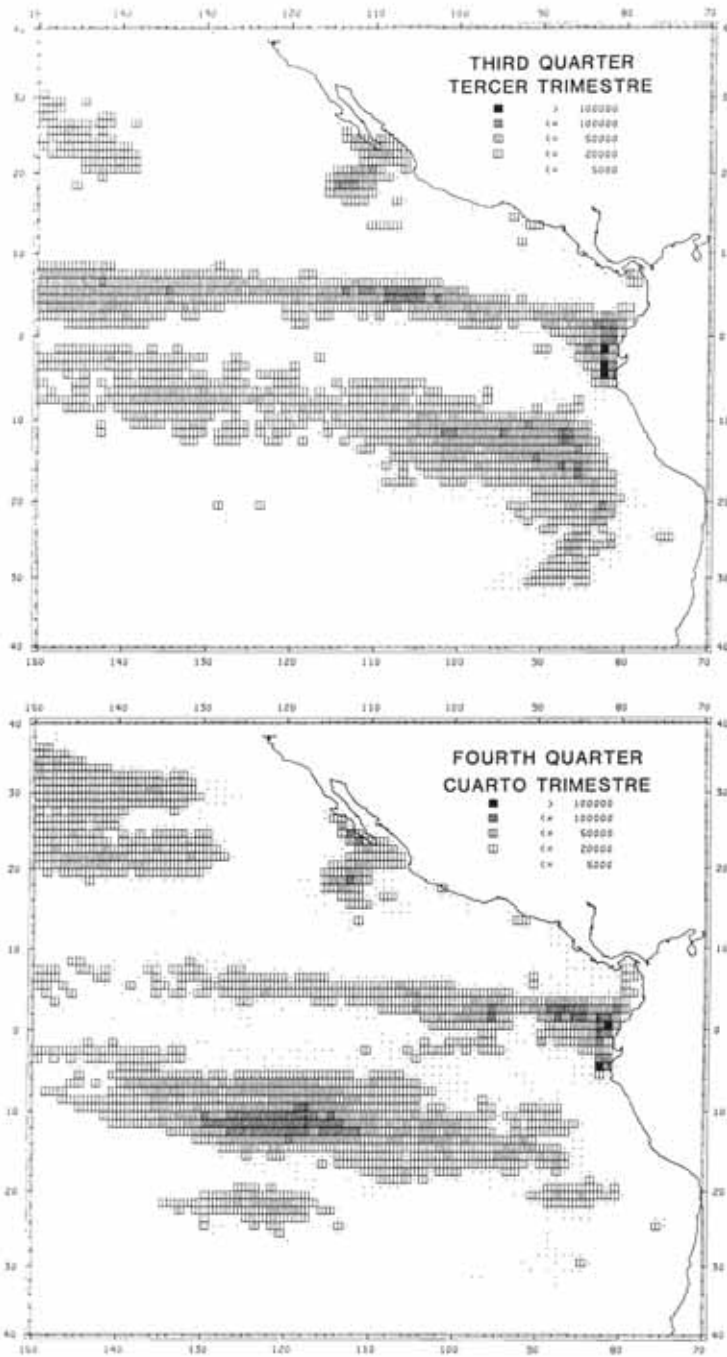


FIGURE 6. (continued)
 FIGURA 6. (continuación)

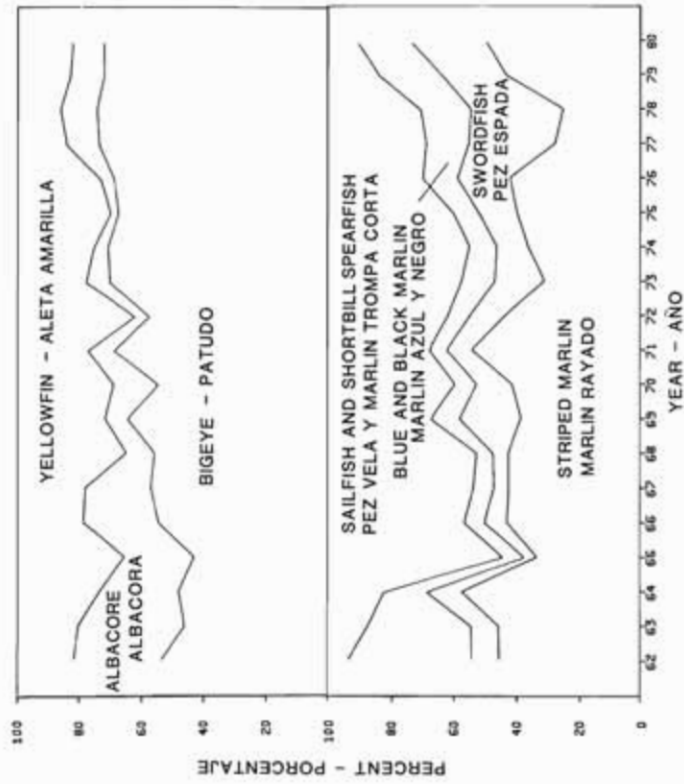


FIGURE 8. Composition of the catches by species for tunas (upper panel) and billfishes (lower panel).

FIGURA 8. Composición de las capturas por especies de túnidos (recuadro superior) y peces espada (recuadro inferior).

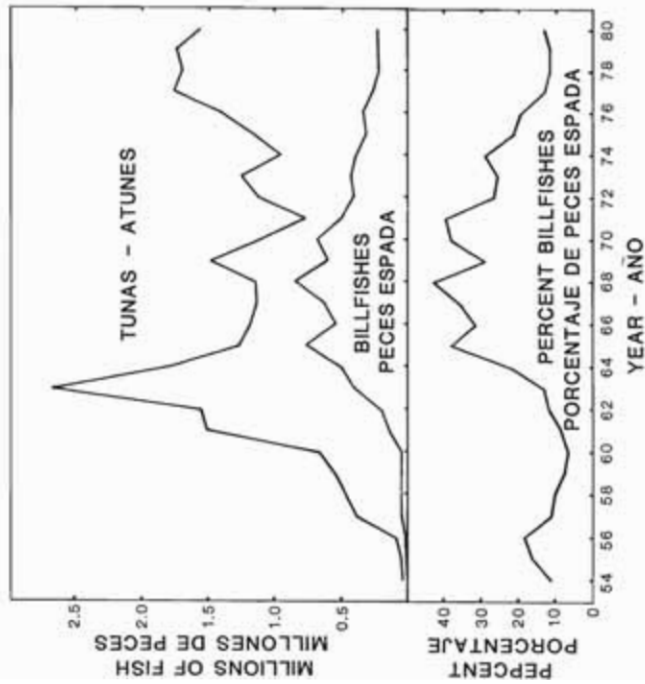


FIGURE 7. Annual catches of tunas and billfishes in the eastern Pacific by Japanese longliners (upper panel), and ratios of the billfish catches to the total catches (lower panel).

FIGURA 7. Captura anual de atún y peces espada en el Pacífico oriental por palangreros japoneses (recuadro superior) y razón de captura de peces espada con relación a la captura total (recuadro inferior).

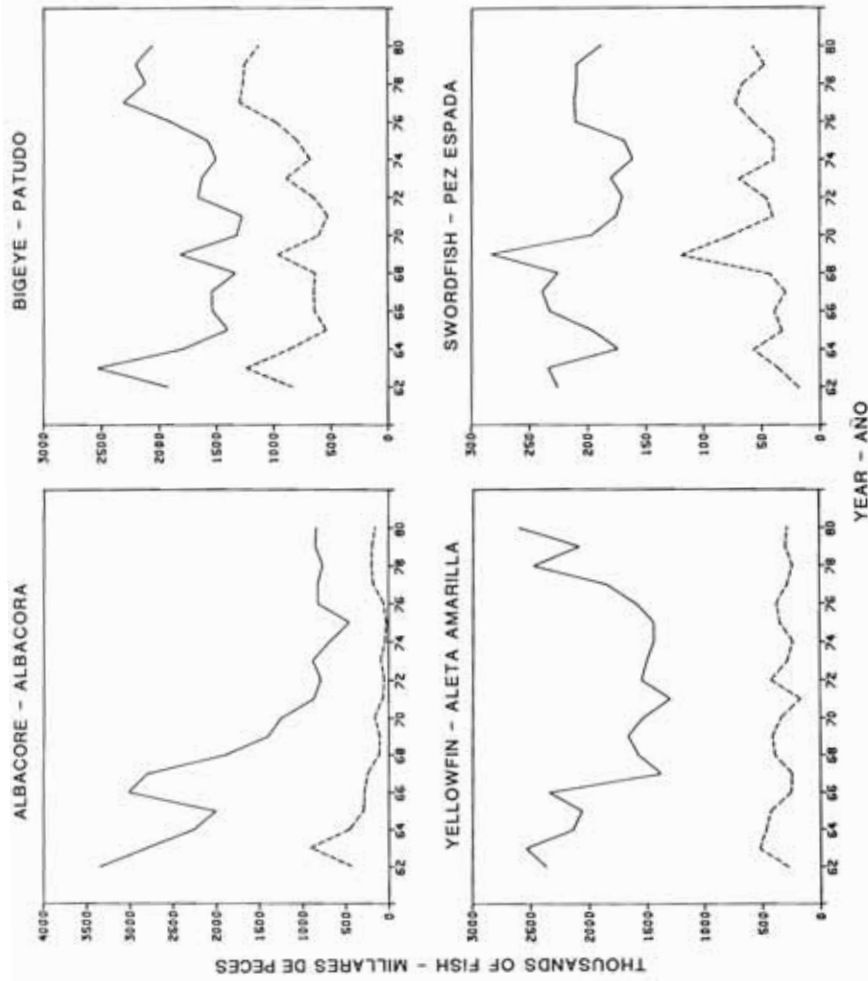


FIGURE 9. Annual catches of the various species of tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean (dashed lines) and the total Pacific Ocean (solid lines).

FIGURA 9. Captura anual de varias especies de túnidos y peces espada en el Océano Pacífico oriental (línea a guiones) y todo el Océano Pacífico (línea sólida).

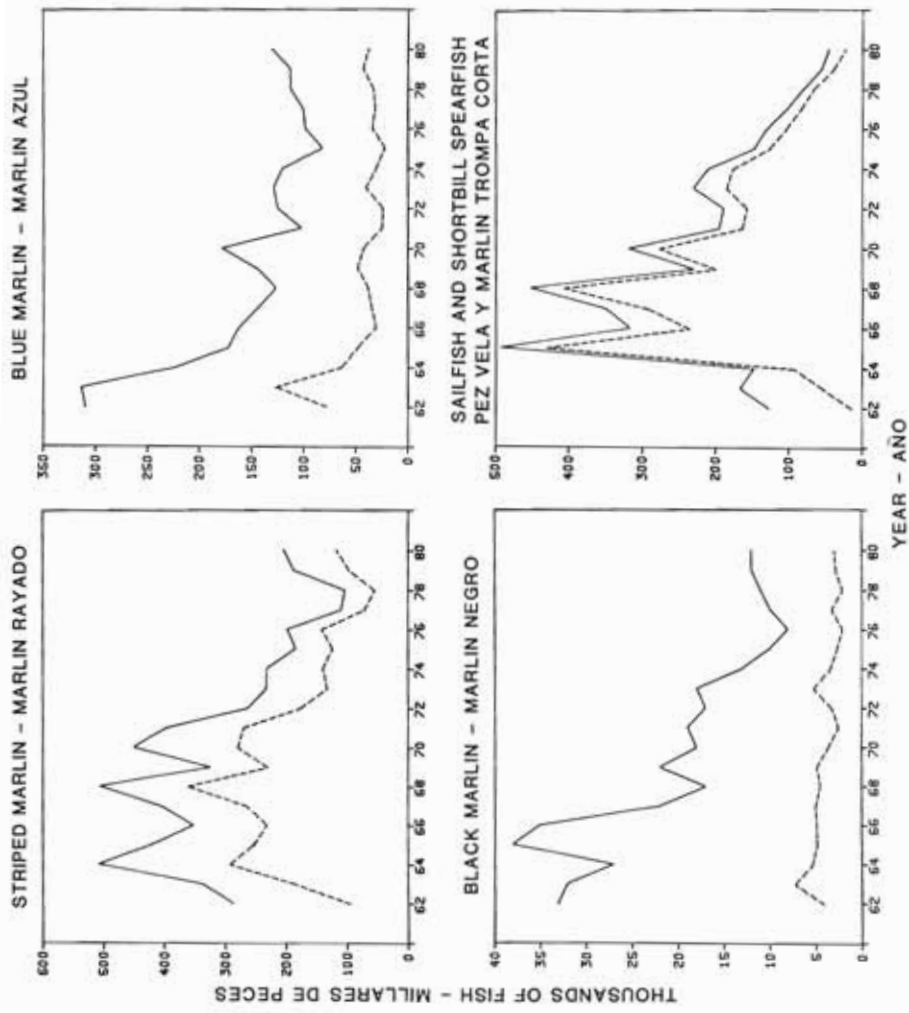


FIGURE 9. (continued)

FIGURA 9. (continuación)

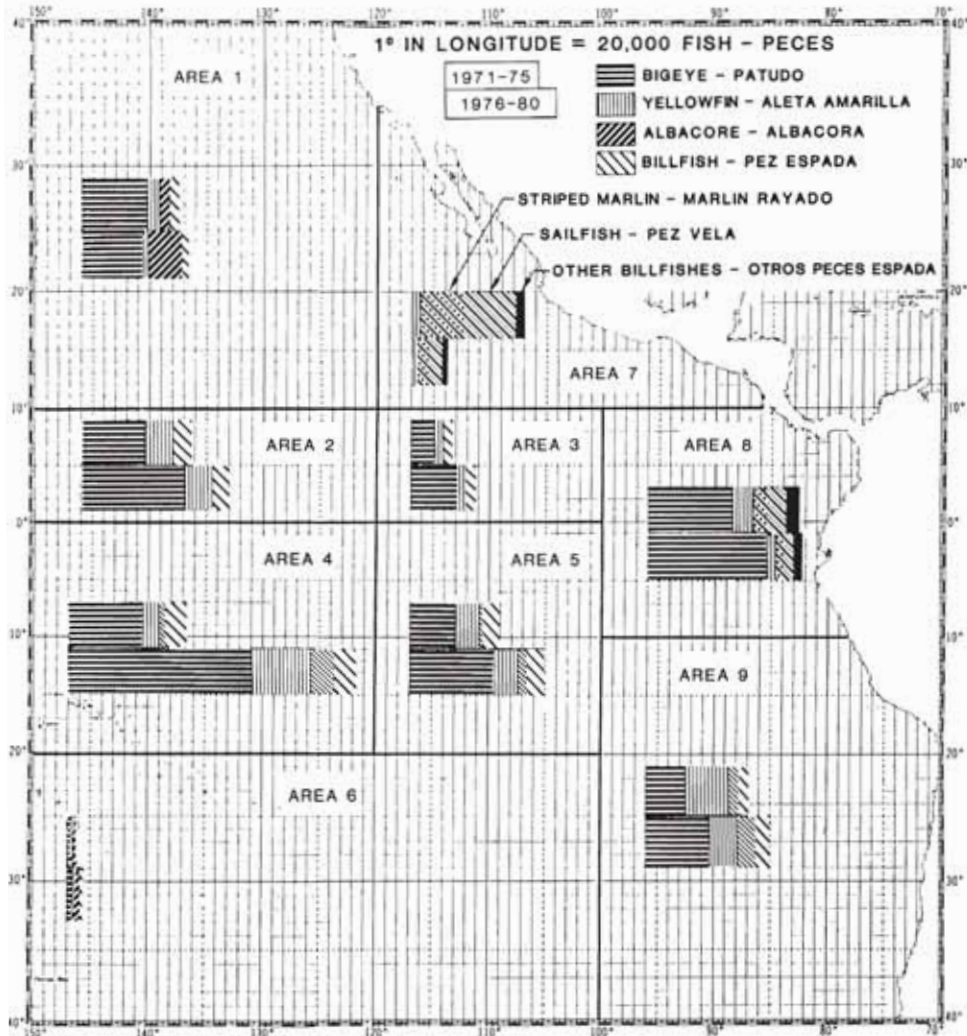


FIGURE 10. Average annual catches of the various species of tunas and billfishes in the designated areas of the eastern Pacific, 1971-1975 and 1976-1980.

FIGURA 10. Promedio de la captura anual de varias especies de túnidos y peces espada en las zonas designadas del Pacífico oriental, 1971-1975 y 1976-1980.

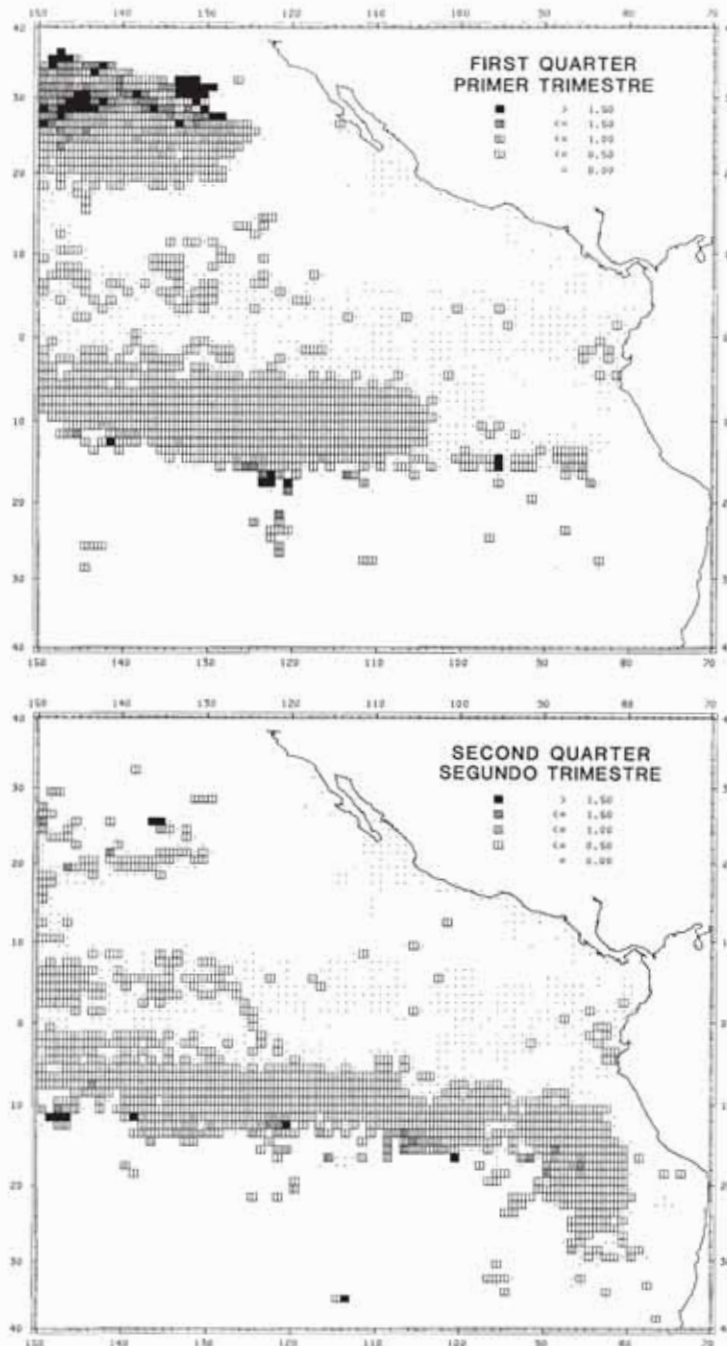


FIGURE 11. Quarterly distributions of hook rates of albacore in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 11. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo del albacora en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

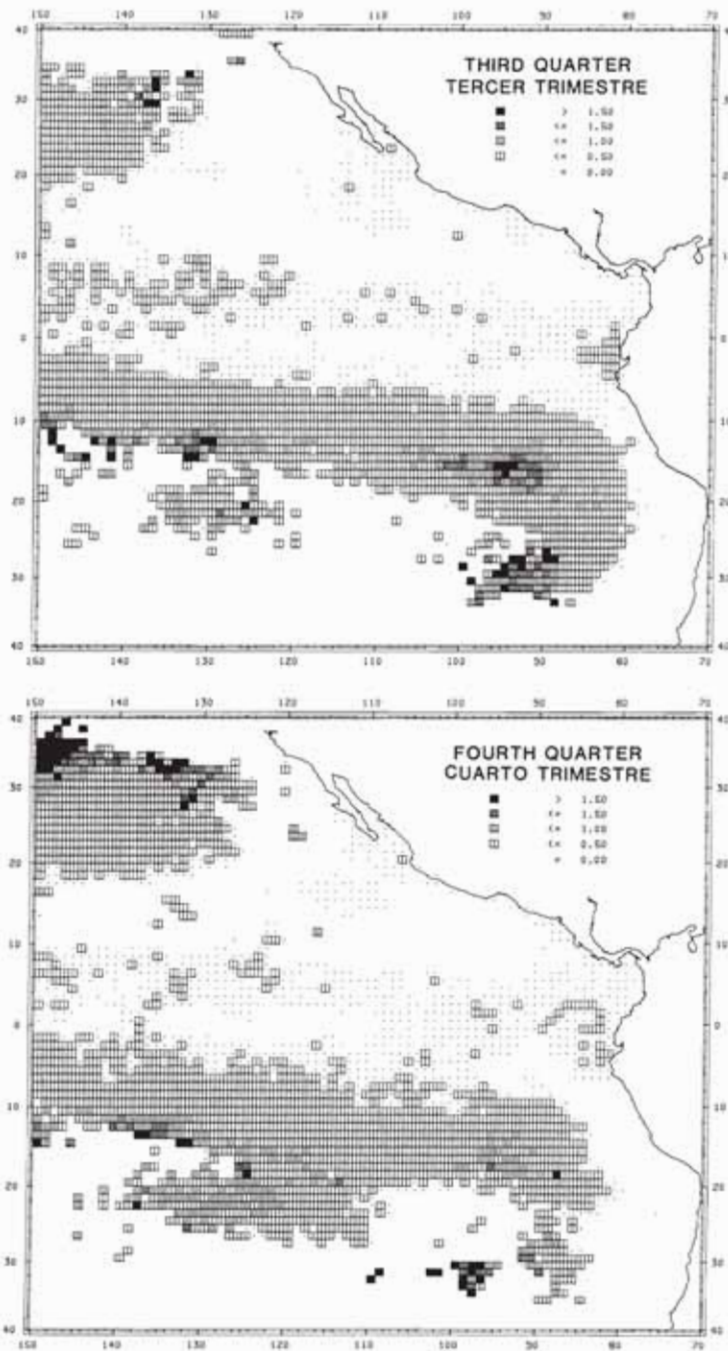


FIGURE 11. (continued)
FIGURA 11. (continuación)

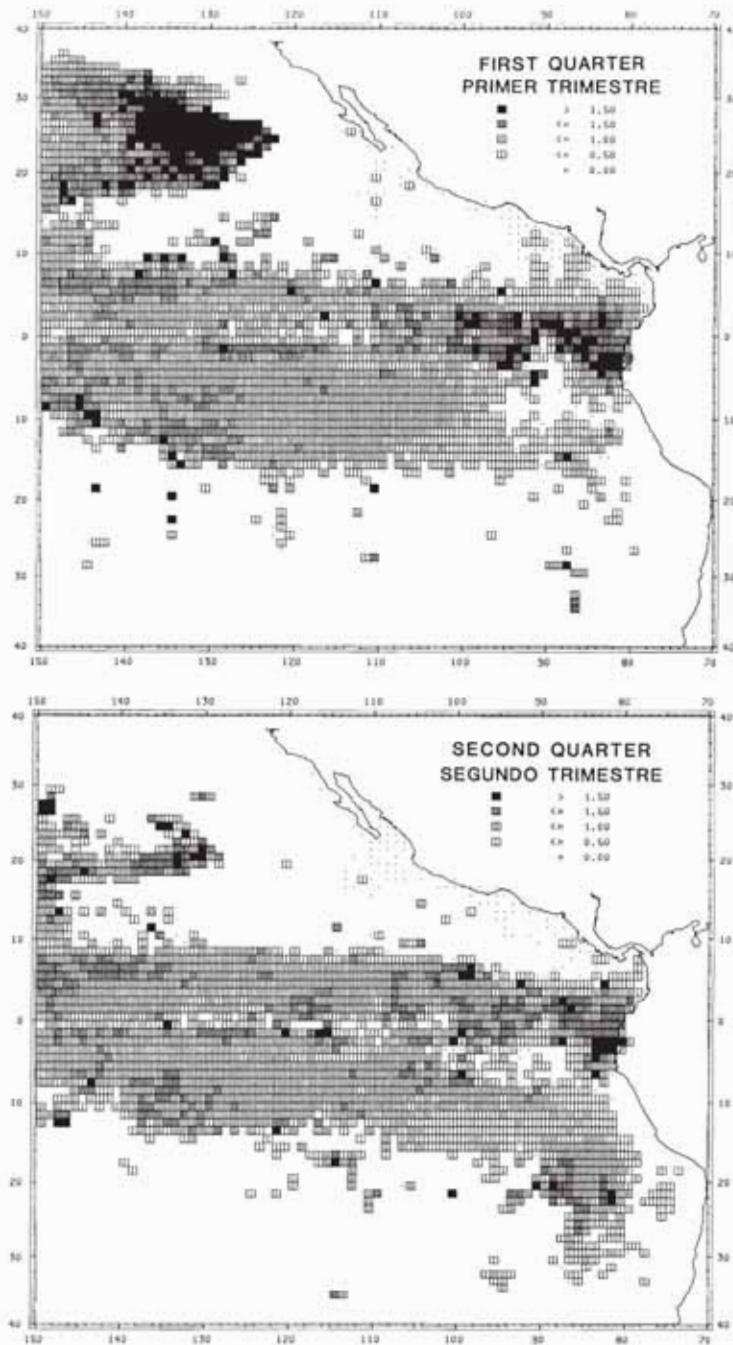


FIGURE 12. Quarterly distributions of hook rates of bigeye in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 12. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo del patudo en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

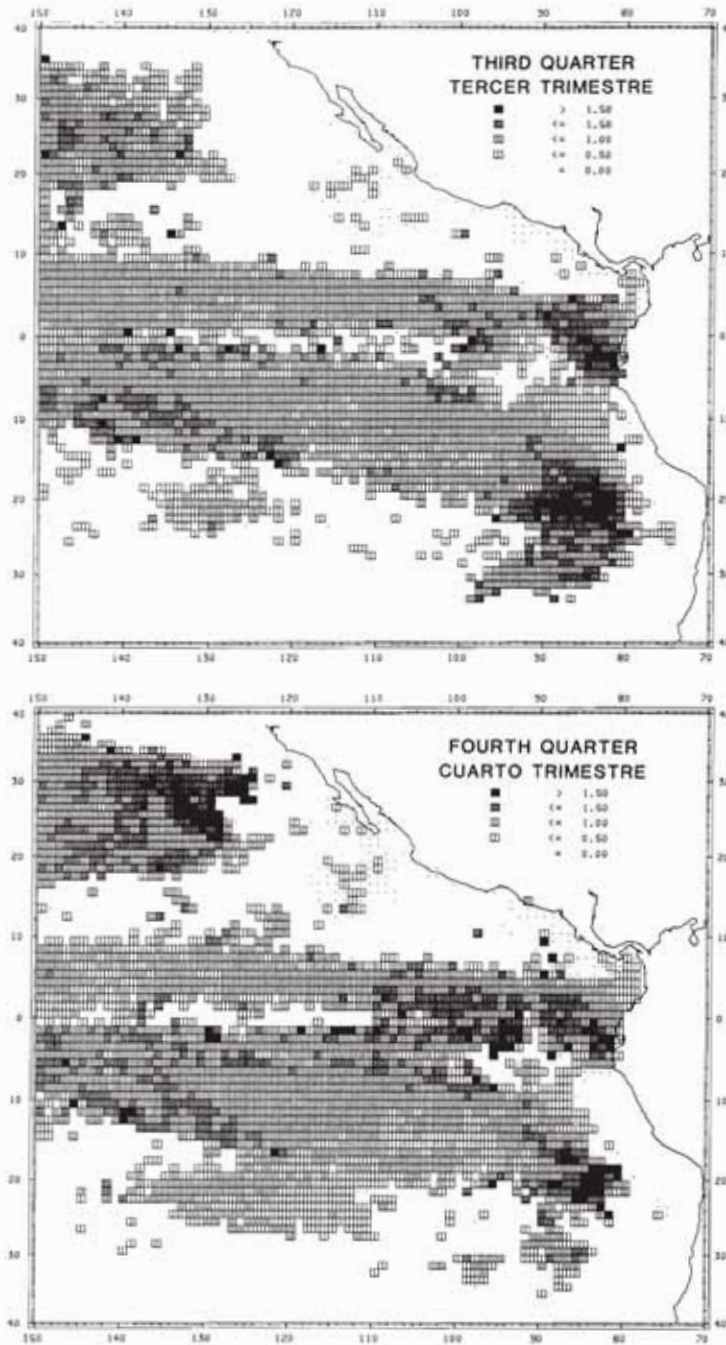


FIGURE 12. (continued)

FIGURA 12. (continuación)

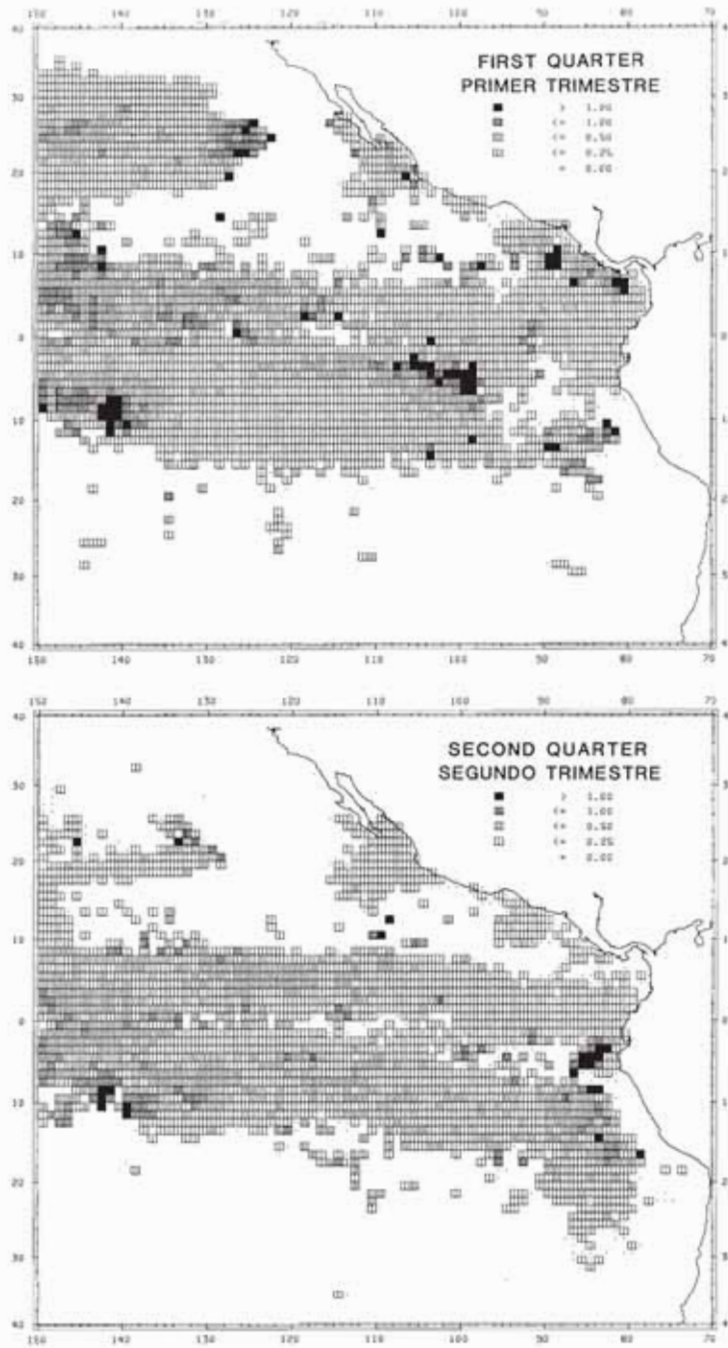


FIGURE 13. Quarterly distributions of hook rates of yellowfin in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 13. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo del aleta amarilla en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

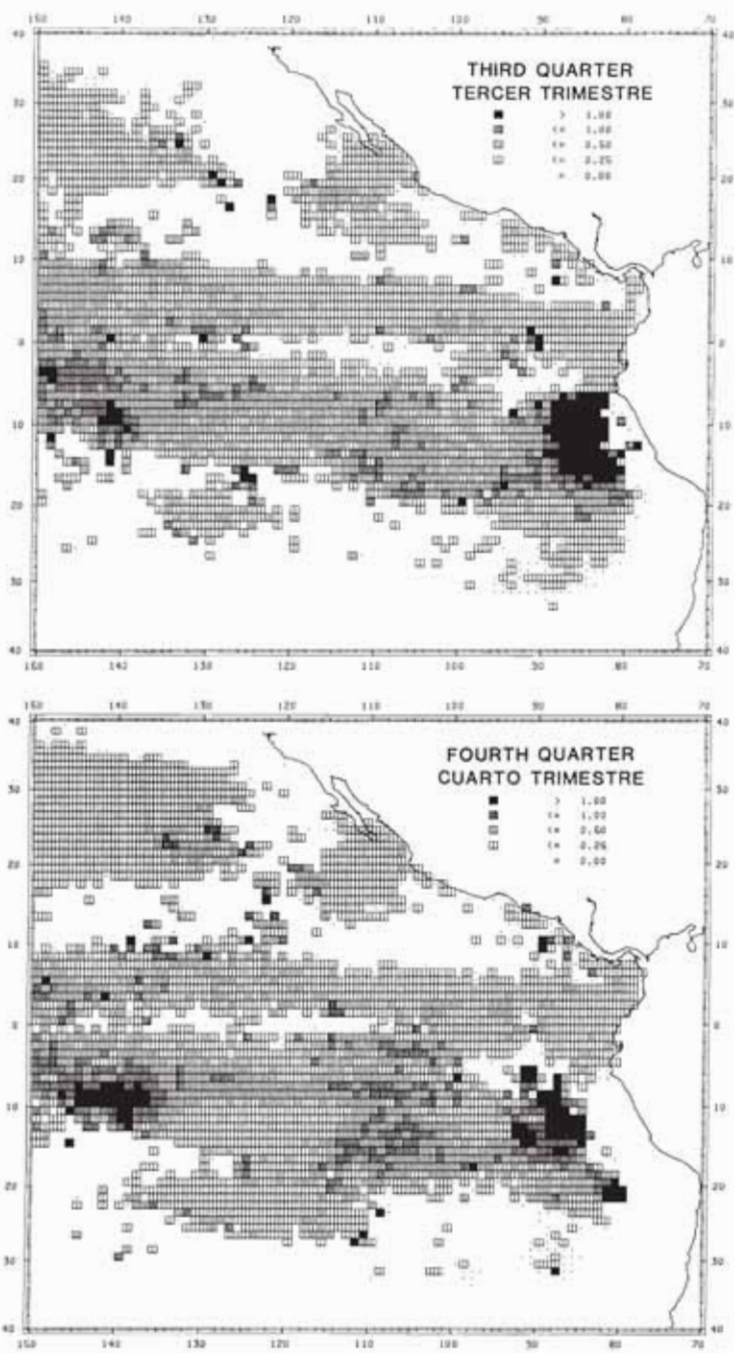


FIGURE 13. (continued)

FIGURA 13. (continuación)

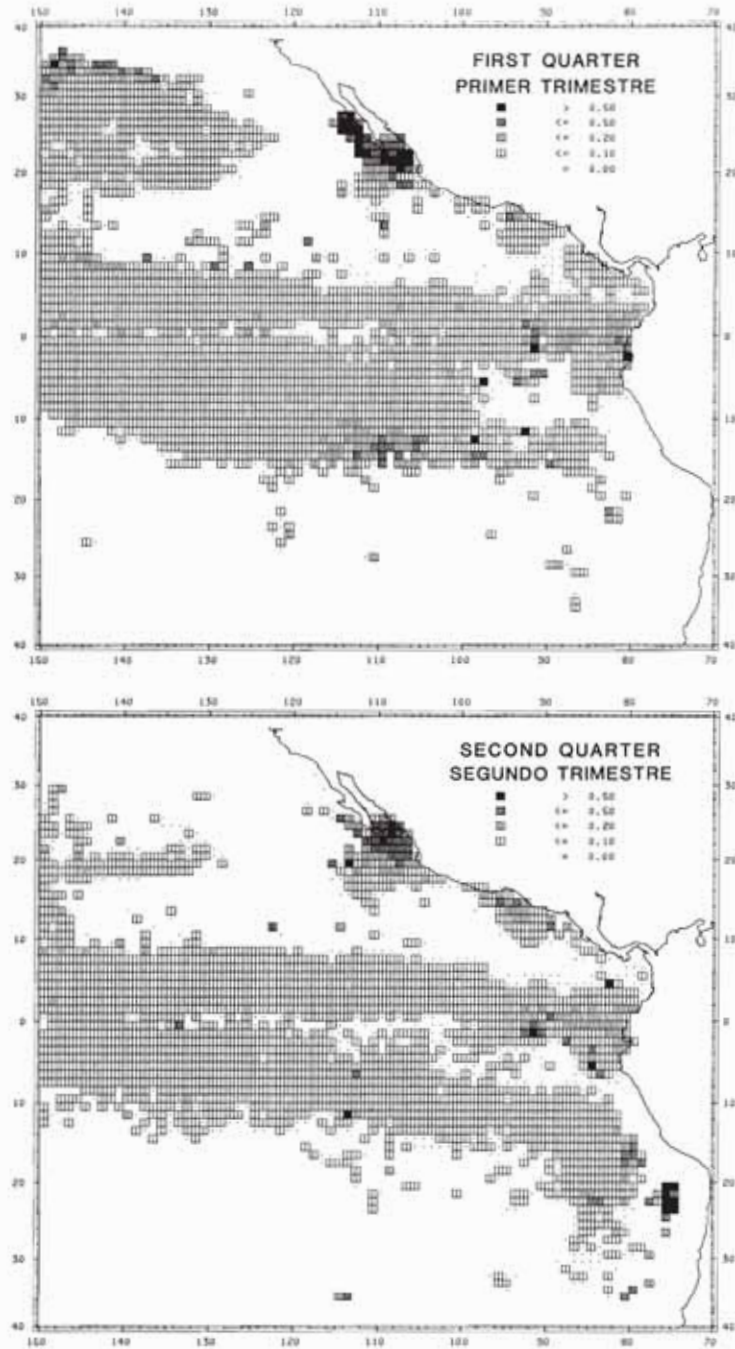


FIGURE 14. Quarterly distributions of hook rates of swordfish in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 14. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo del pez espada en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

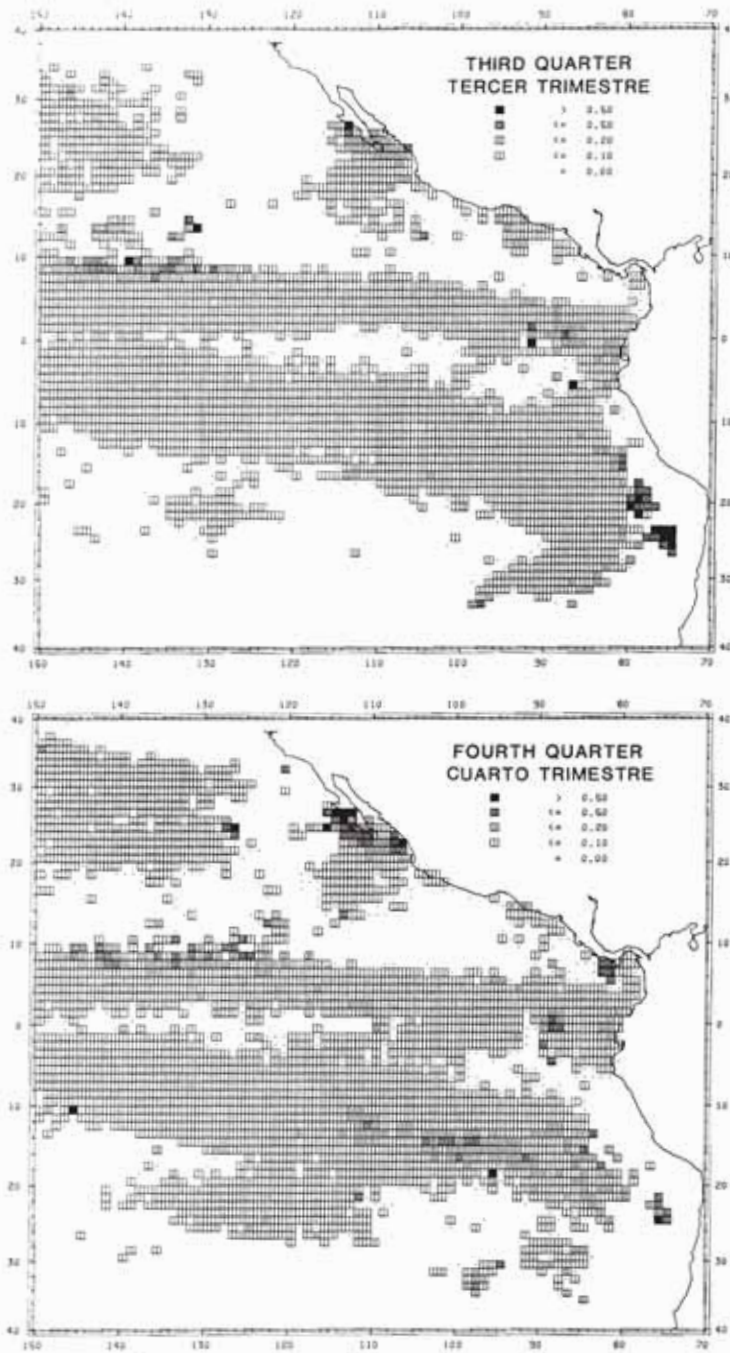


FIGURE 14. (continued)
 FIGURA 14. (continuación)

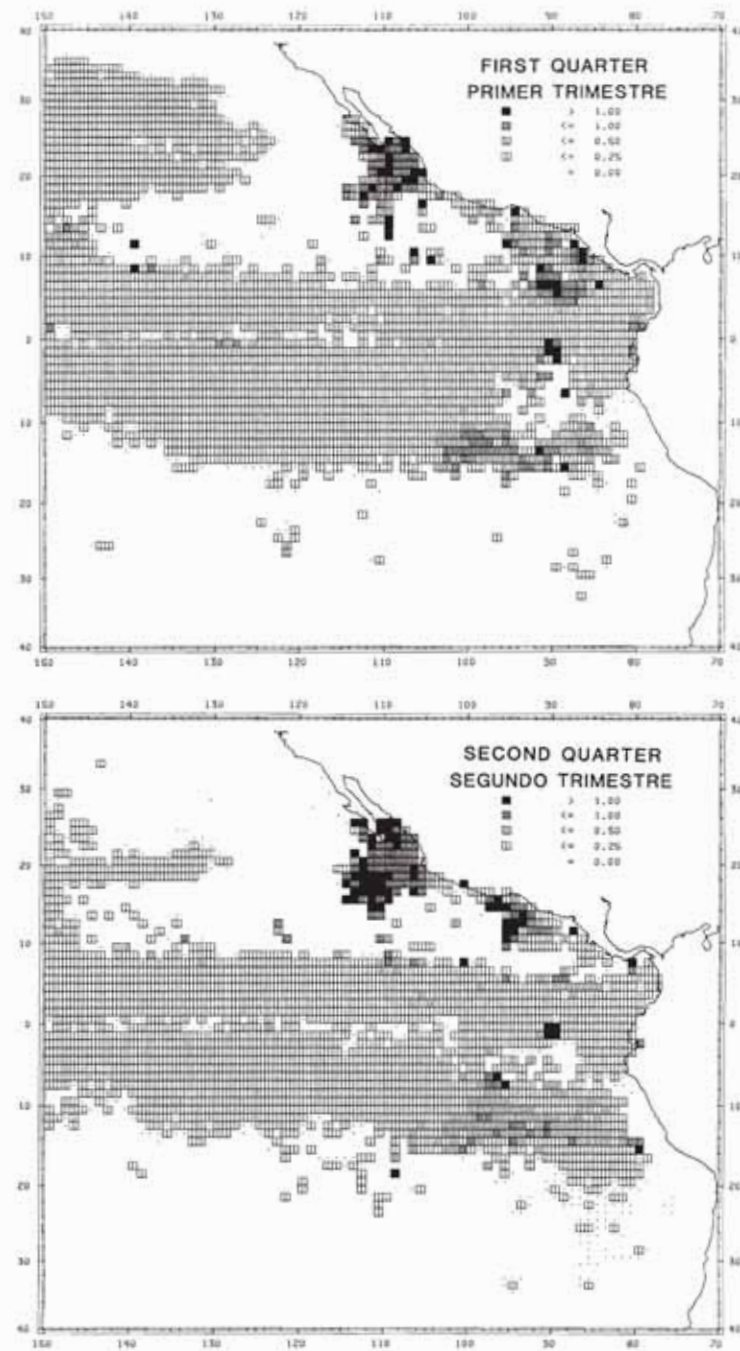


FIGURE 15. Quarterly distributions of hook rates of striped marlin in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 15. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo del marlín rayado en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

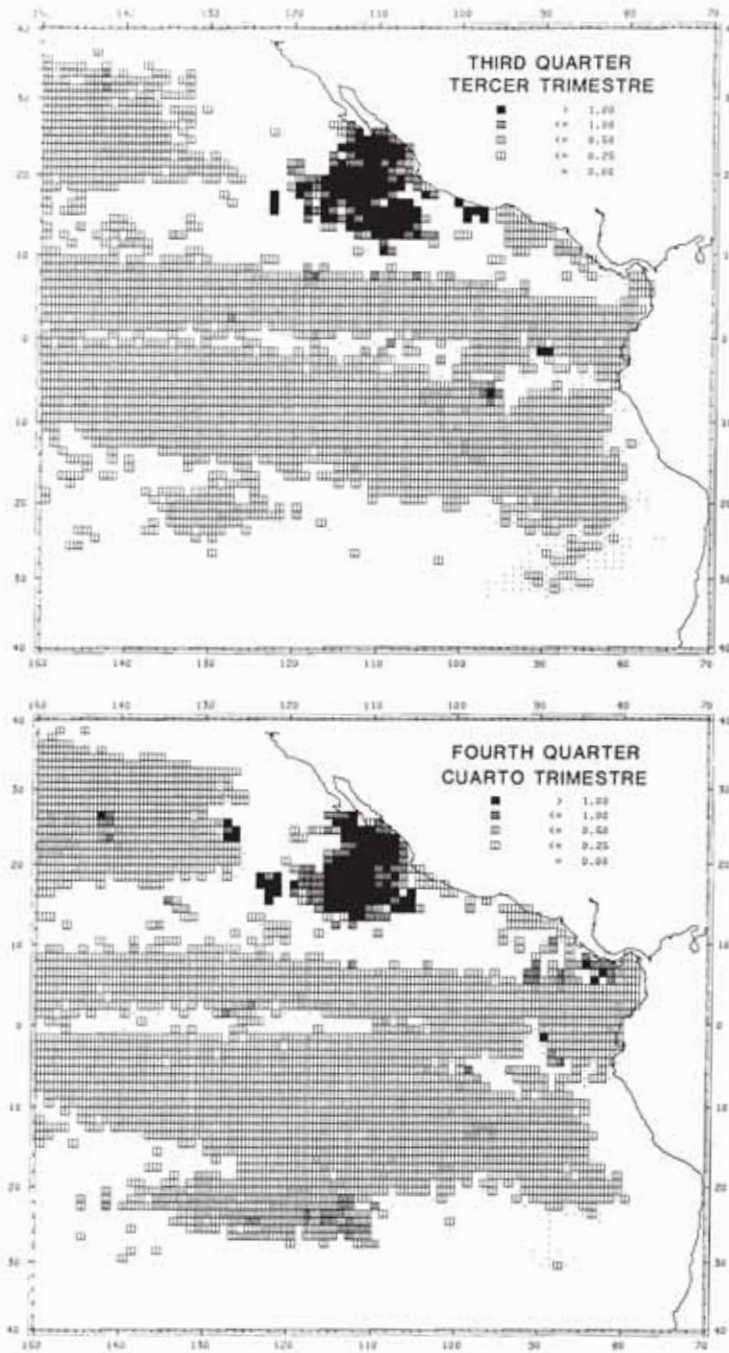


FIGURE 15. (continued)
 FIGURA 15. (continuación)

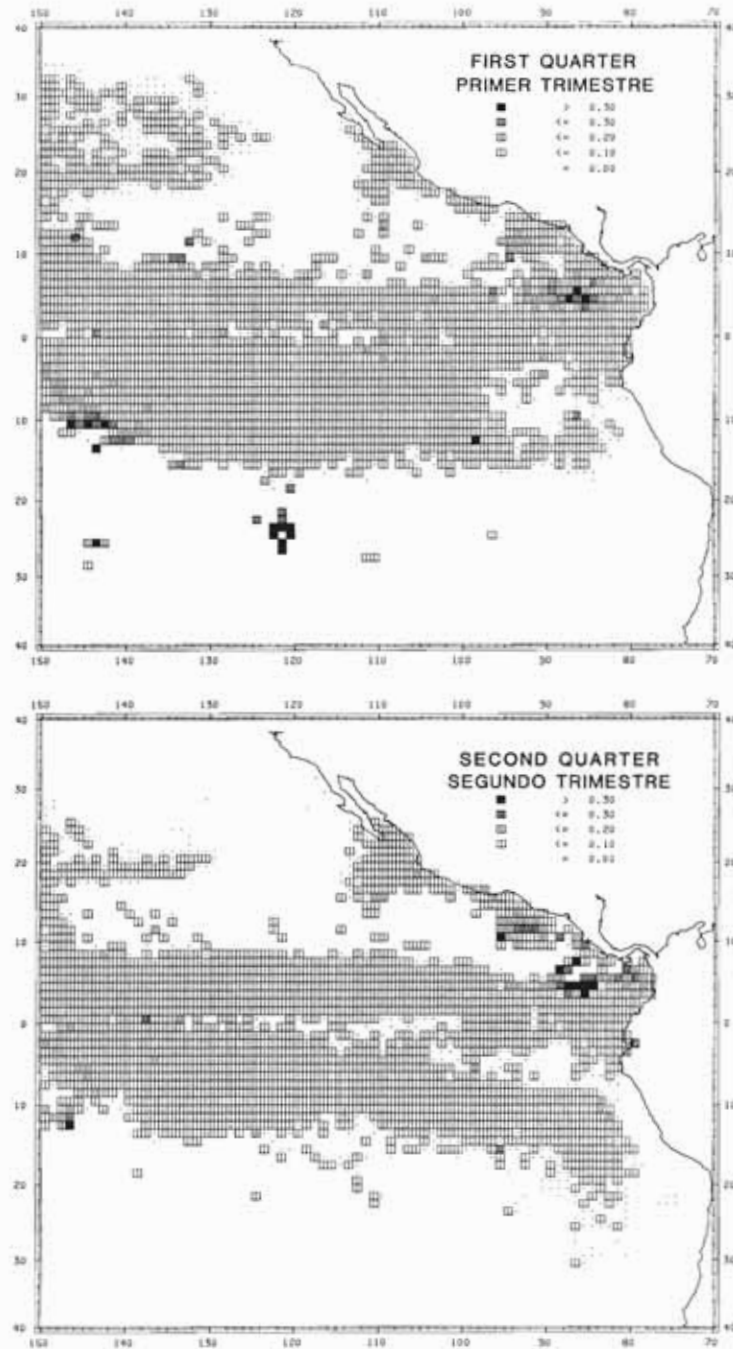


FIGURE 16. Quarterly distributions of hook rates of blue marlin in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 16. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo del marlín azul en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

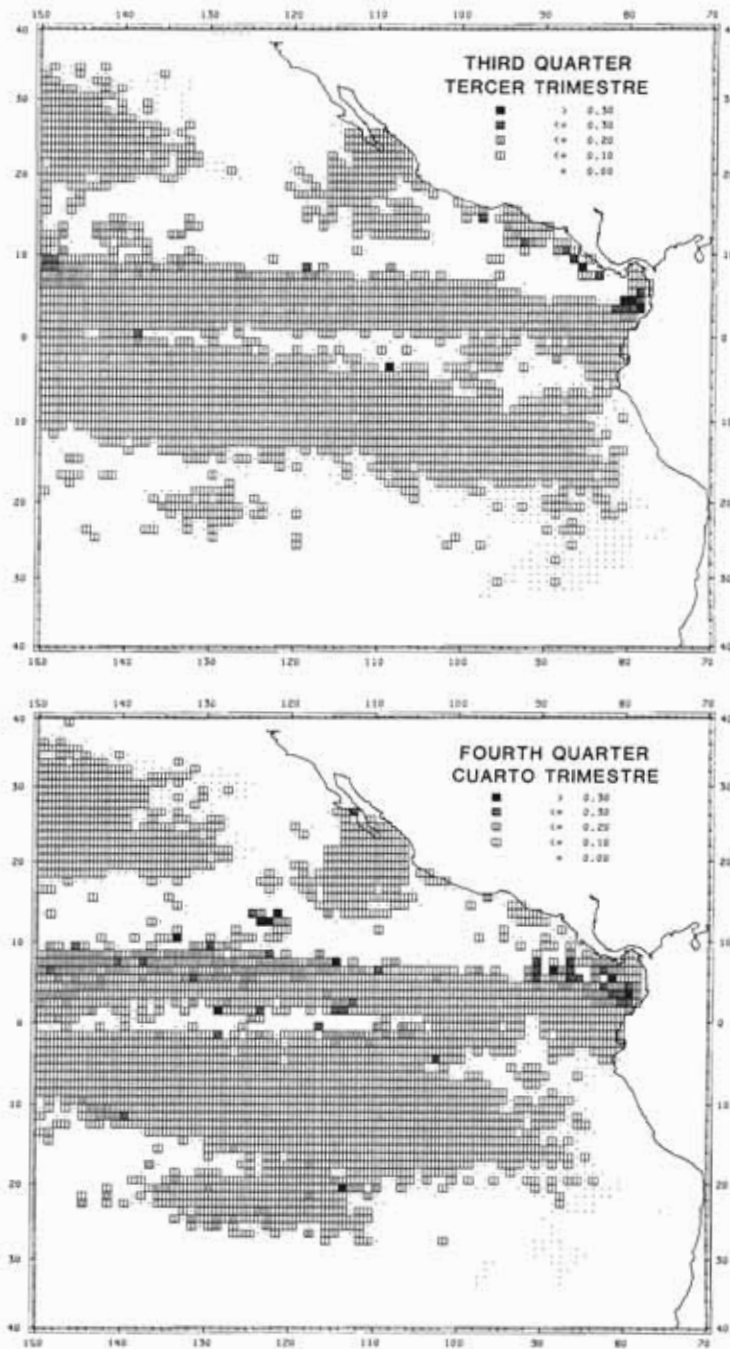


FIGURE 16. (continued)
 FIGURA 16. (continuación)

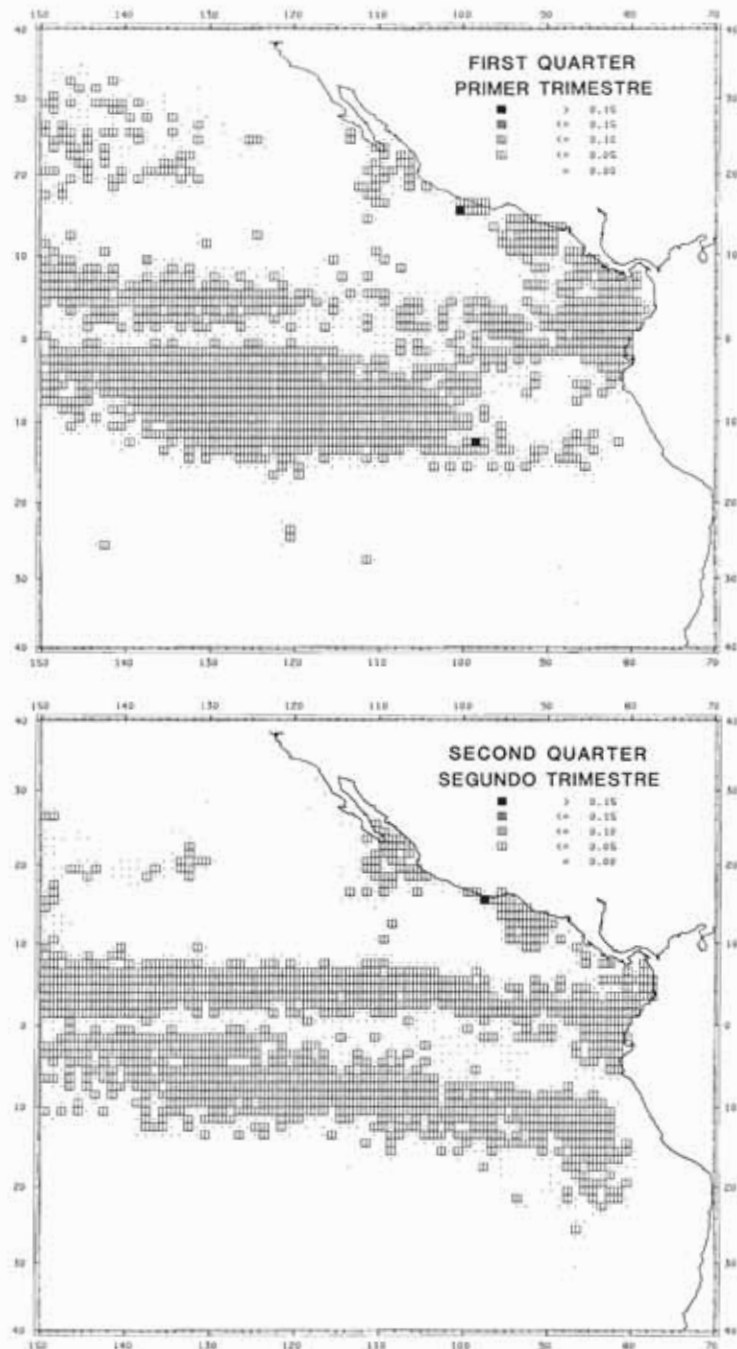


FIGURE 17. Quarterly distributions of hook rates of black marlin the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 17. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo de marlín negro en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

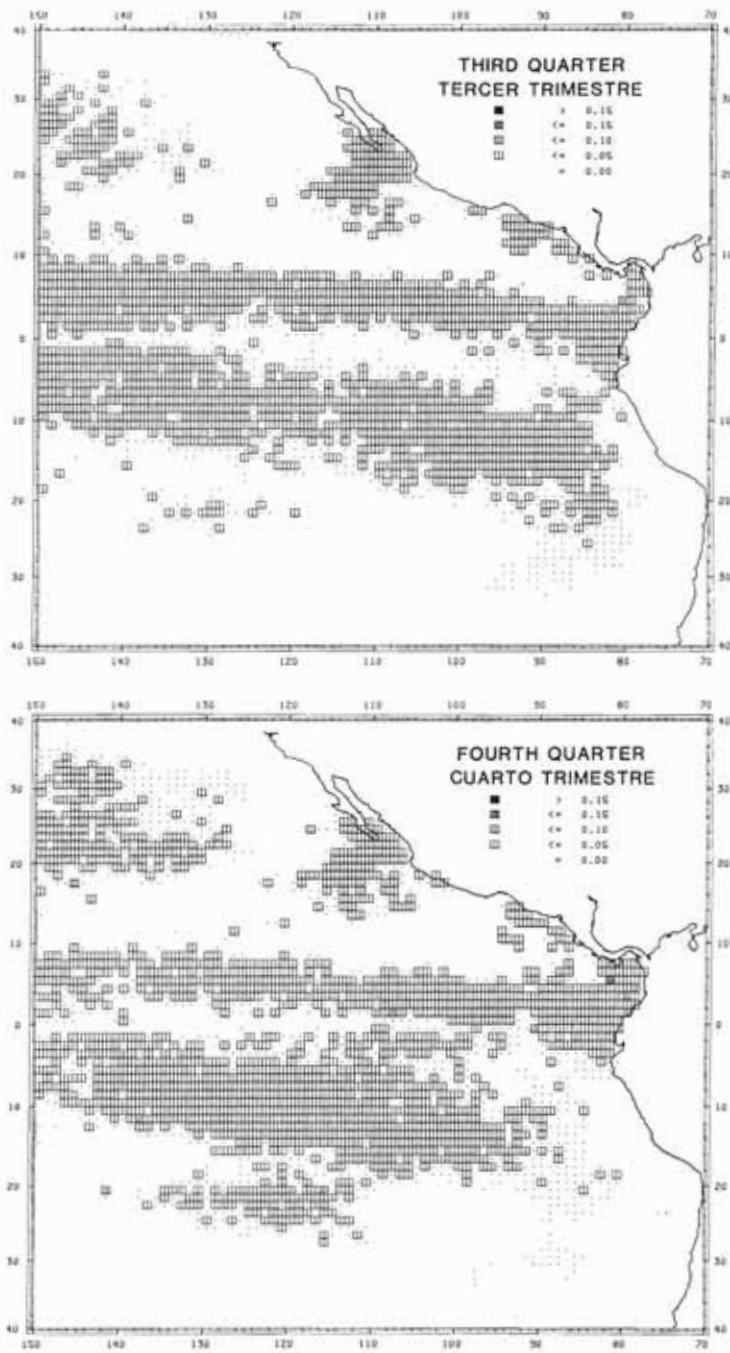


FIGURE 17. (continued)
FIGURA 17. (continuación)

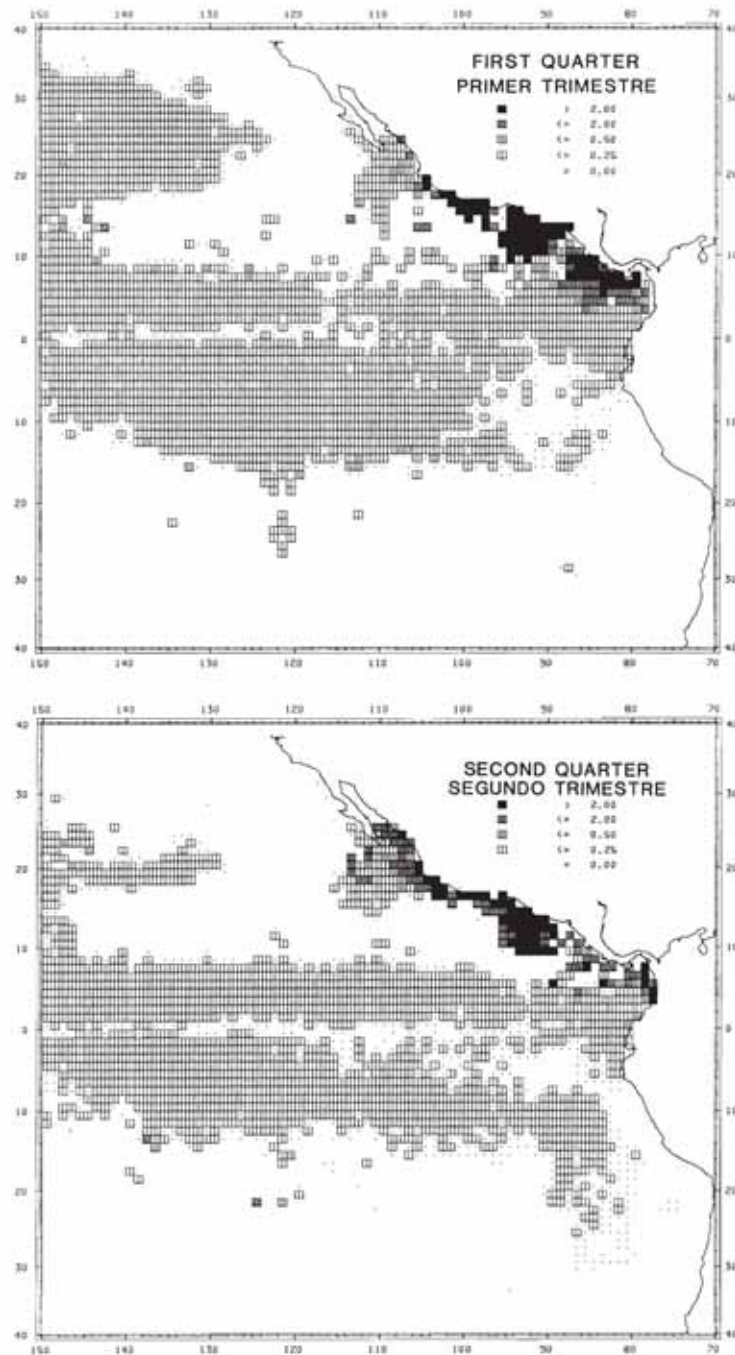


FIGURE 18. Quarterly distributions of hook rates of sailfish and shortbill spearfish in the eastern Pacific during 1971-1980, expressed as catches per 100 hooks, by 1-degree area.

FIGURA 18. Distribución trimestral de los índices de captura por anzuelo de pez vela y marlín trompa corta en el Pacífico oriental durante 1971-1980, expresada como captura por 100 anzuelos, por zona de 1 grado.

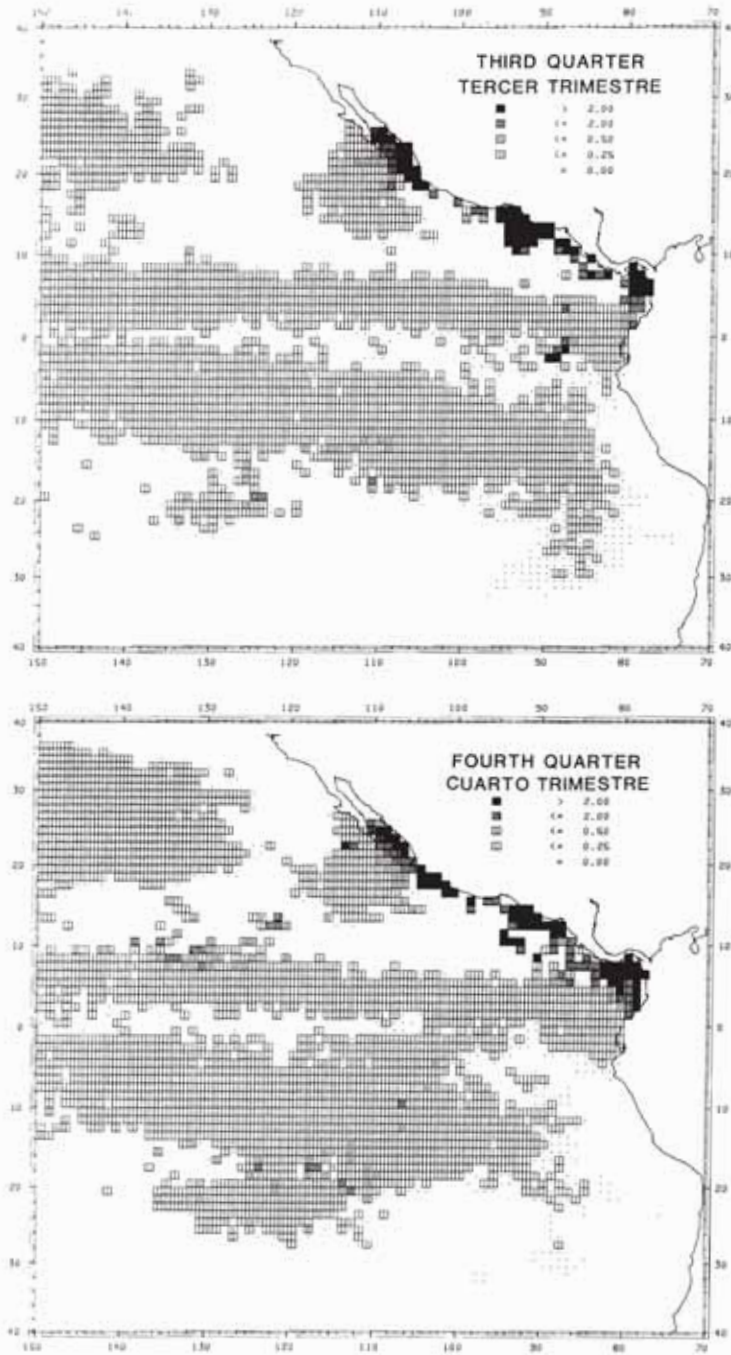


FIGURE 18. (continued)

FIGURA 18. (continuación)

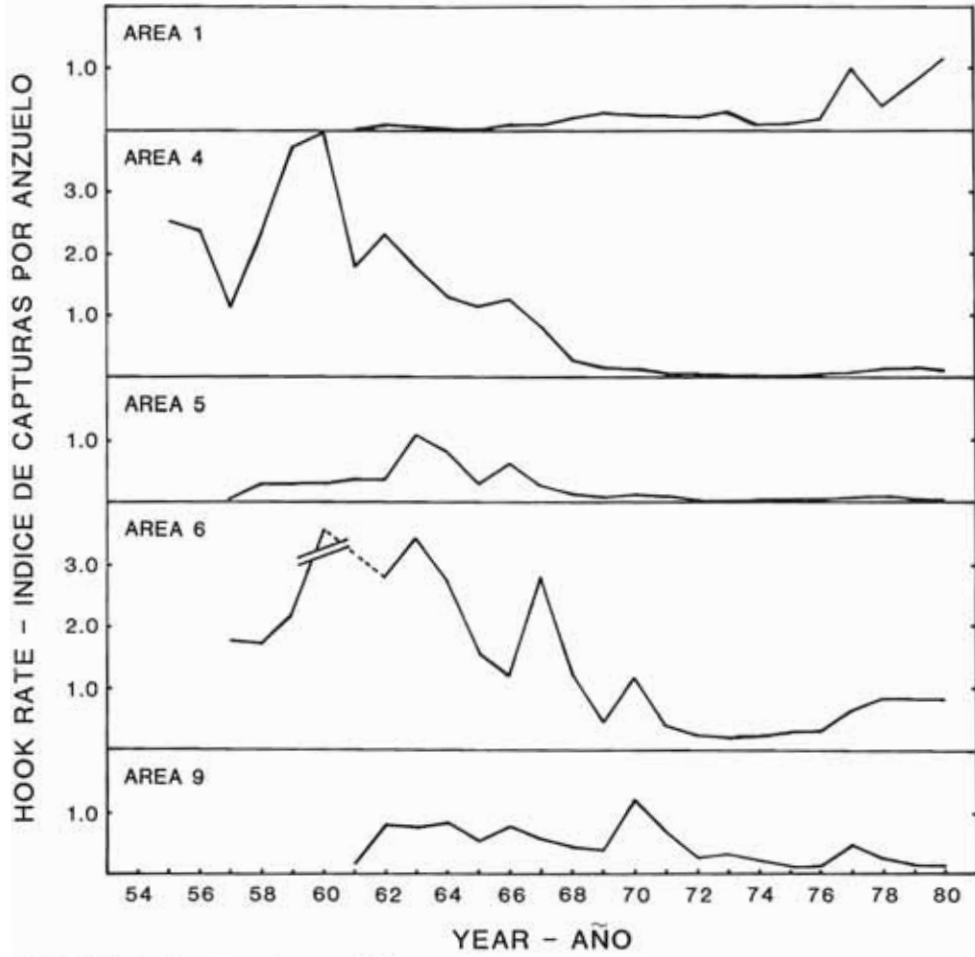


FIGURE 19. Annual hook rates of albacore by area.

FIGURA 19. Índice anual de captura por anzuelo de albacora, por zona.

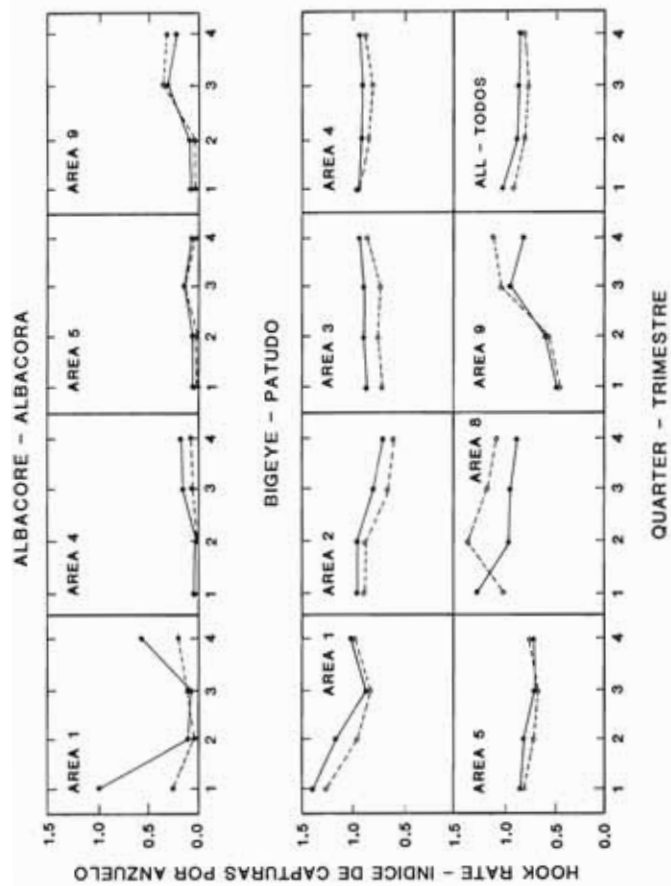


FIGURE 20. Quarterly hook rates of tunas and billfishes by area, 1971-1980.
 FIGURA 20. Índice trimestral de captura por anzuelo de atunes y peces espada, por zona, 1971-1980.

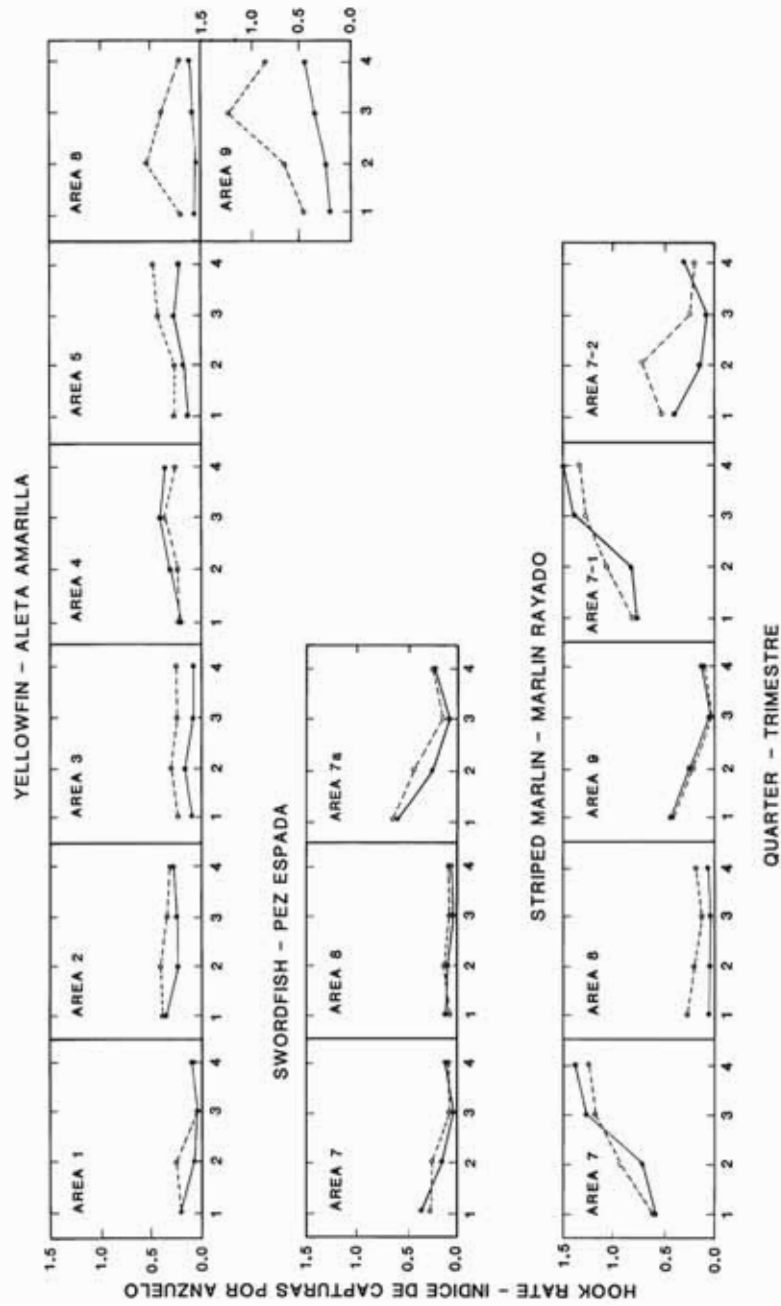


FIGURE 20. (continued)

FIGURA 20. (continuación)

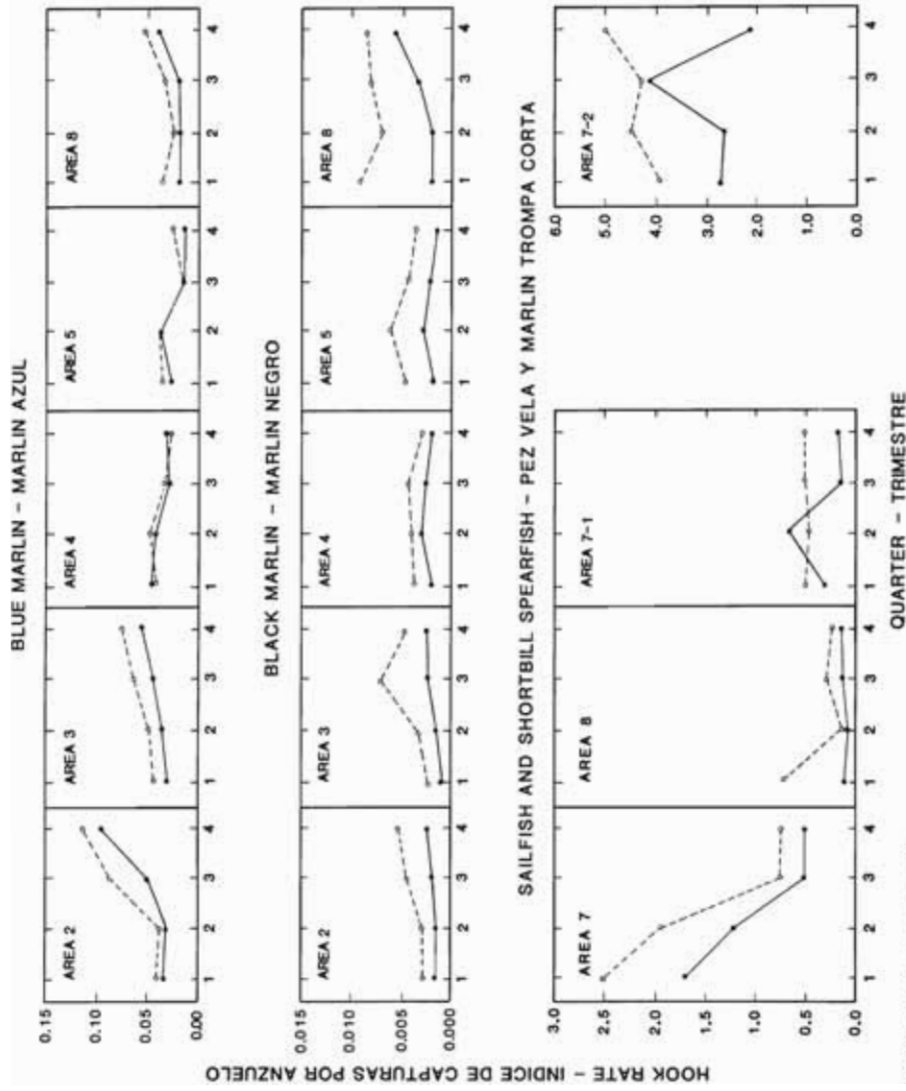


FIGURE 20. (continued)

FIGURA 20. (continuación)

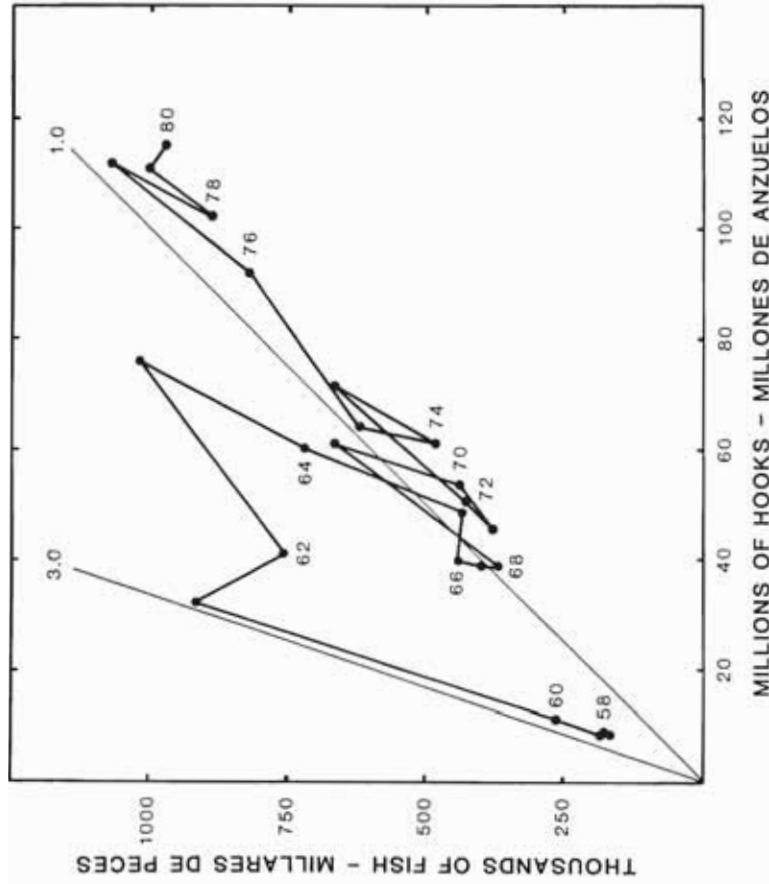


FIGURE 22. Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in Areas 2-5 and 8 for the 1957-1980 period. The fine lines denote hook rates in numbers of fish per 100 hooks.

FIGURA 22. Relación entre la captura palangrera estimada y el esfuerzo aplicado al patudo en las Zonas 2-5 y 8 para el período de 1957-1980. Las líneas finas indican el índice de captura en número de peces por 100 anzuelos.

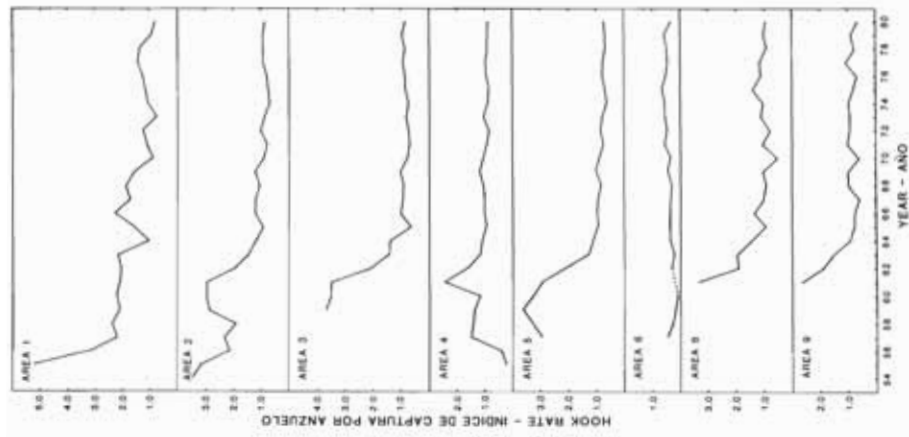


FIGURE 21. Annual hook rates of bigeye by area.

FIGURA 21. Índice anual de captura por anzuelo de patudo, por zona.

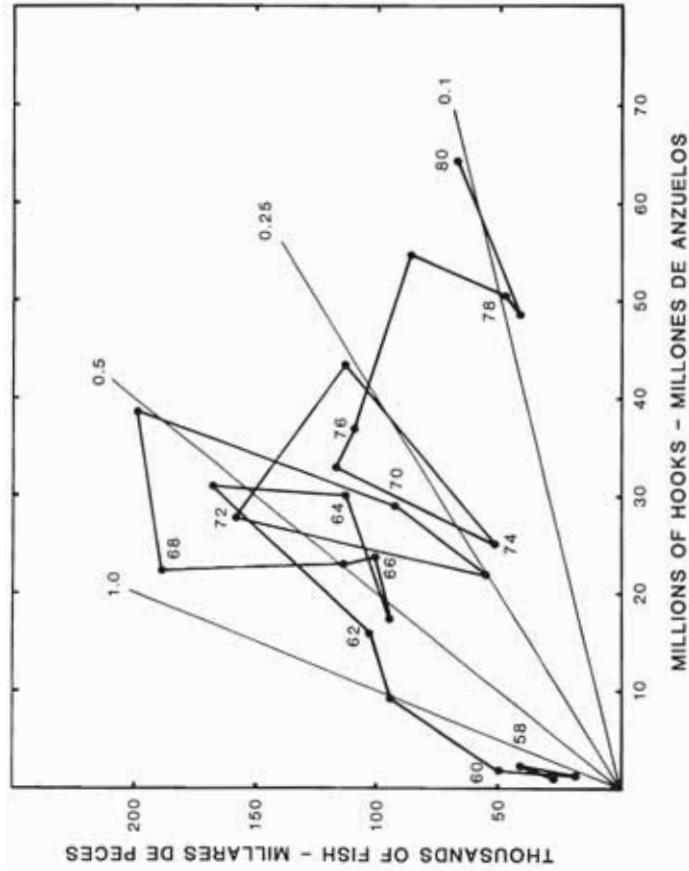


FIGURE 24. Relationship between estimated longline catch and effort for yellowfin in Areas 3, 5, and 8 for the 1957-1980 period. The fine lines denote hook rates in numbers of fish per 100 hooks.

FIGURA 24. Relación entre la estimación de la captura palangrera y el esfuerzo aplicado al aleta amarilla en las Zonas 3, 5 y 8 para el período 1957-1980. Las líneas finas indican índices de captura en número de peces por 100 anzuelos.

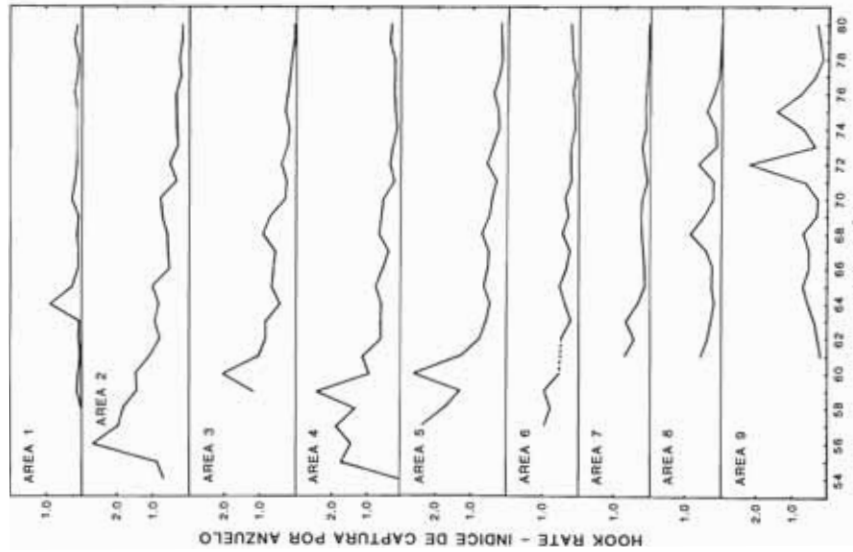


FIGURE 23. Annual hook rates of yellowfin by area.

FIGURA 23. Índice anual de captura por anzuelo de aleta amarilla, por zona.

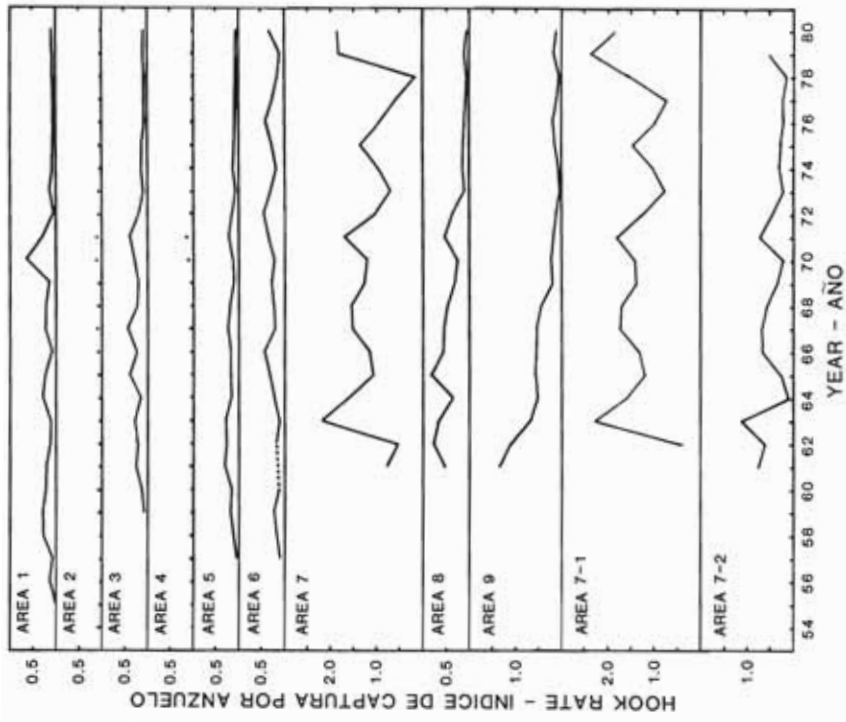


FIGURE 25. Annual hook rates of swordfish by area.

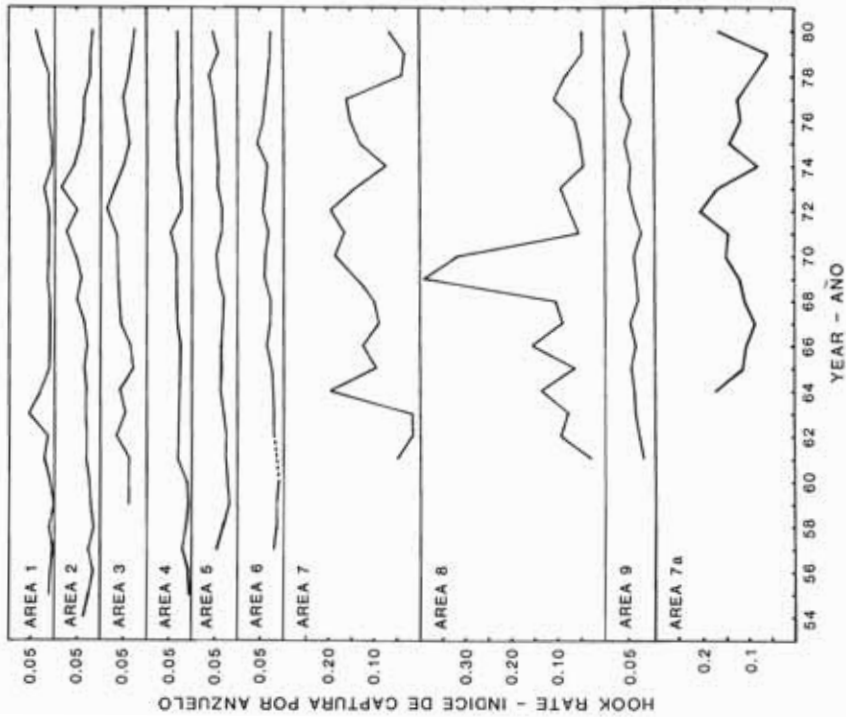


FIGURE 26. Annual hook rates of striped marlin by area.

FIGURA 26. Índice anual de captura de marlín rayado, por zona.

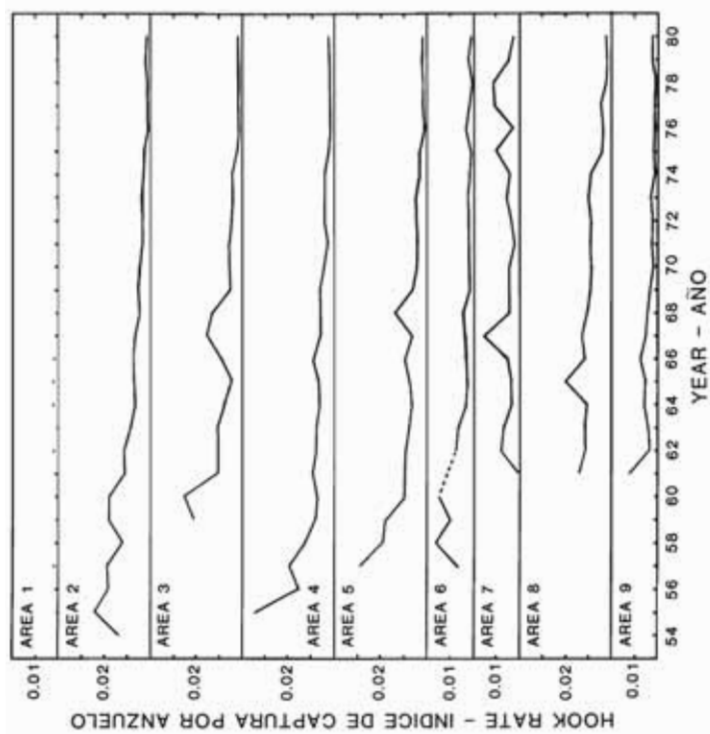


FIGURE 27. Annual hook rates of blue marlin by area.

FIGURA 27. Índice anual de captura de marlín azul, por zona.

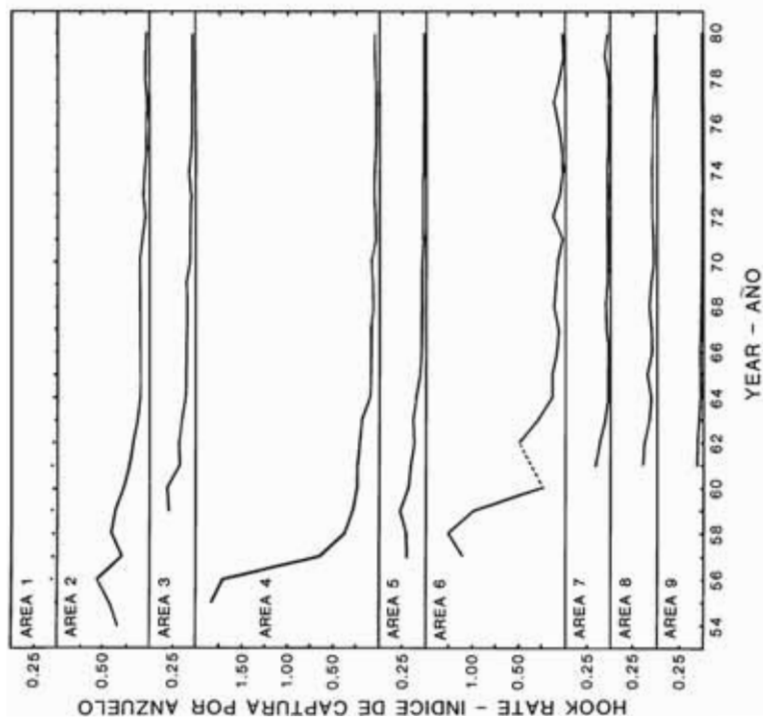


FIGURE 28. Annual hook rates of black marlin by area.

FIGURA 28. Índice anual de captura de marlín negro, por zona.

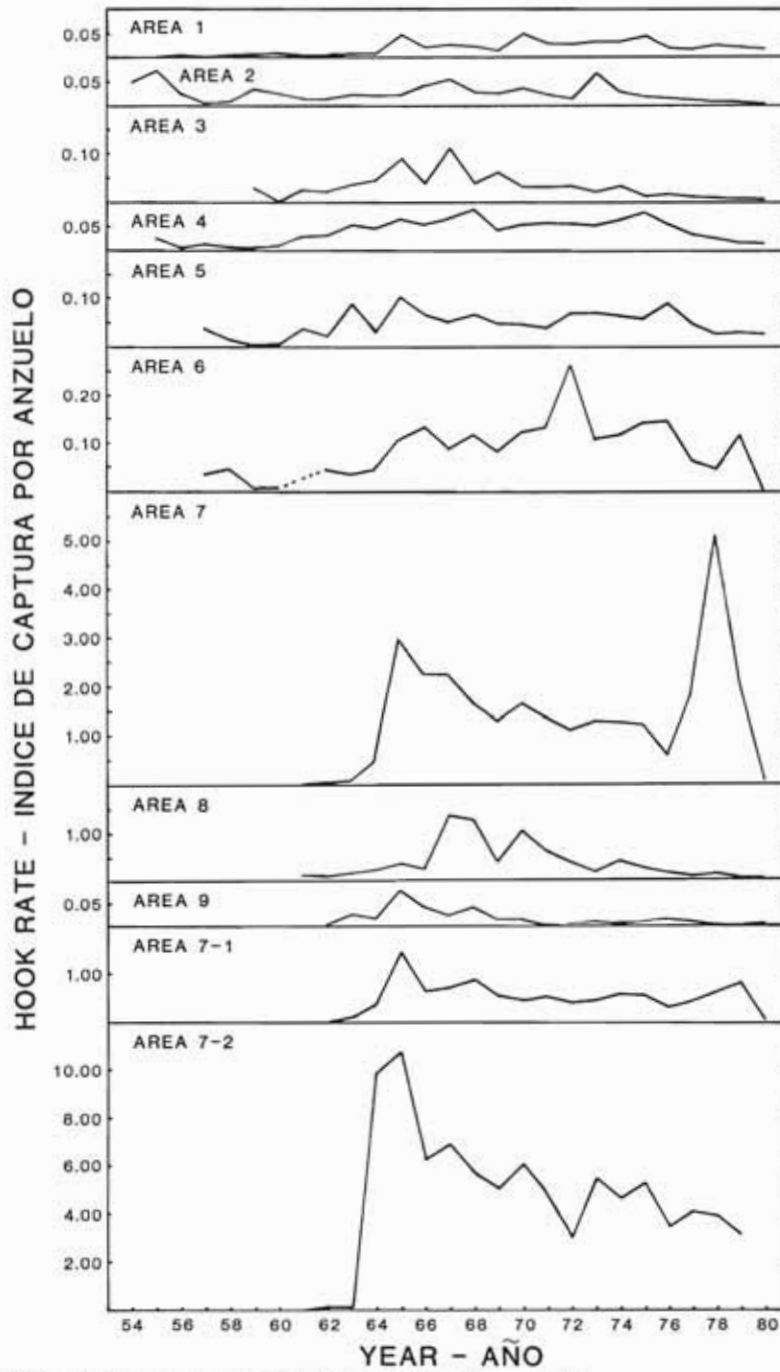
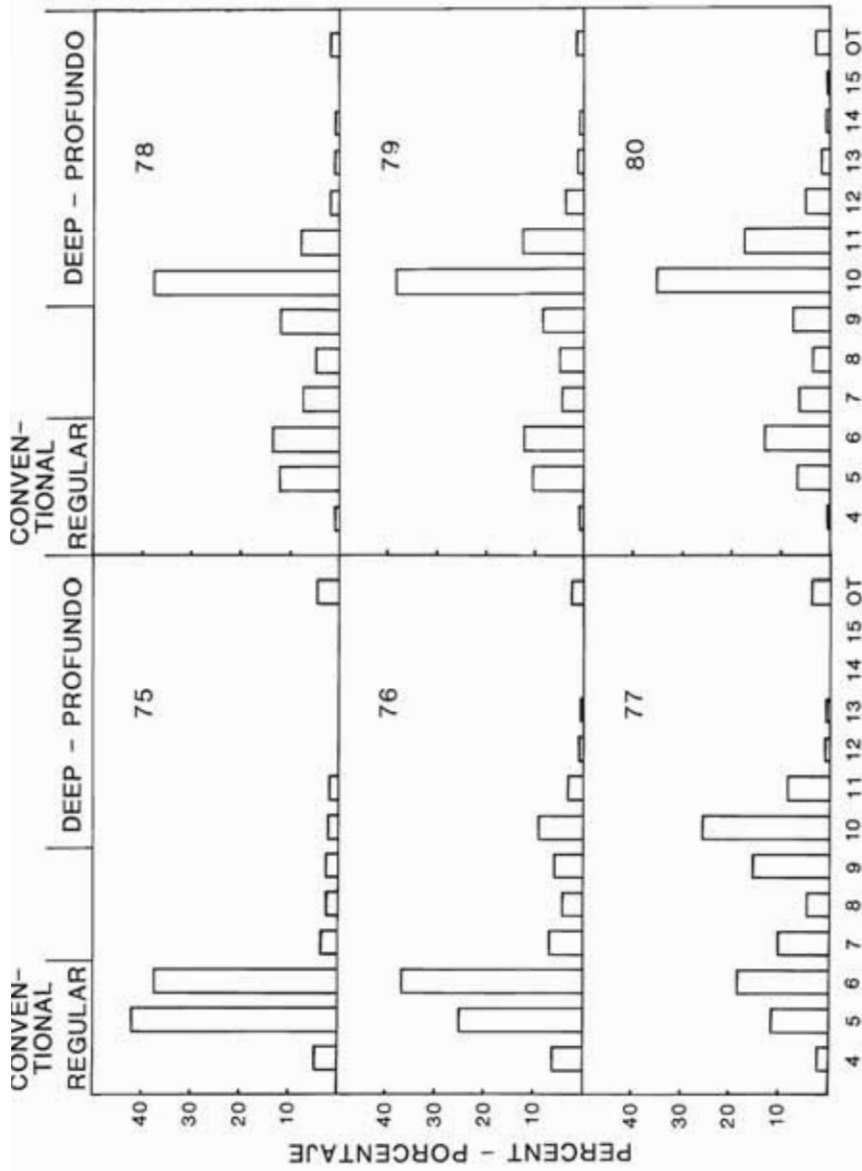


FIGURE 29. Annual hook rates of sailfish and shortbill spearfish by area.

FIGURA 29. Índice anual de captura de pez espada y marlín trompa corta, por zona.



HOOKS PER BASKET - ANZUELOS POR CANASTO

FIGURE 30. Percentages of longline effort in the eastern Pacific, by numbers of hooks per basket, 1975-1980.
 FIGURA 30. Porcentaje del esfuerzo palangrero en el Pacifico oriental, por número de anzuelos por canasto, 1975-1980.

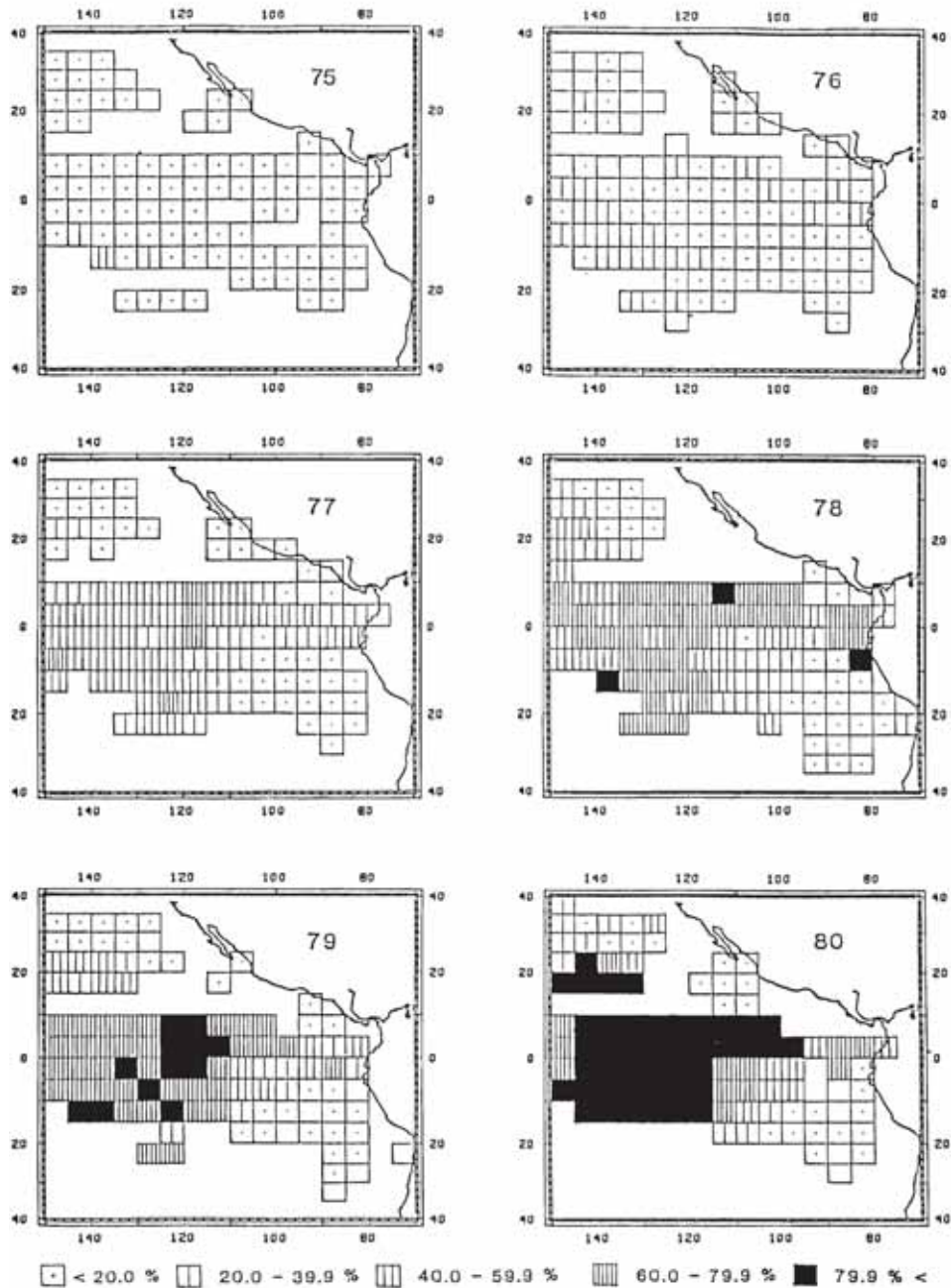


FIGURE 31. Distributions of percentages of effort which was deep longline effort, 1975-1980. Only area-time strata with effort of at least 50,000 hooks are included.

FIGURA 31. Distribución de esfuerzo de los palangres profundos, expresada como porcentaje del total del esfuerzo palangrero, 1975-1980. Se incluyen solamente los estratos de tiempo-zona que tengan por lo menos 50,000 anzuelos.

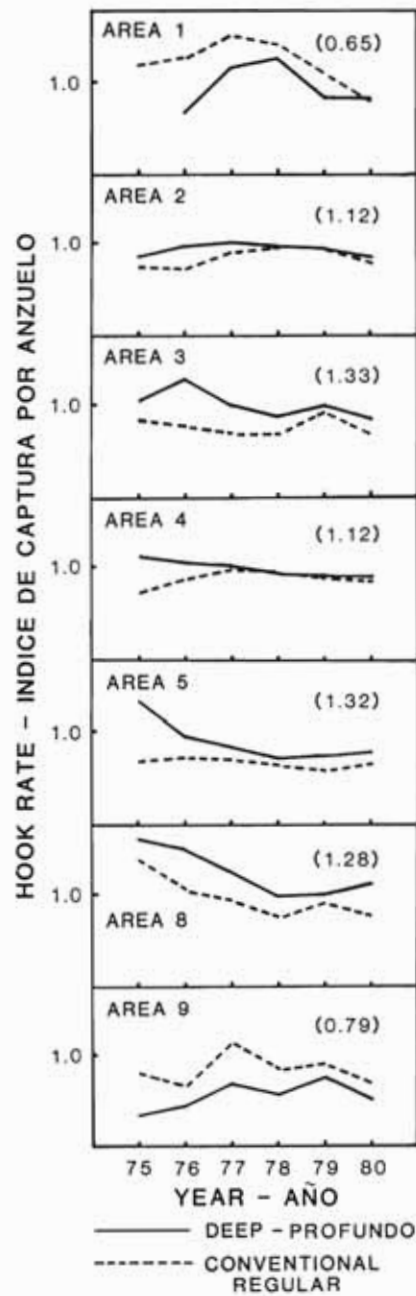


FIGURE 32. Comparisons of hook rates of conventional and deep longline gear for bigeye. The numbers in parentheses are the ratios of deep longline to conventional longline hook rates.

FIGURA 32. Comparación de los índices de captura por anzuelo de patudo de las artes palangreras convencionales y profundas. Las cifras entre paréntesis son las razones de los índices de la captura por anzuelo de de los palangres profundos con relación a los índices de los palangres convencionales.

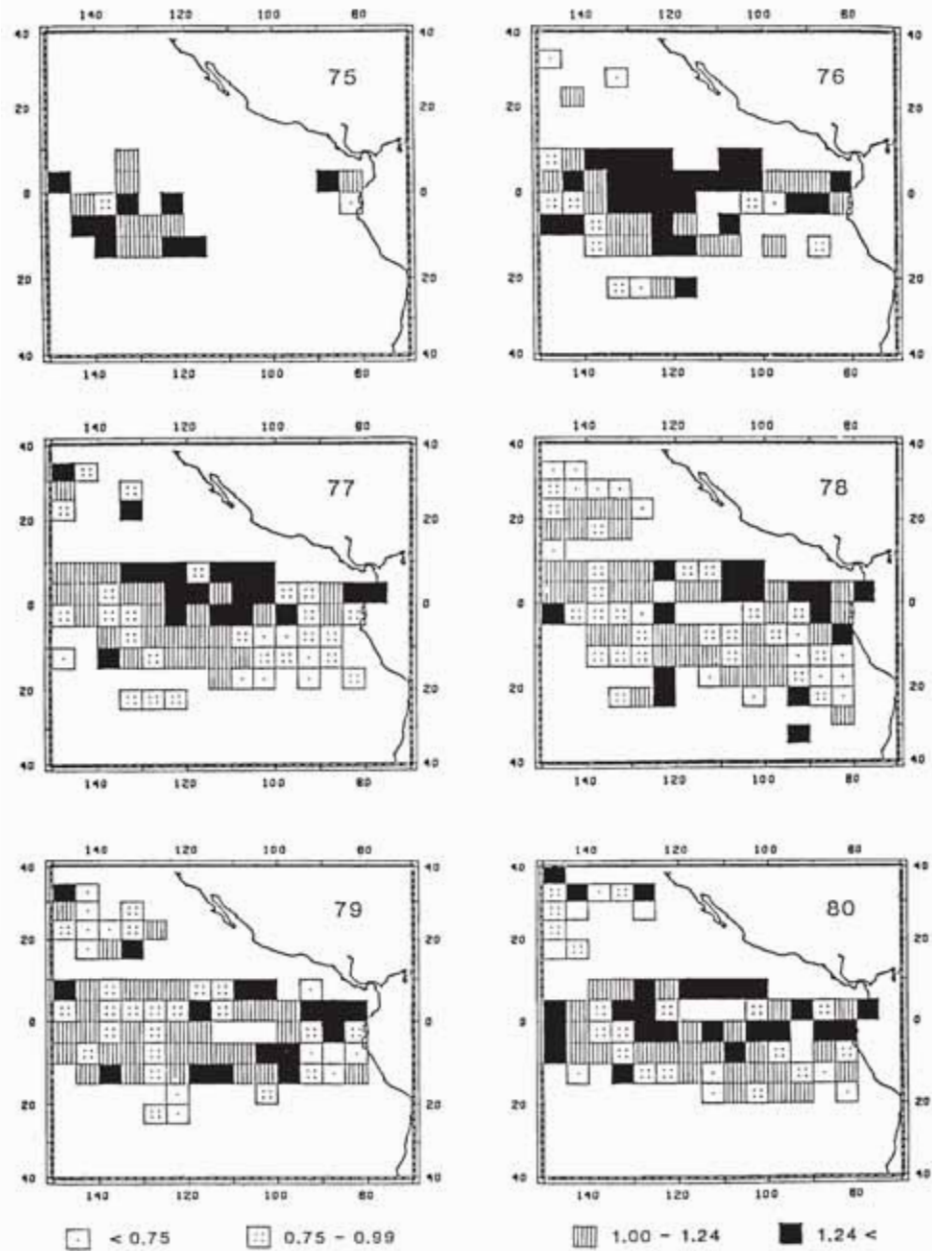


FIGURE 33. Distributions of ratios of deep longline to conventional longline hook rates for bigeye, 1975-1980. Data are shown only for area-time strata with effort of at least 20,000 hooks and a hook rate of at least 0.1 for each gear.

FIGURA 33. Distribución de las razones de los índices de captura por anzuelo de patudo los palangres profundos con relación a los índices de los palangres convencionales, 1975-1980. Se presentan solamente los datos de los estratos de tiempo y zona en los que el esfuerzo fue por lo menos de 20,000 anzuelos y un índice de captura por anzuelo de por lo menos 0.1 correspondiente a cada arte.

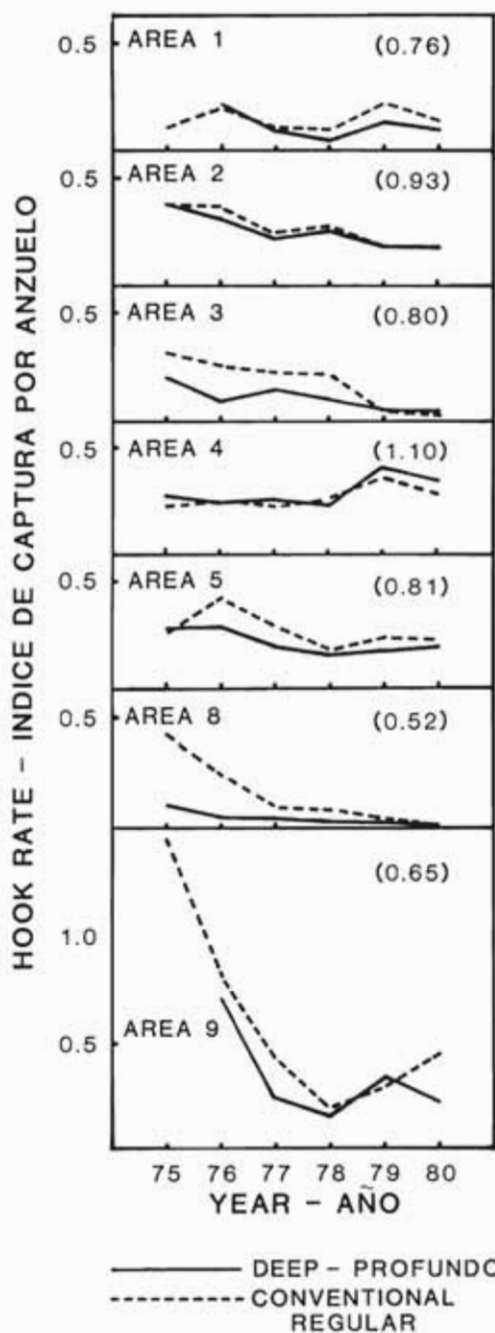


FIGURE 34. Comparisons of hook rates of conventional and deep longline gear for yellowfin. The numbers in parentheses are the ratios of deep longline to conventional longline hook rates.

FIGURA 34. Comparación de los índices de captura por anzuelo de aleta amarilla de las artes convencionales y profundas. Las cifras entre paréntesis son las razones de los índices de captura por anzuelo de los palangres profundos con relación a los índices de los palangres convencionales.

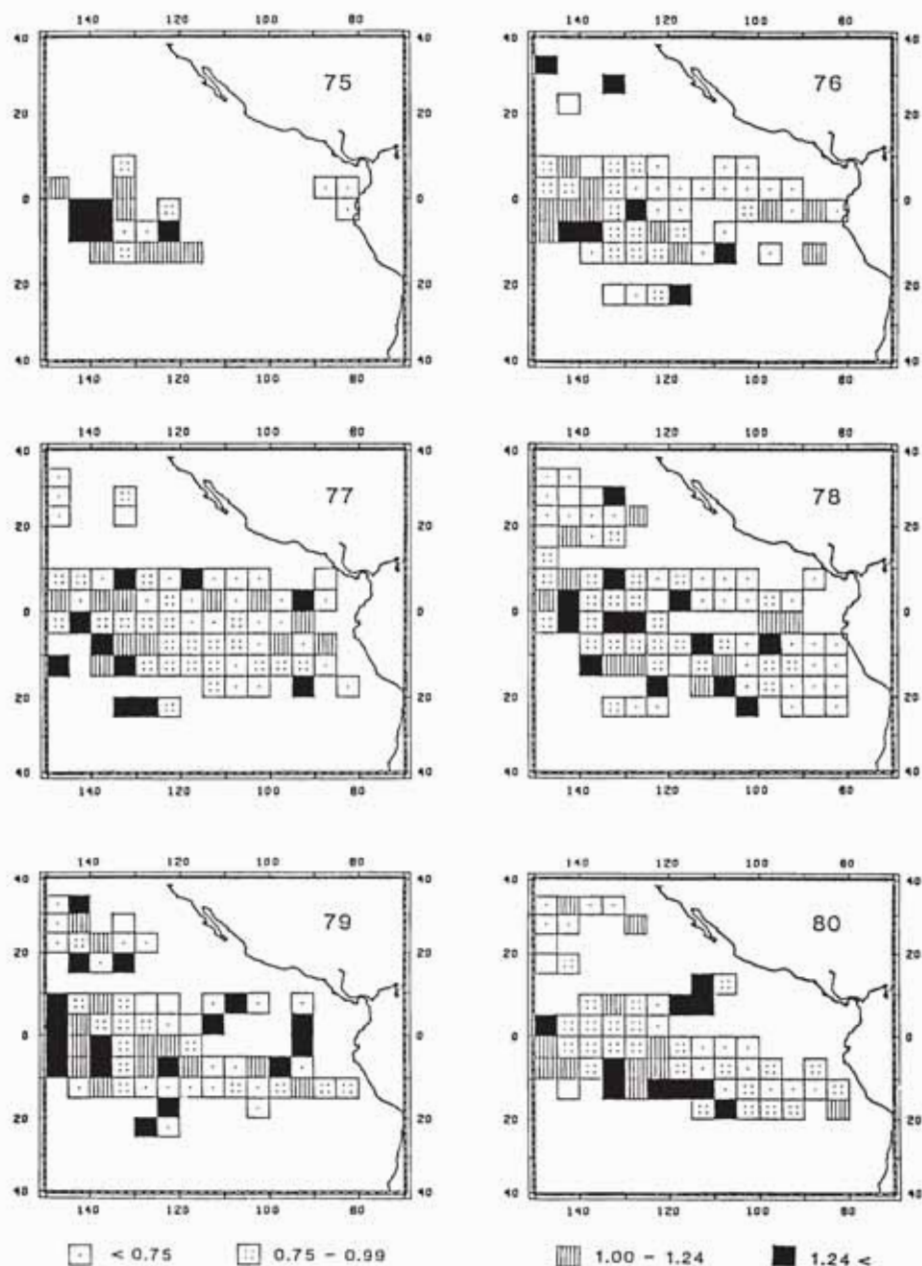


FIGURE 35. Distributions of ratios of deep longline to conventional longline hook rates for yellowfin, 1975-1980. Data are shown only for area-time strata with effort of at least 20,000 hooks and a hook rate of at least 0.05 for each gear.

FIGURA 35. Distribución de las razones de los índices de captura por anzuelo de aleta amarilla de los palangres profundos con relación a los índices de los palangres convencionales. Se presentan solamente los datos de los estratos de tiempo-zona en los que el esfuerzo fue por lo menos de 20,000 anzuelos y un índice de captura por anzuelo de por lo menos 0.05 correspondiente a cada arte.

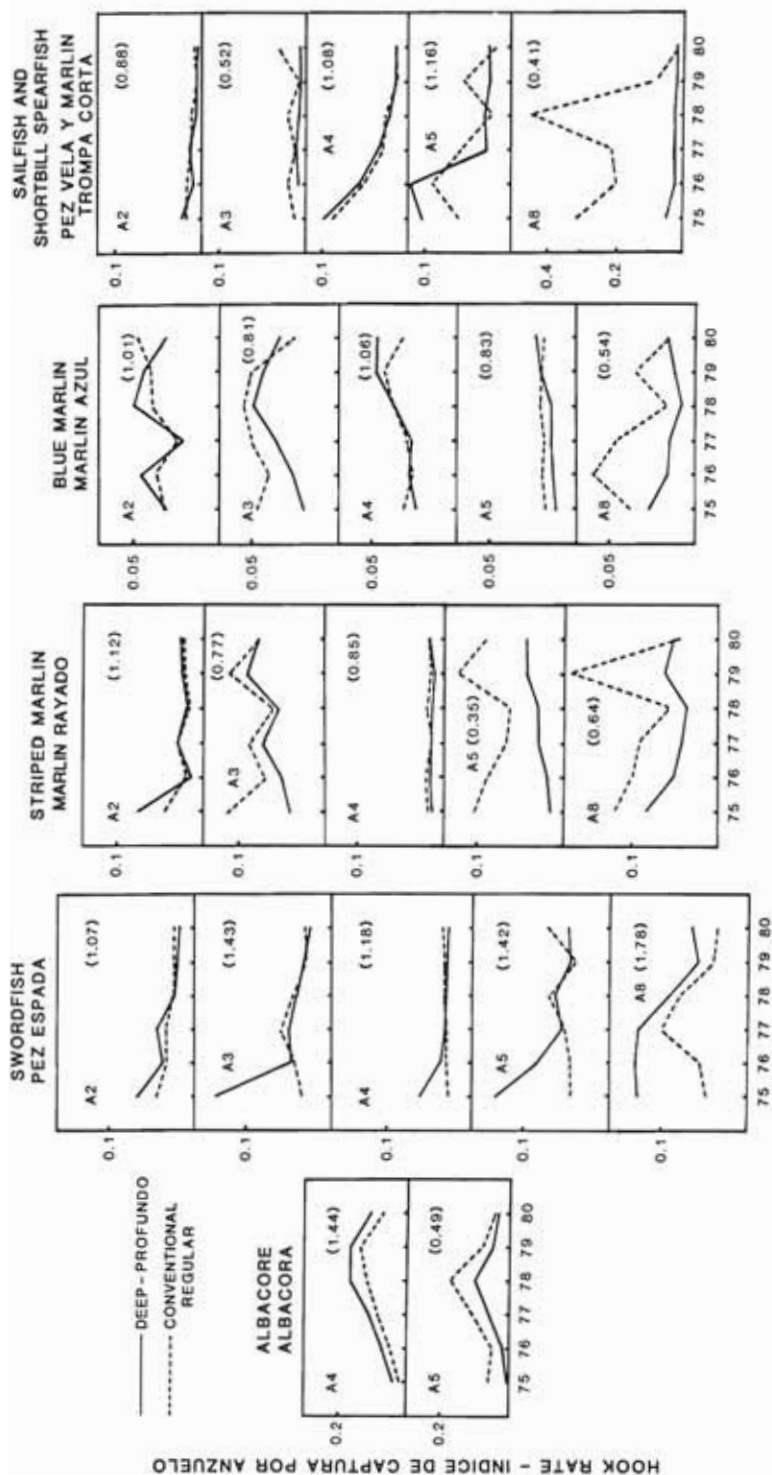


FIGURE 36. Comparisons of hook rates of conventional and deep longline gear for albacore, swordfish, striped marlin, blue marlin, and sailfish plus shortbill spearfish. The numbers in parentheses are the ratios of deep longline to conventional longline hook rates.

FIGURA 36. Comparación de los índices de captura por anzuelo de albacora, pez espada, marlin rayado, marlin azul y pez espada más marlin trompa corta de las artes convencionales y profundas. Las cifras entre paréntesis son las razones de los índices de captura por anzuelo de los palangres profundos con relación a los índices de los palangres convencionales.

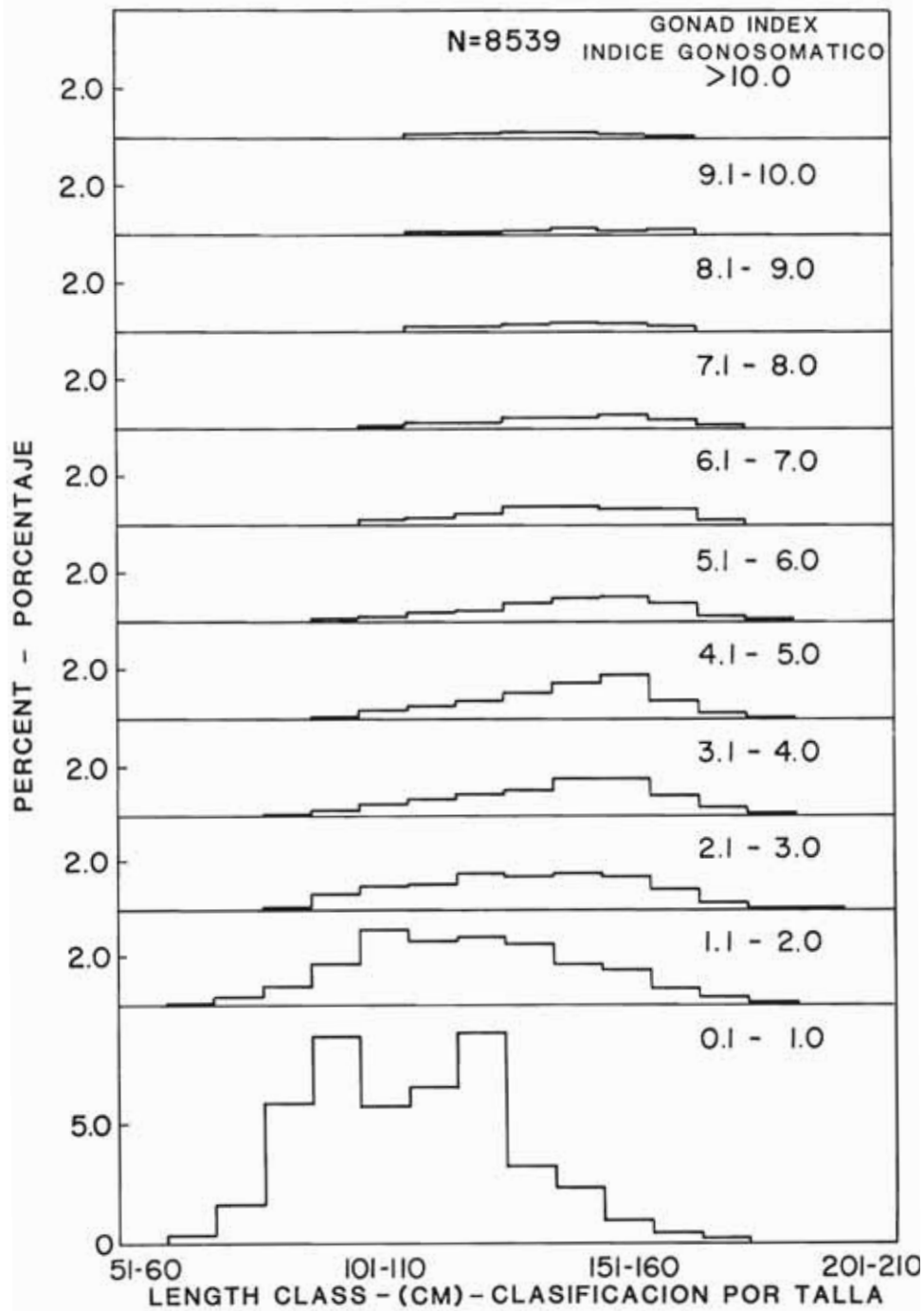


FIGURE 37. Relationship between gonad index and length for female bigeye, 1971-1980.

FIGURA 37. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de patudo, 1971-1980.

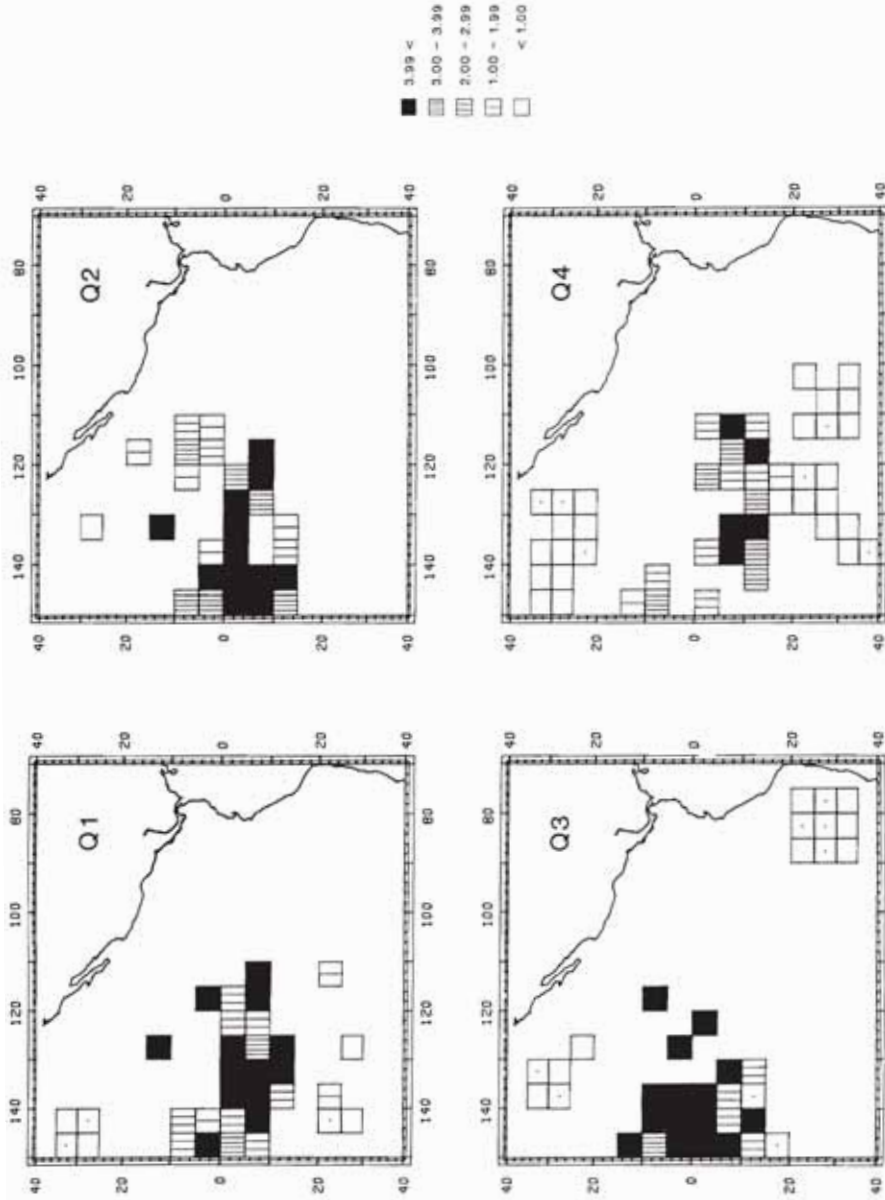


FIGURE 38. Quarterly distributions of average gonad indices for female bigeye greater than 120 cm in length, 1971-1980.
 FIGURA 38. Distribución trimestral del promedio de los índices gonádicos de las hembras de patudo con una talla de más de 120 cm, 1971-1980.

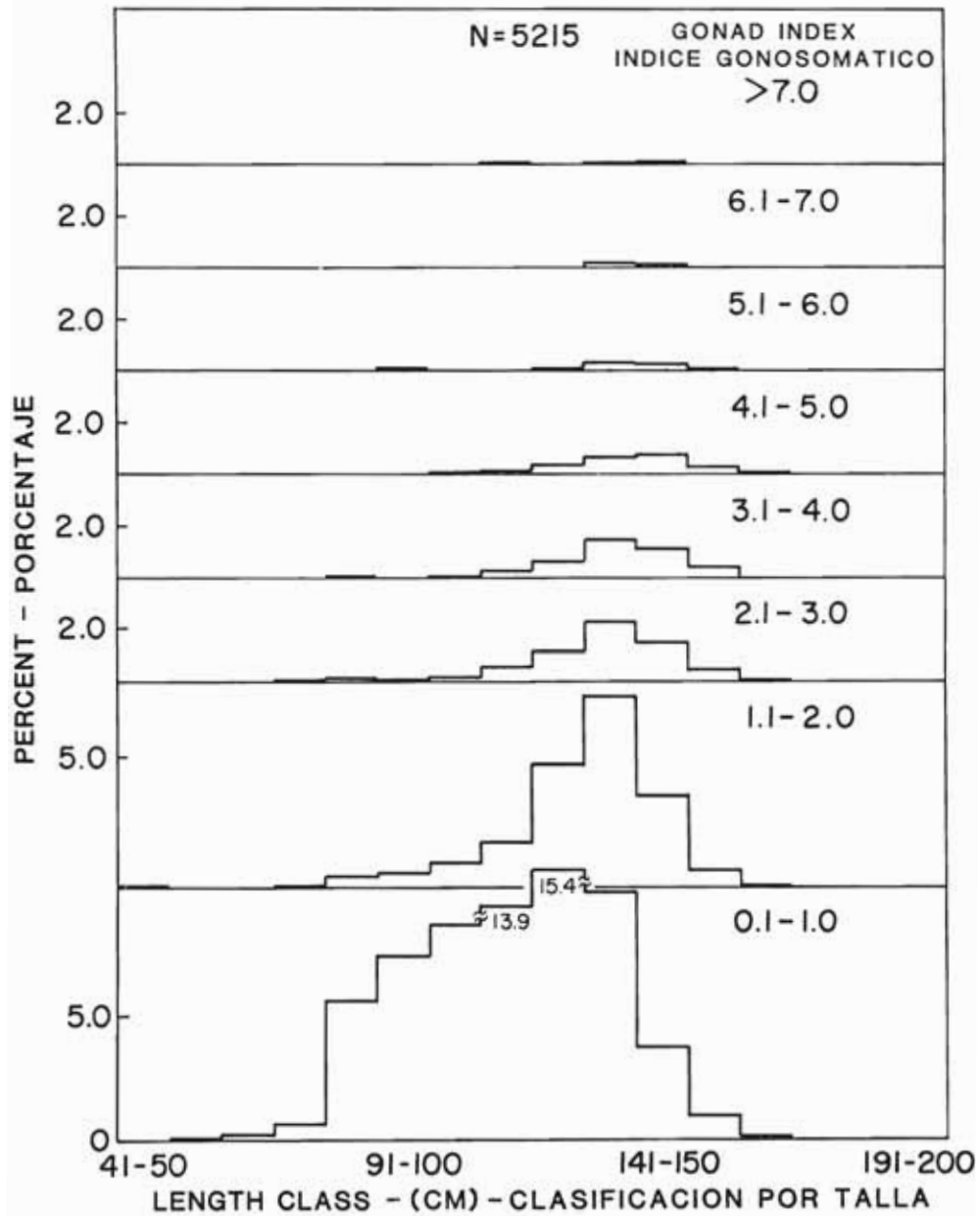


FIGURE 39. Relationship between gonad index and length for female yellowfin, 1971-1980.

FIGURA 39. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de atunes aleta amarilla, 1971-1980.

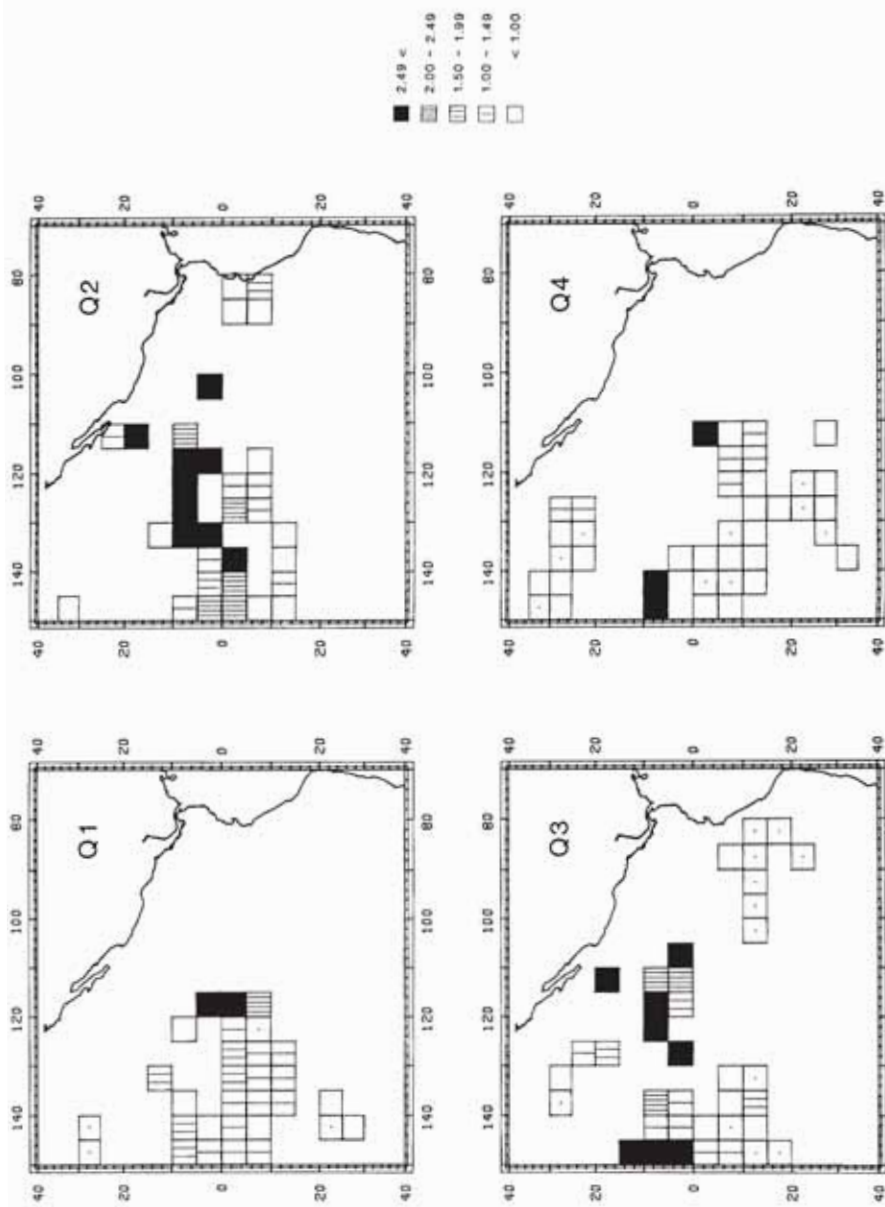


FIGURE 40. Quarterly distributions of average gonad indices for female yellowfin greater than 120 cm in length, 1971-1980.
 FIGURA 40. Distribución trimestral del promedio de los índices gonádicos de las hembras de atunes aleta amarilla con una talla de más de 120 cm, 1971-1980.

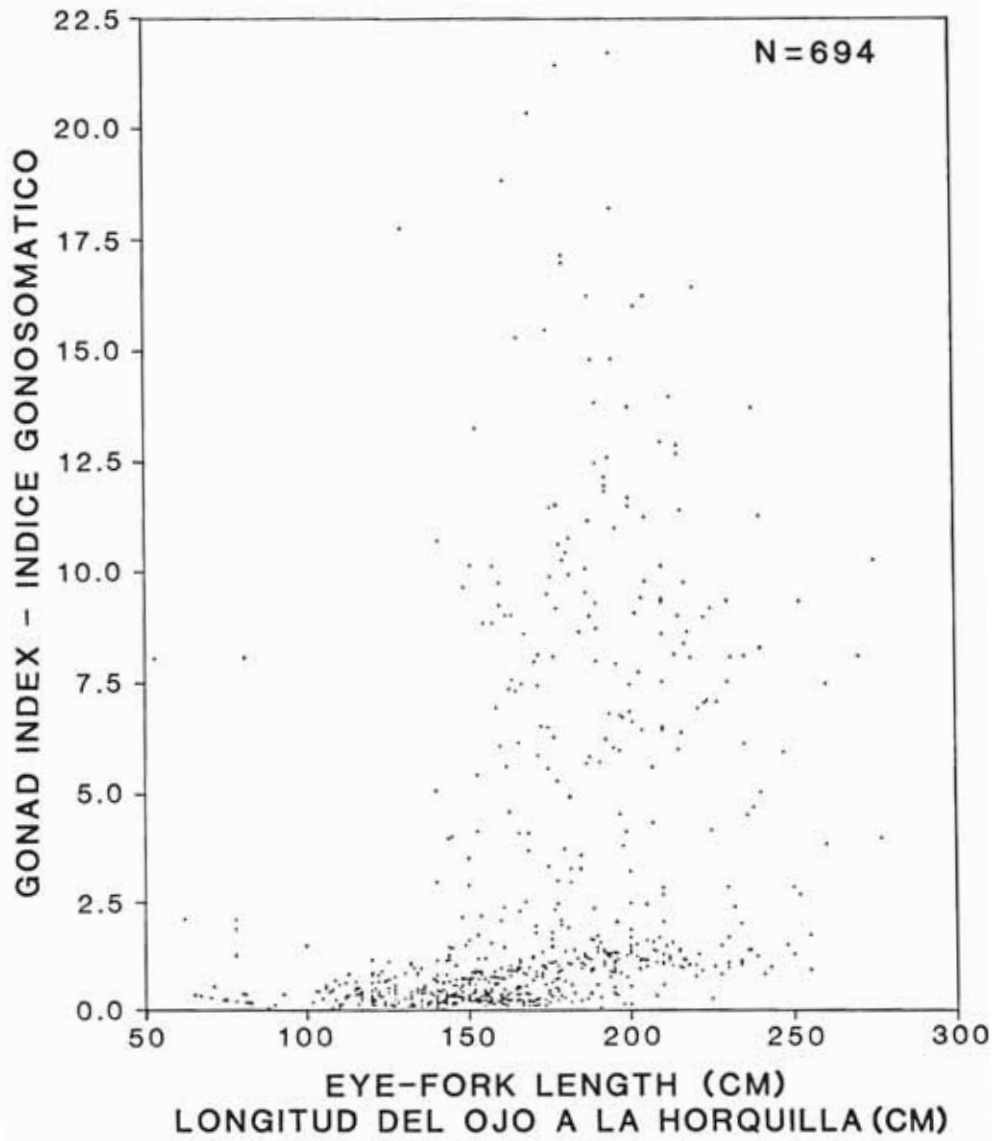


FIGURE 41. Relationship between gonad index and length for female swordfish, 1971-1980.

FIGURA 41. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de pez espada, 1971-1980.

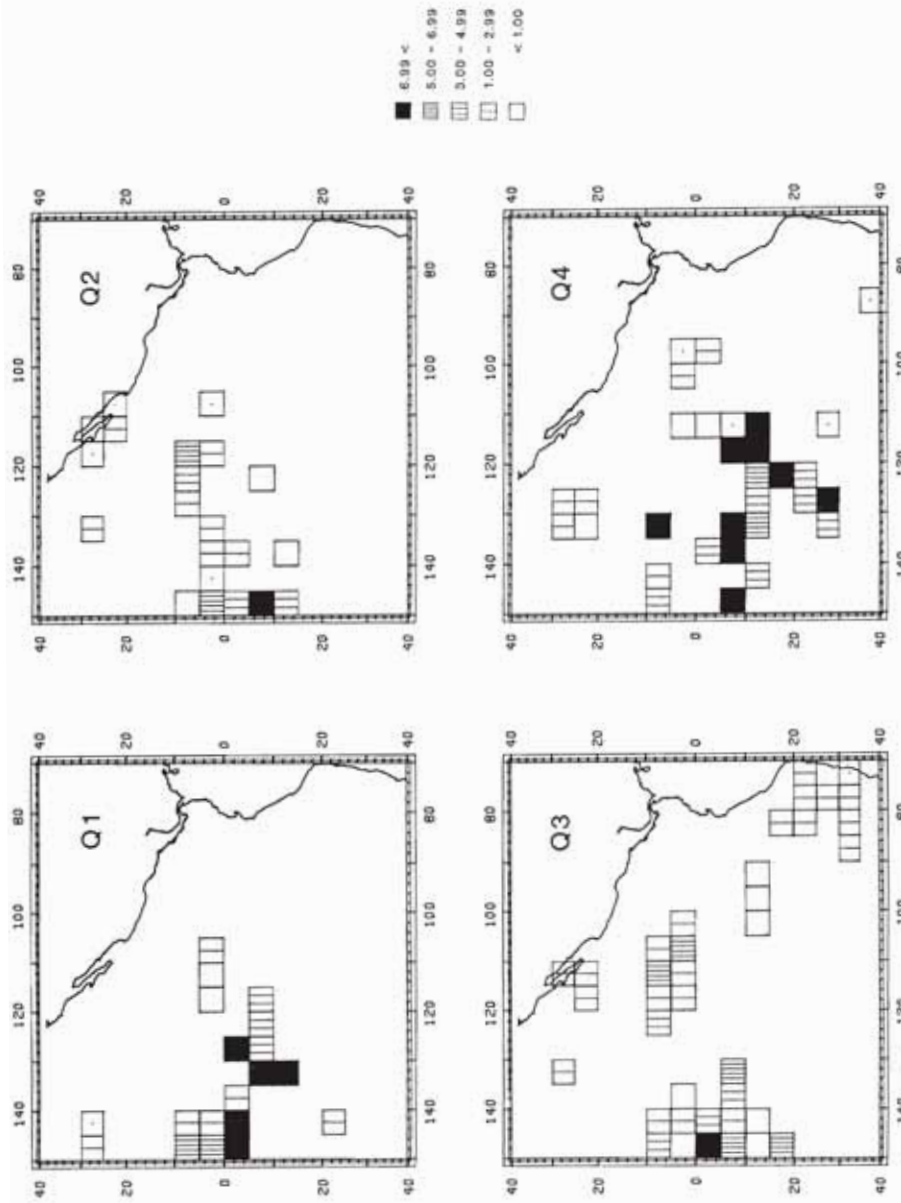


FIGURE 42. Quarterly distributions of average gonad indices for female swordfish greater than 150 cm in length, 1971-1980.

FIGURA 42. Distribución trimestral del promedio de los índices gonádicos de las hembras de pez espada con una talla de más de 150 cm, 1971-1980.

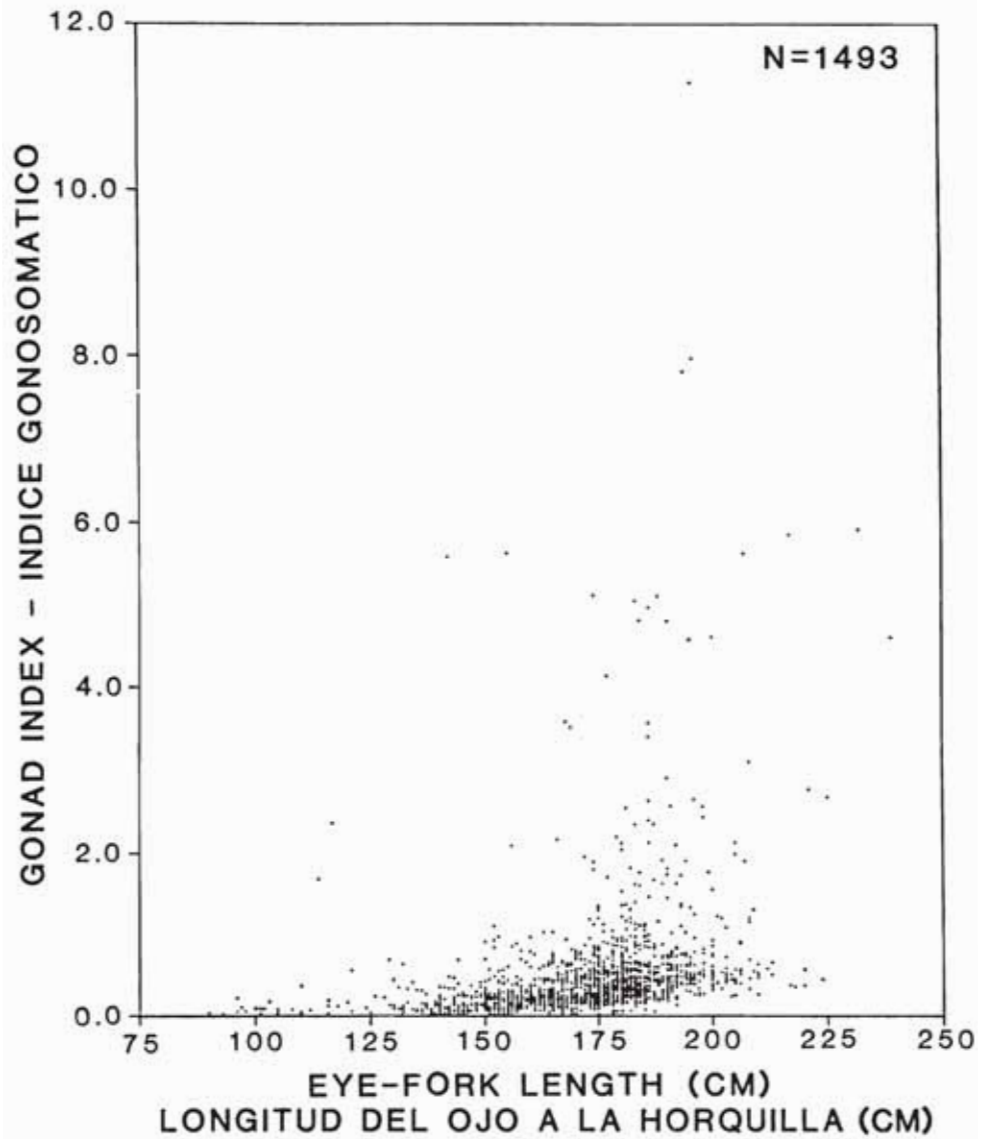


FIGURE 43. Relationship between gonad index and length for female striped marlin, 1971-1980.

FIGURA 43. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de marlín rayado, 1971-1980.

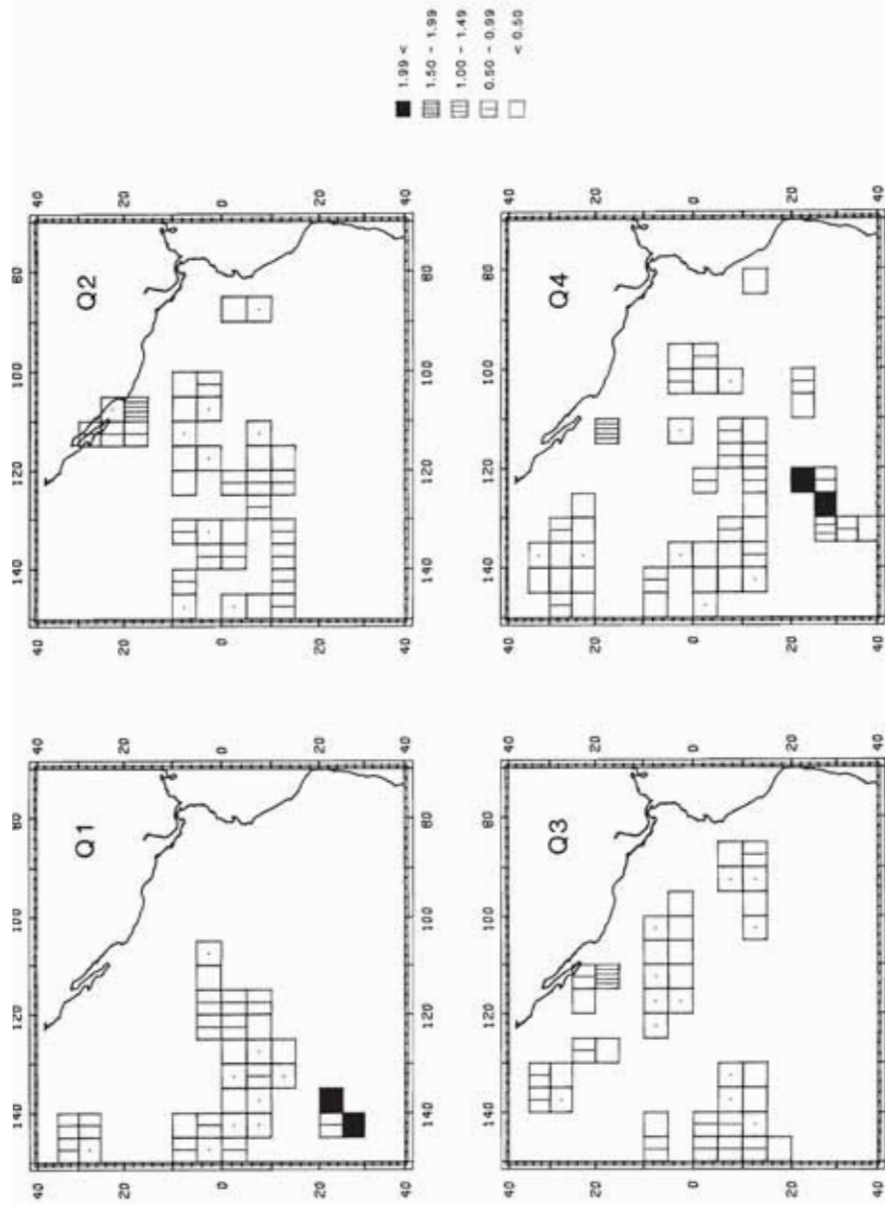


FIGURE 44. Quarterly distributions of average gonad indices for female striped marlin greater than 150 cm in length, 1971-1980.

FIGURA 44. Distribución trimestral del promedio de los índices gonádicos de las hembras de marlín rayado con una talla de más de 150 cm, 1971-1980.

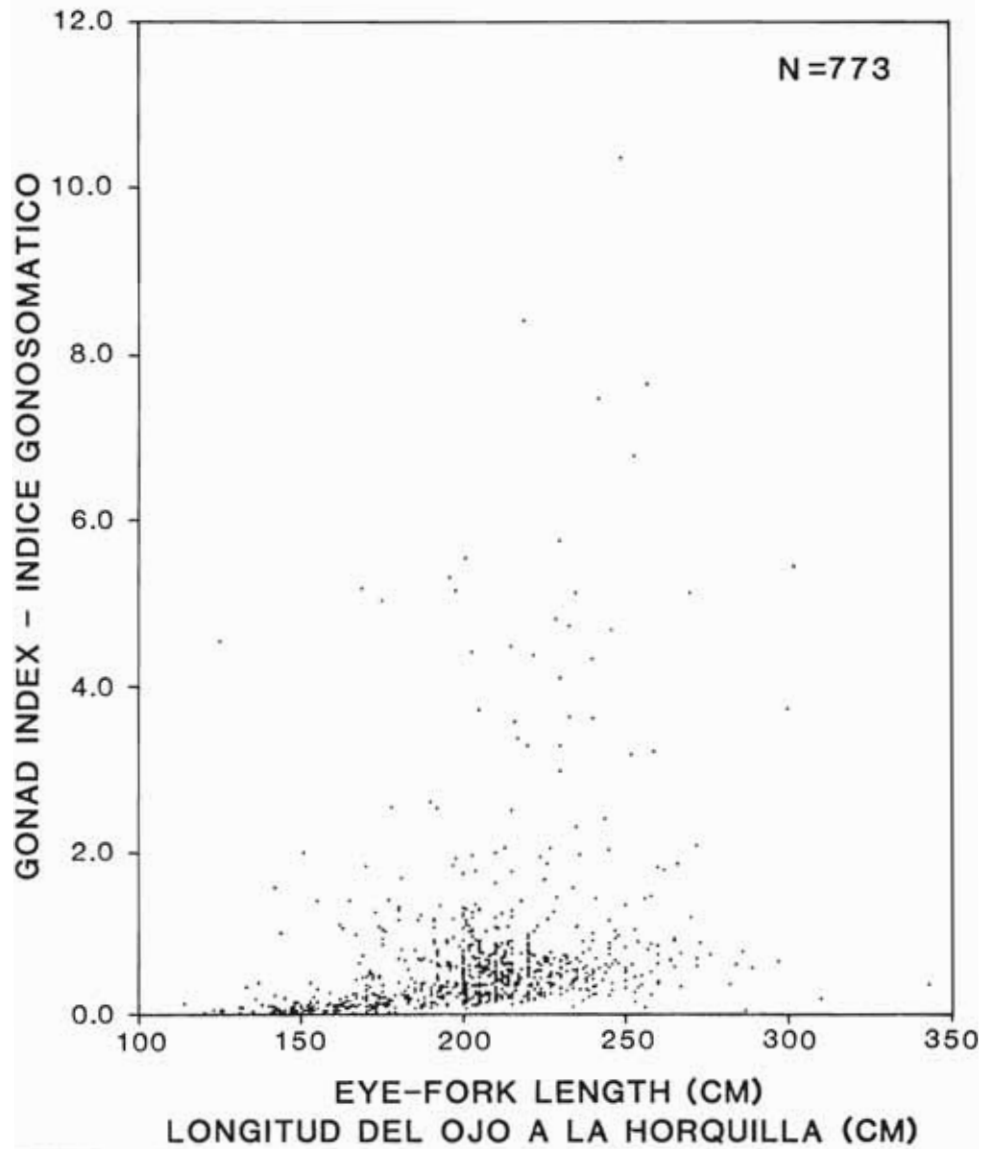


FIGURE 45. Relationship between gonad index and length for female blue marlin, 1971-1980.

FIGURA 45. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de marlín azul, 1971-1980.

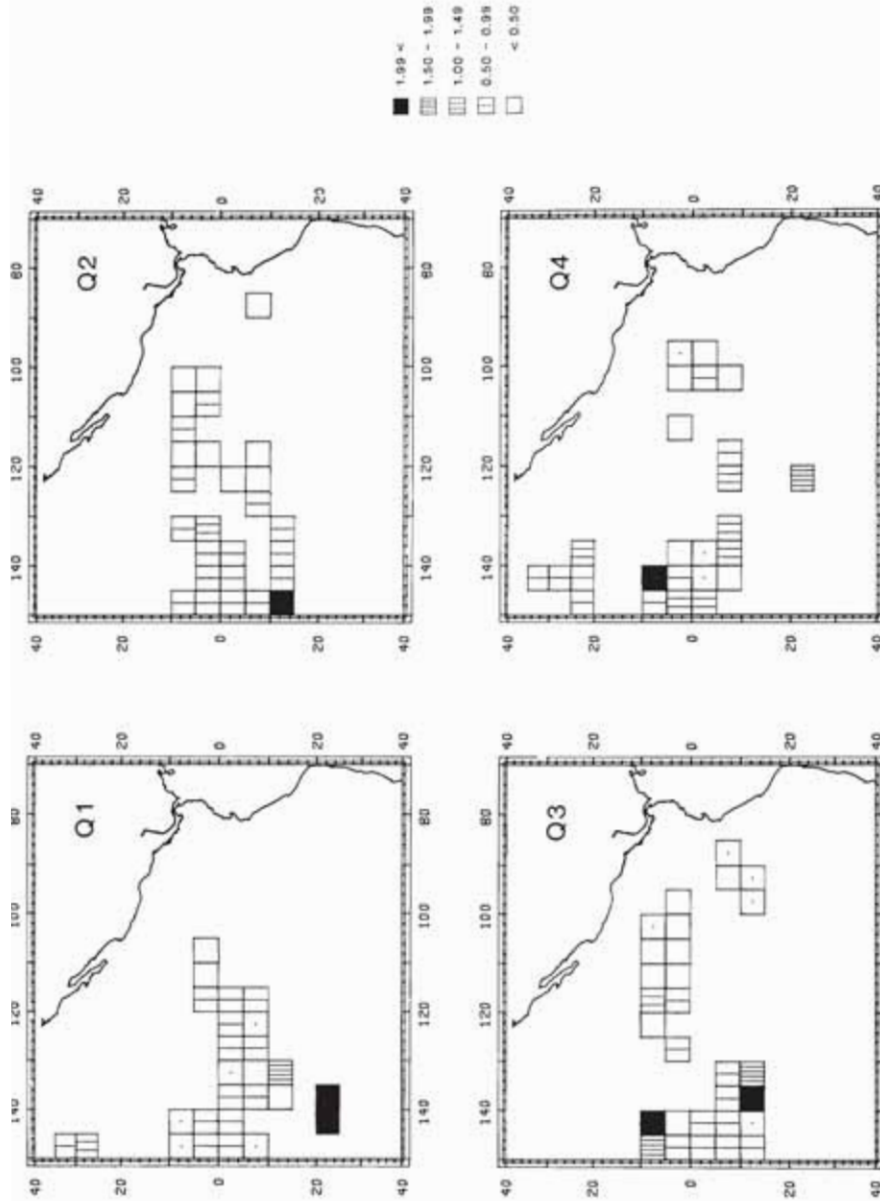


FIGURE 46. Quarterly distributions of average gonad indices for female blue marlin greater than 180 cm in length, 1971-1980.

FIGURA 46. Distribución trimestral del promedio de los índices gonádicos de las hembras de marlín azul con una talla de más de 180 cm, 1971-1980.

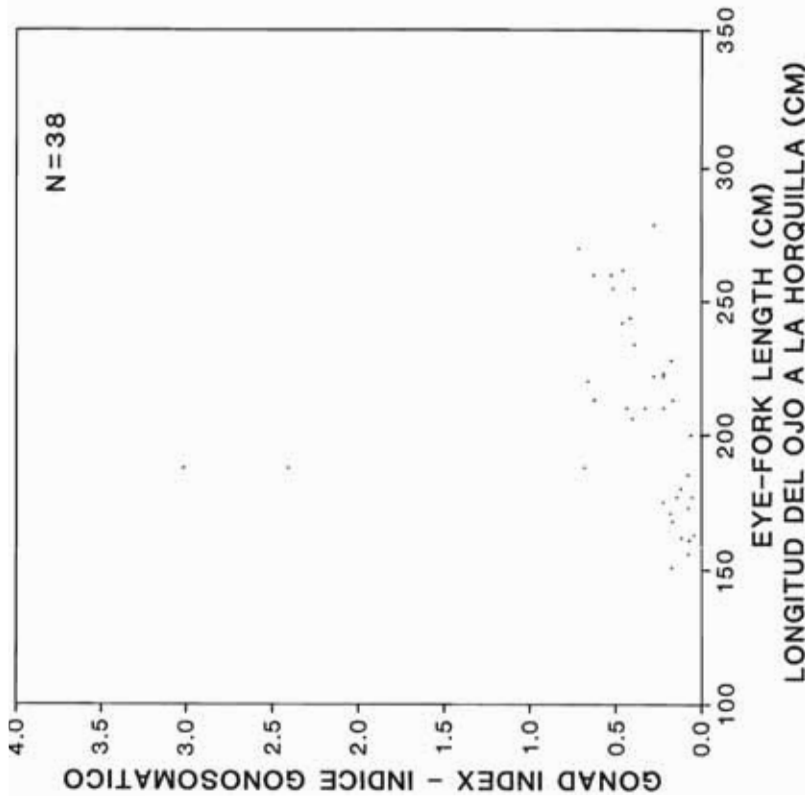


FIGURE 47. Relationship between gonad index and length for female black marlin, 1971-1980.

FIGURA 47. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de marlín negro, 1971-1980.

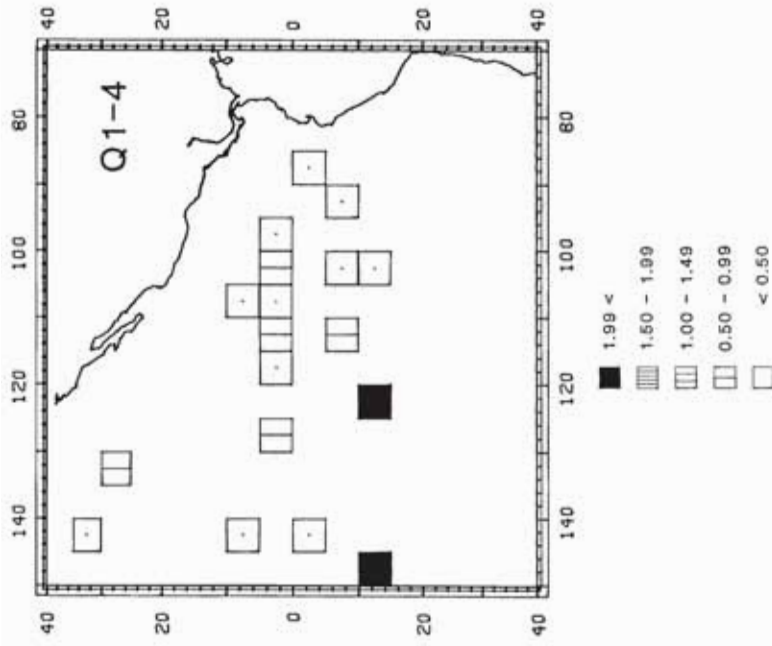


FIGURE 48. Distribution of average gonad indices for female black marlin greater than 180 cm in length, all quarters combined, 1971-1980.

FIGURA 48. Distribución del promedio de los índices gonádicos de las hembras de marlín negro con una talla de más de 180 cm, todos los trimestres combinados, 1971-1980.

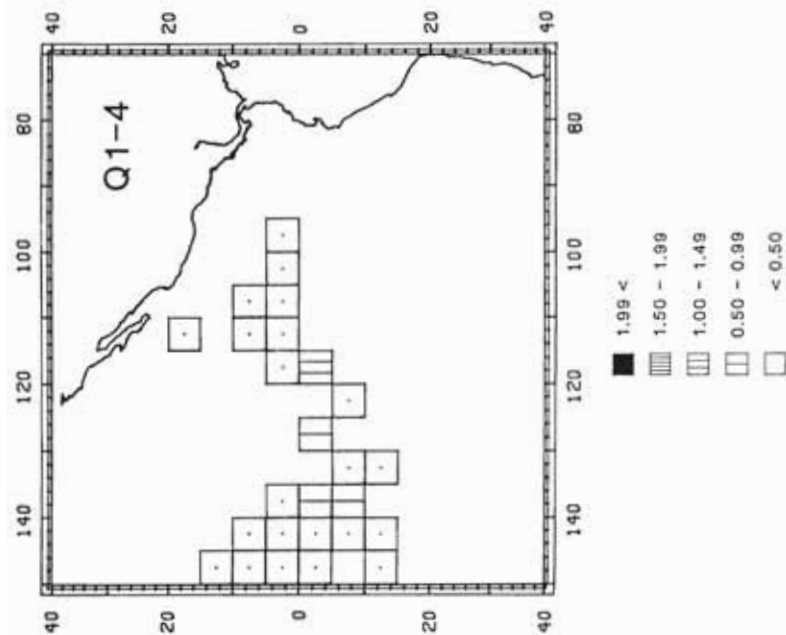


FIGURE 50. Distribution of average gonad indices for female sailfish, all quarters combined, 1971-1980.

FIGURA 50. Distribución del promedio de los índices gonádicos de las hembras de pez vela, todos los trimestres combinados, 1971-1980.

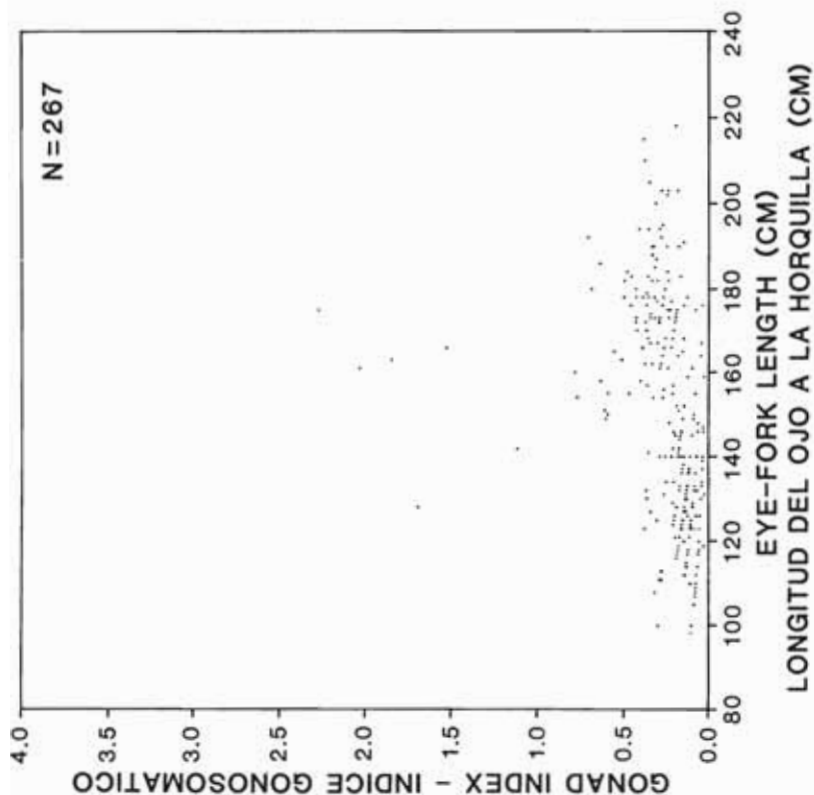


FIGURE 49. Relationship between gonad index and length for female sailfish, 1971-1980.

FIGURA 49. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de pez vela, 1971-1980.

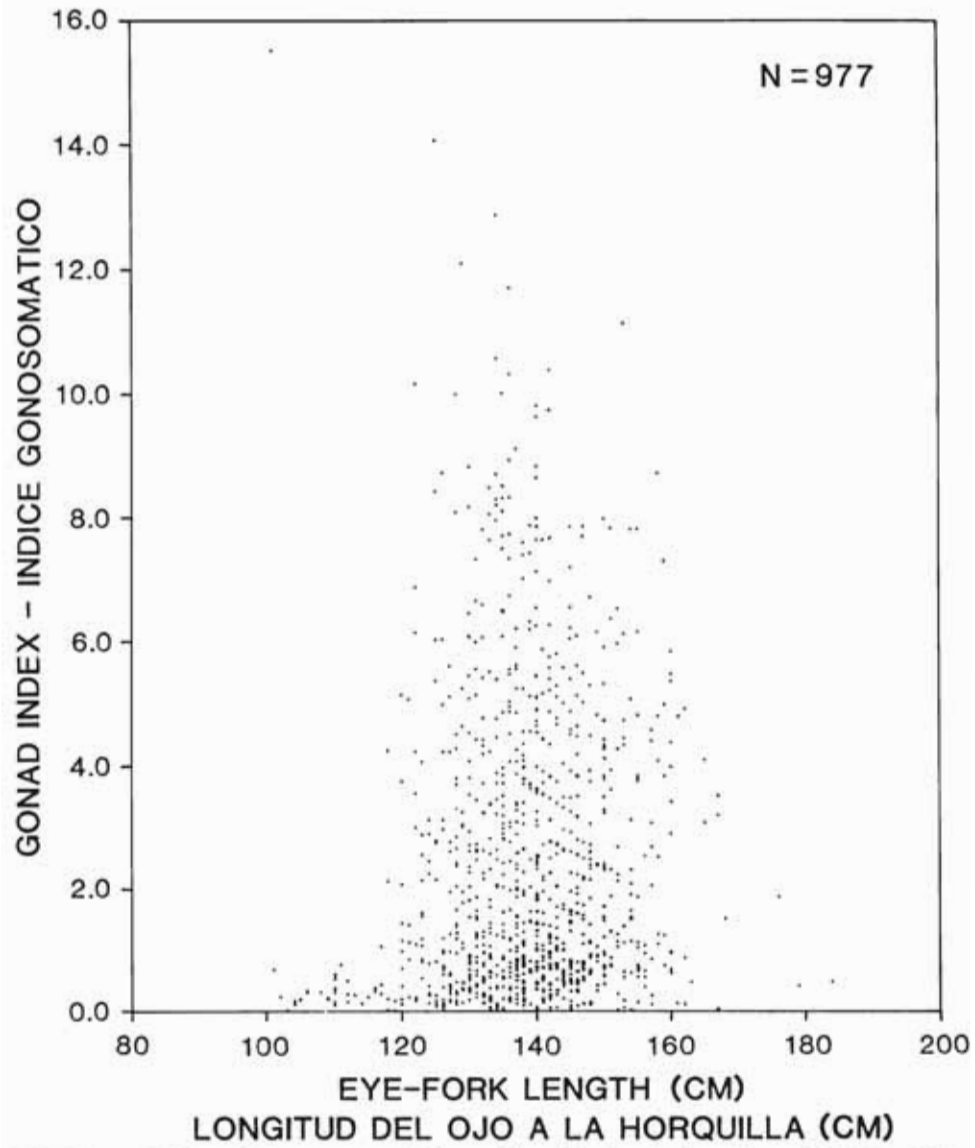


FIGURE 51. Relationship between gonad index and length for female shortbill spearfish, 1971-1980.

FIGURA 51. Relación entre el índice gonádico y la talla de las hembras de marlín trompa corta, 1971-1980.

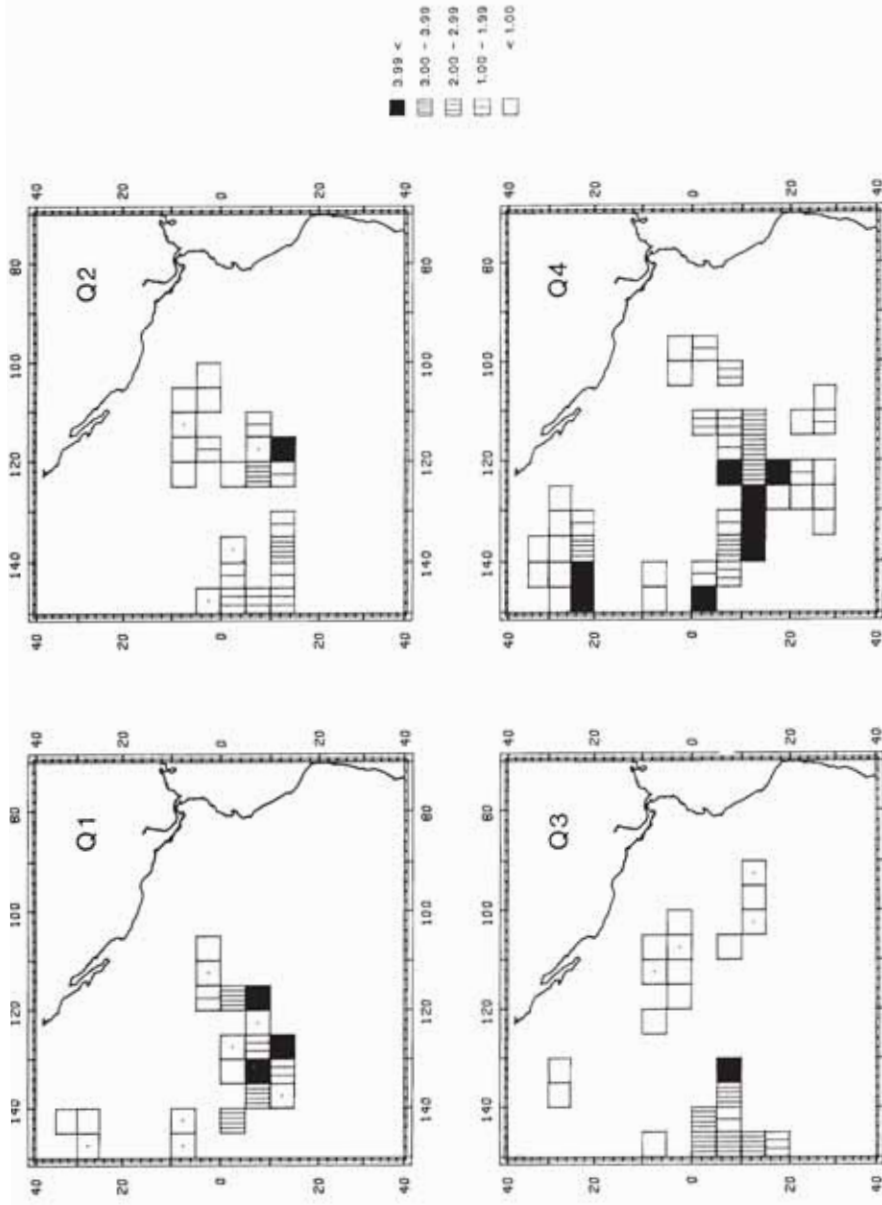


FIGURE 52. Quarterly distributions of average gonad indices for female shortbill spearfish, 1971-1980.

FIGURA 52. Distribución trimestral del promedio de los índices gonádicos de las hembras de marlin trompa corta, 1971-1980.

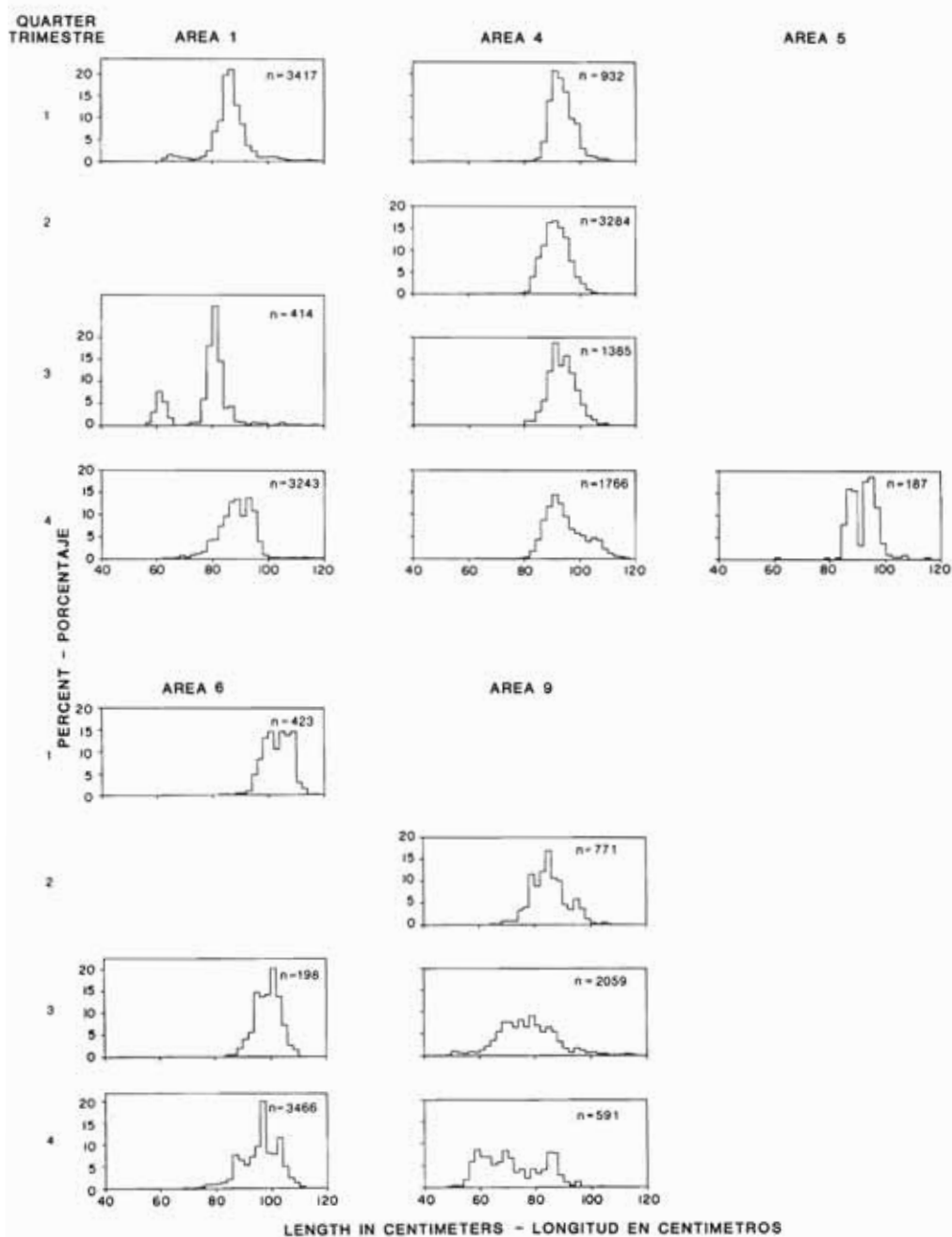


FIGURE 53. Quarterly length frequencies of albacore by area, 1971-1980.

FIGURA 53. Frecuencia de talla trimestral del albacora, por zona, 1971-1980.

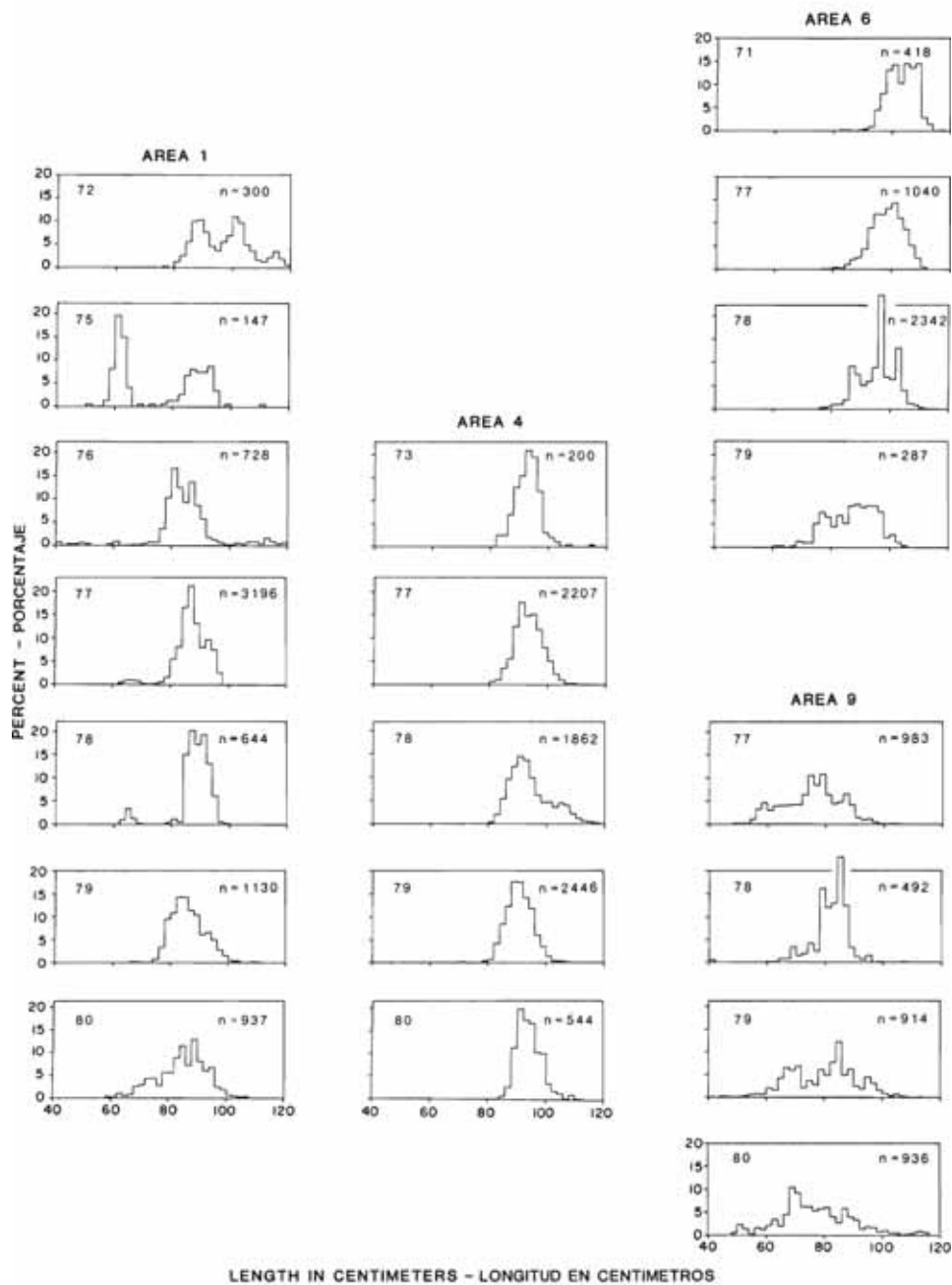


FIGURE 54. Annual length frequencies of albacore by area, 1971-1980.

FIGURA 54. Frecuencia de talla anual del albacora, por zona, 1971-1980.

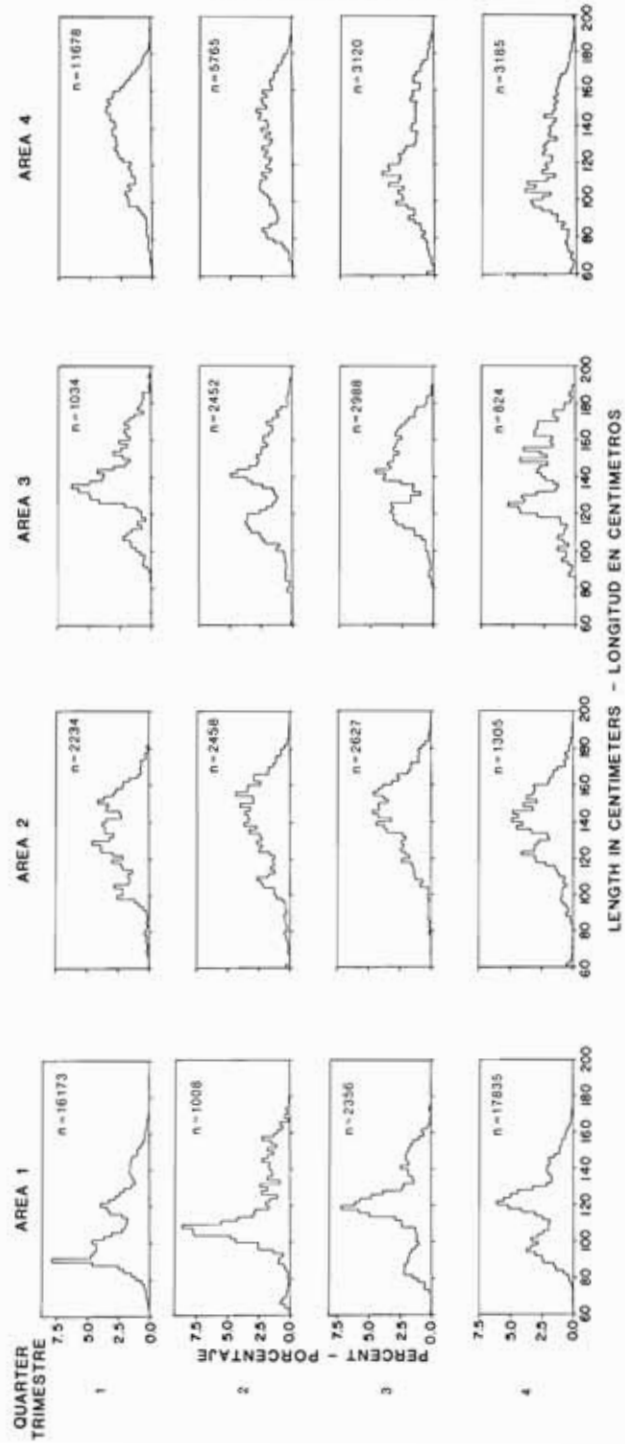


FIGURE 55. Quarterly length frequencies of bigeye by area, 1971-1980.
 FIGURA 55. Frecuencia de talla trimestral de patudo, por zona, 1971-1980.

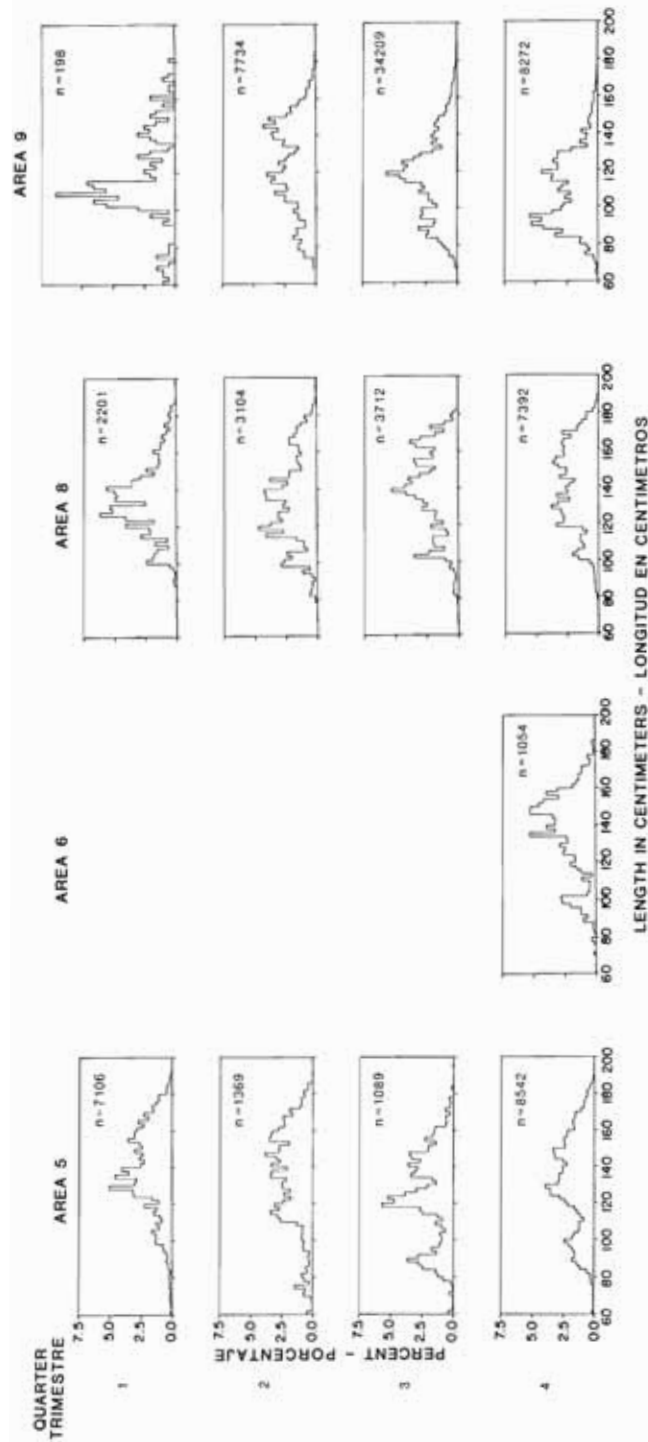


FIGURE 55. (continued)

FIGURA 55. (continuación)

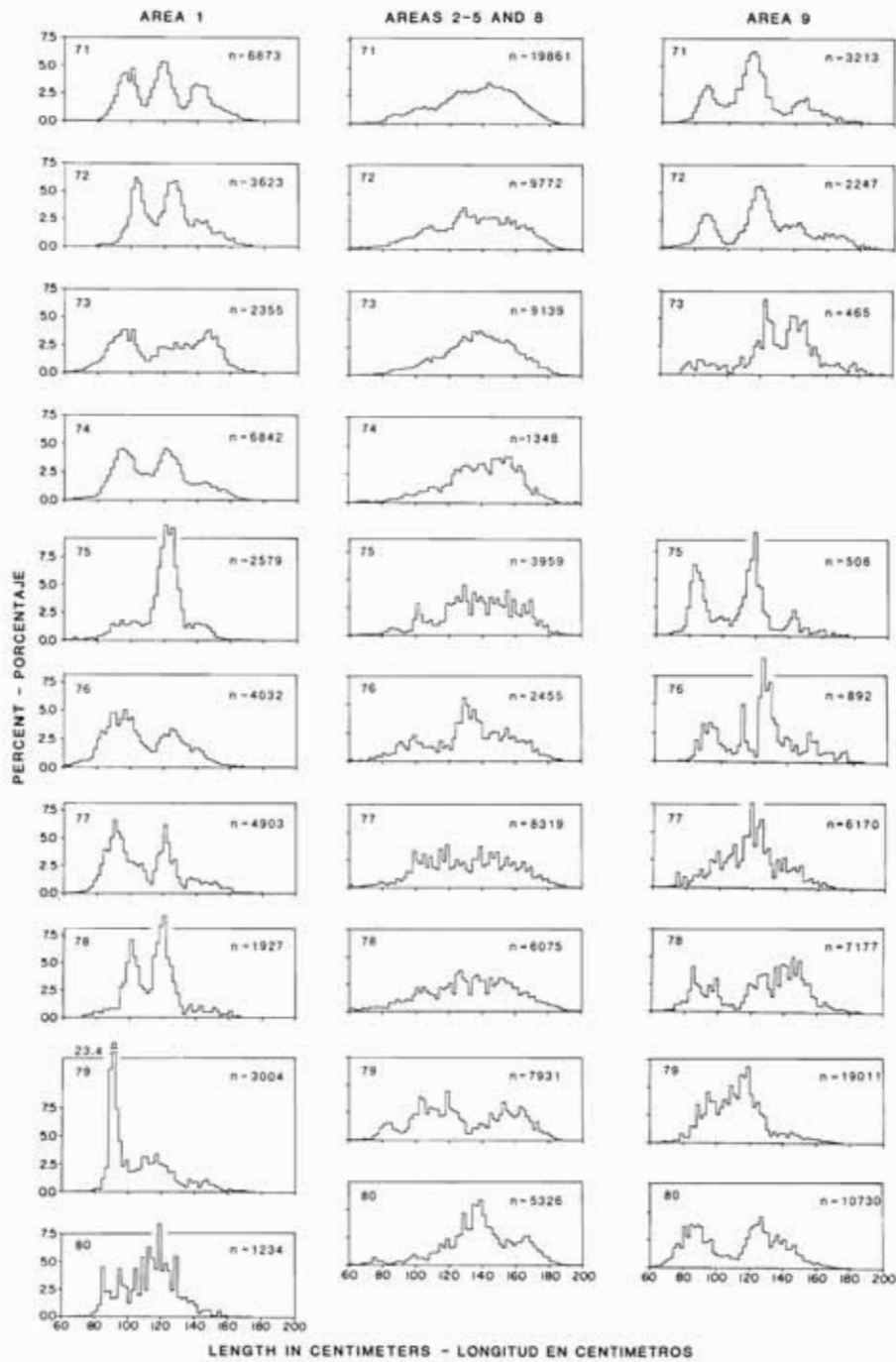


FIGURE 56. Annual length frequencies of bigeye by area, 1971-1980.
 FIGURA 56. Frecuencia de talla anual de patudo, por zona, 1971-1980.

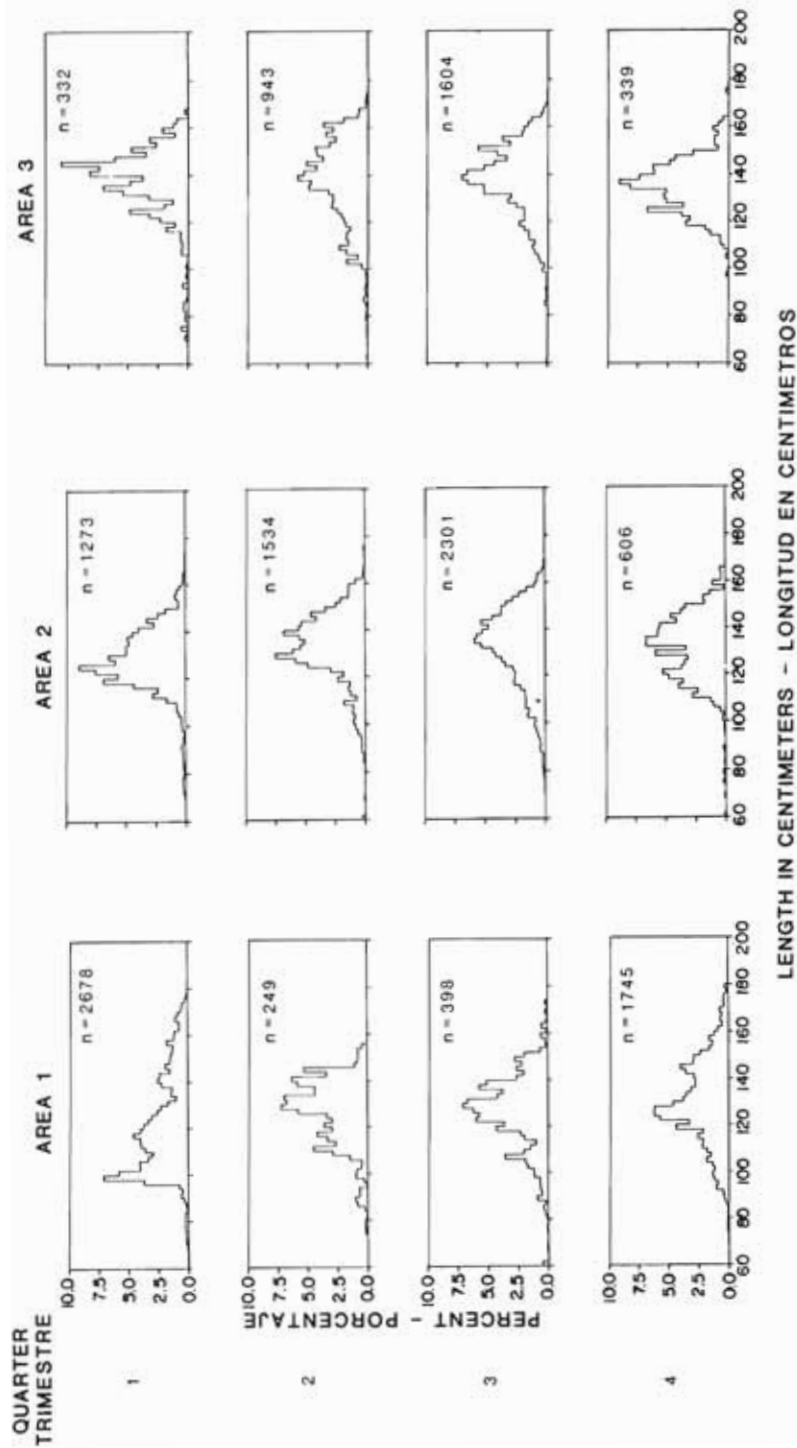


FIGURE 57. Quarterly length frequencies of yellowfin by area, 1971-1980.

FIGURA 57. Frecuencia de talla trimestral de aleta amarilla, por zona, 1971-1980.

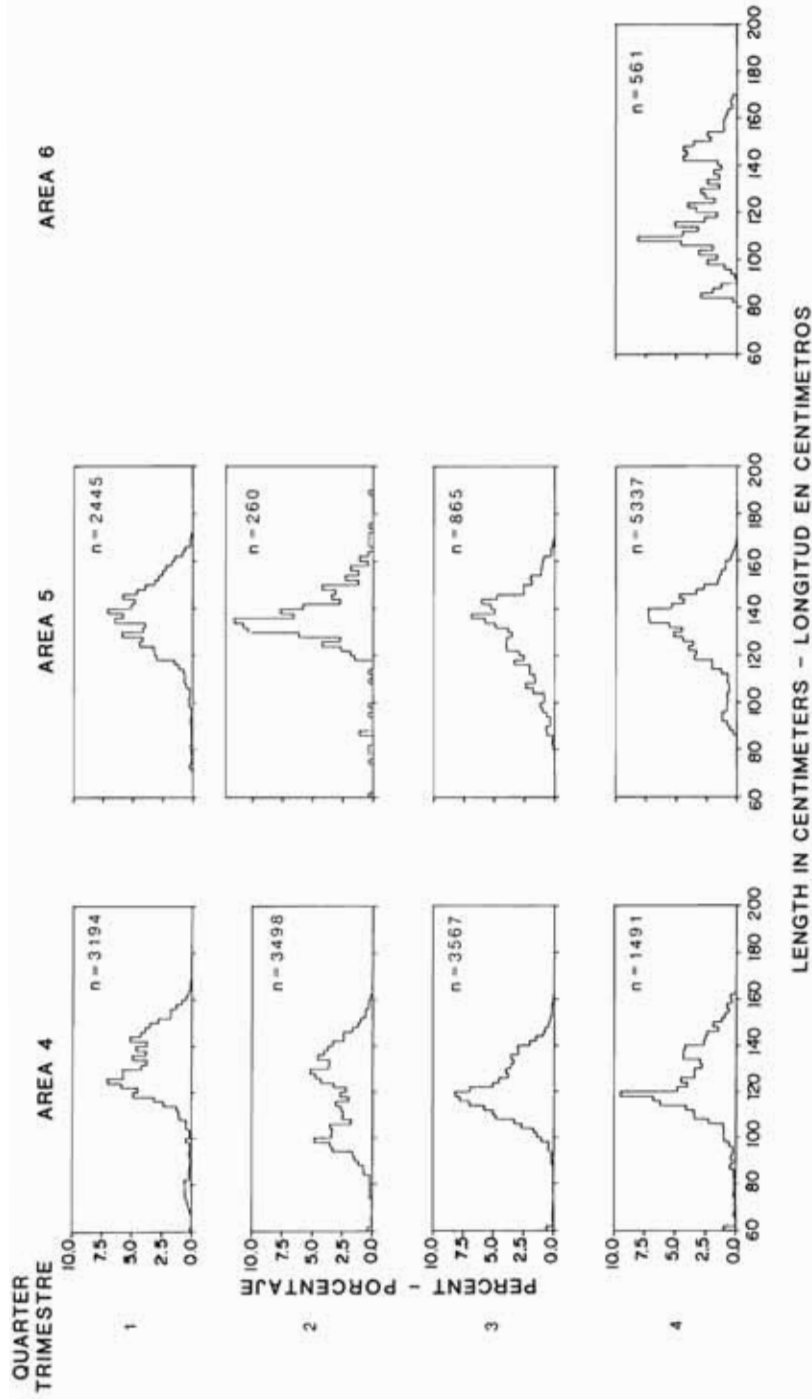
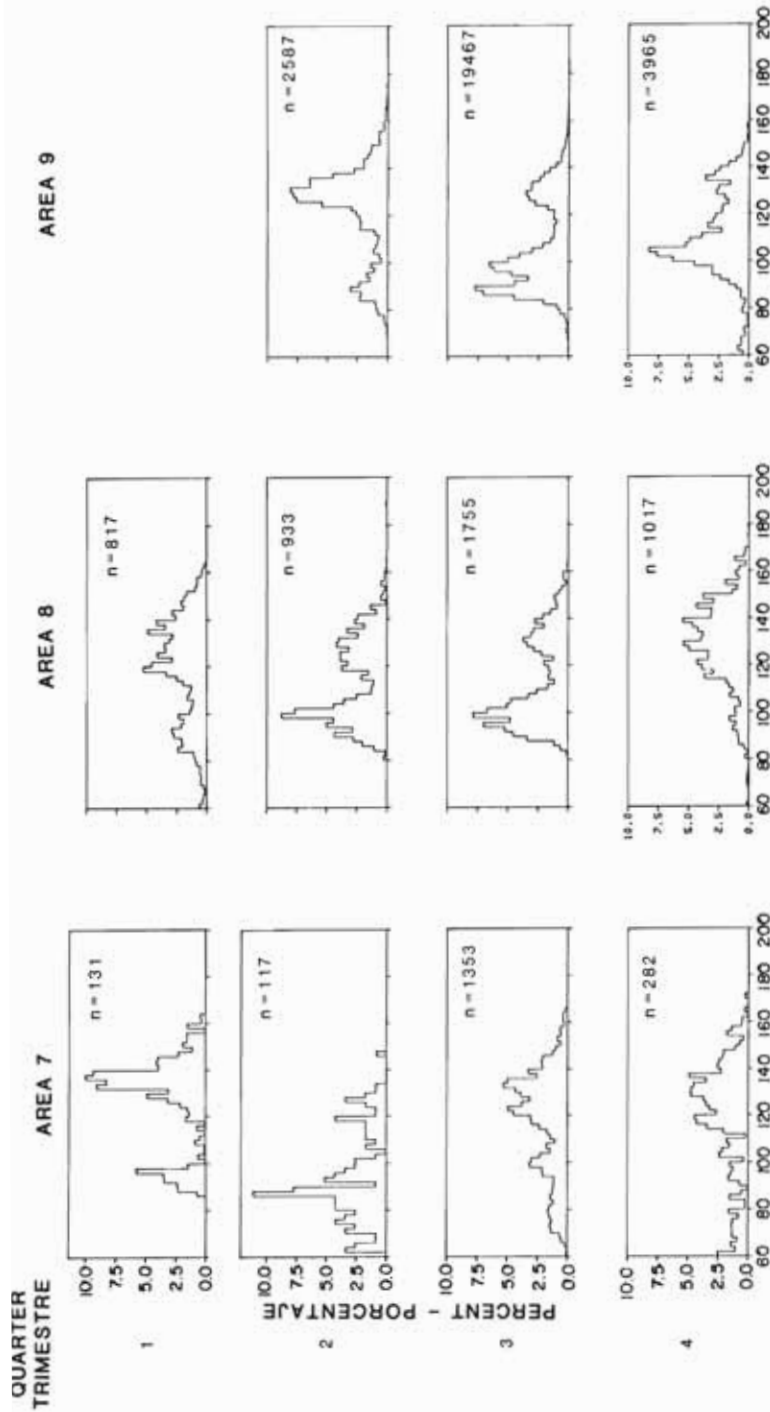


FIGURE 57. (continued)

FIGURA 57. (continuación)



LENGTH IN CENTIMETERS - LONGITUD EN CENTIMETROS

FIGURE 57. (continued)

FIGURA 57. (continuación)

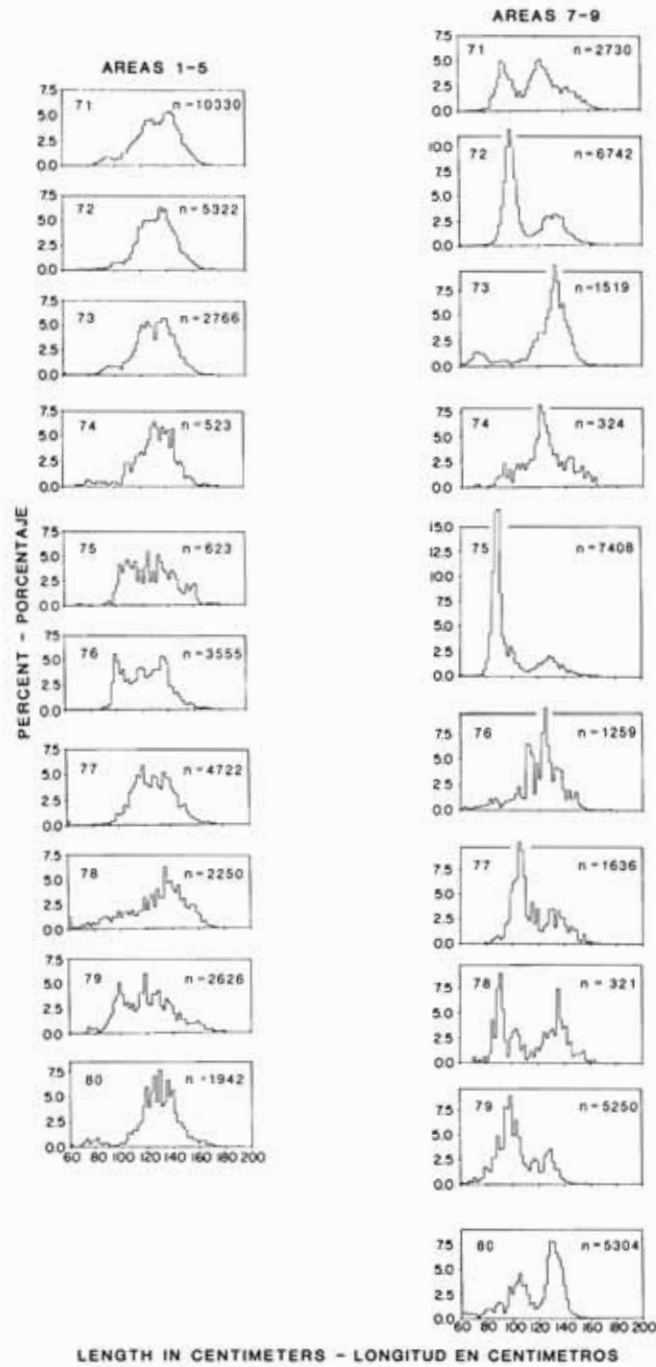
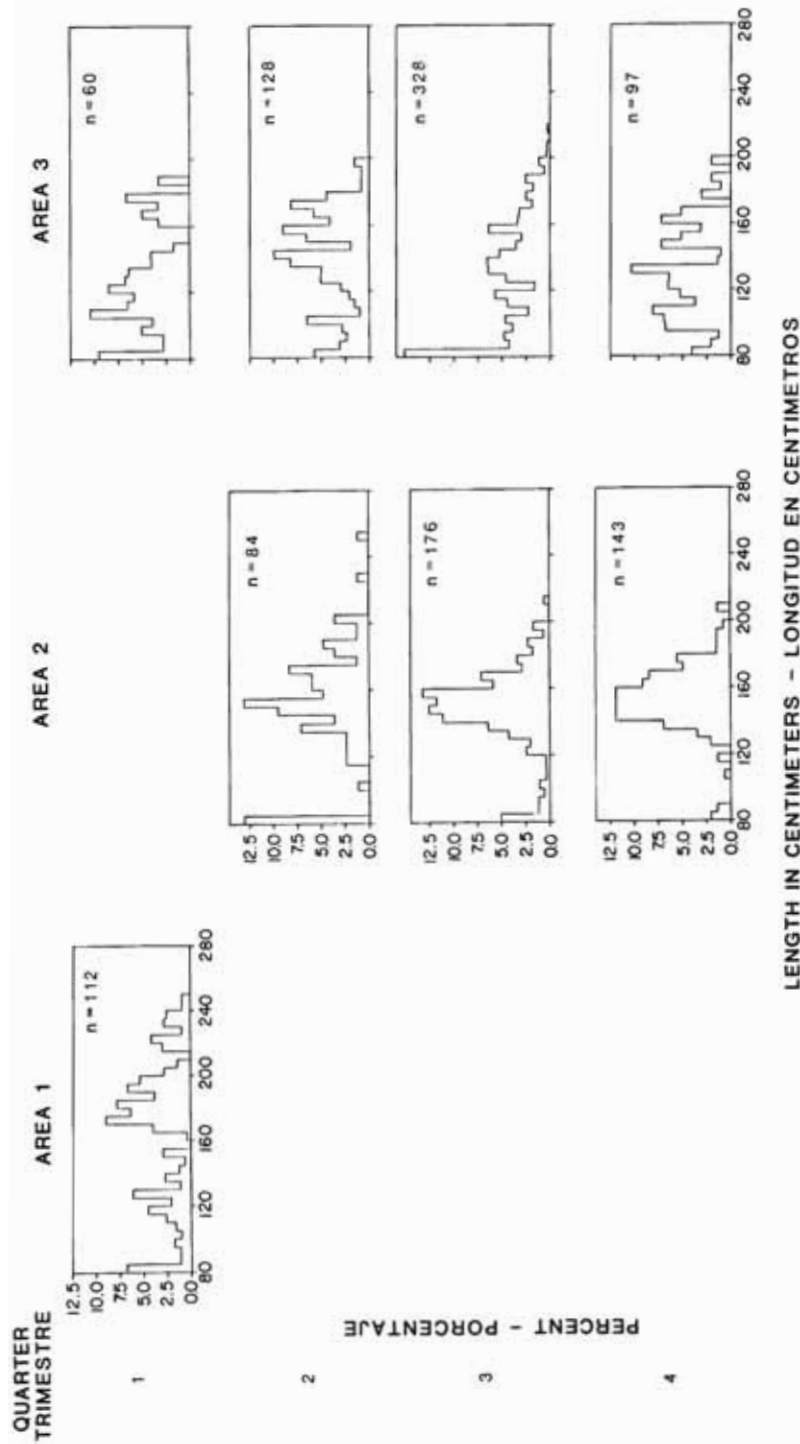


FIGURE 58. Annual length frequencies of yellowfin by area, 1971-1980.
 FIGURA 58. Frecuencia de talla anual de aleta amarilla, por zona, 1971-1980.



LENGTH IN CENTIMETERS - LONGITUD EN CENTIMETROS

FIGURE 59. Quarterly length frequencies of swordfish by area, 1971-1980.

FIGURA 59. Frecuencia de talla trimestral de pez espada, por zona, 1971-1980.

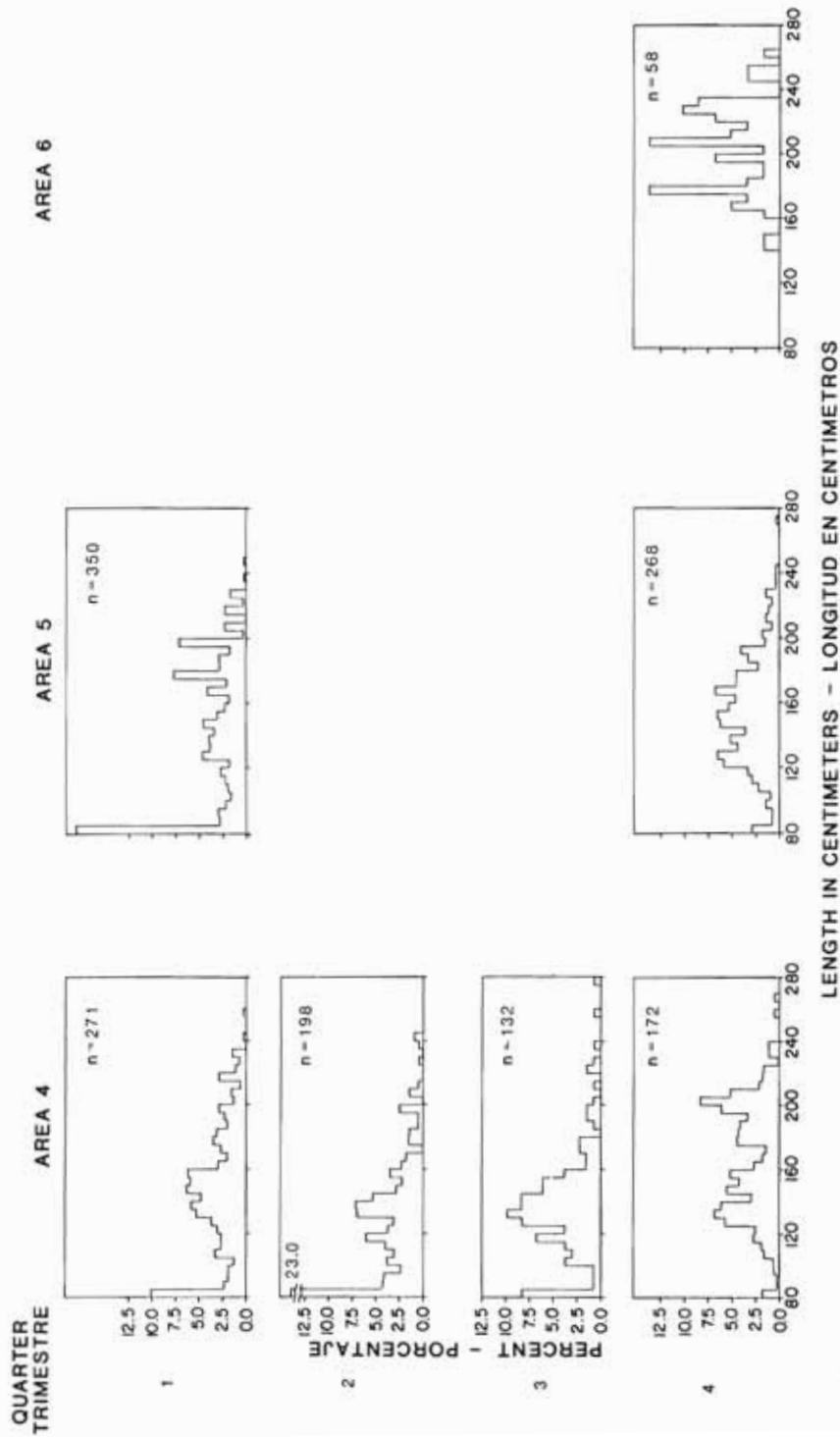


FIGURE 59. (continued)

FIGURA 59. (continuación)

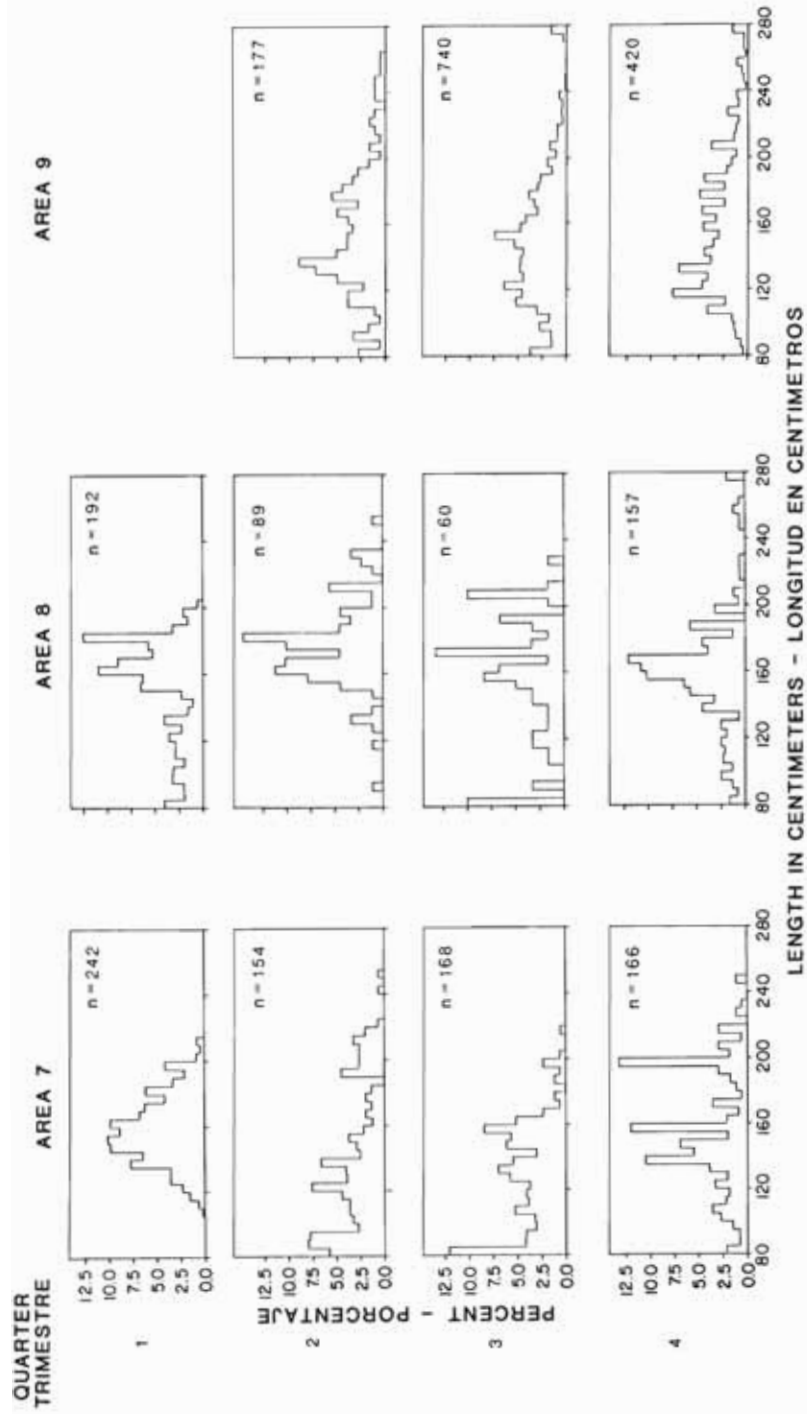


FIGURE 59. (continued)

FIGURA 59. (continuación)

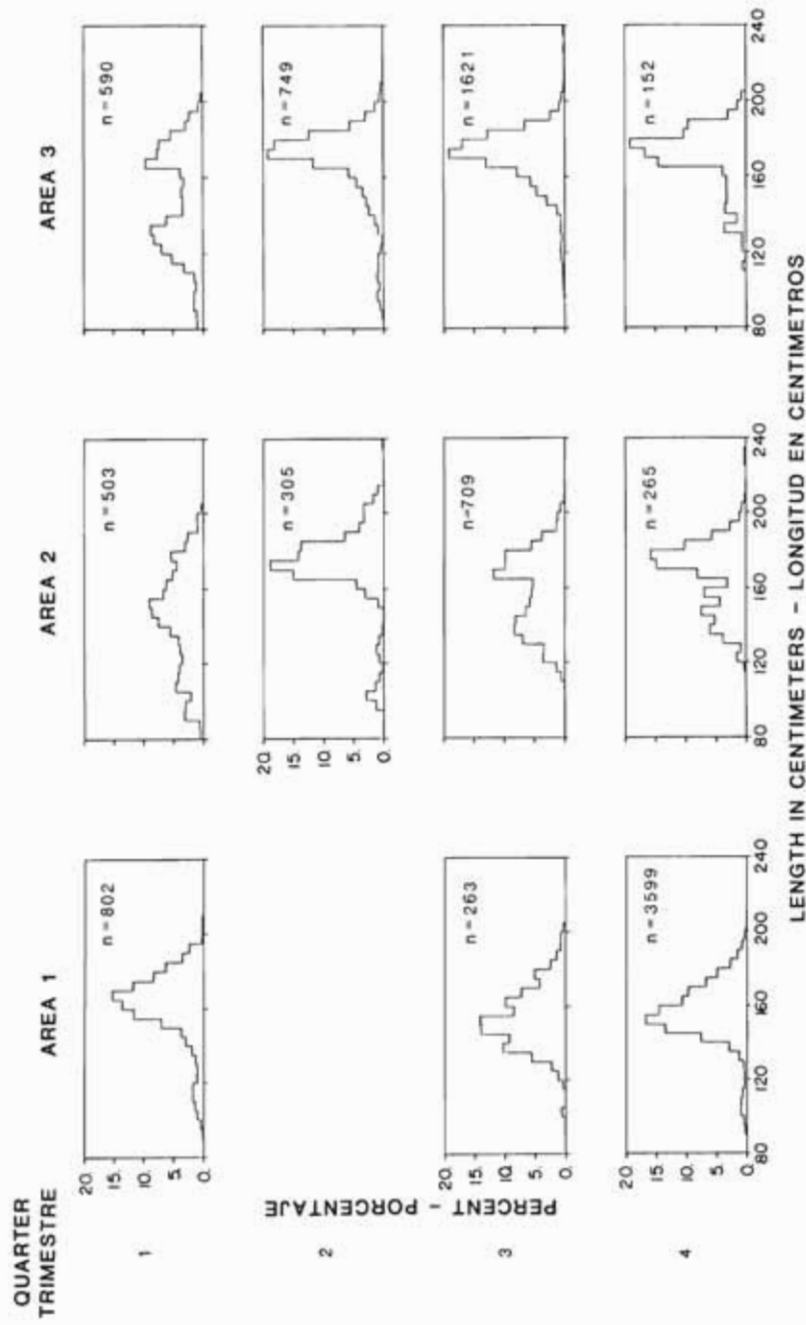


FIGURE 60. Quarterly length frequencies of striped marlin by area, 1971-1980.

FIGURA 60. Frecuencia de talla trimestral de marlín rayado, por zona, 1971-1980.

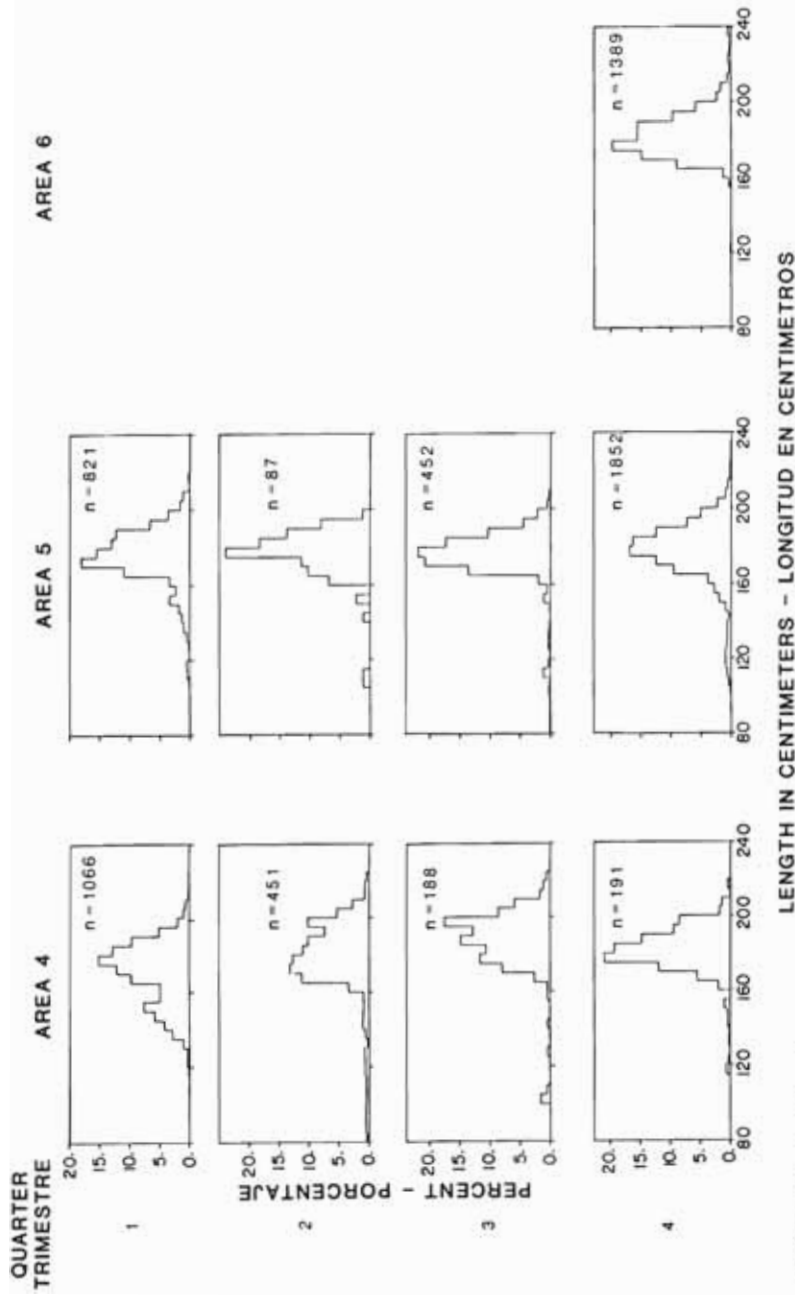


FIGURE 60. (continued)

FIGURA 60. (continuación)

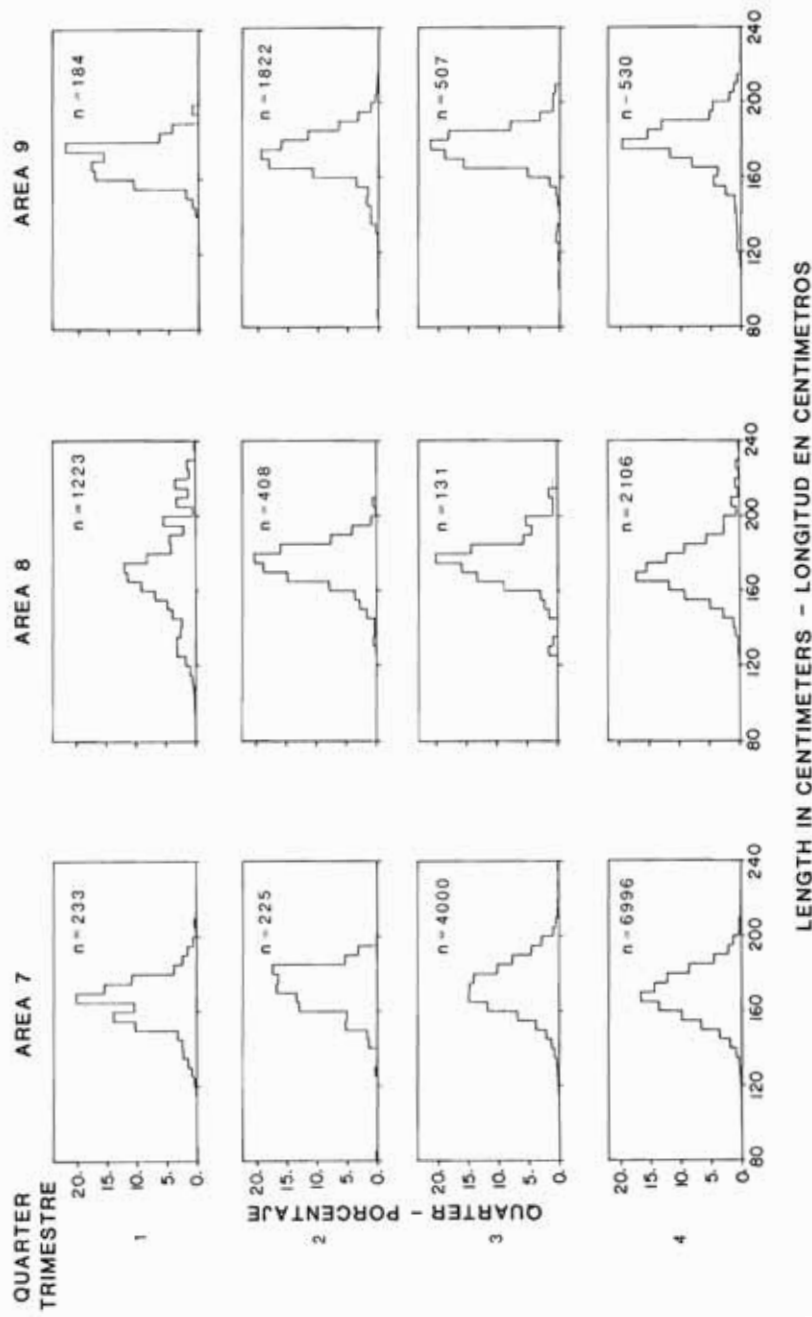


FIGURE 60. (continued)

FIGURA 60. (continuación)

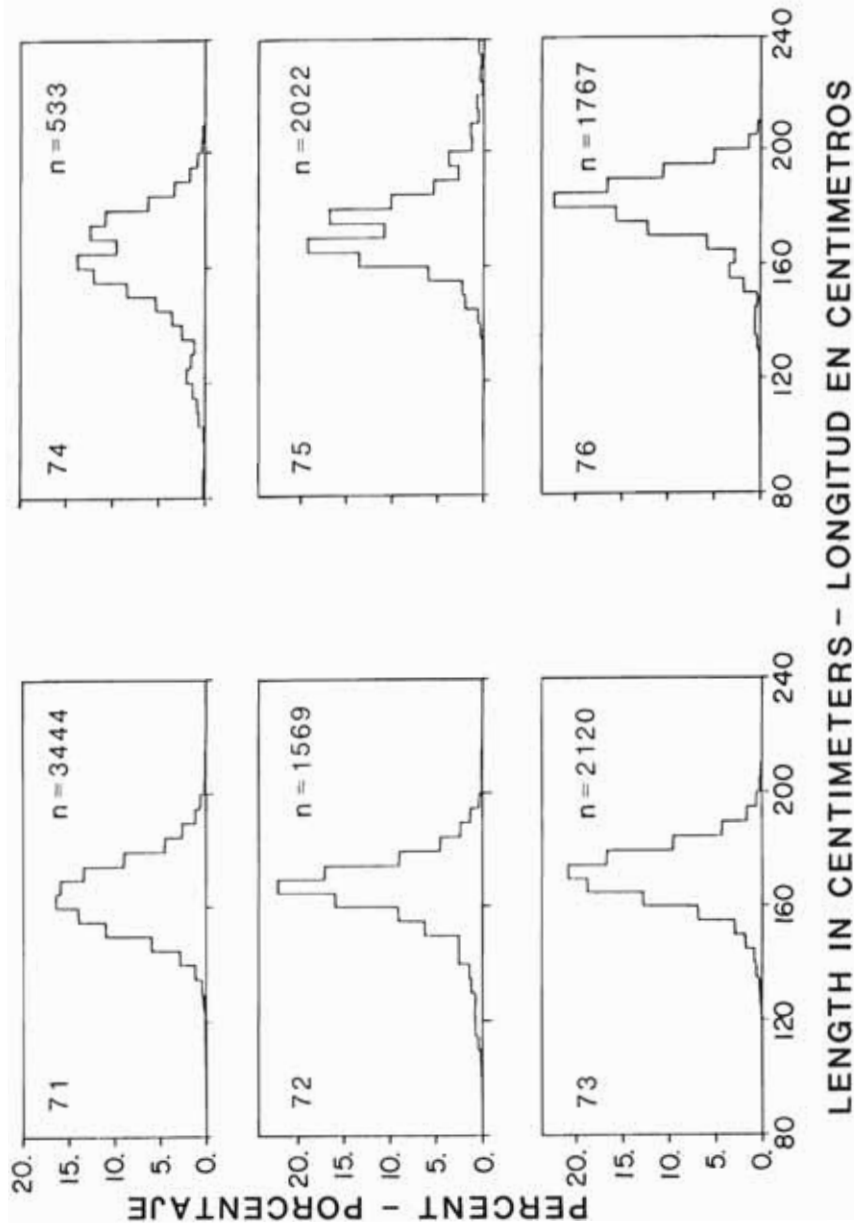


FIGURE 6L. Annual Length frequencies of striped marlin in Area 7, 1971-1980.
 FIGURA 6L. Frecuencia de talla anual de marlín rayado en la Zona 7, 1971-1980.

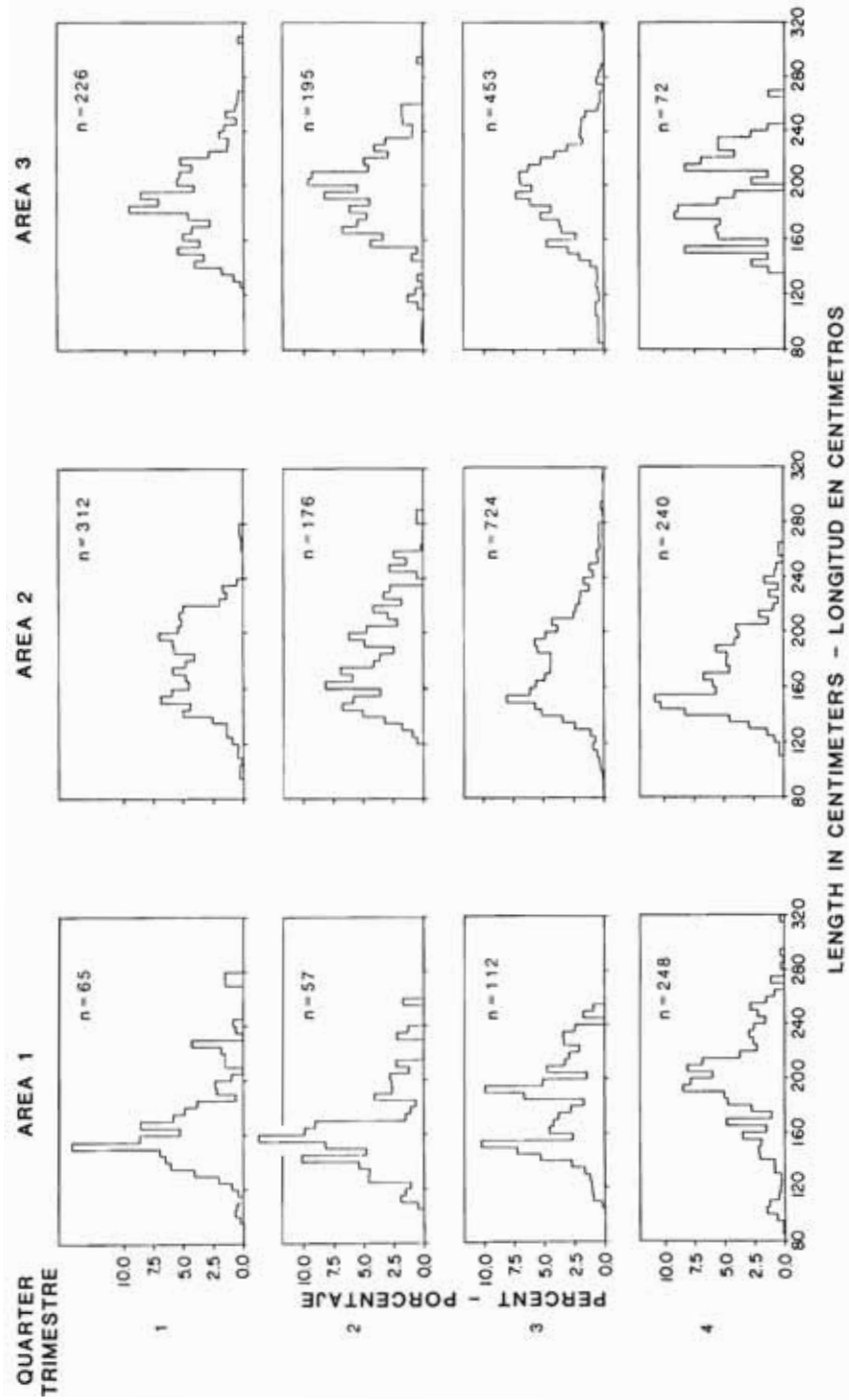


FIGURE 62. Quarterly length frequencies of blue marlin by area, 1971-1980.
 FIGURA 62. Frecuencia de talla trimestral de marlin azul, por zona, 1971-1980.

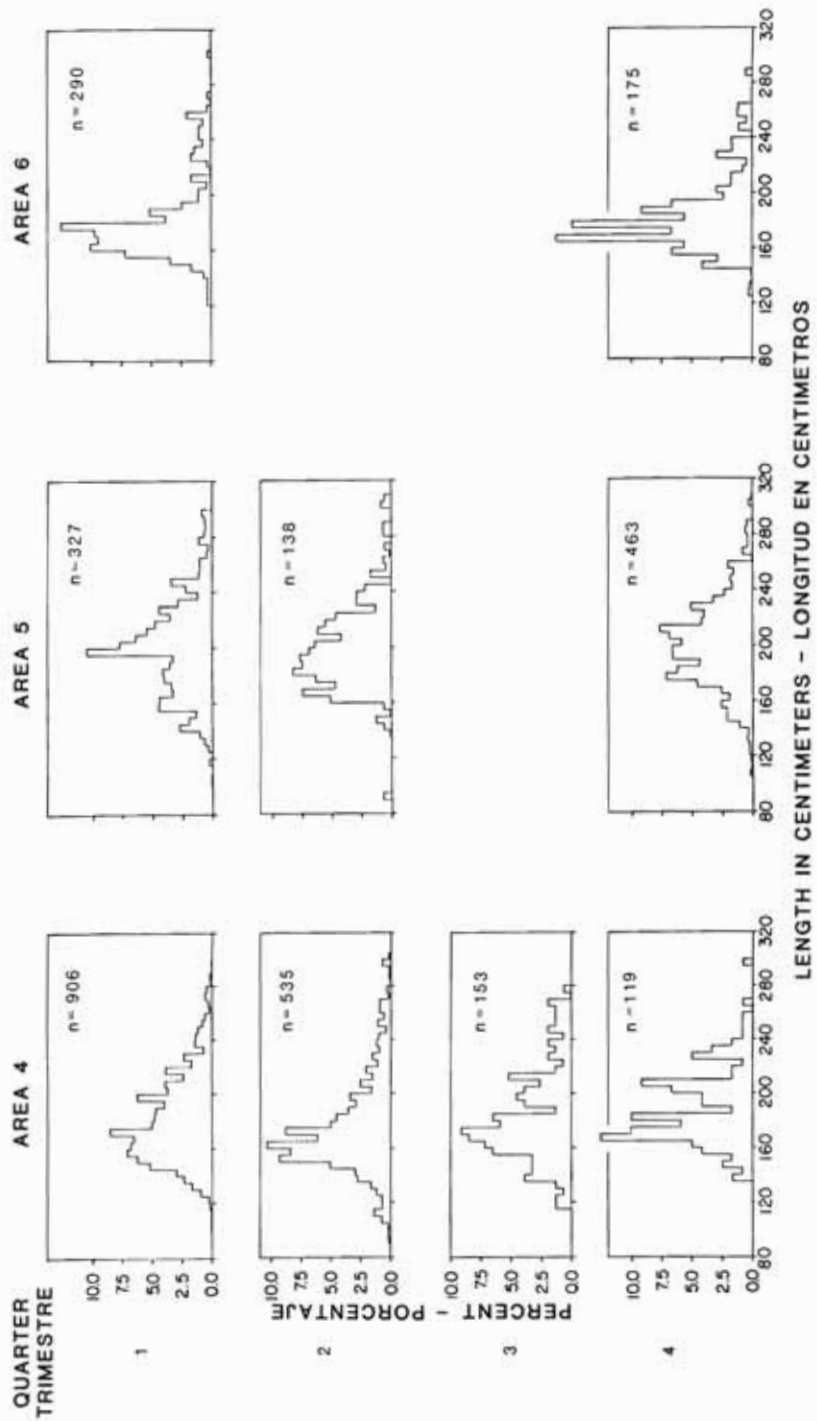
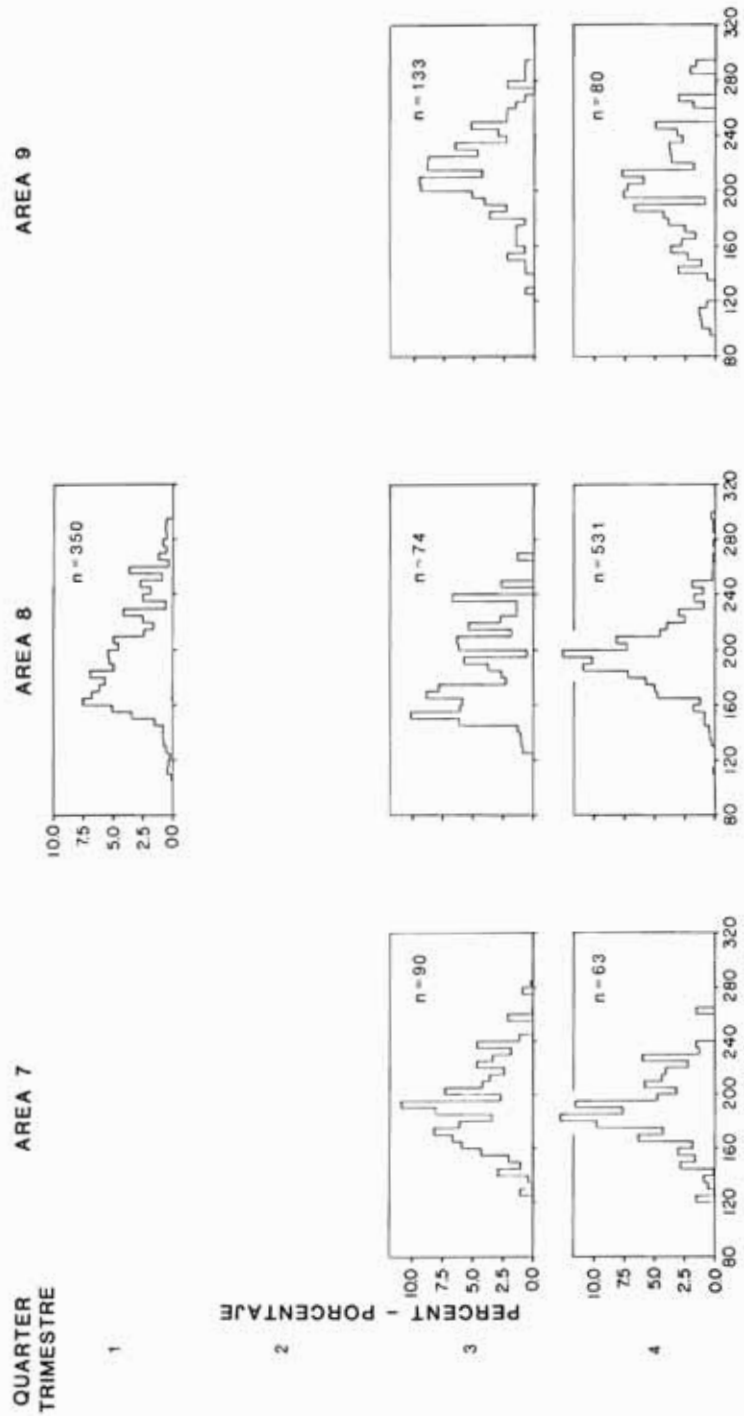


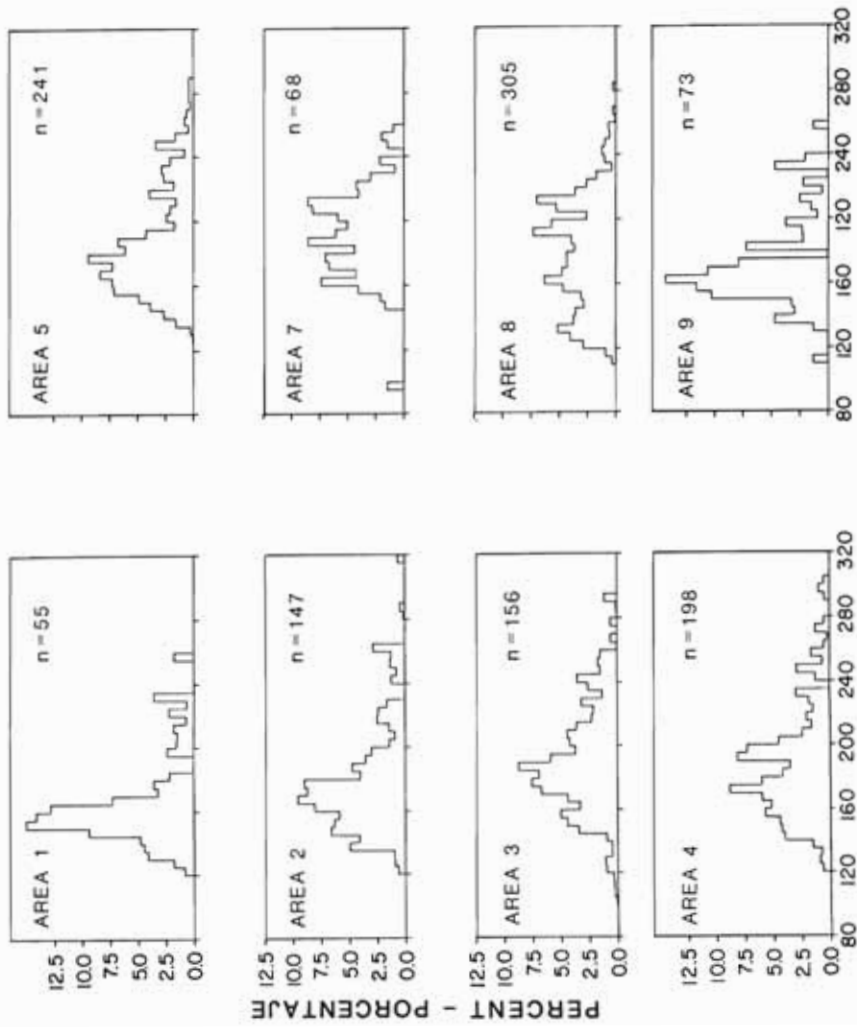
FIGURE 62. (continued)
 FIGURA 62. (continuación)



LENGTH IN CENTIMETERS - LONGITUD EN CENTIMETROS

FIGURE 62. (continued)

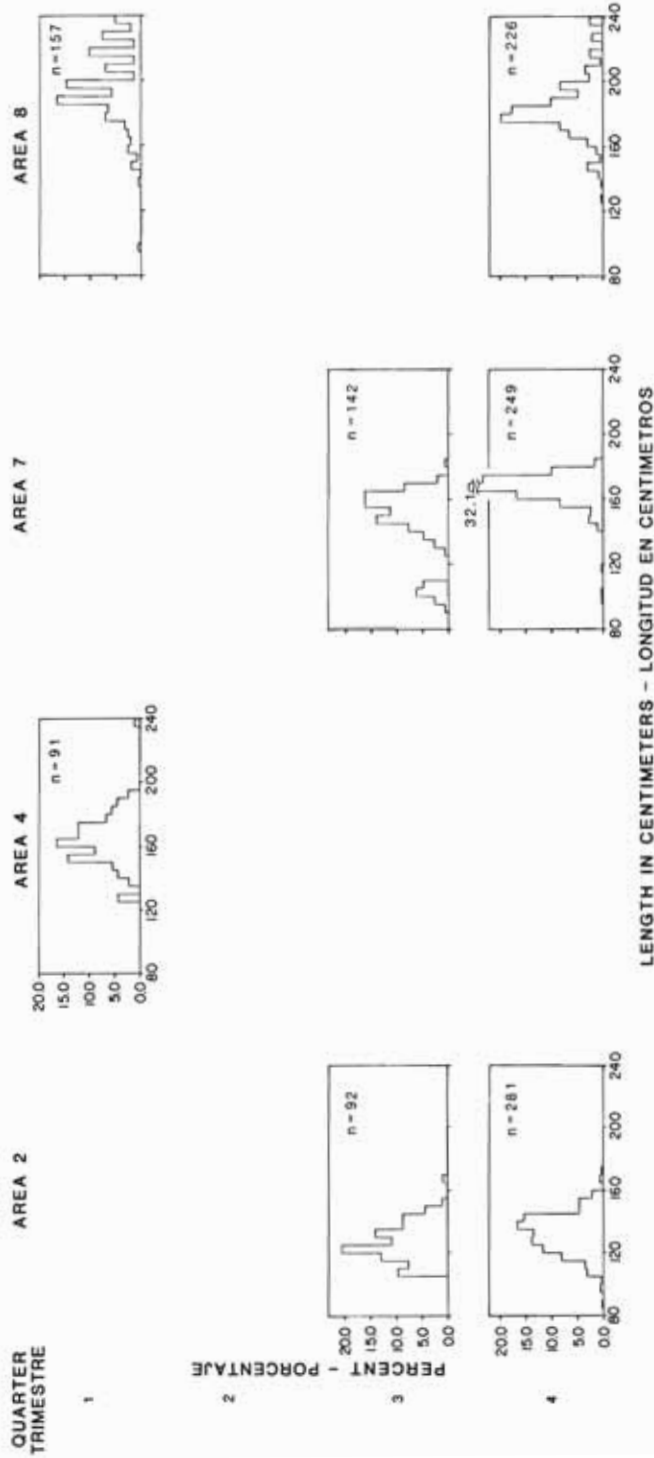
FIGURA 62. (continuación)



LENGTH IN CENTIMETERS - LONGITUD EN CENTIMETROS

FIGURE 63. Length frequencies of black marlin by area, 1971-1980.

FIGURA 63. Frecuencia de talla de marlin negro, por zona, 1971-1980.



LENGTH IN CENTIMETERS - LONGITUD EN CENTIMETROS

FIGURE 64. Quarterly length frequencies of sailfish by area, 1971-1980.
 FIGURA 64. Frecuencia de talla trimestral de pez vela, por zona, 1971-1980.

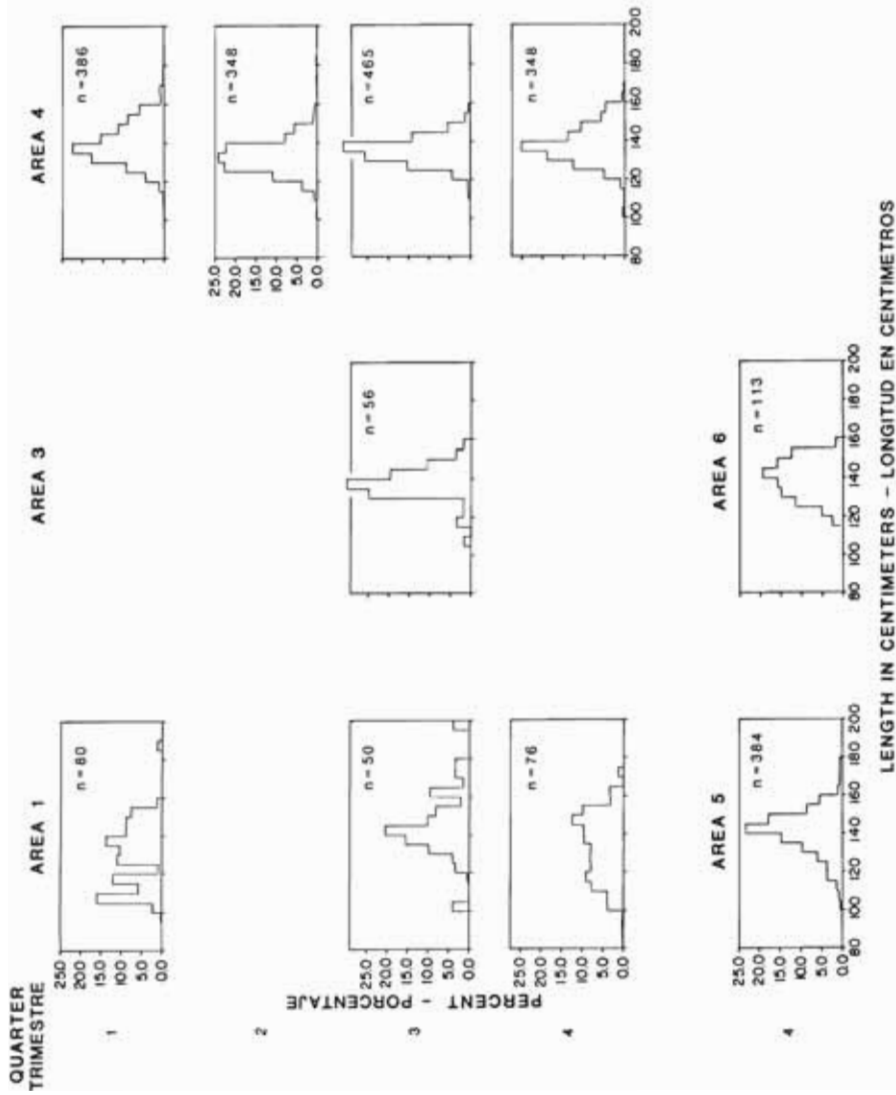


FIGURE 65. Quarterly length frequencies of shortbill spearfish by area, 1971-1980.
 FIGURA 65. Frecuencia de talla trimestral de marlin trompa corta, por zona, 1971-1980.

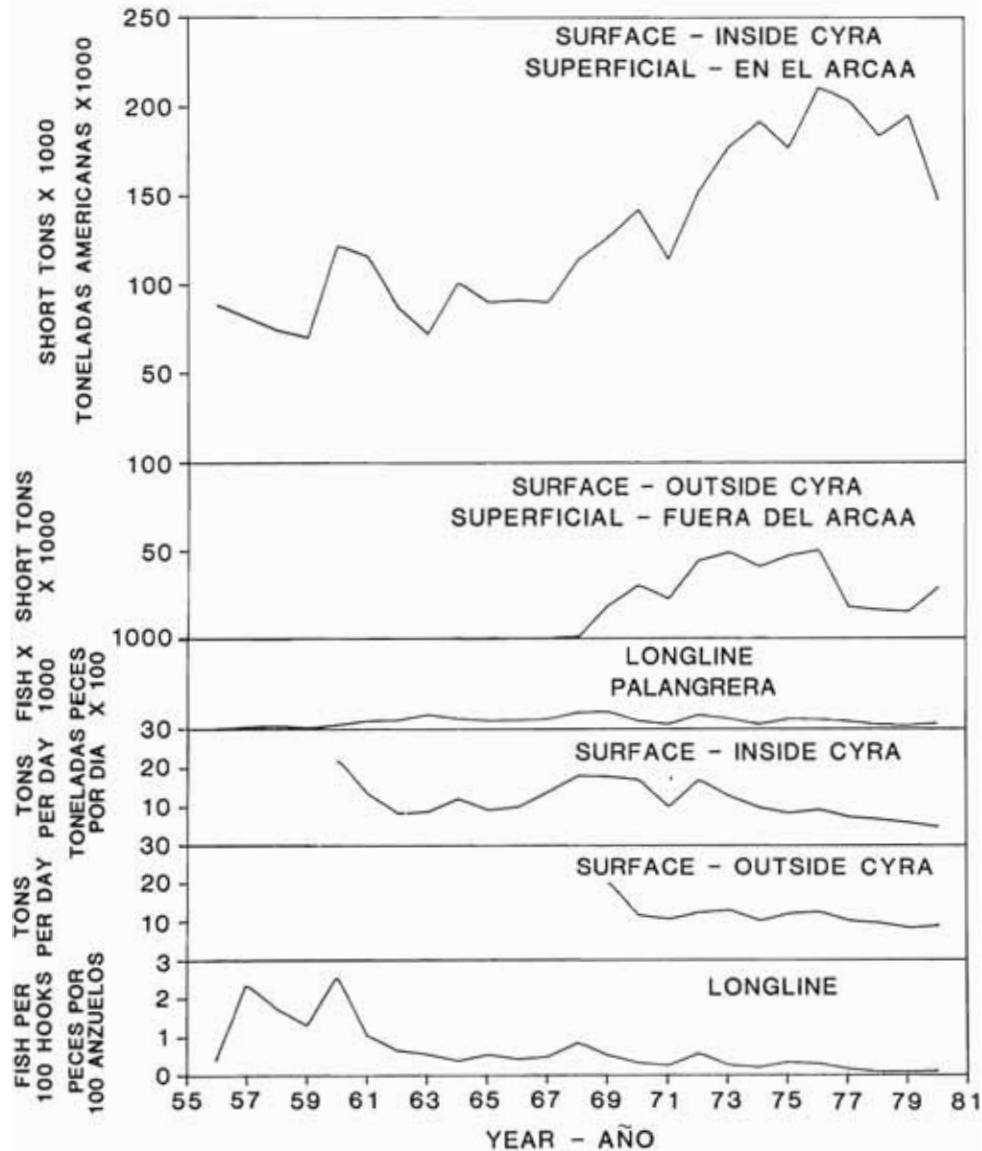


FIGURE 66. Catches and catches per unit of effort for yellowfin in the eastern Pacific. The surface catch data, expressed as short tons, were obtained from Pella and Tomlinson (1969: Table 6) and Anonymous (1982a: Table 1). The surface catch-per-unit-of-effort data, expressed as catch per day's fishing by Class-6 vessels, were obtained from Anonymous (1984a: Figure 4 and Table 15).

FIGURA 66. Captura y captura por unidad de esfuerzo de aleta amarilla en el Pacífico oriental, 1956-1980. Los datos de la captura epipelágica, expresada en toneladas cortas, fueron obtenidos de Pella y Tomlinson (1969: Tabla 6) y Anónimo (1982a: Tabla 1). Los datos de la captura epipelágica por unidad de esfuerzo, expresados como captura por día de pesca de los barcos de la clase 6 de arqueo, fueron obtenidos de Anónimo (1984a: Figura 4 y Tabla 15).

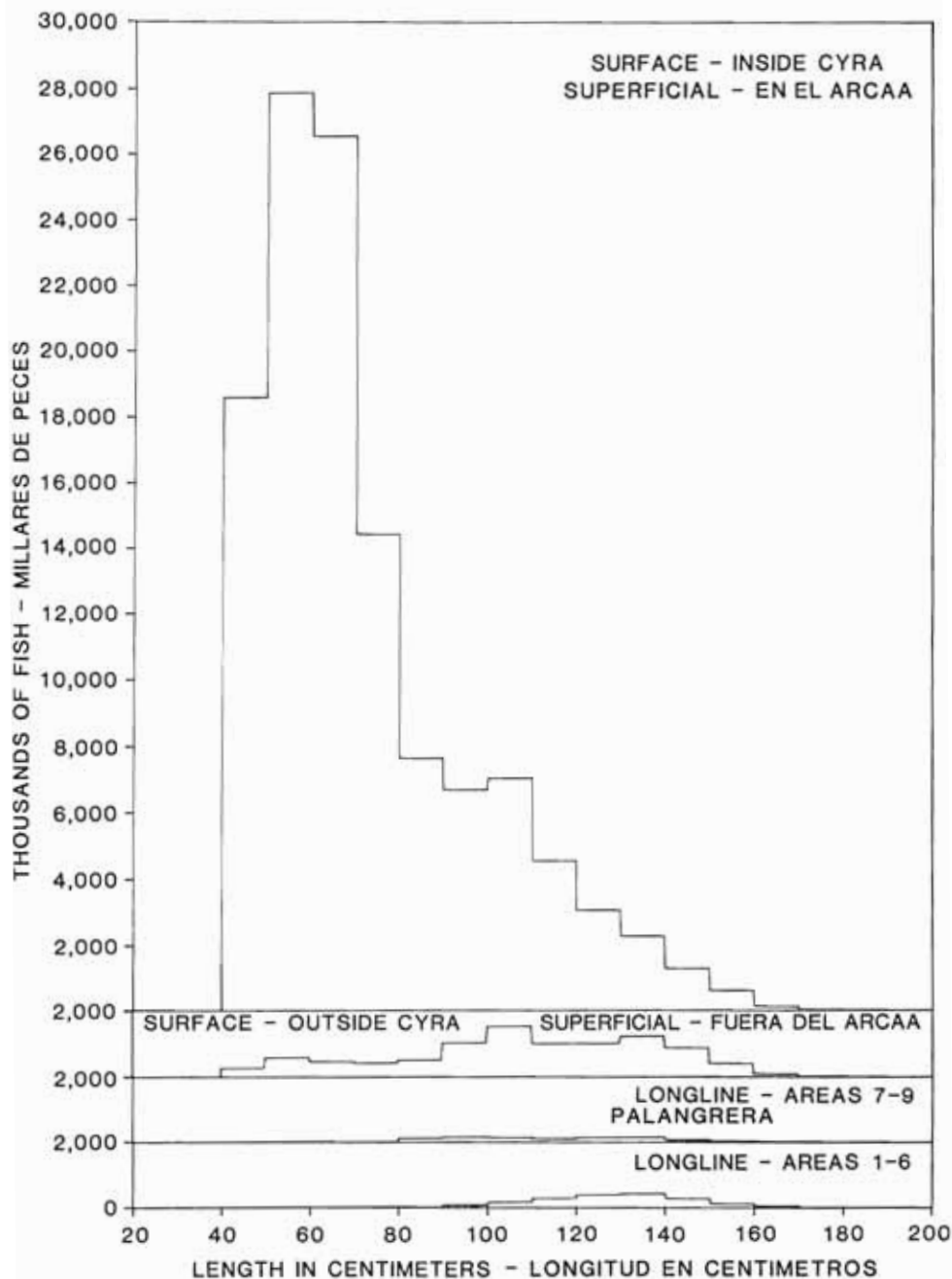


FIGURE 67. Length frequencies of yellowfin caught by surface and longline gear during 1971-1980.
 FIGURA 67. Frecuencia de talla de aleta amarilla, capturado por artes epipelágicas y palangreras durante 1971-1980.

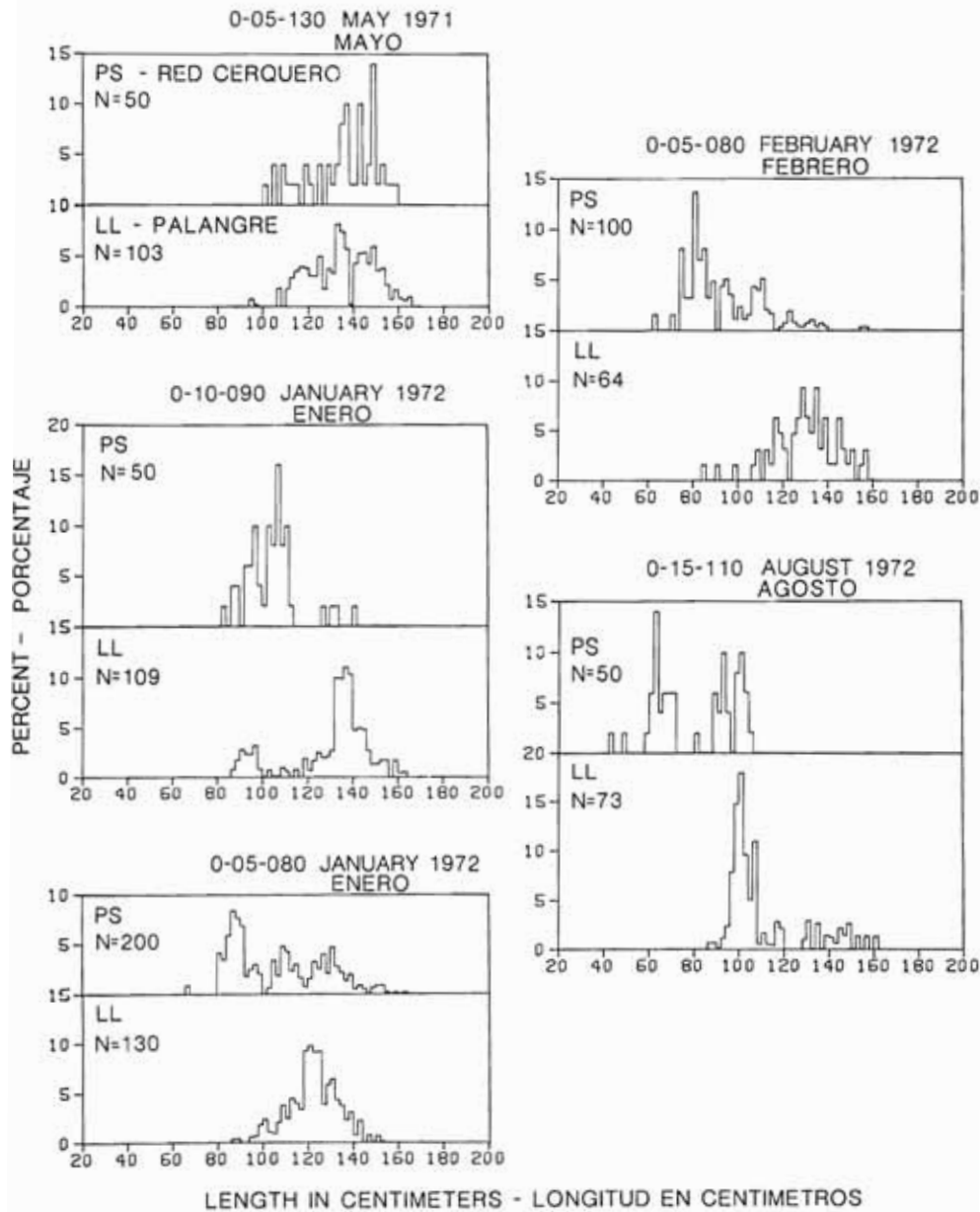


FIGURE 68. Length frequencies of yellowfin caught by surface and longline gear in the same area-time strata during 1971-1980.

FIGURA 68. Frecuencia de talla de aleta amarilla, capturado por artes epipelágicas y palangreras en los mismos estratos de tiempo-zona durante 1971-1980.

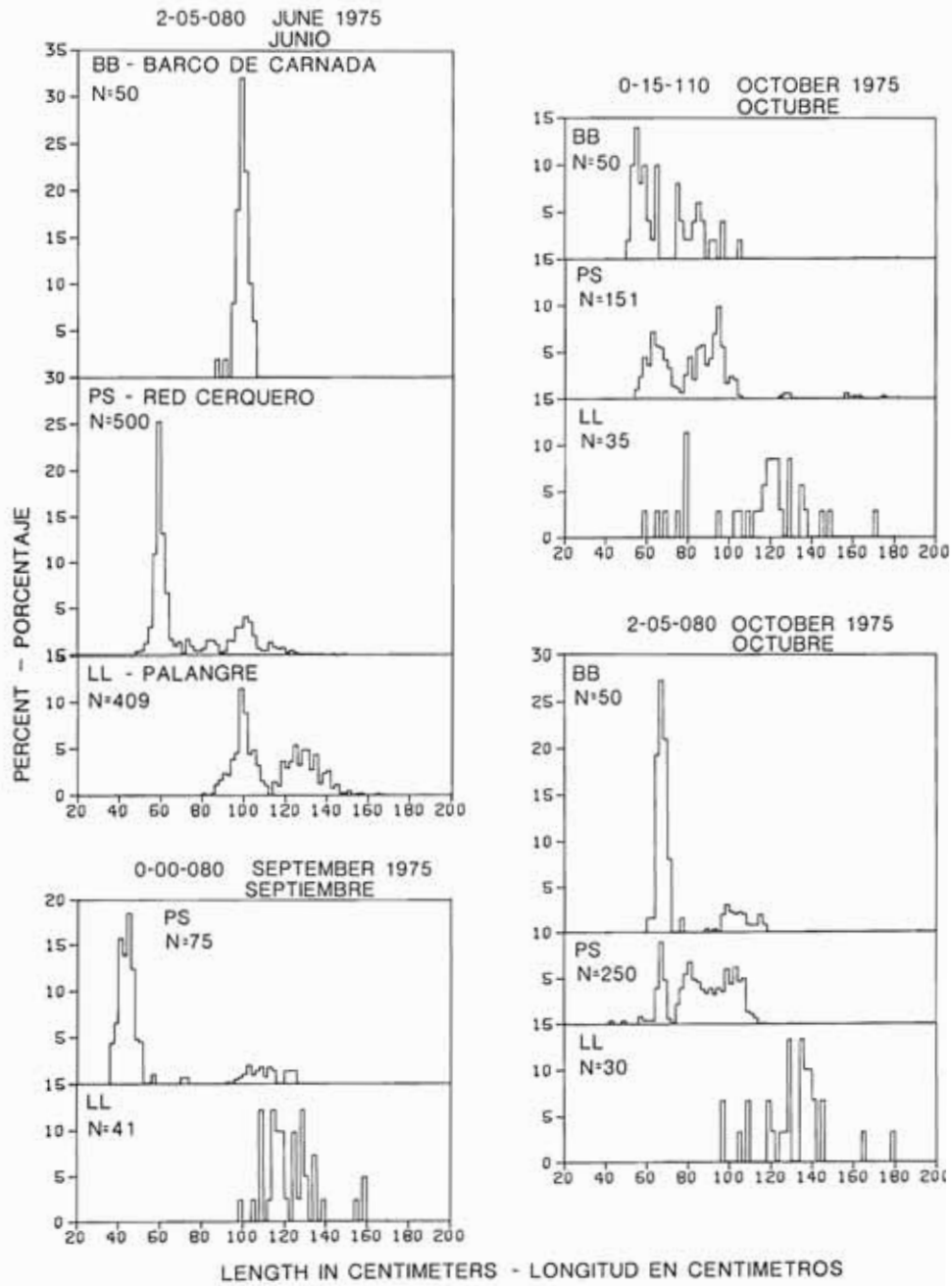


FIGURE 68. (continued)

FIGURA 68. (continuación)

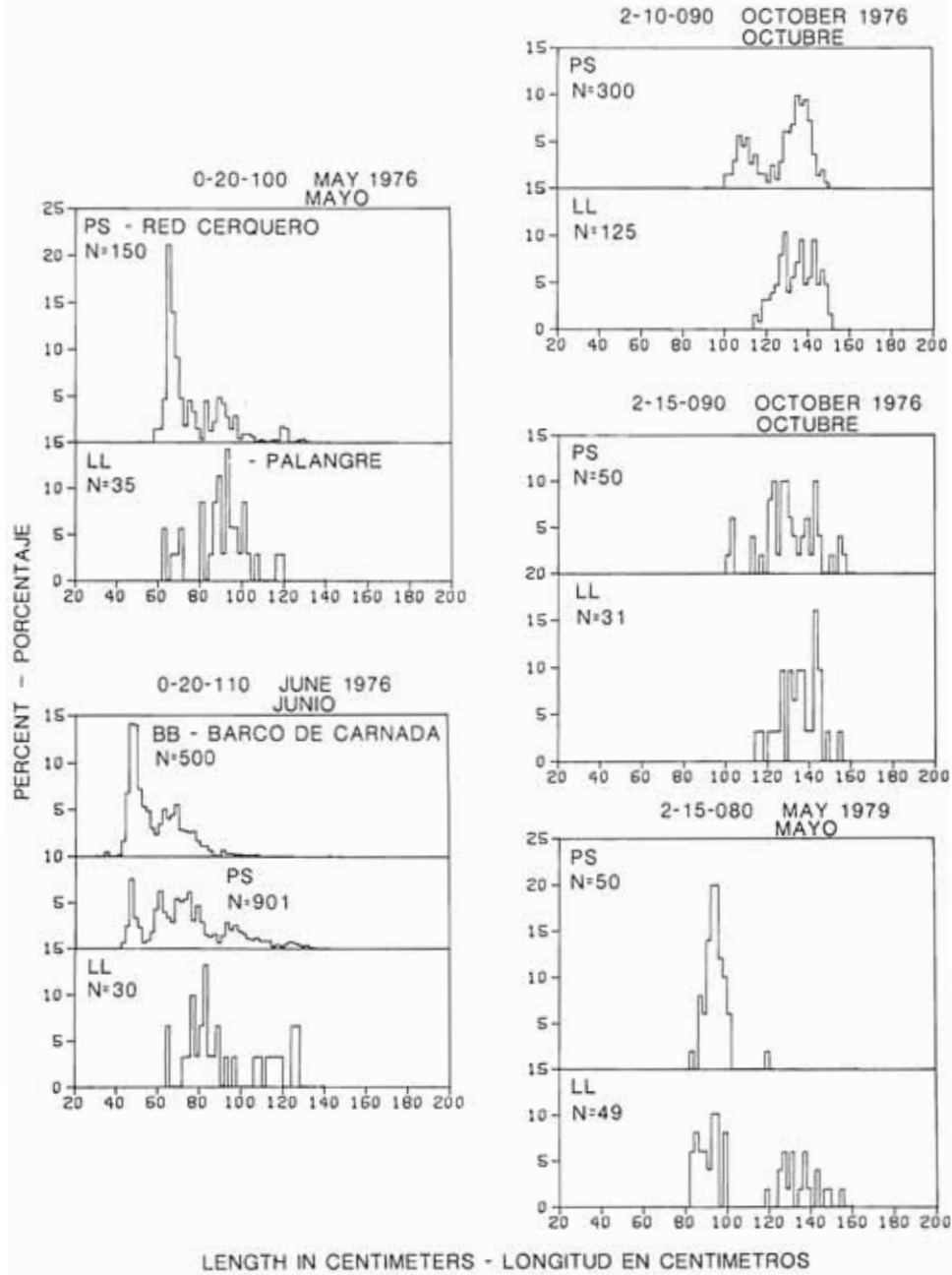


FIGURE 68. (continued)
 FIGURA 68. (continuación)

TABLE 1. Annual estimates of Japanese longline effort (hundreds of sets and thousands of hooks) and logbook coverage in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980.

TABLA 1. Estimación anual del esfuerzo palangrero japonés (cientos de lances y miles de anzuelos) y el porcentaje obtenido de los cuadernos de bitácora en el Océano Pacífico oriental, 1971-1980.

Year	Units	Japan-based			Mother-ship	Foreign-based	Total	Logbook coverage (percent)
		50-100 tons	100-200 tons	200-500 tons				
Año	Unidades	Basados en el Japón			Barco madre	Basados en el extranjero	Total	(Porcentaje información bitácora)
		50-100	100-200	200-500				
1971	sets lances	1	38	265	2	3	309	
	hooks anzuelos	140	7856	57233	989	540	66759	79.4
1972	sets lances	0	32	327	1	-	360	
	hooks anzuelos	46	6612	71156	426	-	78240	80.4
1973	sets lances	12	21	466	4	-	503	
	hooks anzuelos	2547	4290	98722	1666	-	107225	71.0
1974	sets lances	6	19	391	1	-	417	
	hooks anzuelos	1151	4003	83894	157	-	89205	78.0
1975	sets lances	0	25	372	2	-	399	
	hooks anzuelos	103	5330	79725	884	-	86043	76.5
1976	sets lances	2	30	499	3	-	532	
	hooks anzuelos	291	5936	109856	1188	-	117271	90.9
1977	sets lances	2	37	560	1	-	600	
	hooks anzuelos	297	7791	124219	568	-	132875	95.2
1978	sets lances	1	42	597	-	-	640	
	hooks anzuelos	229	8778	130999	-	-	140006	93.1
1979	sets lances	3	45	582	0	-	630	
	hooks anzuelos	535	9320	127801	113	-	137769	94.2
1980	sets lances	3	40	583	-	-	627	
	hooks anzuelos	574	8111	129456	-	-	138141	92.2

TABLE 2. Numbers of tagged yellowfin released from purse-seine vessels which travelled various net distances (in nautical miles) during various periods at liberty.

TABLA 2. Cantidades de aleta amarilla marcados y liberados (de barcos cerqueros) que recorrieron varias distancias netas (en millas náuticas) durante varios períodos en libertad.

		0-100 nm mn	101-200 nm mn	201-300 nm mn	301-500 nm mn	>500 nm mn
1-60	days días	144	47	53	13	3
61-180	days días	111	146	316	186	19
181-365	days días	5	4	74	55	13
>365	days días	3	15	23	19	6

TABLE 3. Average weights, in kilograms, of longline-caught bigeye and surface- and longline-caught yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1956-1980. The data for longline-caught yellowfin for 1958-1961, 1962-1963, and 1964-1966 are from Suda and Schaefer (1965a: Table 4), Suda and Schaefer (1966: Table 3), and Kume and Joseph (1966a: Table 2b), respectively.

TABLA 3. Peso promedio en kilogramos, de patudo, capturado con palangre y de aleta amarilla capturado con artes superficiales y palangreras en el Océano Pacífico oriental, 1956-1980. Los datos del aleta amarilla capturado con palangre de 1958-1961, 1962-1963 y 1964-1966, son respectivamente de Suda y Schaefer (1965a: Tabla 4), Suda y Schaefer (1966: Tabla 3) y Kume y Joseph (1966a: Tabla 2b).

Year	Bigeye	Yellowfin		Longline
		Surface		
Año	Patudo	Inside CYRA	Outside CYRA	Palangreras
		Epipelágicas		
		En el ARCAA	Fuera del ARCAA	
1956		9.7		
1957		9.0		
1958	66.4	8.8		60.5
1959	68.9	11.2		57.1
1960	70.5	12.4		57.0
1961	68.0	12.4		55.2
1962	68.9	9.4		55.2
1963	65.8	8.7		45.5
1964	60.1	10.6		44.6
1965	62.6	10.2		51.5
1966	59.3	10.6		52.2
1967	61.2	8.8		42.1
1968	61.0	13.7		41.0
1969	60.0	13.3	26.8	48.3
1970	60.9	14.3	30.8	41.0
1971	60.1	12.6	34.3	47.3
1972	60.0	17.1	29.7	46.4
1973	62.6	14.5	39.1	44.6
1974	65.1	8.3	36.4	46.0
1975	62.7	13.4	33.2	42.6
1976	57.1	14.7	33.5	37.8
1977	56.9	15.9	25.9	41.8
1978	59.0	6.1	30.4	44.3
1979	54.5	7.9	25.7	36.5
1980	63.8	8.3	19.6	42.2

TABLE 4. Correlations between the average weights of surface- and longline-caught yellowfin.
TABLA 4. Correlación entre el peso promedio del aleta amarilla capturado con artes epipelágica y palangreras.

Surface		Longline	Correlation coefficient	Degrees of freedom	Probability
Area	Years	Years			
Epipelágicas		Palangreras	Coeficiente de correlación	Grados de libertad	Probabilidad
Zona	Años	Años			
inside CYRA en el ARCAA	1960-1965	1961-1966	0.942	4	<0.01
inside CYRA en el ARCAA	1958-1980	1958-1980	0.043	21	>0.05
inside CYRA en el ARCAA	1957-1979	1958-1980	0.143	21	>0.05
inside CYRA en el ARCAA	1956-1978	1958-1980	-0.286	21	>0.05
outside CYRA fuera del ARCAA	1969-1980	1969-1980	0.249	10	>0.05
outside CYRA fuera del ARCAA	1969-1979	1970-1980	0.181	9	>0.05
outside CYRA fuera del ARCAA	1969-1978	1971-1980	-0.105	8	>0.05

UN EXAMEN DE LA PESCA PALANGRERA JAPONESA DE
ATUNES Y PECES ESPADA EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL,
1971-1980

por

Naozumi Miyabe¹ y William H. Bayliff

EXTRACTO

Se examina en este informe la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el Océano Pacífico oriental durante 1971-1980, ampliando los estudios hechos por otros investigadores que incluían el período de 1956-1970. Para cada especie se examinan las distribuciones temporales y espaciales del esfuerzo de pesca, captura, abundancia aparente, madurez sexual y composición de talla. Se describe el método de los palangres profundos y se comparan los índices de captura por anzuelo de este arte y del arte convencional palangrero. Se presentan algunas observaciones sobre la interacción de las artes espipelágicas y las palangreras.

INTRODUCCION

Este informe forma parte de una serie preparada por los científicos del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL; anteriormente el Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) y de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) sobre la pesca palangrera japonesa en el Océano Pacífico oriental. Los informes anteriores (Suda y Schaefer, 1965a y 1965b; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1966, 1969a y 1969b; Shingu *et al.*, 1974) analizaron la pesca y ciertos aspectos de la biología de los peces correspondiente al período de 1956-1970; este informe analiza datos similares correspondientes a 1971-1980.

Los informes anteriores trataban solamente de la pesca al este de los 130°W, pero en este informe se amplía y se abarca más hacia el oeste hasta los 150°W, con el fin de coincidir aproximadamente con el límite occidental de la pesca epipelágica del Pacífico oriental. Además, esta zona más extensa facilita el estudio del patudo, que es la especie más importante capturada por la pesca palangrera en el Pacífico oriental.

Los barcos palangreros de la República de China y la República de Corea pescan también atunes y peces espada en el Océano Pacífico oriental (Anónimo, 1981 y 1985), pero sus capturas son muy inferiores a las de los palangreros japoneses. Cerca del 75 por ciento de la captura por peso de los barcos palangreros chinos en el Océano Pacífico, es de albacora, en cambio el patudo es la especie principal capturada por barcos japoneses.

Han ocurrido varios cambios en la pesca palangrera japonesa en el Pacífico oriental durante el período de 1971-1980. En 1963-1975 el esfuerzo de pesca permaneció virtualmente nivelado, de 70 a 100 millones de anzuelos, pero durante 1976-1978, aumentó a unos 140 millones de anzuelos y permaneció a este nivel durante 1979-1980. La captura total también aumentó durante el período de

1. Dirección actual: Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu, Japan

1971-1980, pero no tanto como el esfuerzo. Aumentó el porcentaje de patudo en las capturas, mientras que el de otras especies permaneció aproximadamente igual o se redujo. Esto se debió, al menos en parte, a la mayor concentración de esfuerzo en la región ecuatorial y al uso de "palangres profundos" que pescan más patudo y menos de varias de las otras especies.

Como en el caso de informes anteriores en esta serie, se han examinado para cada especie las distribuciones espaciales y temporales del esfuerzo de pesca, captura, abundancia aparente, madurez sexual y talla. Además, se describe brevemente el método de los palangres profundos y se comparan los índices de captura por anzuelo de este arte y del arte convencional palangrero. Se hacen también, algunas observaciones sobre la interacción de las artes palangreras y epipelágicas.

ORIGEN DE LOS DATOS Y SU PROCESAMIENTO

En este informe se examinan las siguientes especies de atunes y peces espada:

Nombre en español	Nombre en japonés	Nombre en 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>
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	furaikajiji	shortbill spearfish	<i>Tetrapturus angustirostris</i>

Todos los datos usados en este estudio del esfuerzo, capturas palangreras y biología de los peces capturados con palangre se obtuvieron de registros de barcos palangreros japoneses mercantes y de investigación recolectados y tabulados por el FSFRL. Los datos correspondientes a la pesca epipelágica fueron obtenidos de los archivos de la CIAT.

Los datos palangreros de la captura y el esfuerzo se expresan respectivamente como cantidades de peces y de anzuelos, y fueron inicialmente tabulados por meses y zonas de 1 grado. Como los palangres miden cerca de 60-75 millas de longitud, pescan comúnmente, en dos o tres zonas de 1 grado en un solo lance. Se asigna todo el esfuerzo y la captura de un solo lance a la zona de 1 grado que incluye la mayor cantidad de anzuelos, pero no se cree que sea una fuente significativa de error ya que en la mayoría de los análisis se combinaron los datos de muchas zonas de 1 grado para formar nueve (Figura 1) o menos zonas principales. No se tienen datos del esfuerzo y la captura de toda la flota de barcos que pescó en el Pacífico oriental, así que los datos de la captura y el esfuerzo fueron ajustados en forma ascendente al dividirlos por la porción de la flota de la que se obtuvo datos para estimar las capturas y el esfuerzo total (Anónimo, 1973b-1982b). La

parte incluida de los cuadernos de bitácora fluctuó del 71 al 95 por ciento anualmente, durante el período de 1971-1980 (Tabla 1).

Los datos del esfuerzo y la captura casi siempre incluyen información sobre el número de anzuelos por canasto, así que se pueden segregar los datos de los barcos que usan artes con palangres profundos y convencionales para comparar los dos tipos de arte.

En este informe, los datos de longitud de los peces capturados con palangre provienen de las medidas de talla de atunes y peces espada y de los datos del peso de estos últimos. Los atunes se midieron desde la punta del hocico a la horquilla de la cola hasta el intervalo próximo más elevado de 2 cm y los peces espada se midieron desde el margen posterior de la órbita a la horquilla de la cola hasta el intervalo próximo más elevado de 5 cm. Los peces espada fueron pesados ya sea enteros, o sin las agallas y eviscerados hasta el intervalo próximo más elevado de 2 kg (marlín rayado, pez vela y marlín trompa corta) o hasta el intervalo próximo más elevado de 5 kg (pez espada, marlín azul y marlín negro). Los datos del peso de los peces espada fueron convertidos a longitudes, usando las ecuaciones apropiadas peso-longitud de Kume y Joseph (1969b) para el pez espada, marlín rayado, marlín azul, pez vela y marlín trompa corta, y las de Skillman y Yong (1974) para el marlín negro, prorrateando entre las longitudes correspondientes a los intervalos de peso con el fin de suavizar las distribuciones frecuencia-talla. Se obtuvieron los datos referentes al promedio del peso del patudo y del aleta amarilla al convertir cada intervalo de longitud a peso con las ecuaciones peso-longitud de Nakamura y Uchiyama (1966) y al calcular luego el promedio de éstos, ponderándolos por la cantidad de peces en cada intervalo.

Los datos de talla del aleta amarilla capturado por las artes epipelágicas fueron obtenidos de peces medidos desde la punta del hocico a la horquilla de la cola hasta el milímetro más cercano y fueron agrupados hasta el intervalo próximo más bajo de 2 cm (es decir, se incluyeron peces de 500 a 519 mm en el grupo de 500 mm y así sucesivamente). Las cantidades capturadas de aleta amarilla en cada intervalo de 10 cm, en viajes de barcos de la flota epipelágica, de los que se obtuvieron datos de bitácora (cerca del 90 por ciento de todos los viajes) fueron estimadas según los datos de muestreo, estratificados por zona de muestreo (Anónimo, 1982a: Figura 30) y trimestres. El método empleado, diferente al descrito por Shingu *et al.* (1974), no toma en cuenta el hecho de que las cantidades de peces de diferentes barcos, capturadas en un estrato determinado (unidad de muestreo Etapa-1) no son iguales. Además, no se hacen estimaciones de las cantidades de peces capturadas en los estratos en los que no se obtuvieron muestras. Esta última deficiencia, más la resultante de la falta al no obtener datos de bitácora de algunos viajes, hace que sean bajas las estimaciones de las cantidades capturadas de peces. Los datos del promedio del peso se obtuvieron al agregar a cada talla 9.5 mm, convirtiendo estos valores a pesos mediante la ecuación peso-talla de Chatwin (1959) y al calcular los promedios de éstos, ponderándolos por las cantidades de peces en cada intervalo.

Se empleó el índice gonádico, la razón del peso de los ovarios con relación a

un valor proporcional al peso de los peces, para indicar la madurez de los peces. El índice gonádico es estimado por $IG = (W/L^3) \times 10^4$, en donde el IG = índice gonádico, W = peso de la gónada en gramos y L = longitud de los peces en centímetros.

RESULTADOS Y DISCUSION

TENDENCIAS DEL ESFUERZO

En el recuadro superior de la Figura 2 se presenta para todos los océanos, todo el Océano Pacífico y el Pacífico oriental (este de los 150°W), la estimación anual de la cantidad total del esfuerzo de pesca de los palangreros japoneses, expresada en números de anzuelos. Los palangreros japoneses pescaron en el Pacífico oriental por primera vez en 1954. Durante el resto de la década de 1950, el esfuerzo fue inferior a 15 millones de anzuelos, pero luego se incrementó rápidamente a unos 34 millones de anzuelos en 1961 y cerca de 91 millones de anzuelos en 1963. El esfuerzo permaneció aproximadamente en 70 o 100 millones de anzuelos desde 1963 hasta 1975, siendo 1969 y 1973, los años en los que se aplicó más esfuerzo. Luego aumentó el esfuerzo en 1976, 1977 y 1978. Permaneció casi constante a unos 140 millones de anzuelos durante el período de 1978-1980. El promedio del esfuerzo en 1976-1980, fue cerca del 60 por ciento superior al de 1971-1975.

En el recuadro inferior de la Figura 2 se presenta la razón del esfuerzo en el Pacífico oriental con relación al esfuerzo en todo el Pacífico y al esfuerzo en todos los océanos. El incremento del esfuerzo en todo el Pacífico fue superior al del Pacífico oriental durante el período de 1975-1980, debido a que se aplicó más esfuerzo en el Pacífico sudoeste a mediados de la década de 1970 (Anónimo, 1982b). No obstante, la razón del Pacífico oriental aumentó aproximadamente de 0.25-0.30 a 0.35-0.40 con relación a todo el Pacífico, y la razón del esfuerzo en el Pacífico oriental en los años setenta, aumentó de 0.15-0.20 a 0.25-0.30 con relación a todos los océanos. Es evidente, según estos datos, que durante la década de 1970, aumentó la importancia relativa del Pacífico oriental como zona de pesca palangrera.

La capacidad de los palangreros japoneses que pescan en el Pacífico oriental fluctúa de un poco menos de 100 a 500 toneladas métricas brutas. La porción del esfuerzo de barcos de más de 200 toneladas aumentó un poco durante el período de 1971-1980 (Tabla 1). En promedio, menos del 1 por ciento del esfuerzo fue producido por barcos de menos de 100 toneladas, cerca del 7 por ciento por barcos de 100 a 200 toneladas y aproximadamente el 93 por ciento por barcos de 200 a 500 toneladas durante el período de 1971-1980. Los barcos de menos de 200 toneladas han pescado solamente en la parte occidental del Pacífico oriental. Los barcos de 50 a 100 toneladas han pescado en su mayoría en el hemisferio norte al oeste de los 130°W y aquellos de 100 a 200 toneladas han pescado sobre un radio extenso de latitudes, pero sólo al oeste de los 110°W.

El promedio del número de anzuelos por lance aumentó algo durante los años setenta, de 2,150 anzuelos en 1971-1975, a 2,200 anzuelos durante 1976-1980. Este

incremento en el número de anzuelos por lance, evidentemente no fue suficiente para explicar el aumento en el número de anzuelos por año, observado en este período. El incremento en el esfuerzo, en el Pacífico oriental, coincidió con la reducción del esfuerzo en el Océano Indico, así que se cree que el cambio de los barcos del Océano Indico al Océano Pacífico oriental fue en su mayor parte responsable por el aumento en el esfuerzo del Pacífico oriental.

Durante los años setenta muchos barcos japoneses empezaron a pescar con artes palangreras "profundas" las que pescan normalmente a más profundidad que las artes convencionales palangreras. Este método, usado por primera vez en 1974, por barcos pequeños en el Pacífico occidental ecuatorial, fue adoptado rápidamente por una gran parte de la flota palangrera japonesa. Produce mayores capturas de patudo, el que aparentemente habita en aguas más profundas que los otros atunes y peces espada. En la sección titulada *Palangres Profundos* se da más información sobre este tema.

Las zonas de pesca palangreras cubrieron una extensa zona del Pacífico oriental desde los 35°N hasta los 30°S (Figura 3). La distribución del esfuerzo durante 1971-1975 y 1976-1980, fue similar. Se reconocen tres zonas principales de pesca, una banda horizontal entre el ecuador y los 10°N, que se extiende desde los 90° a los 150°W, una banda horizontal entre el ecuador y los 15°S, que se extiende desde los 90° a los 150°W y una zona a la altura del Ecuador y el norte del Perú al este de los 90°W. Hubo concentraciones más pequeñas de esfuerzo al nordeste de Hawai (18° a 35°N al oeste de los 125°W), en las aguas costeras desde Baja California hasta Panamá y frente al Perú y el norte de Chile. Es interesante observar que hubo poco esfuerzo de pesca a lo largo del ecuador, al sur de las Islas Galápagos (cerca a los 0°-90°W) y especialmente en la zona entre los 10° y 20°N al oeste de los 95°W, que es la zona principal de la pesca cerquera de altura (Calkins, 1975; Orange y Calkins, 1981). Suda *et al.* (1969) teorizaron que hay relativamente poco esfuerzo palangrero en la última zona, debido a que la termoclina poco profunda resulta en índices bajos de captura por anzuelo de patudo.

En la Figura 4 se presenta las tendencias temporales del esfuerzo por zona (Figura 1). El esfuerzo se incrementó a fines de los años setenta en las Zonas 2, 3, 4, 5, 8 y 9. El nivel del esfuerzo en las zonas 1 y 6, permaneció más o menos constante a fines de los años setenta, y en la Zona 7, una zona principalmente de peces espada, se redujo el esfuerzo durante el período de 1976-1980.

Los barcos son muy móviles y tienden a pescar en diferentes zonas en diferentes épocas del año, para aprovechar las mejores condiciones de pesca. Evidentemente las diferencias en las condiciones de pesca de las varias especies, varían relativamente poco entre los años, así que en la Figura 5 se han combinado los datos del esfuerzo de 1971-1975 y 1976-1980, y en la Figura 6 se han combinado los datos de 1971-1980. Puede verse según la Figura 5 que el esfuerzo fue casi uniforme durante los cuatro trimestres en todo el Pacífico oriental, pero fue muy elevado en el primero y cuarto trimestre en las Zonas 1, 4 y 5, y también en el segundo y tercer trimestre en las Zonas 2, 3 y 9.

Se puede ver en la Figura 6 las zonas en donde se ha concentrado el esfuerzo, en la banda horizontal entre el ecuador y los 10°N, durante el segundo y tercer trimestre, en cambio en la zona entre el ecuador y los 15°S, las zonas de la concentración del esfuerzo se ven durante el primero y cuarto trimestre. En el último caso, el esfuerzo se concentró al sur de los 10°S durante el cuarto trimestre y al norte de los 10°S durante el primer trimestre. Hubo muy poca pesca al nordeste de Hawai durante el segundo trimestre o frente al sur del Perú y norte de Chile durante el primer trimestre. El esfuerzo en las aguas costeras se concentró a la altura de Baja California durante el segundo y cuarto trimestre y frente al Ecuador y norte del Perú en todos los trimestres.

TENDENCIAS EN LA CAPTURA

La captura total de los palangreros japoneses de atunes y peces espada excedió tres millones en 1963, el año de mayor captura (Figura 7, recuadro superior). Después de esto, se redujo gradualmente, nivelándose a 1.5 millones de peces durante los primeros años de la década de los setenta. Desde entonces, como resultado de un gran aumento en el esfuerzo, las capturas aumentaron, promediando un poco menos de 2 millones de peces durante 1977-1980. Las capturas en ese período fueron casi iguales a las de fines de los años sesenta, cuando el esfuerzo era solamente un 60 por ciento del esfuerzo de 1977-1980 (Figura 2).

Desde 1964, el primer año en que hubo una pesca substancial en la Zona 7, donde parece que los peces espada fueron más abundantes, hasta aproximadamente 1974, la proporción de captura de los peces espada fue bastante elevada comparada con la captura total (Figura 7, recuadro inferior). Cerca del 30 al 40 por ciento de la captura fue de peces espada durante este período, pero durante el período de 1977-1980, los peces espada formaron solamente del 10 al 15 por ciento de la captura total. Esta reducción se debió principalmente a que hubo menos pesca en la Zona 7 y en la Zona 8 entre los 5° y 10°N a fines de la década de los setenta (Figura 4).

El patudo fue el componente más importante en las capturas de atún, siguiéndole el aleta amarilla y la albacora, en ese orden (Figura 8). Cerca del 50 por ciento de la captura de atún fue patudo a comienzos de los años sesenta, pero después de esto la porción de patudo aumentó aproximadamente 70 por ciento. Los porcentajes del aleta amarilla y albacora fueron aproximadamente iguales a principios de la década de 1960, pero después los porcentajes de albacora disminuyeron más que los del aleta amarilla. Los componentes principales de la captura de peces espada fueron el marlín rayado y el pez vela (Figura 8). Los cuadernos de bitácora usados por los barcos palangreros japoneses combinan el pez vela y el marlín trompa corta en la misma columna, así que es imposible separar estas especies en las estadísticas. Sin embargo, cerca del 85 por ciento de la captura de pez vela y marlín trompa corta se obtiene en aguas costeras desde Baja California hasta Panamá, y como en esta zona predomina el pez vela (Kume y Joseph, 1969a) se supone que la mayoría de la captura de pez vela y marlín trompa corta consiste de pez vela. El porcentaje de marlín rayado en la captura de peces espada permaneció aproximadamente 40 por ciento durante el período de

1962-1980. La captura de pez vela y marlín trompa corta aumentó bastante desde 1964 a 1965, permaneciendo cerca del 40 por ciento hasta mediados de los años setenta y luego se redujo a fines de los setenta, formando el 10 por ciento en 1980. La porción de marlín azul y negro en las capturas de peces espada fue elevada (cerca del 35 por ciento) en 1962 y 1963. Después de 1974, la captura de pez espada y de marlín azul y negro aumentó en porcentaje a costa del pez vela y del marlín trompa corta. En el Pacífico oriental se pescó más marlín azul que negro; la captura de marlín negro nunca ha excedido 1.5 por ciento de la captura total de peces espada.

En la Figura 9 se presentan las capturas de varias de las especies en el Pacífico oriental y en todo el Pacífico. Son evidentes las reducciones de albacora, marlín rayado, marlín azul y pez vela. En el Pacífico oriental se obtuvieron porciones importantes de la captura total de patudo, (50-60 por ciento), marlín rayado (60-70 por ciento), pez vela y marlín trompa corta (70-85 por ciento). Las capturas de aleta amarilla fueron más bien constantes en el Pacífico oriental durante el período de 1962-1980, en cambio las capturas de todo el Pacífico aumentaron considerablemente a finales de los años setenta. Por otra parte, la captura de patudo en el Pacífico oriental aumentó durante los años setenta, mientras que el resto del Pacífico permaneció casi igual. Se deduce según esto que los palangreros en el Pacífico oriental concentraron su esfuerzo sobre el patudo y, en menos grado, en peces espada, en cambio aquellos en el resto del Pacífico estaban concentrando su esfuerzo en el aleta amarilla. Aproximadamente una tercera parte de la captura de pez espada y marlín azul fue obtenida en el Pacífico oriental, lo que corresponde a la porción de todo el esfuerzo en el Pacífico que se aplica al Pacífico oriental (Figura 2).

En la Figura 10 se presenta el promedio de la captura anual de los períodos de 1971-1975 y 1976-1980, por zona y especie. La captura total en la Zona 7 fue considerablemente inferior en el segundo período que en el primero, pero en todas las demás zonas la captura fue superior en el segundo período. Las capturas en las zonas 4 y 7 fueron casi iguales durante 1971-1975, pero durante 1976-1980, la captura en la Zona 4 llegó a más de 500,000 peces (27 por ciento del total) y la captura en la Zona 7 fue solamente de unos 55,000 peces (3 por ciento del total). En las Zonas 7 y 8 disminuyeron las capturas de peces espada, las zonas principales de estas especies. Se cree que la reducción en el esfuerzo entre los 5° y 10°N, mencionado anteriormente sea responsable por la disminución en la captura de peces espada en la Zona 8.

En ninguna zona fueron evidentes cambios conspicuos en la composición de la captura. El patudo fue la especie más importante en todas las zonas excepto en las zonas 6 y 7 durante 1971-1980 y en la Zona 9 durante 1971-1975. En todas las zonas al sur de los 10°N la captura de esta especie fue superior durante 1976-1980 que en 1971-1975. La albacora capturada en su mayoría en las Zonas 1, 4 y 9, aumentó también a fines de la década de los setenta. El aleta amarilla disminuyó en la mayoría de las zonas, especialmente en las Zonas 3, 8 y 9, pero aumentó considerablemente en la Zona 4. Cerca del 95 por ciento de la captura

en la Zona 7 fue de peces espada, en su mayoría marlín rayado y pez vela. El aleta amarilla fue la única especie de atún registrada en esta zona.

Se pueden evaluar los cambios en la composición de captura por zona del período 1956-1980, al comparar la Figura 13 en Joseph *et al.* (1974) y la Figura 10 de este estudio. En los primeros años grandes porciones de las capturas en las zonas 4 y 5 eran de albacora, pero el patudo llegó a ser más importante después de mediados de la década de los sesenta.

DISTRIBUCION DE LAS REGIONES DE PESCA POR ESPECIE Y TRIMESTRE

Los informes anteriores en esta serie (Suda y Schaefer, 1965a; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1969a; Shingu *et al.*, 1974; Joseph *et al.*, 1974) usaron mapas de los índices de captura por anzuelo, descritos como capturas por 1000 anzuelos, para estimar la abundancia de las varias especies de atunes y peces espada por zona y temporada. Estos indican zona y tiempo, pero no la profundidad de los anzuelos. Los índices de captura por anzuelo no son necesariamente un estimativo perfecto de la abundancia relativa de una especie particular en diferentes zonas o trimestres. Además, no hay razón de creer que las varias especies son igualmente vulnerables a la captura palangrera, aún en los mismos estratos de zona-tiempo-profundidad, así que basados en los datos de los índices de captura por anzuelo, no puede decirse que una especie es más abundante o menos que otra. Ya se ha declarado que el patudo gasta más tiempo en aguas más profundas que la mayoría de las otras especies, así que la profundidad de los anzuelos puede influir en la composición de las especies en la captura. La vulnerabilidad a la captura de las especies puede variar con la zona, temporada, talla de los peces y también con la profundidad de los anzuelos. No obstante, puede obtenerse información útil según los datos de los índices de captura por anzuelo, así que éstos se grafican por trimestres en las Figuras 11-18. Debe observarse que los valores de las diferentes clases de sombreado no son iguales para las diferentes especies. El examen de las Figuras 11-18 y de las figuras equivalentes de informes anteriores en la serie, revelan que las zonas y las temporadas de las capturas más grandes y pequeñas de las varias especies tienden a permanecer casi iguales, aunque han ocurrido algunos pequeños cambios, debidos probablemente a cambios en las condiciones oceanográficas y a las diferencias en las modas de las faenas de los palangreros. La distribución del esfuerzo y la captura durante 1971-1975 y 1976-1980, fue casi igual (Figuras 2 y 10), a pesar de que a mediados de los años setenta se introdujo el palangre profundo. Puede que esto se deba en parte, a que no todos los anzuelos de las artes palangreras profundas cuelgan a más profundidad que los de las artes palangreras convencionales y, debido en parte, a que los palangres profundos fueron usados principalmente en aguas tropicales en donde la termoclina es comúnmente más profunda y donde el patudo predomina en las capturas realizadas en los trópicos en todas las profundidades. En general, las diferencias en la distribución de las capturas entre el período de 1956-1970 y el período de 1971-1980, fueron superiores a las

diferencias durante el período de 1971-1980. Se combinan, por consiguiente, los datos de todos los años del período 1971-1980, en las Figuras 11-18.

Albacora

La distribución de las capturas de albacora (Figura 11) en el Pacífico oriental fue más bien limitada. No se capturó albacora frecuentemente en la zona al oeste de los 125°W entre los 5°S y 20°N, en la zona al este de los 125°W al norte de los 5°S o en la zona al este de los 80°W.

Se encontraron índices relativamente elevados de captura por anzuelo en la zona al norte de los 25°N y al oeste de los 125°W durante el primero y cuarto trimestre. Esta zona de buena pesca de albacora es la parte más al este de la "región pesquera de albacora en el Pacífico norte" que se extiende hasta la parte meridional del Japón durante el invierno boreal.

En el hemisferio sur los índices de captura por anzuelo fueron más elevados durante el tercer trimestre, como Shingu *et al.* (1974) encontraron fue el caso en 1967-1970. Sin embargo, las dos bandas horizontales (16° a 20°S y 25° a 30°S) del índice elevado de captura por anzuelo, informadas por ellos, no fueron evidentes durante los años de 1970, excepto al este de los 100°W.

Patudo

Los índices de captura por anzuelo de patudo (Figura 12) fueron elevados en la mayor parte del Pacífico oriental, excepto en la zona al norte de los 5°N y al este de los 125°W. Las zonas con índices más elevados de captura por anzuelo se localizaron entre el Ecuador y las Islas Galápagos, durante todo el año, al nordeste de Hawai en la zona entre los 18° y 33°N y 120° y 145°W durante el primer y cuarto trimestre, y frente al sur del Perú y la parte septentrional de Chile en la zona entre los 18° y 25°S y 80° y 90°W durante el tercer y cuarto trimestre.

En la región norte ecuatorial, entre el ecuador y los 10°N, donde hubo un fuerte esfuerzo de pesca, los índices de captura por anzuelo fueron relativamente bajos durante los dos últimos trimestres del año, especialmente en la parte occidental de esta región. La concentración baja de oxígeno en la termoclina y debajo de ésta, puede haber contribuido a los índices bajos en la vecindad de los 10°N (Hanamoto, 1975). Sin embargo, en la región ecuatorial del sur, entre el ecuador y los 15°S, los índices de captura fueron relativamente elevados en la parte occidental de la región durante el año.

La distribución del esfuerzo no coincidió bien con las zonas donde hubo índices elevados de captura por anzuelo de patudo, aun cuando esta especie fue la más importante de los peces capturados por palangreros japoneses. Por ejemplo, es evidente una fuerte concentración de esfuerzo en las aguas ecuatoriales (10°N a 15°S y al oeste de los 110°W) (Figuras 3 y 6), pero los índices de captura por anzuelo de patudo en esta zona no fueron especialmente elevados. Además, aunque los índices de captura de patudo fueron bastante elevados al nordeste de Hawai y frente a la parte meridional del Perú y al norte de Chile, no se aplicó demasiado esfuerzo en estas zonas. Puede que esto se haya debido a que el patudo en la región

ecuatorial puede capturarse durante todo el año y los peces tendieron a ser grandes, en cambio en las latitudes más al norte y más al sur, la aparición de patudo fue más temporal y los peces tendieron a ser más pequeños (Kume, 1979).

Aleta amarilla

Las capturas de aleta amarilla, igual que las de patudo, se distribuyeron ampliamente en el Pacífico oriental (Figura 13), pero los índices de captura por anzuelo de aleta amarilla tendieron a ser inferiores a los de patudo. Durante el año se obtuvieron índices de captura relativamente elevados de aleta amarilla alrededor de las Islas Marquesas (cerca a los 10°S-140°W) y durante los dos últimos trimestres frente al Perú. Esta última región de pesca se encuentra justamente al norte de la región pesquera de patudo que se realiza en los dos últimos trimestres frente a la parte meridional del Perú y al norte de Chile (Figura 12). Sin embargo, los índices de captura del aleta amarilla, en esta zona, fluctuaron extensamente durante los años, siendo más elevados en 1972 y 1975 y más bajos en 1978, 1979 y 1980 (Figura 23, Zona 9). Aparecieron también índices de captura relativamente elevados durante el primer trimestre, cerca a los 5°S-100°W, frente a la América Central y a los 25°N-125°W, pero estos sucesos fueron también esporádicos. En general, los índices de captura por anzuelo tienden a ser más reducidos en el segundo trimestre.

Kume y Joseph (1969a: Figura 6c) y Shingu *et al.* (1974: Figura 8c) encontraron que los índices de captura por anzuelo de aleta amarilla fueron más elevados a lo largo de los 10°N al oeste de los 120°W durante 1964-1966, y a lo largo de los 10°N al este de los 105°W durante 1967-1970. Hubo relativamente poco esfuerzo a lo largo de los 10°N durante el período de 1971-1980 (Figuras 3 y 6), lo que hace que sea más difícil observar una mayor abundancia, si hubiera existido. Además, es posible que las grandes capturas de aleta amarilla realizadas por cerqueros entre los 5° y 15°N (Calkins, 1975; Orange y Calkins, 1981) afectaran los índices de captura por anzuelo de los palangreros. Esto último se examina en la sección titulada *Interacción entre la Pesca Epipelágica y Palangrera de Aleta Amarilla*.

Pez espada

La distribución de los índices elevados de captura por anzuelo de pez espada en 1971-1980 (Figura 14) fue similar a la de 1956-1970 (Joseph *et al.*, 1974), excepto que en el primer período los índices de captura frente al norte de Chile fueron muy inferiores. Hubo índices elevados de captura por anzuelo durante todo el año, frente a Baja California y en el Golfo de California y, en menos grado, entre el Ecuador y las Islas Galápagos. Temporalmente, los índices de captura fueron más elevados a lo largo de los 35°N al oeste de los 140°W durante el primer trimestre, a lo largo de los 10°N al oeste de los 120°W durante los dos últimos trimestres y frente al norte de Chile durante el segundo y tercer trimestre. Los índices elevados de captura en la última zona se deben a las faenas pesqueras realizadas allí solamente en 1978 y 1979.

Marlín rayado

Los índices de captura por anzuelo de marlín rayado en 1971-1980, (Figura 15) fueron similares a los del período de 1956-1970 (Joseph *et al.*, 1974). Fueron más elevados frente a Baja California, en el Golfo de California y al sur de Baja California hasta cerca de los 10°N. La zona con índices elevados de captura se extiende más lejos al oeste durante los dos últimos trimestres. Se encontraron también índices elevados de captura frente al sur de México y en la América Central y cerca a las Islas Galápagos. El examen de los datos del cuarto, primer y segundo trimestre (en ese orden), indica un desplazamiento noroeste a lo largo de las costas de la América Central y México. Los índices de captura por anzuelo fueron también algo superiores en la zona entre los 10° y 15°S y los 85° y 105°W durante los dos primeros trimestres y en la zona entre los 20° y 30°S y 110° y 120°W durante el cuarto trimestre.

Marlín azul

El marlín azul no fue un objetivo en la pesca palangrera japonesa durante los años setenta. Se encontraba ampliamente distribuido en el Pacífico oriental (Figura 16), pero los índices de captura fueron bastante bajos. Hubo índices de captura relativamente elevados frente a la América Central durante el año, en el Golfo de Panamá durante los dos últimos trimestres, al oeste de las Islas Marquesas durante el primer trimestre y cerca a los 25°S-121°W durante el primer trimestre. El último de éstos coincide con una concentración encontrada en la misma zona durante el mismo trimestre por Joseph *et al.* (1974) correspondiente al período 1956-1970. En las aguas ecuatoriales del norte, los índices de captura por anzuelo fueron más elevados al oeste de los 110°W durante el cuarto trimestre.

Marlín negro

Joseph *et al.* (1974) informaron que los índices de captura por anzuelo del marlín negro eran bajos en todas las zonas y este caso se presentó también en 1971-1980 (Figura 17). Se registraron los índices más elevados de captura frente al sur de México durante los dos primeros trimestres y cerca a los 12°S-98°W en el primer trimestre.

Pez vela y marlín trompa corta

Como se mencionó anteriormente, en los cuadernos de bitácora de los barcos palangreros no se separó el pez vela y el marlín trompa corta, pero se supone que los peces capturados a unos pocos cientos de millas de la costa, fueron pez vela y los otros marlín trompa corta. Los índices de captura del pez vela (Figura 18) fueron más elevados durante todo el año desde el Golfo de California hasta el Golfo de Panamá, especialmente a la altura de la parte norte de Centroamérica. Este ha sido el mismo caso en el período de 1956-1970 (Joseph *et al.*, 1974). Los índices más elevados de captura durante los dos últimos trimestres pueden indicar un movimiento desde la parte norte de Centroamérica al Golfo de Panamá durante el verano boreal, como lo indicaron Kume y Joseph (1969a) y Kume (1973). Los índices elevados de captura frente al sur de Perú durante el cuarto trimestre

revelado por los análisis de Joseph *et al.* (1974) no aparecen en los datos de 1971-1980.

Los índices de captura por anzuelo del marlín trompa corta (Figura 18) tendieron a ser más elevados durante el cuarto trimestre a lo largo de los 10°N al oeste de los 120°W y a lo largo de los 20°S al oeste de los 110°W.

TENDENCIAS EN LA ABUNDANCIA RELATIVA APARENTE

En esta sección se emplean las tendencias anuales en los índices de captura por zona del período 1954-1980, para calcular la abundancia relativa de las varias especies de peces. Se examinan además, las tendencias trimestrales del período 1971-1980. En algunos casos se excluyen de las cifras en donde se indican las tendencias trimestrales los datos de zonas con índices de captura por anzuelo muy bajos.

Puede verse en las Figuras 11-18 que los índices de captura por anzuelo no fueron uniformes en zonas extensas geográficas, así que los cambios pequeños en el patrón del esfuerzo de pesca o en la distribución de los peces, pueden influir suficientemente en las capturas como para introducir sesgos significativos en las conclusiones supuestas de los datos referentes a los índices de captura. Este es especialmente un problema en cuanto a los peces espada, ya que las regiones de pesca fueron más limitadas y su aparición más temporal. Se ha tratado de reducir estos sesgos al dividir algunas de las zonas en subzonas para el pez espada, marlín rayado y pez vela más marlín trompa corta. Se seleccionaron los límites de estas subzonas según la información presentada en las Figuras 11-18. Además, existe el problema del cambio del palangre convencional al profundo, iniciado en 1975, que ha causado que los índices de captura por anzuelo de patudo aumentaran y que los del aleta amarilla, marlín rayado y marlín azul se redujeran en la mayoría de las zonas.

Naturalmente, que la condición de los varios stocks de peces, no puede determinarse solamente mediante el examen de los datos referentes a los índices de captura por anzuelo, ya que también se debe prestar atención a la composición de talla de los peces. Esto se hace en otra sección de este informe.

Albacora

En el hemisferio meridional, con excepción posiblemente de la Zona 9, los índices de captura por anzuelo de albacora, declinaron precipitadamente durante los años sesenta y setenta (Figura 19). Puede que ésto se deba a una reducción en la abundancia, a una tendencia de los pescadores de pescar en estratos de zona-tiempo-profundidad, en los que se podría encontrar probablemente más patudo que albacora, o ambas cosas. Hubo en contraste, una tendencia ascendente en los índices de captura por anzuelo en el hemisferio boreal (Zona 1). Se cree que ésto de debió al aumento en el esfuerzo en las regiones de pesca al norte de los 25°N, en donde la albacora era más abundante y no a un aumento en la abundancia de albacora en la Zona 1.

Los índices de captura por anzuelo tendieron a ser más elevados en el primer y cuarto trimestre en la Zona 1 y en los dos últimos trimestres en la Zona 9 (Figura 20).

Patudo

Las tendencias anuales en los índices de captura por anzuelo de patudo fueron descendentes en todas las zonas excepto en la 4 y 6 (Figura 21). Los índices de captura se redujeron precipitadamente a comienzos de la década de 1960, a menos de la mitad de los índices a fines de los años cincuenta, pero después de mediados de la década de 1960, permanecieron relativamente constantes. Parece que debería haber habido una tendencia ascendente a fines de los años setenta debido a la introducción del palangre profundo, pero esto no es evidente, debido posiblemente a que el aumento en la eficacia fue contrarrestado por una reducción en la abundancia. Las fluctuaciones de un año a otro en los índices de captura fueron relativamente leves después de mediados de la década de 1960, en las zonas ecuatoriales, excepto en la Zona 8. Esto se debió probablemente a que las pesquerías en las zonas ecuatoriales, capturaron principalmente peces grandes y, por consiguiente, los grupos de peces de más edad, tenderían a disminuir las fluctuaciones de un año a otro. En contraste, las fluctuaciones de un año a otro fueron mucho más grandes en las latitudes más al norte y más al sur (Zonas 1 y 9), donde se capturaron peces más pequeños, solamente de unos cuantos grupos de edad. Los índices de captura por anzuelo de patudo en la Zona 1, hubieran sido probablemente más elevados si no hubiera sido por el cambio en los últimos años del esfuerzo de pesca, aplicándose a las regiones al norte de los 25°N, en donde la albacora era relativamente abundante y el patudo relativamente escaso.

Kume y Joseph (1969a) y Shingu *et al.* (1974) observaron que los índices de captura por anzuelo durante el período de 1964-1970, fueron superiores en las zonas de altura durante los dos primeros trimestres y superiores en las zonas de bajura en los dos últimos trimestres e indicaron que esto tal vez se deba a las migraciones de los peces. Durante el período de 1971-1980, los índices de captura tendieron a ser más elevados durante los trimestres primero, segundo y cuarto en la Zona 1 y durante los dos últimos trimestres en la Zona 9 (Figura 20). En las otras zonas la temporalidad fue mucho menos marcada, aunque se encontró que hasta cierto punto había en la Zona 2 índices más elevados de captura durante los dos primeros trimestres del año.

En la Figura 22, se presenta la relación entre la captura y el esfuerzo de las Zonas 2-5 y 8 durante 1957-1980. Se escogió esta combinación de zonas para el examen de estos datos, ya que incluyen las regiones principales de pesca de patudo y se cree que si se incluyen datos de otras zonas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo, esto ocultaría cualquier relación que pueda existir entre el esfuerzo y la captura de patudo. Durante 1957-1960, tanto el esfuerzo como la captura fueron bajos, y los índices de captura por anzuelo fueron elevados. Desde 1961 hasta 1964, tanto el esfuerzo como la captura fueron muy superiores a los de 1957-1960. El índice de captura por anzuelo fue algo inferior a 3.0 peces por 100 anzuelos en 1961, reduciéndose a menos de 1.5 pez por 100 anzuelos en

1964. Desde 1964 hasta 1980, el esfuerzo fluctuó entre unos 38 y 114 millones de anzuelos y la captura entre unos 0.37 y 1.07 millones de peces, pero los índices de captura permanecieron casi constantes a 1.0 peces por 100 anzuelos. Es normal que el índice por anzuelo se reduzca al aumentar el esfuerzo y las reducciones modestas no indican necesariamente sobrepesca (desde el punto de vista de reducir el promedio del rendimiento máximo constante). La reducción de los índices de captura por anzuelo a menos de la mitad de lo que eran cuando el esfuerzo era bajo, puede, sin embargo, indicar que la población se ha reducido a un nivel más bajo del necesario para que produzca un promedio de rendimiento máximo constante. Sin embargo, puede que sea significativo que las capturas fueron más del doble durante el período de 1965-1980, en cambio los índices de captura por anzuelo permanecieron más o menos iguales. Puede que esto se deba al hecho de que el patudo, a causa de su precio elevado, fuera especialmente perseguido por los pescadores palangreros. Por ejemplo, la adopción de las artes palangreras profundas a fines de la década de los setenta puede haber mantenido el índice de captura por anzuelo de patudo al mismo nivel, mientras disminuía su abundancia. La duda referente a la interpretación de los datos proviene también del hecho que no se tiene suficiente conocimiento en cuanto a la cantidad de intercambio de los peces entre las zonas de que se trata y las zonas adyacentes.

Atún aleta amarilla

Los índices por anzuelo del aleta amarilla decayeron fuertemente en las Zonas 2, 3, 4 y 5 a principios de los años sesenta (Figura 23), como fue el caso del patudo (Figura 21). Después de mediados de esa década los índices de captura por anzuelo de patudo se nivelaron, pero los del aleta amarilla continuaron reduciéndose. Los índices de captura decayeron también en las Zonas 6, 7 y 8, pero no tan precipitadamente como en las Zonas 2-5. Debe observarse que los índices de captura a fines de los setenta fueron más bajos en las Zonas 3 y 8, que son zonas en las que la pesca epipelágica aplica un gran esfuerzo y se obtienen grandes capturas (Anónimo, 1974a-1975a: Figura 3; 1976a-1981a: Figura 2). El esfuerzo de pesca en la Zona 7 se orienta más hacia los peces espada, así que no se debe prestar mucha importancia al aleta amarilla en esta zona. No hay evidencia de reducción en los índices de captura por anzuelo en las Zonas 1 y 9, las que se encuentran más hacia el norte y hacia el sur. Son evidentes los índices relativamente elevados de captura de 1968, 1972 y 1975, especialmente en las Zonas 8 y 9, pero también en las Zonas 3, 4 y 5.

Shingu *et al.* (1974) indicaron que los índices de captura por anzuelo eran más elevados en las zonas del norte durante los dos primeros trimestres y en las zonas del sur en los dos últimos trimestres. Se observó también esta tendencia en el estudio actual (Figura 20, Zonas 1 y 9). Parece que los índices más elevados de captura se relacionan al reclutamiento de peces más pequeños en la pesca palangrera (Figura 57). En general, parece que decayó la temporalidad de los índices de captura por anzuelo en los años setenta.

La reducción precipitada de los índices de captura por anzuelo del aleta amarilla se debió, tal vez, en su mayor parte, a la reducción en la abundancia de los peces.

En la Figura 24 se presenta la relación entre la captura y el esfuerzo de las Zonas 3, 5 y 8 en 1957-1980. Se seleccionó esta combinación de zonas porque Suzuki *et al.* (1978) concluyeron que existen tres "existencias 'semiindependientes' " de aleta amarilla en el Océano Pacífico, el que se encuentra más hacia el oriente aparece al este de los 120°W. No se incluyeron las Zonas 7 y 9 porque las capturas palangreras de aleta amarilla han sido bajas en la Zona 7 y hubo poca pesca palangrera en la Zona 9 antes de mediados de la década de 1960. El esfuerzo de pesca fue bajo (menos de 10 millones de anzuelos) durante 1957-1961, intermedio (15 a 45 millones de anzuelos) durante 1962-1976 y elevado (más de 45 millones de anzuelos) durante 1977-1980. Se obtuvieron las capturas más bajas en 1957-1960 y en 1978-1980, y las más elevadas durante 1963, 1968, 1969 y 1972. Los índices de captura por anzuelo más elevados (más de 1.0 pez por 100 anzuelos) se obtuvieron durante 1957-1961 y los más bajos (cerca de 0.1 pez por 100 anzuelos) durante 1978-1980. Sin embargo, la declinación en la abundancia a fines de la década de 1970, puede que haya sido menos precipitada de lo que parece que sea el caso en la Figura 23, por dos razones. Primero, se cree que los pescadores trataron de concentrarse en regiones pesqueras dentro de las zonas que eran más productivas de patudo y menos productivas de aleta amarilla. Segundo, el aleta amarilla es menos vulnerable a las artes palangreras profundas que el patudo en zonas en donde la termoclina es relativamente somera. Por ejemplo, Zonas 3 y 5, así que el cambio de las artes palangreras convencionales a profundas a mediados de los años setenta aumentaron los índices de captura de patudo a costa de los índices de captura del aleta amarilla en esas zonas. En las Zonas 2 y 4, donde la termoclina es más profunda y los índices de captura por anzuelo de aleta amarilla son aproximadamente iguales con las artes palangreras convencionales y profundas, parece que hay muy poca o no hay reducción en los índices de captura de aleta amarilla a finales de la década de 1970.

Pez espada

Los índices de captura por anzuelo del pez espada fueron bastante bajos, nunca excediendo 0.1 pez por 100 anzuelos, excepto en las Zonas 7 y 8 (Figura 25). Parece que no ha habido tendencias ascendentes o descendentes en ninguna de las zonas. Las fluctuaciones de un año a otro en la Zona 7 fueron relativamente grandes, debido a que había regiones separadas de pesca de pez espada y marlín rayado en esta zona y los pescadores han cambiado frecuentemente de una región pesquera a otra de acuerdo a la especie que prefieren pescar por un tiempo determinado. Para reducir este efecto, se dividió la Zona 7 en dos subzonas, 7a al norte de los 20°N y 7b al sur de los 20°N. En la Figura 25 se presentan también los índices de captura por anzuelo de la Subzona 7a, donde el pez espada es más importante. Se puede ver que las fluctuaciones de un año a otro en los índices de captura por anzuelo son inferiores a los de toda la Zona 7.

Joseph *et al.* (1974: Figura 11) indicaron que durante el período de 1956-1970, los índices de captura por anzuelo frente a México fueron más elevados durante el primer y cuarto trimestre y que hubo poca temporalidad en los índices de captura frente a la parte norte de Sudamérica. Durante el período de 1971-1980, los índices de captura por anzuelo fueron más elevados durante el primer trimestre y más

bajos durante el tercer trimestre tanto en las Zona 7 como en la Subzona 7a (Figura 20). En la Zona 8 hubo muchos menos cambios temporales en los índices de captura, lo que se debió probablemente a que los pescadores aplicaron su esfuerzo hacia otras especies.

Kume y Joseph (1969a) informaron que a mediados de los años sesenta, especialmente frente a Baja California, el pez espada era capturado "de noche con artes específicamente aparejadas para la pesca de peces espada". No se obtuvo otra información sobre este tipo de pesca para este estudio.

Marlín rayado

No son evidentes tendencias en los índices de captura por anzuelo del marlín rayado, excepto en las Zonas 8 y 9, donde las tendencias son descendentes (Figura 26). Los índices de captura fueron más elevados en las zonas más al oriente 7, 8 y 9 especialmente en la Zona 7. Para estudiar más detalladamente la pesca de marlín rayado, se crearon dos zonas nuevas, 7-1 y 7-2 (Figura 1, insertada). Los índices de captura fueron más elevados en la Zona 7-1 que en la Zona 7-2 y los índices de captura por anzuelo en la Zona 7-1 en 1979, fueron superiores a los de cualquier otro año. Puede que haya habido una leve tendencia descendente en los índices de captura en la Zona 7-2.

Joseph *et al.* (1974) y Shingu *et al.* (1974) informaron que durante el período de 1956-1970, los índices de captura por anzuelo fueron más elevados al norte durante el verano boreal y al sur durante el verano austral. Durante el período de 1971-1980, los índices de captura por anzuelo fueron más elevados en la Zona 7-1 durante los dos últimos trimestres del año y en las Zonas 7-2 y 9 durante los dos primeros trimestres (Figura 20). Hubo menos fluctuaciones temporales durante 1971-1980, que durante los años anteriores.

Marlín azul

Las tendencias en los índices de captura por anzuelo de marlín azul fueron descendentes en todas las zonas (Figura 27). En las Zonas 4 y 6 los índices de captura fueron más de un pez por 100 anzuelos durante un breve período a fines de los años cincuenta.

Joseph *et al.* (1974) indicaron que los índices de captura por anzuelo en 1956-1970, fueron más elevados al norte del ecuador durante el verano boreal y más elevados al sur del ecuador durante el verano austral. En el período de 1971-1980, los índices de captura fueron más elevados en las Zonas 2 y 3 durante los dos últimos trimestres y más elevados en las Zonas 4 y 5 durante los dos primeros trimestres (Figura 20). Esto puede indicar migraciones temporales de los peces entre esos dos grupos de zonas.

Marlín negro

Los índices de captura por anzuelo de marlín negro fueron bajos en todas las zonas y decayeron en todas las zonas excepto en la 1 y 7 (Figura 28).

Los índices de captura fueron más elevados en las Zonas 2 y 3, durante los dos últimos trimestres (Figura 20).

Pez vela y marlín trompa corta

Como se mencionó anteriormente, el pez vela y el marlín trompa corta no se separaron en los cuadernos de bitácora de las embarcaciones palangreras, pero se supone que los peces capturados en unos pocos centenares de millas de la costa fueron pez vela y los otros marlín trompa corta. Por consiguiente, en esta discusión se supone que los peces capturados en las Zonas 7, 8 y 9 eran pez vela. Es evidente la merma en los índices de captura por anzuelo después de mediados de la década de los sesenta en todas las tres zonas, con excepción del aumento de los índices de captura en la Zona 7 durante 1977-1979 (Figura 29). Los índices de captura más elevados en esos tres años se debieron a un cambio del esfuerzo de las regiones de marlín rayado en la parte noroeste de la Zona 7 a las regiones de pez vela en la parte sudeste de esa zona. Con el fin de estudiar la pesca del pez vela más detalladamente, se crearon dos zonas nuevas, 7-1 y 7-2 (Figura 1, inserto). Los índices de captura fueron más elevados en las Zona 7-2 que en la Zona 7-1 y solamente es evidente una merma en los índices de captura por anzuelo de la Zona 7-2.

Kume (1973) y Shingu *et al.* (1974) informaron que los índices de captura por anzuelo del pez vela eran más elevados durante el cuarto y el primer trimestre, especialmente este último. Esto no es evidente en las Zonas 7-1 y 7-2 en los datos de 1971-1980 (Figura 20).

Suponiendo que las capturas en las zonas de altura fueron en su mayoría de marlín trompa corta, parece que antes de mediados de los años setenta, la abundancia de esta especie había aumentado en las Zonas 1, 4, 5 y 6 y que permaneció aproximadamente al mismo nivel en las Zonas 2 y 3 (Figura 29). Después de mediados de los años setenta, se redujo en todas las seis zonas.

PALANGRES PROFUNDOS

Los palangres profundos son examinados por Saito (1973 y 1975), Suzuki *et al.* (1977) y Suzuki y Kume (1982). Este método de pesca fue introducido en 1974, por los pequeños barcos palangreros japoneses en el Pacífico occidental ecuatorial. Las artes palangreras convencionales y profundas son esencialmente iguales, excepto por la longitud del cabo principal por canasto y el número de anzuelos por canasto, es decir, entre dos flotadores. El número de anzuelos por canasto fluctúa de 4 a 15, pero Suzuki *et al.* (1977) y Suzuki y Kume (1982) consideraron que los palangres convencionales y los profundos eran aquellos que tenían respectivamente de 4 a 6 anzuelos y aquellos con 10 o más anzuelos por canasto y se sigue en este informe con esta regla convencional. Los cabos principales de ambos tipos de arte cuelgan de los flotadores aproximadamente en el mismo ángulo, así que los anzuelos cerca de los flotadores pescan casi a la misma profundidad, pero los anzuelos medios de los palangres profundos pescan a más profundidad que cualquiera de aquellos de las artes convencionales (Suzuki *et al.*, 1977: Figura 2). Hanamoto (1974) encontró que el patudo se captura con más frecuencia con los anzuelos profundos de los palangres convencionales y Saito (1975) informó que los índices de captura de patudo en experimentos con palangres verticales fueron considerablemente superiores a aquellos de los palangres

convencionales. Suzuki *et al.* (1977: Figura 3) emplearon información obtenida de los cuadernos de bitácora para comparar los índices de captura por anzuelo de las artes palangreras convencionales y profundas de barcos con base en el puerto de Yaizu. Observaron que los índices de captura por anzuelo de los palangres profundos era superiores para el patudo e inferiores en cuanto a la mayoría de los otros atunes y peces espada. Suzuki y Kume (1982) compararon los índices de captura por anzuelo de patudo de las artes palangreras convencionales y profundas, empleando los datos de pescas palangreras japonesas en el Océano Pacífico e Índico durante 1975-1979. Ese informe incluye mapas en los que se presenta la distribución de las regiones de pesca en donde los palangres convencionales y profundos son más eficaces y formularon la hipótesis que explica las razones de esto. En breve, el patudo se encuentra a temperaturas más bajas que la mayoría de las otras especies de atunes y peces espada, así que los palangres profundos son más eficaces que los convencionales, en donde la termoclina es más profunda.

En los últimos años ha aumentado la demanda de sashimi y como se prefiere el patudo a la mayoría de las otras especies para sashimi, no es sorprendente que hayan aumentado los palangres profundos para aprovechar el precio elevado pagado por el patudo. Los palangreros japoneses de gran porte empezaron a pescar en el Pacífico ecuatorial oriental con artes palangreras profundas tan temprano como en 1975.

Esfuerzo palangrero profundo

Se tienen datos del número de anzuelos por canasto de aproximadamente 95 por ciento del esfuerzo registrado correspondiente al período de 1975-1980. Se tabuló el número de anzuelos por canasto usado por cada barco y cada mes en cada zona de 5 grados. En la Figura 30, se compendian estos datos de todas las zonas combinadas. En 1975, solo cerca del 4 por ciento del esfuerzo fue realizado por palangres profundos, pero esta porción aumentó fuertemente durante el período de 1976-1978 y en 1980 llegó a más del 60 por ciento. La proporción de barcos con artes intermedias (7 a 9 anzuelos por canasto) fue superior en 1976, 1977 y 1978 que en 1975, pero luego decayó en 1979 y 1980.

En la Figura 31, se presenta la porción del esfuerzo total palangrero por zona y año, representante del esfuerzo con palangres profundos. Los palangres profundos fueron introducidos en la parte occidental del Pacífico oriental en aguas ecuatoriales y en 1980, llegó a ser el método dominante de pesca entre los 20°S y 20°N al oeste de los 95°W. Los palangres convencionales han predominado al sur de Baja California, al norte de los 20°N y frente al Perú y el norte de Chile. La termoclina es menos profunda al sur de Baja California, las aguas son más frías y la formación de la termoclina es temporal al norte de los 20°N y frente al Perú y el norte de Chile.

Comparación de los índices de captura por anzuelo de las artes palangreras convencionales y profundas

Patudo

En la Figura 32 se presentan los índices de captura por anzuelo de patudo por las artes palangreras convencionales y profundas en siete zonas durante el período de 1975-1980. Los índices de captura por anzuelo de las artes palangreras profundas fueron del 10 al 30 por ciento superiores en las zonas ecuatoriales (2, 3, 4, 5 y 8) e inferiores en un 20 a 35 por ciento en las Zonas 1 y 9. En la Figura 33 se presenta para 1975-1980, la distribución de las proporciones de los índices de captura de las artes palangreras profundas con relación a las convencionales. Es evidente que las artes palangreras profundas fueron más eficaces entre los 10°N y 10°S y entre los 110° y 140°W. Sin embargo, vale la pena mencionar, que hubo poca constancia entre los años con respecto a las zonas de 5 grados en las zonas más grandes en las que las artes profundas palangreras fueron más eficaces.

Aleta amarilla

En la Figura 34 se presentan los índices de captura por anzuelo de aleta amarilla por artes convencionales y profundas en siete zonas, durante el período de 1975-1980. Los índices de captura de las artes palangreras profundas fueron del 10 al 20 por ciento más bajos en todas las zonas, excepto en la Zona 4. En esa zona y en la Zona 2 (ambas de altura) los índices de captura de los dos tipos de arte fueron muy próximos. En la Figura 35 se presenta para 1975-1980, la distribución de las proporciones de los índices de captura por anzuelo de las artes palangreras profundas con relación a las convencionales. La aparición de zonas con mejor pesca correspondiente a las artes palangreras profundas fue ocasional y hubo poca consistencia entre los años.

Otras especies

Con referencia a otras especies se consideran solamente las zonas ecuatoriales (2-5 y 8) en este informe, para evitar así el sesgo causado por el hecho de que hubo poco esfuerzo palangrero profundo en las otras zonas (Figura 31). En la Figura 36 se indican para el período de 1975-1980, los índices de captura por anzuelo de las artes palangreras convencionales y profundas de las otras especies.

Albacora

Los índices de captura por anzuelo de albacora fueron más elevados para las artes palangreras profundas en la Zona 4 y para las artes convencionales en la Zona 5. Esto puede ser porque la termoclina es más profunda en la Zona 4 que en la 5 (Wyrcki, 1964), así que los peces aparecen a mayor profundidad en la Zona 4.

Pez espada

Los índices de captura de pez espada fueron más elevados para las artes palangreras profundas en todas las zonas, pero parece que sólo en la Zona 8 las diferencias fueron significativas en todos los años. La gran eficacia de las artes

palangreras profundas en 1975, es aparentemente el resultado de haberlas usado solamente en unas pocas zonas en donde los palangres profundos son especialmente eficaces.

Marlín rayado y marlín azul

Los resultados del marlín rayado y el marlín azul son similares. En las zonas que se encuentran más al oeste (2 y 4) los índices de captura por anzuelo de los dos tipos de arte fueron próximos el uno al otro, pero en las zonas más cercanas a la costa (3, 5 y 8) las artes palangreras convencionales fueron superiores. Estos resultados son similares a los observados para la albacora y la superioridad de las artes convencionales en las zonas más cercanas al litoral puede que se deba a la poca profundidad de la termoclina en esas zonas, como se racionó para el albacora.

Pez vela y marlín trompa corta

Parece que para el pez vela y el marlín trompa corta las artes palangreras convencionales han sido más eficaces en las zonas de bajura (3 y 8), mientras que los dos tipos de arte fueron aproximadamente iguales más lejos mar afuera (Zonas 2, 4 y 5). De nuevo ésto puede atribuirse a la profundidad de la termoclina.

Los índices de captura de patudo en el Pacífico oriental de las artes palangreras profundas fueron superiores a las de las artes palangreras convencionales, en cambio, fue lo contrario en el caso del aleta amarilla, el marlín rayado y el marlín azul. Estos resultados son similares a los obtenidos por Suzuki *et al.* (1977: Figura 5 y Tabla 3) en el Pacífico ecuatorial central y occidental. Sin embargo, para el pez espada, pez vela más el marlín trompa corta, las artes palangreras profundas fueron relativamente mejores en el Pacífico oriental que en el Pacífico occidental y central (con excepción del pez vela y el marlín trompa corta en la Zona 8). Es difícil con los datos que se tienen, juzgar la eficacia relativa de los dos tipos de arte en cuanto a la albacora en el Pacífico oriental, central y occidental.

El desarrollo de los palangres profundos es extremadamente importante desde el punto de vista de obtener índices de la distribución de los peces. Sin embargo, debe recordarse que los anzuelos de las artes palangreras profundas que se encuentran más cerca a los flotadores, pescan aproximadamente a la misma profundidad que los anzuelos de las artes palangreras convencionales y que la profundidad de los anzuelos más alejados de los flotadores pueden a veces encontrarse a menos profundidad de lo esperado debido a las corrientes. Además, los peces pueden quedar enganchados cuando se están poniendo las artes en el agua o se están recobrando, en tal caso los peces serían capturados más cerca a la superficie que de otra manera no sería el caso, (ésto, sin embargo, de acuerdo a Saito (1973), ocurre rara vez). Estos factores junto con el hecho de que muchas veces las condiciones oceanográficas varían considerablemente en las zonas más pequeñas que las empleadas en este informe, hace que sea difícil el análisis de la distribución horizontal y vertical de los peces.

MADUREZ

La mayoría de los investigadores que trabajan con atunes han usado solamente hembras en los estudios, basados en índices gonádicos, pero Shingu *et al.* (1974) y Suzuki *et al.* (1978) utilizaron también datos de machos (manteniendo separados los datos de los sexos). En este estudio se emplean sólo los datos de las hembras. Aunque el índice gonádico se ha utilizado en muchos estudios, es solamente una medida burda de la madurez. Por ejemplo, los peces con los mismos índices gonádicos puede que estén madurando o que en parte hayan desovado. Sin embargo, a pesar de esta inseguridad, los índices gonádicos pueden utilizarse para obtener una idea general de la zonas y tiempos de desove cuando se tienen muestras adecuadas.

En este estudio se tuvieron grandes cantidades de datos de patudo y aleta amarilla, pero mucho menos cantidad de datos de los peces espada. La mayoría de los datos son de peces capturados entre los 10°N y 20°S y al oeste de los 100°W, que corresponde a la zona principal de la pesca palangrera en la parte occidental del Océano Pacífico oriental.

La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en las Figuras 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49 y 51. El promedio de los índices gonádicos por zona de 5 grados y trimestre o año se presenta en las Figuras 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50 y 52. Los índices gonádicos bajos en una zona de 5 grados y en un estrato de tiempo, indican una preponderancia de peces inmaduros, pero no necesariamente la ausencia de peces maduros. Con referencia a varias especies (*ej. dado* Kikawa, 1961 y 1962) se ha indicado que la proporción de peces maduros con relación a los inmaduros aumentó marcadamente para peces que sobrepasaban cierta talla. Por consiguiente, cuando se trata de estimar el tiempo y las zonas de desove, es deseable eliminar los datos de peces inferiores a esas tallas. Los puntos divisorios designados en este estudio son los siguientes: patudo y aleta amarilla, 120 cm; pez espada y marlín rayado, 150 cm; marlín azul y marlín negro, 180 cm. Sin embargo, no se designaron puntos divisorios para el pez vela o el marlín trompa corta ya que la maduración de estos peces no cambia con el aumento de talla (Figuras 49 y 51).

Patudo

La madurez del patudo en el Pacífico oriental ha sido estudiada por Kikawa (1961, 1962 y 1966), Kume y Joseph (1966 y 1969a), Kume (1969a, 1969b y 1979), Shingu *et al.* (1974) y Hisada (1979). Kikawa (1961) y la mayoría de los científicos siguientes han considerado las hembras con índices gonádicos de 3.1 o más como maduras y esta regla convencional se sigue en este informe. Kikawa (1961, 1962 y 1966) informó que la incidencia de peces maduros aumentó bastante del Pacífico occidental al oriental y que los peces maduros aparecieron en su mayoría en la región ecuatorial entre los 10°N y 10°S. Declaró en su estudio de 1966, que la incidencia de peces maduros fue superior al norte del ecuador durante abril-mayo y al sur del ecuador durante febrero-marzo. Kume y Joseph (1966) indicaron que la incidencia de peces maduros fue más elevada entre el ecuador y los 10°N al oeste de los 95°W, especialmente durante los tres primeros trimestres y entre

los 5° y 15°S al oeste de los 105°W, durante los dos primeros trimestres. Observaron una correlación positiva entre la incidencia de peces con índices gonádicos elevados y la temperatura de la superficie del mar. Kume (1969a) informó la presencia de peces maduros entre los 16° y 28°N al este de los 180° durante el segundo trimestre. Kume (1969b) encontró también que la incidencia de peces maduros aumentaba del Pacífico occidental al oriental. Sugirió que los peces sexualmente inmaduros se encuentran en las aguas más frías del Pacífico oriental. Kume y Joseph (1969a), informaron una incidencia mayor de peces maduros entre los 5° y 15° que entre el ecuador y los 5° a ambos lados del ecuador. Dijeron que la incidencia de peces maduros es más elevada al norte del ecuador durante el segundo y tercer trimestre y al sur del ecuador durante los dos primeros trimestres. Observaron además, que en la vecindad de las Islas Galápagos la mayor incidencia de peces maduros ocurría durante el primer y cuarto trimestre. Shingu *et al.* (1974) indicó una incidencia elevada de peces maduros entre los 10°N y los 10°S, tan lejos al este como los 85°W al norte del ecuador y a los 100°W al sur del ecuador. No fueron evidentes máximos temporales, aunque la incidencia de peces maduros fue algo más elevada durante los dos primeros trimestres. Todas las zonas con incidencias elevadas de peces maduros se localizaron entre las isotermas con una temperatura superficial del mar de 24°C. Kume (1979) mencionó que los patudos encontrados en la vecindad de los 30°N eran peces inmaduros que se estaban desplazando hacia las regiones de desove en aguas ecuatoriales. Hisada (1979) informó una incidencia inferior de peces maduros en la región ecuatorial al oeste de los 110°W entre los 4°N y 4°S. Declaró que la incidencia de peces maduros es mayor en donde la isoterma de 24°C se extiende por lo menos 50 m bajo la superficie.

Este estudio se basa en 8,539 hembras, de las cuales 4,785 medían más de 120 cm. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 37. De las 4,785 hembras de más de 120 cm en talla, 2,016 o sea el 42.1 por ciento, tenían índices gonádicos de 3.1 o más. Los peces maduros más pequeños se encontraban clasificados en la talla de 81-90 cm (Figura 37). El índice gonádico más grande encontrado fue 16.86, de un pez de 163 cm con gónadas que pesaban 7,300 g.

Las distribuciones por tiempo y zona de hembras en varios estadios normales de madurez se presentan en la Figura 38. La incidencia de peces maduros fue elevada en la región ecuatorial entre los 15°N y 15°S durante todo el año, aunque parece que disminuyó algo durante el cuarto trimestre, especialmente al norte del ecuador.

Aleta amarilla

La madurez del aleta amarilla en el Pacífico oriental 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) y Suzuki *et al.* (1978). Kikawa (1962) y la mayoría de los científicos siguientes, han considerado que las hembras con índices gonádicos de 2.1 o más son maduras y se sigue en este estudio esta regla convencional. Schaefer y Orange (1956)

informaron la presencia de peces maduros cerca a las Islas Revillagigedo (cerca a los 19°N-111°W) desde mayo a septiembre y frente a la América Central durante todo el año. Los resultados de Orange (1961) estuvieron de acuerdo con lo anterior. Además, indicó la presencia de peces maduros alrededor de las Islas Galápagos durante el cuarto trimestre y cerca a la Isla de Cocos (5°32'N-86°59'W). Declaró que la talla de primera madurez es cerca de 50 cm a la altura de la América Central y cerca de 70-80 cm cerca de las Islas Revillagigedo. Kikawa (1959, 1962 y 1966) informó una gran incidencia de peces maduros al oeste de los 125°W entre el ecuador y los 10°N, principalmente durante los dos últimos trimestres, y al oeste de los 100°W entre el ecuador y los 10°S durante todo el año. Kume y Schaefer (1966) informaron que habían aparecido peces maduros entre los 10°N y 10°S. La incidencia de peces maduros fue más elevada mar afuera (95° a 130°W) durante los tres primeros trimestres y se encontraron peces maduros al este de los 90°W durante el cuarto trimestre. Kume y Joseph (1969a) informaron incidencias elevadas de peces maduros entre los 10°N y 10°S, apareciendo algunos de los peces maduros al norte de los 15°N y al sur de los 15°S. Parece que la incidencia de peces maduros en la zona al oeste de los 95°W fuera mayor durante el segundo trimestre e inferior durante el cuarto trimestre. Al este de los 95°W parece que fuera superior durante el primer y cuarto trimestre, pero no se obtuvieron datos del segundo trimestre. Shingu *et al.* (1974) informaron 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) indicó que la incidencia de peces maduros es más esporádica cerca a la costa que más lejos mar afuera. Suzuki *et al.* (1978) compararon los índices gonádicos de los peces capturados con palangre y redes de cerco de los mismos grupos de talla, capturados en las mismas zonas e indicaron que los índices gonádicos de los peces capturados con redes de cerco eran consistentemente más elevados. Declararon que este fenómeno podía ser explicado por la hipótesis de Hisada (1973), de que el aleta amarilla maduro busca temperaturas de más de 26°C.

Este estudio se basa en 5,212 hembras, de las cuales 3,035 medían más de 120 cm. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 39. De las 3,035 hembras de más de 120 cm en talla, 563 o sea el 18.6 por ciento, tenían índices gonádicos de 2.1 o más. El pez maduro más pequeño fue clasificado en la talla de 71- a 80-cm (Figura 39). El índice gonádico más grande encontrado fue 10.19, de un pez de 120 cm con gónadas que pesaron 1,760 g.

En la Figura 40 se presenta la distribución por tiempo y zona de hembras en varios estadios de madurez. La incidencia de peces maduros fue elevada en la región ecuatorial entre los 15°N y 5°S durante el segundo y tercer trimestre. Se tienen, sin embargo, relativamente pocos datos del primer y cuarto trimestre.

Pez espada

La madurez del pez espada en el Pacífico oriental ha sido estudiada por Kume y Joseph (1969b), Shingu *et al.* (1974), y Weber y Goldberg (1986); Matsumoto y Kazama, Nishikawa y Ueyanagi (1974), y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) han estudiado la distribución de las larvas y juveniles del pez espada. Kume y Joseph

(1969b) y Shingu *et al.* (1974) consideraron que las hembras con índices gonádicos de 3.0 o más eran maduras. La Tabla 1 de Uchiyama y Shomura (1974) enumera 16 hembras del Pacífico central, de las cuáles tres estaban maduras. Estas tenían índices gonádicos de 6.72 a 8.78, así que para este estudio solo se considerarán como maduras hembras con índices gonádicos de 7.0 o más. Yabe *et al.* (1959) y Kume y Joseph (1969b), informaron casos de hembras con índices gonádicos de 3.0 o más al oeste de los 98°W entre los 12°N y 31°S. Kume y Joseph declararon que parecía que los peces maduros eran más abundantes en las latitudes norte de marzo a julio y en las latitudes sur alrededor de enero. Los peces maduros más pequeños que encontraron medían 139 cm. Shingu *et al.* (1974) observaron durante todo el año una incidencia promedio de índices gonádicos de 3.0 o más al oeste de los 95°W entre los 10°N y 30°S. Declararon que sus datos podían "indicar que la reproducción se limita a aguas... mar afuera", pero comentaron sobre la falta de muestras de las aguas costeras frente a México, en donde se lleva a cabo la pesca comercial. Weber y Goldberg (1986) no encontraron peces con índices gonádicos de 3.0 o más entre las 67 hembras muestreadas frente a California meridional. Matsumoto y Kazama (1974) registraron la captura de cuatro larvas o juveniles al oeste de los 130°W entre los 5°N y 20°S. Nishikawa y Ueyanagi (1974) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) anotaron muchas más larvas, la mayoría de ellas en aguas ecuatoriales al oeste de los 120°W. Todas éstas fueron encontradas en aguas en donde la temperatura superficial excedía los 24°C.

El estudio actual se basa en 694 hembras, de las cuales 468 midieron más de 150 cm. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 41. De las 468 hembras con longitudes de más de 150 cm, 102 o sea el 21.8 por ciento, tenían índices gonádicos de 7.0 o más grandes. El índice gonádico más grande encontrado fue de 21.71, de un pez de 195 cm con gónadas que pesaban 16,100 g.

La distribución por tiempo y zona de los peces en varios estadios de madurez se presenta en la Figura 42. Se encontró al oeste de los 110°W entre los 10°N y 30°S un promedio de índices gonádicos de 7.0 o más. La incidencia de peces maduros fue superior durante el primer y cuarto trimestre, pero durante el segundo y tercer trimestre se encontró un promedio de los índices gonádicos de 7.0 o más entre los 145° y 150°W.

Marlín rayado

La madurez del marlín rayado en el Pacífico oriental ha sido estudiada por Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Eldridge y Wares (1974) y Shingu *et al.* (1974); Howard y Ueyanagi (1965) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) han estudiado la distribución de las larvas y postlarvas del marlín rayado. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) consideraron que las hembras con índices gonádicos de 3.1 o más eran maduras y se siguió en este estudio esta regla convencional. Howard y Ueyanagi (1965) informaron que aparecieron peces maduros entre los 20° y 30°S y los 130° y 140°W. Shiohama (1969) registró grandes concentraciones de peces maduros entre los 15° y 20°N y 110° y 120°W y entre los 10° y 25°S y 120° y 130°W. Kume y Joseph (1969b)

encontraron casos de peces maduros frente a México durante el segundo y tercer trimestre, a la altura de la América Central durante el primer y cuarto trimestre, y entre los 10° y 25°S y 120° y 130°W durante el primer, segundo y cuarto trimestre. Eldridge y Wares (1974) declararon que cerca a las Islas Revillagigedo, aparecían en julio marlines rayados maduros. Shingu *et al.* (1974) registraron concentraciones elevadas de peces maduros entre los 25° y 30°S durante el primer y cuarto trimestre. 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) informaron que encontraron larvas y postlarvas cerca a los 20°S-142°W. Matsumoto y Kazama (1974) comentaron acerca del hecho que en los reconocimientos no habían encontrado larvas de marlín rayado, a pesar de que ésta es la especie predominante de los peces espada capturada comercialmente en Hawaii.

El estudio actual se basa en 1,493 hembras, de las cuales 1,304 midieron más de 150 cm. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 43. De las 1,304 hembras de más de 150 cm, 22 o sea el 1.7 por ciento, tenían índices gonádicos de 3.1 o más. El índice gonádico más grande encontrado fue de 11.29, de un pez de 196 cm con gónadas que pesaban 8,500 g.

La distribución en tiempo y zona de hembras en varias etapas de madurez se presenta en la Figura 44. Las concentraciones más grandes de peces maduros se encontraron frente a México durante los últimos tres trimestres y al sur de los 20°S durante el primer y cuarto trimestre.

Marlín azul

La madurez del marlín azul en el Pacífico oriental ha sido estudiada por Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974); Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) han estudiado la distribución de larvas, postlarvas y juveniles de marlín azul. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b) consideraron que las hembras con índices gonádicos de 3.1 o más eran maduras y se continúa en este estudio con esta regla convencional. Shiohama (1969) registró concentraciones elevadas de peces maduros entre los 120° y 130°W, especialmente entre los 20° y 25°S. Kume y Joseph (1969b) encontraron en el primer trimestre, casos de peces maduros entre los 5°N y 25°S y 125° y 130°W, en el segundo y tercer trimestre entre el ecuador y los 10°N y 110° y 125°W y en el cuarto trimestre entre los 20° y 25°S y 120° y 130°W. Shingu *et al.* (1974) anotaron durante el cuarto trimestre grandes concentraciones de peces maduros entre los 25° y 30°S y los 110° y 115°W. Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) informaron la aparición de larvas, postlarvas y juveniles entre los 20°N y 20°S al oeste de los 130°W.

Este estudio se basa en 773 hembras, de las cuales 598 midieron más de 180 cm. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 45. De las 598 hembras de más de 180 cm en talla, 30 o sea el 5.0 por ciento, tenían índices gonádicos de 3.1 o más. El índice gonádico más grande encontrado fue 10.36 de un pez de 249 cm con gónadas que pesaban 16,000 g.

La distribución por tiempo y zona de las hembras en varias etapas de madurez se presenta en la Figura 46. Se encontraron grandes concentraciones de peces maduros al sur de los 20°S durante el primer trimestre y lejos mar afuera entre los 10°N y 15°S durante los tres últimos trimestres.

Marlín negro

La madurez del marlín negro en el Pacífico ha sido estudiada por Ueyanagi (1960) y Shingu *et al.* (1974). Ueyanagi (1960) informó que de las 74 hembras muestreadas en el Mar del Coral en noviembre de 1956, 8 tenían gónadas que pesaron de 2 a 5 kg, 31 tenían gónadas que pesaban de 5 a 10 kg y 35 tenían gónadas que pesaron más de 10 kg. Declaró que ocurre un desove intenso en la parte noroeste del Mar del Coral, especialmente durante octubre y noviembre. Dijo que las tallas de primera madurez son aproximadamente 140 cm para los machos y 200 cm para las hembras, que la mayoría de los peces de más de 230 cm son hembras y que los ovarios maduros pesan probablemente más de 1 kg. Shingu *et al.* (1974) informaron que en el Pacífico oriental son raras las hembras que tengan ovarios que pesen más de 1 kg y que no se encontraron peces con índices gonádicos de más de 1.0.

Este estudio se basa en 38 hembras, de las cuales 26 medían más de 180 cm. En la Figura 47 se presenta la relación entre el índice gonádico y la talla. De las 26 hembras que medían más de 180 cm, 2 o sea el 7.7 por ciento, tenían índices gonádicos de más de 2.0.

La distribución por zona de las hembras en varios estadios de madurez se presenta en la Figura 48. Esto, sin embargo, no indica necesariamente que el desove ocurre en las zonas de índices gonádicos más elevados, ya que el peso máximo de los ovarios fue solamente de unos 2 kg, muy inferior al de los peces en el Mar del Coral.

Pez vela

La madurez del pez vela en el Pacífico oriental ha sido estudiada por Kume y Joseph (1969b), Yurov y Gonzales (1971), Eldridge y Wares (1974) y Shingu *et al.* (1974); Ueyanagi (1959) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) han estudiado la distribución de las larvas del pez vela. Shingu *et al.* (1974) consideraron todas las hembras con índices gonádicos de 3.1 o más como maduras y se siguió en este estudio esta regla convencional. Kume y Joseph (1969a) informaron que en febrero y marzo de 1967 había habido desove frente a la América Central, y Yurov y Gonzales (1971) informaron que durante febrero-abril había habido desove en el Golfo de Tehuantepec. Eldridge y Wares (1974) estimaron las temporadas de desove del pez vela según la longitud de las larvas, juveniles y también según los datos del crecimiento. Estimaron que el desove ocurre frente a México durante abril-noviembre y frente a la América Central durante diciembre-abril y agosto. Shingu *et al.* (1974) informaron una gran incidencia de peces maduros mar afuera al sur del ecuador en el primer trimestre y en el Golfo de Panamá durante el tercer trimestre. Indicaron que se cree que las otras especies de peces espada desovan mar afuera más lejos que en el Golfo de Panamá. Ueyanagi (1959) informó la

presencia de larvas de pez vela cerca a los 7°S-132°W y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) informaron que aparecían frente a la América Central y la parte norte de Sudamérica.

Este estudio se basa en 267 hembras. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 49. De las 267 hembras ninguna tenía un índice gonádico de 3.1 o más y solo 1 tenía ovarios que pesaban más de 1 kg.

La distribución por zona de las hembras en varios estadios de madurez se presenta en la Figura 50. Esto indica que los peces aparecieron esporádicamente mar afuera en la región ecuatorial del sur.

Marlín trompa corta

La madurez del marlín trompa corta en el Pacífico oriental ha sido estudiada por Ueyanagi (1962), Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974); Ueyanagi (1962), Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) han estudiado la distribución de las larvas, postlarvas y juveniles del marlín trompa corta. Ueyanagi (1962) informó la aparición de peces maduros en aguas ecuatoriales al oeste de los 130°W. Kume y Joseph (1969b) examinaron 12 hembras capturadas mar afuera frente a México; 11 no estaban maduras y 1 tenía un índice gonádico de 5.1. Shingu *et al.* (1974) encontraron hembras con índices gonádicos de 3.0 o más en las aguas ecuatoriales de altura durante los tres últimos trimestres. Ueyanagi (1962), Howard y Ueyanagi (1965), Matsumoto y Kazama (1974) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) informaron que habían encontrado larvas, postlarvas y juveniles entre los 20°N y 20°S al oeste de los 100°W.

Este estudio se basa en 977 hembras. La relación entre el índice gonádico y la talla se presenta en la Figura 51. De las 977 hembras, 219 o sea el 22.4 por ciento tenían índices gonádicos de 4.1 o más. El índice gonádico más grande encontrado fue de 15.53, de un pez de 101 cm con gónadas que pesaban 1,600 g.

La distribución por tiempo y zona de las hembras en varios estadios normales de madurez se presenta en la Figura 52. Son evidentes grandes concentraciones de peces maduros mar afuera entre el ecuador y los 20°S en todos los trimestres y entre los 20° y 25°N en el cuarto trimestre.

COMPOSICION POR TALLA

Se obtuvieron en este estudio una gran cantidad de datos de albacora, patudo, aleta amarilla y marlín rayado, pero mucho menos datos para el pez espada, marlín azul, marlín negro, pez vela y marlín trompa corta. Muchos de los estratos de zona-tiempo fueron muestreados insuficientemente, no solo para las últimas cinco especies pero también con referencia a las cuatro primeras. En los gráficos frecuencia-talla (Figuras 53-56, 57-58 y 59-65) se incluyen unos pocos valores atípicos en las clases de talla más grandes y más pequeñas.

Shomura y Keala (1963), Otsu y Sumida (1968) y Murphy y Shomura (1972) indicaron que los machos tendían a sobrepasar en número a las hembras en las categorías más grandes de talla respectivamente de patudo, albacora y aleta amarilla capturados con palangre. Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969b)

demonstraron que lo contrario era el caso para el pez espada, marlín rayado, marlín azul, marlín negro y pez vela, así que graficaron separadamente los datos de machos, hembras y peces de los que no se conocía el sexo. Desafortunadamente no se tenían datos del sexo de los peces que fueron medidos o pesados en este estudio, así que no se pudo hacer. La falta de información sobre el sexo de los peces que fueron medidos o pesados hace que sea mucho más difícil interpretar los datos frecuencia-talla.

Albacora

Los datos sobre la frecuencia de talla del albacora capturado con palangre en el Pacífico oriental han sido publicados por Shingu *et al.* (1974). Los 22,338 peces de este estudio fluctuaron en talla de unos 50 a 120 cm, pero la mayoría de ellos medían entre 80 y 110 cm, excepto en la Zona 9 donde eran más pequeños. (Figuras 53 y 54).

La frecuencia de talla no cambió mucho entre los trimestres en la Zona 4, pero son evidentes cambios considerables en las Zonas 1 y 9 (Figura 53). Puede que esto sea debido a la aparición de peces más pequeños al norte de los 30°N y al sur de los 32°S (Koto, 1964; Koto y Hisada, 1967), junto con la expansión de pesca hacia el norte en el verano boreal y al sur en el verano austral. Puede verse que los peces más pequeños fueron capturados en la Zona 1 en el tercer trimestre y en la Zona 9 en el cuarto trimestre.

La distribución anual frecuencia-talla de la Zona 4 no cambió mucho entre los años (Figura 54), como fue el caso de los datos trimestrales de esta zona. El caso fue el mismo para la Zona 1 correspondiente al período 1976-1980, pero en 1972 hubo dos modas prominentes de peces más grandes y en 1975 hubo una moda prominente de peces más pequeños. En la Zona 9 los límites de talla tendieron a ser mayores que aquellos en la mayoría de las otras zonas. En la Zona 6 los peces tendieron a ser más pequeños con la marcha del tiempo. Se cree que esto se deba a un cambio al este de las localidades de pesca en la Zona 6, ya que los peces en la Zona 18 de Shingu *et al.* (1974: Figura 25) (al este de los 100°W) tendieron a ser más pequeños que aquellos de su Zona 17 (al oeste de los 100°W) (excepto en 1970).

Patudo

Los datos de la frecuencia de talla del patudo capturado con palangre en el Pacífico oriental, han sido publicados por Yukinawa (1958), Kikawa (1962), Kume y Joseph (1966 y 1969a) y Shingu *et al.* (1974). Los 163,129 peces de este estudio fluctuaron de unos 60 a 200 cm en talla, pero la mayoría medían cerca de 90 y 170 cm (Figuras 55 y 56). De acuerdo a Kume y Joseph (1966) los machos y las hembras crecieron casi a la misma velocidad hasta llegar aproximadamente a los 150 cm, así que se supone que el crecimiento diferencial de los dos sexos no presenta problemas en la interpretación de los datos frecuencia-talla de peces inferiores a esa talla.

Las diferencias en talla entre las zonas tendieron a ser mayores que aquellas entre los trimestres en las zonas (Figura 55). Los peces más pequeños formaron

una porción mayor de las capturas en las Zonas 1 y 9, en los extremos más al norte y al sur de la pesquería, que en las otras zonas. Son evidentes tres grupos modales en muchos de los histogramas, uno aproximadamente entre los 80 y 100 cm, uno aproximadamente entre los 100 y 130 cm y uno aproximadamente entre los 130 y 150 cm. El primer grupo es fácilmente evidente en las Zonas 1 y 9 y, en menos grado, en las Zonas 4 y 5. Los grupos segundo y tercero aparecen en todas las zonas, pero son mucho más prominentes en las Zonas 2-6 y 8. Los peces que medían más de 150 cm fueron importantes en las Zonas 2-6 y 8, pero mucho menos en las Zonas 1 y 9.

Se puede seguir la progresión modal en las Zonas 1 y 9 y, en menos grado, en las Zonas 3 y 5. Las progresiones del segundo y tercer grupo modal indican índices de crecimiento respectivamente de unos 25 y 20 cm por año, lo que está de acuerdo con los hallazgos de Kume y Joseph (1966 y 1969a).

Como los peces del primer grupo modal son más prominentes en las Zonas 1 y 9, se supone que el reclutamiento en la pesca palangrera ocurre principalmente en esas zonas.

Se combinan en la Figura 56 los datos de las Zonas 2-5 y 8, teniendo así datos suficientes para examinar las tendencias anuales de las zonas norte (Zona 1), ecuatorial (Zonas 2-5 y 8) y sur (Zona 9). En la Zona 1 hubo una variación considerable entre los años. En 1975, fueron especialmente prominentes los peces de una talla de 110 a 130 cm, como lo fueron en 1979, los peces de 90 a 100 cm. No se encontraron en 1976, grandes cantidades de peces que midieran 25 o 30 cm más que los de la moda prominente de 1975, en las Zonas 1 o 2-5 y 8, y se puede aplicar ésto mismo a 1980, con respecto a la moda prominente de 1979. Además, hubo una variación considerable entre los años en la Zona 9. Aparecen modas prominentes en varios años, pero siguen siendo menos evidentes en los años sucesivos ya sea en la Zona 9 o en las Zonas 2-5 y 8. En la zona ecuatorial los peces fueron más grandes y la variación entre los años menos que en las zonas norte y sur. Disminuyeron las porciones de peces con tallas de más de 140 cm en todas las zonas durante la década de los setenta. El examen de los datos de los años anteriores (Kikawa, 1962: Tablas 3 y 4; Kume y Joseph, 1966: Figura 7; Kume y Joseph, 1969a: Figura 21; Shingu *et al.*, 1974: Figura 26) revelan que ésto fue parte de una tendencia a largo plazo.

En la Tabla 3 se presentan los datos del peso promedio en 1958-1980. Los valores de 1958-1970, de Kume y Joseph (1966: Tabla 2), Kume y Joseph (1969a: Tabla 2b) y Shingu *et al.* (1974: Anexo Tabla 1) son de peces capturados en todas las latitudes al este de los 130°W, mientras que aquellos de 1971-1980, son solamente de las Zonas 2-5 y 8. Se cree que la omisión de los datos de 1971-1980, de las zonas en las latitudes más al norte y más al sur hace que los datos sean más comparables con aquellos de 1958-1970, ya que los peces capturados en las latitudes más al norte y más al sur tendieron a ser más pequeños y no hubo mucho esfuerzo antes de los años setenta en las latitudes más al norte y más al sur. El peso promedio del patudo se redujo a comienzos de la década de 1960,

permaneciendo casi constante desde mediados de los años sesenta hasta 1972, fluctuando luego más que durante el período de 1964-1972.

Aleta amarilla

Kikawa (1962), Suda y Schaefer (1965b), Kume y Schaefer (1966), Kume y Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974) y Suzuki *et al.* (1978) han publicado los datos de la frecuencia de talla del aleta amarilla capturado con palangre en el Pacífico oriental. Los 67,797 peces de este estudio fluctuaron en talla de 60 a 190 cm, pero la mayoría medían entre 90 y 150 cm (Figuras 57 y 58).

Las diferencias en talla entre las zonas tendieron a ser mayores que aquellas de los trimestres en las zonas (Figura 57). Los peces más pequeños formaron la mayor porción de las capturas en las zonas de bajura (7-9) que en las zonas de altura (1-5). En estas últimas zonas la distribución fue comúnmente unimodal y la variación entre los trimestres fue relativamente pequeña. En las zonas de bajura usualmente son evidentes dos modas y hubo una variación considerable entre los trimestres en las zonas. Por lo anterior se puede suponer que el aleta amarilla tiende a desplazarse mar afuera a medida que crece, pero los estudios de marcado (Bayliff, 1979) no indican que éste fuera el caso. Sin embargo, los resultados de los estudios de marcado no son definitivos ya que la pesca no se realizó en todas las zonas en todo el año, además hubo pocas devoluciones de peces que hubieran estado en libertad más de unos 6 meses.

Parece que el reclutamiento en la pesca palangrera ocurrió principalmente en los tres primeros trimestres en las zonas de bajura y en el segundo trimestre en la Zona 4.

En la Figura 58 se presenta la distribución anual frecuencia-talla de las zonas de bajura y altura. En las zonas de bajura el más pequeño de los dos grupos (cerca de 80-110 cm) predominó en 1972, 1975, 1977 y 1979, mientras que el grupo más grande (cerca de 120-140 cm) predominó en 1973, 1974, 1976 y 1980. Si las modas representan generaciones de un año, estos datos indican que el crecimiento fue de unos 35 cm por año para los peces en los límites de 80- a 140 cm. Esto se aproxima a muchas de las estimaciones de Anónimo (1984a: 30) de peces de 43 a 102 cm obtenidos según los datos de marcado, y de Anónimo (1985a: 37-39) de peces de 37 a 135 cm obtenidos según el cálculo de los incrementos de los otolitos. En las zonas de altura la variabilidad entre los años es muy inferior. Sin embargo, parece que la porción de peces de más de 140 cm disminuyó durante el período de 1971-1980. Las porciones de peces de menos de 120 cm fueron más elevadas en 1975, 1976 y 1979, y aquellas de peces de menos de 100 cm fueron más elevadas en 1978 y 1979. El examen de los datos de los últimos años (Kikawa, 1962: Tablas 7-9; Kume y Schaefer, 1966: Figura 9; Kume y Joseph, 1969a: Figura 17; Shingu *et al.*, 1974: Figura 30) revela una tendencia prolongada en la reducción de talla de los peces capturados por la pesca palangrera.

Los datos del peso promedio de 1958-1980, se presentan en la Tabla 3. Los valores de 1958-1970, de Kume y Schaefer (1966: Tabla 3), Kume y Joseph (1969a: Tabla 2b) y Shingu *et al.* (1974: Anexo Tabla 1), son de peces capturados en todas las latitudes al este de los 130°W, mientras que aquellos de 1971-1980, son

solamente de las Zonas 1-5. Se cree que la omisión de datos de las zonas de bajura de 1971-1980, hacen más comparables los datos con aquellos de 1958-1970, ya que los peces capturados cerca a la costa tendieron a ser más pequeños y hubo menos esfuerzo de pesca en las zonas de bajura en los primeros años. El peso promedio se redujo más bien constantemente de unos 60 kg en 1958 a 42 kg en 1980.

Pez espada

Shiohama (1969, Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974) publicaron datos sobre la frecuencia de talla del pez espada en el Pacífico oriental. Los 5,269 peces de este estudio fluctuaron en talla de menos de 80 cm hasta unos 260 cm, pero la mayoría medían entre 100 y 200 cm (Figura 59). Sería evidentemente deseable, indicar la frecuencia de talla de peces menores de 80 cm, pero esto no es posible porque las longitudes se obtuvieron al convertir los pesos a tallas y los peces se pesaron solamente hasta los 5 kg más próximos.

Los peces de menos de 80 cm en talla, han frecuentemente formado una porción considerable de la captura (en cantidades de peces, no peso de los peces) en los varios estratos de tiempo-zona, lo que no es el caso de ninguna de las otras especies de peces espada. No son evidentes tendencias temporales o por zonas en la aparición de peces pequeños.

Es evidente que existe una variación considerable en la aparición de modas en los diferentes trimestres en los datos de las Zonas 3, 4 y 7. Hubo además variación entre las zonas; por ejemplo, los peces fueron considerablemente más pequeños en las Zonas 3 y 4 que en la Zona 8.

Aparecieron peces más pequeños (menores de 100 cm) en muchos de los estratos trimestre-zona, pero no se pueden seguir las progresiones temporales de las modas. Parece según esto que el reclutamiento en la pesca palangrera haya tenido lugar sobre extensos límites geográficos y temporales y sobre un amplio intervalo de talla de los peces. Kume y Joseph (1969b), estimaron que el índice de crecimiento era de unos 35 cm por año para peces que medían de 62 a 165 cm.

Marlín rayado

Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974), publicaron datos sobre la frecuencia de talla del marlín rayado en el Pacífico oriental. Los 34,515 peces de este estudio fluctuaron de unos 80 a 225 cm, pero la mayoría midieron entre unos 150 y 190 cm (Figuras 60 y 61).

En la mayoría de los estratos trimestre-zona sólo hubo una moda, siendo las excepciones principales las Zonas 1, 2 y 3, todas al norte del ecuador, en donde aparece frecuentemente un grupo de peces más pequeños (Figura 60).

Parece que el reclutamiento en la pesca palangrera ocurre principalmente en las Zonas 1, 2 y 3. En la Zona 2 se puede seguir la progresión modal desde el primer trimestre (cerca de 100 cm) hasta el cuarto trimestre del año siguiente (unos 170 cm), por lo que se estima un índice de crecimiento de unos 40 cm por año. Este, en cierta forma, es superior a los índices anuales de 35 cm por año de peces de 120 a 160 cm y al de 27 cm de peces de 160-185 cm, estimado por Koto (1963). No son evidentes otras progresiones modales.

En la Figura 61 se presentan con base anual las frecuencias de talla de la Zona 7. En 1974 y posiblemente en 1976, es evidente la bimodalidad. Los peces fueron más grandes en 1973, 1975 y 1976 que en 1971, 1972 y 1974.

Howard y Ueyanagi (1965), observaron que los peces en el Pacífico oriental eran más pequeños que aquellos de la parte central meridional y sudoeste del Pacífico y supusieron según esto que existe un desplazamiento de la parte oriental a la parte sudoeste y central meridional del Pacífico.

Marlín azul

Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974), publicaron datos sobre la frecuencia de talla del marlín azul en el Pacífico oriental. Los 7,423 peces de este estudio fluctuaron en talla de 80 a 350 cm, pero la mayoría midió entre 130 y 230 cm (Figura 62).

Los peces fueron más pequeños en las Zonas 1 y 2 (mar afuera al norte del ecuador), intermedios en las Zonas 4 y 6 (mar afuera al sur del ecuador), mezclados en la Zona 8 (cerca a la costa) y más grandes en las Zonas 3, 5, 7 y 9 (intermedios y cerca a la costa).

La incidencia de peces más pequeños fue más elevada en los dos primeros trimestres en las Zonas 1 y 4, indicando que el reclutamiento en la pesca palangrera ocurría más durante el primer semestre que durante el segundo semestre en esas zonas. Sin embargo, en la Zona 2, la incidencia de peces más pequeños fue más elevada durante el segundo semestre. Como los índices de captura de marlín azul han sido elevados durante el segundo semestre (Figura 13), es posible que el marlín azul emigre temporalmente entre las Zonas 1 y 2. Kume y Joseph (1969b), comentaron que los peces eran más grandes en la Zona 8 durante el segundo y tercer trimestre e indicaron que posiblemente esto se debía al desplazamiento de peces más pequeños a la Zona 8 de las Zonas 3 y 5 durante el cuarto trimestre y lo contrario durante el segundo trimestre.

Marlín negro

Shiohama (1969) y Shingu *et al.* (1974), han publicado datos sobre la frecuencia de tallas del marlín negro en el Pacífico oriental. Los 1,255 peces de este estudio fluctuaron de unos 100 a 300 cm, pero la mayoría medía entre 150 y 220 cm (Figura 63).

Los peces fueron más pequeños en las Zonas 1 y 2 (mar afuera al norte del ecuador) y 9 (cerca a la costa al sur de los 10°S), mezclados en la Zona 8 (cerca a la costa entre los 10°N y 10°S) y más grandes en las Zonas 3, 4, 5 y 7.

Pez vela

Kume y Joseph (1969b), Yurov y Gonzalez (1971) y Shingu *et al.* (1974) publicaron datos sobre la frecuencia de tallas del pez vela en el Pacífico oriental. Los 1,481 peces de este estudio fluctuaron en talla de unos 100 a 230 cm (Figura 64).

La variación en talla entre las zonas fue considerable; la Zona 2 produjo en

su mayoría peces pequeños, la Zona 4 peces medianos, la Zona 7 peces medianos y muy pequeños y la Zona 8 peces grandes.

Todos los peces medidos en la Zona 7 fueron capturados al oeste de los 100°W, en donde el marlín rayado fue la especie predominante en la captura.

Si las dos modas en la Zona 7, tercer trimestre, representan peces de grupos sucesivos de edad, el crecimiento es cerca de 50 cm por año. Este índice es considerablemente superior al de 35 cm por año de los peces de 140 a 175 cm, estimado por Koto y Kodama (1962).

Marlín trompa corta

Kume y Joseph (1969b) y Shingu *et al.* (1974), han publicado datos sobre la frecuencia de tallas del marlín trompa corta en el Pacífico oriental. Los 2,550 peces de este estudio fluctuaron en talla de unos 100 a 180 cm, pero la mayoría midió entre unos 125 y 155 cm (Figura 65).

Hubo una moda de unos 130 a 140 cm en las Zonas 1, 3, 4, 5 y 6 y apareció otra moda de unos 110 cm en la Zona 1 (primer y cuarto trimestre).

INTERACCION ENTRE LA PESCA PALANGRERA Y LA EPIPELAGICA DE ALETA AMARILLA

La interacción entre la pesca palangrera y epipelágica de aleta amarilla en el Pacífico oriental ha sido examinada por Suda y Schaefer (1966), Kume y Joseph (1969a), Shingu *et al.* (1974), Suzuki *et al.* (1978) y Lenarz y Zweifel (1979).

La pesca palangrera y epipelágica no han maniobrado exactamente en las mismas zonas. Antes de 1968 (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971), no hubo pesca epipelágica al oeste del Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA), indicada en la Figura 1 y la pesca palangrera comenzó en la parte occidental del Pacífico oriental durante los años cincuenta, y no avanzó a la zona donde se realizaba la pesca epipelágica sino aproximadamente en 1961 (Suda y Schaefer, 1965a: Figura 1). La pesca epipelágica captura grandes cantidades de aleta amarilla en la Zona 7 (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971; Calkins, 1975; Orange y Calkins, 1981), pero pocos son capturados allí por la pesca palangrera (Figura 10). Durante la década de 1970, hubo relativamente poco esfuerzo palangrero al oeste de los 95°W entre los 8° y 18°N (Figura 3), y aún así esta ha sido una zona importante de captura para la pesca epipelágica, especialmente para aquella fuera del ARCAA (Anónimo, 1974a-1975a: Figura 3; Anónimo, 1976a-1981a: Figura 2). La separación zonal no sería importante si hubiera un intercambio rápido de peces entre los varios lugares del Océano Pacífico oriental. En la Tabla 2 se presentan algunos datos sobre el movimiento neto de los aleta amarilla marcados y liberados en barcos cerqueros durante el período de 1968-1978. Se presentan en esa tabla solo los datos de liberaciones de barcos cerqueros, ya que estos peces son por lo general más grandes que los peces liberados por embarcaciones de carnada y porque los barcos cerqueros pescan por lo general más lejos mar afuera. Así que estos peces son probablemente más similares a los capturados por la pesca palangrera que aquellos liberados de los barcos de carnada. Los desplazamientos

de varios cientos de millas son comunes, pero los movimientos no son tan extensos como para que haya una mezcla rápida de peces en todas las partes del Pacífico oriental. Los pescadores palangreros han devuelto solamente seis marcas de peces originalmente capturados por las artes epipelágicas (Anónimo, 1973a: 40; 1975a: 37; 1982a: 31) y los pescadores de artes epipelágicas han devuelto solamente una marca de peces capturados originalmente por las artes palangreras (Anónimo, 1982a: 30).

En la Figura 66 se presentan los datos de las capturas y de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de las artes epipelágicas y palangreras. Los datos palangreros son solamente de las Zonas 3, 5 y 8; éstas fueron seleccionadas porque son zonas que producen las capturas más grandes de aleta amarilla del stock del Pacífico oriental (Suzuki *et al.*, 1978). Las capturas epipelágicas se indican en toneladas cortas y las capturas palangreras en cantidades de peces, pero se ha seleccionado la escala de las capturas palangreras para que los pesos sean comparables a los de los dos recuadros superiores, ej. dado 1000 peces pesarían unas 50 toneladas. Al considerar todo el Pacífico oriental, las capturas epipelágicas han excedido bastante las capturas palangreras. Antes de 1968, no había capturas epipelágicas fuera del ARCAA, pero en 1969 y en los años siguientes las capturas epipelágicas fuera del ARCAA han excedido aquellas obtenidas por los palangreros al este de los 150°W. Las capturas aumentaron para la pesca epipelágica en el ARCAA durante el período susodicho, en cambio las CPUE se redujeron. Las capturas y las CPUE de la pesca epipelágica fuera del ARCAA durante el período de 1970-1980, no tienen una tendencia evidente. Las capturas aumentaron para la pesca palangrera a fines de los años cincuenta y comienzo de los sesenta y luego no exhibieron ninguna tendencia. Las CPUE se redujeron abruptamente a fines de los años cincuenta y principios de los sesenta y después más gradualmente.

Suda y Schaefer (1965b: Tabla 6), Kume y Joseph (1969a: Tabla 8), Shingu *et al.* (1974: Tabla 4), Suzuki *et al.* (1978: Figura 22) y Figura 67 en este informe, presentaron los datos de la composición de talla de los peces capturados por las artes epipelágicas y palangreras. Los datos no son estrictamente comparables, ya que se consideraron diferentes zonas y los métodos de medición y los intervalos de talla no fueron iguales. No obstante, es evidente que los peces capturados por la pesca epipelágica en el ARCAA fueron más pequeños, aquellos capturados por las artes epipelágicas fuera del ARCAA y aquellos capturados por palangres en las Zonas 7-9 (cerca a la costa) fueron intermedios, y aquellos capturados por la pesca epipelágica fuera del ARCAA y aquellos capturados por palangres en las Zonas 1-6 (mar afuera) fueron más grandes. Además, se puede ver que durante el período de 1971-1980, las capturas epipelágicas excedieron las capturas palangreras en cada categoría de talla de los peces.

En la Figura 68 se indica la distribución frecuencia-talla de todas las muestras de los estratos mes-zona (5 grados de latitud por 10 grados de longitud) de los que se obtuvieron muestras por lo menos de 30 peces tanto de la pesca epipelágica como palangrera durante 1971-1980. Las localidades de las zonas son designadas por un dígito inicial, especificando el hemisferio (0 = norte; 2 = sur) seguido por las latitudes y longitudes respectivamente de los límites sur y oriental, es decir

0-05-130 designa la zona limitada por los 5° y 10°N y 130° y 140°W, y 2-05-080 designa la zona limitada por los 5°S y el ecuador y los 80° y 90°W. Aunque hubo algunas excepciones, los peces capturados con palangre fueron en la mayoría de los casos más grandes que los peces capturados con artes epipelágicas.

En vista de lo anterior, se esperaría que la pesca epipelágica tuviera un mayor efecto directo sobre la pesca palangrera y no lo contrario, así que se considerará inicialmente el efecto que pueda tener la pesca epipelágica sobre la pesca palangrera. Se debe tener en cuenta que las capturas palangreras y los índices de la captura por anzuelo no son necesariamente indicadores confiables de la abundancia de los peces, ya que la pesca palangrera es una pesca de especies múltiples y los pescadores pueden decidir pescar en zonas en donde el aleta amarilla es menos abundante porque desean capturar otras especies, o por la misma razón pueden usar artes que son menos eficaces para el aleta amarilla en zonas buenas de pesca de esta especie. Las capturas de aleta amarilla por las artes epipelágicas permanecieron más o menos constantes, unas 100,000 toneladas anuales desde 1956 hasta 1968. Después, empezaron a incrementarse y el promedio de 1974-1980, fue cerca del doble al de 1956-1968. Además, se capturó un promedio de unas 30 mil toneladas por año fuera del ARCAA durante 1969-1980. Las capturas y los índices de captura por anzuelo de la flota palangrera se redujeron durante el período de 1969-1980. Sin embargo, debe observarse que los índices de captura por anzuelo fueron más elevados durante 1957-1961 y empezaron a declinar antes de que principiara el período del incremento de las capturas epipelágicas. Además, la reducción en las capturas y en los índices de captura por anzuelo después de 1974, puede atribuirse, por lo menos en parte, a la adopción de las artes palangreras profundas de una gran parte de la flota, como se examinó en la sección titulada *Palangres Profundos*.

Los datos del peso promedio de los peces capturados con artes epipelágicas y palangreras se enumeran en la Tabla 3. Kume y Joseph (1969a) indicaron que existía un fuerte relación entre el peso promedio del aleta amarilla capturado con artes epipelágicas en 1960-1965 y aquel del aleta amarilla capturado con palangre en los años siguientes (1961-1966). Los coeficientes de correlación de esos datos y de todos los datos en la Tabla 3, se calcularon con desfases de 0, 1 y 2 años entre el promedio del peso de las artes epipelágicas y palangreras. Los resultados se presentan en la Tabla 4. Parece que la relación encontrada por Kume y Joseph (1969a) fue fortuita, ya que ninguna de las otras relaciones son significativas. Esto no es sorprendente, ya que el peso promedio de los peces capturados por las artes epipelágicas fluctuó ampliamente durante los años setenta y se cree que estas fluctuaciones se deben en gran parte a factores ajenos tales como pescar más en zonas donde aparece aleta amarilla pequeño en años en que el reclutamiento de esta especie fue especialmente elevado (Anónimo, 1975a: 44).

Volviendo ahora al efecto que tiene la pesca palangrera sobre la epipelágica, es evidente según la Figura 66 que la captura de aleta amarilla en el Pacífico oriental por las artes epipelágicas es muy superior a la de los palangres. Los aleta amarilla capturados con artes epipelágicas son, en promedio, más pequeños que el aleta amarilla capturado con palangre, pero existe una sobreposición considerable

en las tallas (Figura 67), así que la introducción de las artes palangreras en el Pacífico oriental ha reducido levemente la cantidad de peces disponibles a la pesca epipelágica.

Ambas pescas han reducido la cantidad de reproductores, que a su vez puede reducir el reclutamiento. Los datos del reclutamiento del aleta amarilla en el ARCAA durante 1966-1980, son presentados por Anónimo (1982a: Tabla 31); no son evidentes tendencias ascendentes o descendentes.

En resumen, el efecto de la pesca cerquera sobre la pesca palangrera es casi con certeza superior al de la pesca palangrera sobre la pesca epipelágica, pero no es posible medir acertadamente el efecto, debido a la falta de conocimiento de los índices de desplazamiento, a la vulnerabilidad de los peces de diferentes tallas a las diferentes artes, etc.

RECONOCIMIENTO

Los autores desean agradecer a Dr. Ikuo Ikeda, Director del FSFRL en la época del estudio, a los Dres. Shou Morita y Tamotsu Yonemori, Jefe de División, antecedente y actual, y al Sr. Susumu Kume, Jefe de Sección, por permitir que el autor principal se uniera al personal de la CIAT como científico visitante y por permitir que los autores trabajaran en los datos recolectados por el FSFRL. Se recibió una ayuda considerable de los Sres. Toshio Shiohama del FSFRL y Mineo Yamaguchi del Nansei Regional Fisheries Research Laboratory en los datos estadísticos. Expresamos también nuestra gratitud a Dr. James Joseph, Director de la CIAT, por su ayuda financiera y por apoyar entusiásticamente el proyecto. Dr. Robert E. Kearney, Científico Dirigente, supervisó la realización del trabajo y los Sres. Thomas P. Calkins, Milton F. López, Richard G. Punsly y Patrick K. Tomlinson y Mrs. Gayle Ver Steeg, suministraron datos sobre la pesca epipelágica, ayudaron en el procesamiento de los datos y también de varios otros modos. El manuscrito fue revisado por Dr. Kearney y los Sres. Calkins, Kume, Witold L. Klawe y Craig J. Orange, todos los que suministraron comentarios útiles para su mejoramiento.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

- Anonymous. 1970a-1985a. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1969-1984.
- Anonymous. 1973b-1982b. Annual report of effort and catch statistics by area on Japanese longline fishery—1971-1980. Research Division, Fisheries Agency of Japan.
- Anonymous. 1981. Annual catch statistics of Taiwan's tuna longline fishery 1980. Tuna Research Center, Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei.
- Anonymous. 1985. Annual report of catch and effort statistics and fishing grounds for the Korean tuna longline fishery 1980. Fisheries Research and Development Agency, Pusan.
- Bayliff, W. H. 1979. Migrations of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean as determined from tagging experiments initiated during 1968-1974. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 17 (6): 445-506.
- 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-Am. 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-Am. 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-Am. 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-Am. 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. NOAA (Nat. Ocean. Atmos. Adm.), Tech. Rep. NMFS (Nat. Mar. Fish. Serv.), SSRF (Spec. Sci. Rep. Fish.), 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.

- 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. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu)*, 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. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu)*, 17: 159-175.
- Howard, J. K., and S. Ueyanagi. 1965. Distribution and relative abundance of billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean. *Stud. Trop. Oceanogr. (Miami)*, 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. NOAA (Nat. Ocean. Atmos. Adm.), Tech. Rep. NMFS (Nat. Mar. Fish. Serv.), SSRF (Spec. Sci. Rep. Fish), 675 (2): 309-331.
- Kikawa, S. 1959. Notes on the regional difference of spawning season of Pacific yellowfin tuna. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 11: 59-76.
- Kikawa, S. 1961. The group maturity of bigeye tuna *Parathunnus mebachi* (Kishinouye) in the spawning areas of the Pacific. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 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. *Occas. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 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. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 23: 131-208.
- Knudsen, P. F. 1977. Spawning of yellowfin tuna and the discrimination of subpopulations. *Inter-Am. 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. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 17: 63-85.
- Koto, T. 1964. Studies on the albacore. X. The length frequency distribution of albacore in the central north Pacific longline ground. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 20: 17-25.
- Koto, T., and K. Hisada. 1967. Studies on the albacore. XIII. Size composition of south Pacific albacore caught by longline. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 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. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 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). Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 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. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 1: 77-98.
- Kume, S. 1973. Catch variation of the sailfish caught by the longline fishery in the eastern Pacific Ocean, 1963-1970. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 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-Am. 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-Am. 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. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 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-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 11 (3): 101-170.
- Lenarz, W. H., and J. R. Zweifel. 1979. A theoretical examination of some aspects of the interaction between longline and surface fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 76 (4): 807-825.
- Matsumoto, W. M., and T. K. Kazama. 1974. Occurrence of young billfishes in the central Pacific Ocean. NOAA (Nat. Ocean. Atmos. Adm.), Tech. Rep. NMFS (Nat. Mar. Fish. Serv.), SSRF (Spec. Sci. Rep. Fish.), 675 (2): 238-251.
- 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. Proc. Governor's Conf. Cent. Pac. Fish. Resources, Hawaii: 197-201.
- Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi, and S. Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956-1981. Far Seas Fish. Res. Lab., S Ser., 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 Ser., 9: 99 pp.

- Nishikawa, Y., and S. Ueyanagi. 1974. The distribution of the larvae of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Indian and Pacific Oceans. NOAA (Nat. Ocean. Atmos. Adm.), Tech. Rep. NMFS (Nat. Mar. Fish. Serv.), SSRF (Spec. Sci. Rep. Fish.), 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-Am. 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-Am. 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.
- Pella, J.J., and P.K. Tomlinson. 1969. A generalized stock production model. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 13 (3): 419-496.
- Saito, S. 1973. Studies on fishing of albacore, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre) by experimental deep-sea tuna long-line. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 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. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 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-Am. 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-Am. 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. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 1: 5-34.
- Shomura, R. S., and B. A. Keala. 1973. Growth and sexual dimorphism in growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) a preliminary report. FAO, Fish. Rep., 6 (3): 1409-1417.
- Skillman, R. A., and M. Y. Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. NOAA (Nat. Ocean. Atmos. Adm.), Tech. Rep. NMFS (Nat. Mar. Fish. Serv.), SSRF (Spec. Sci. Rep. Fish.), 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. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 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-Am. 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-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 10 (4): 265:331.
- 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. Atl. Tunas, Collect. Vol. Sci. Pap., 18 (2): 471-486.
- Suzuki, Z., P. K. Tomlinson, and M. Honma. 1978. Population structure of Pacific yellowfin tuna. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 17 (5): 273-441.
- Uchiyama, J. H., and R. S. Shomura. 1974. Maturation and fecundity of swordfish, *Xiphias gladius*, from Hawaiian waters. NOAA (Nat. Ocean. Atmos. Adm.), Tech. Rep. NMFS (Nat. Mar. Fish. Serv.), SSRF (Spec. Sci. Rep. Fish.), 675 (2): 142-148.
- Ueyanagi, S. 1959. Larvae of the striped marlin, *Makaira mitsukurii* (Jordan et Snyder). Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 11: 130-146.
- Ueyanagi, S. 1960. On the larvae and the spawning areas of the shirokajiki, *Marlina marlina* (Jordan and Hill). Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 12: 85-96.
- Ueyanagi, S. 1962. On the larvae of the shortnosed spearfish, *Tetrapturus angustirostris* Tanaka. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 16: 173-189.
- 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.
- Wyrski, K. 1964. The thermal structure of the eastern Pacific Ocean. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft Reihe A, 8 (6): 1-84.
- Yabe, H., S. Ueyanagi, S. Kikawa, and H. Watanabe. 1959. Study of the life-history of the sword-fish, *Xiphias gladius* Linnaeus. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 10: 107-150.
- Yukinawa, M. 1958. Size frequency of the bigeye tuna caught in the equatorial Pacific. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 8: 22-30.
- Yurov, V. G., and J. C. Gonzales. 1971. Posibles capturas del *Histiophorus gladius* en la región oriental del Océano Pacífico (in Russian with summary in Spanish). Sovetsko-Kubinskie Rybokhoziaistven nye Issledovaniya, 3: 104-110 (translated by W. L. Klawe, Inter-American Tropical Tuna Commission).