

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. 12, No. 7

(Completing the Volume)
(Complemento del Volumen)

**DISTRIBUTION OF SKIPJACK IN THE PACIFIC OCEAN,
BASED ON RECORDS OF INCIDENTAL CATCHES BY THE
JAPANESE LONGLINE TUNA FISHERY**

**DISTRIBUCION DEL BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO,
BASADA EN LOS REGISTROS DE LA PESCA JAPONESA
PALANGRERA DE ATUNES, SEGUN LAS
CAPTURAS INCIDENTALES**

by — por
MAKOTO PETER MIYAKE

La Jolla, California

1968

CONTENTS — INDICE
ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
ABSTRACT.....	511
INTRODUCTION.....	511
SKIPJACK FISHERIES IN THE PACIFIC OCEAN.....	512
Eastern Pacific.....	512
Central Pacific.....	513
Northwestern Pacific.....	513
Western Tropical Pacific.....	514
PAST STUDIES RELATING TO THE CATCH OF SKIPJACK BY LONGLINE GEAR.....	515
SOURCES AND PROCESSING OF DATA.....	516
Data collected by research vessels.....	516
Commercial catch statistics.....	516
Limitations of the data.....	517
Processing of data.....	518
GEAR SELECTIVITY.....	519
Comparison of the vulnerability of skipjack to longline gear and surface gear.....	519
Simultaneous operations by longline and pole-and-line.....	519
GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF SKIPJACK.....	520
Geographical distribution of skipjack as shown by data of research vessels.....	520
Geographical distribution of skipjack as shown by commercial catch data.....	521
General comments on the spatial and temporal distribution of skipjack.....	522
Skipjack distribution in relation to oceanographic conditions.....	523
SIZE COMPOSITION OF LONGLINE SKIPJACK CATCH.....	524
Size composition by sex, area and season.....	524
Comparison of size composition between longline catches and surface fisheries.....	525
VERTICAL DISTRIBUTION OF SKIPJACK.....	526
Depth of longline set.....	527
Comparison of catches between hooks.....	528
Death rate of fish captured by longline.....	529
DISCUSSION.....	530
ACKNOWLEDGMENTS.....	532
FIGURES—FIGURAS.....	533
TABLES—TABLAS.....	539

VERSION EN ESPAÑOL — SPANISH VERSION

	Página
EXTRACTO.....	549
INTRODUCCIÓN.....	550
PESCA DE BARRILETE EN EL OCÉANO PACÍFICO.....	551
Pacífico oriental.....	551
Pacífico central.....	551
Pacífico noroeste.....	552
Pacífico occidental tropical.....	552
ESTUDIOS ANTERIORES RELATIVOS A LA CAPTURA DE BARRILETE CON ARTES PALANGRERAS.....	553
ORIGEN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	554
Datos colectados por barcos de investigación.....	554
Estadísticas de la captura comercial.....	555
Limitaciones de los datos.....	556
Procesamiento de los datos.....	558
SELECCIÓN DE LAS ARTES.....	558
Comparación de la vulnerabilidad del barrilete a las artes de palangre y de superficie.....	558
Operaciones simultáneas de los palangres y de las cañas de pescar.....	559
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL BARRILETE.....	560
Distribución geográfica del barrilete según lo indican los datos de los barcos de investigación.....	560
Distribución geográfica del barrilete según lo indican los datos de la captura comercial.....	561
Comentarios generales sobre la distribución espacial y temporal del barrilete.....	562
Distribución del barrilete en relación a las condiciones oceanográficas.....	563
COMPOSICIÓN DE TALLAS DEL BARRILETE CAPTURADO CON PALANGRE.....	565
Composición de talla por sexo, área y estación.....	565
Comparación entre la composición de tallas del barrilete capturado con palangre y por la pesca superficial.....	565
DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL BARRILETE.....	567
Profundidad de un lance palangrero.....	567
Comparación de las capturas entre anzuelos.....	568
Tasa de mortalidad de los peces capturados con palangre.....	570
DISCUSIÓN.....	571
RECONOCIMIENTO.....	573
LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	574
APPENDIX—APÉNDICE.....	583

**DISTRIBUTION OF SKIPJACK IN THE PACIFIC OCEAN,
BASED ON RECORDS OF INCIDENTAL CATCHES OF
THE JAPANESE LONGLINE TUNA FISHERY¹**

by

Makoto Peter Miyake

ABSTRACT

All available longline data on skipjack captured in the Pacific Ocean by Japanese research vessels (1949-1965) and from incidental skipjack catches by Japanese commercial vessels (1956-1964) were analyzed.

As skipjack are not specifically sought by longline vessels, the data are limited. Considering this it was found that: longline gear captures skipjack of wider size-range and is more selective for larger skipjack than conventional fishing methods, i.e. pole-and-line and purse-seine; skipjack are widely and almost continuously distributed across the Pacific; throughout the year average hook-rates are greater in the southeastern Pacific than in the northwestern Pacific; areas of high hook-rate shift south during the second and third quarters and north during the first and fourth quarters; in the western Pacific the north-south range of the catch distribution was greatest in the first and fourth quarters; skipjack hook-rates are relatively high in the northwestern Pacific east of Japan only during the first and fourth quarters; the highest hook-rates were recorded in extensive areas along the equator (from 10°N to 20°S between approximately 155°W-100°W); generally more skipjack were captured by research longline gear in water temperature ranges approaching both the upper and lower temperature limits of skipjack distribution (18-21C and 26-28C), than is the case in surface skipjack fisheries; tentative comparisons of longline skipjack catch distributions with Pacific current systems, suggests low skipjack abundance in both North Pacific Central and North Pacific Equatorial water; the sex ratio was 95 males : 63 females in a small sample of skipjack examined; longlines capture skipjack of three, and possibly more, age groups; in skipjack size-composition samples studied, the smaller modal group (65 cm) observed in January-March in the northwestern Pacific (160°E-180°E and 20°N-45°N) corresponds in size to the larger modal group appearing in the late-summer surface fishery off the Izu-Bonin Islands southeast of Japan, and also compares in modal size to the skipjack taken in the Hawaiian fishery in spring time; the analysis of skipjack catches by hook position on the longline and by death-rate studies, indicates that part of the catch is made while the gear is in motion near the surface, and a lesser part of the catch is made when the gear is stabilized at a depth of 70 to 140 m.

A brief discussion is given, in the light of new information presented, on several hypotheses by other authors concerning the population structure and migration of skipjack in the Pacific Ocean.

INTRODUCTION

The tuna fisheries of the Pacific Ocean are of great economic importance and are exploited extensively by many nations. In surface waters near the continents and offshore islands, tunas are harvested by livebait fishing, purse-seining, trolling, and trap fishing. They are also taken in sub-surface waters by longline gear across the entire Pacific. In recent years it has been found that some tuna fisheries are operating at levels

¹Submitted to Tokyo University in partial fulfillment of the requirements for the Doctor of Philosophy degree.

close to, or over, that which would yield the maximum sustainable catch (Kamimura 1966; Schaefer 1962, 1963; Suda and Schaefer 1965a, 1965b). At the same time the world demand for tuna has been steadily increasing. To meet this demand without further overfishing particular stocks, it will be necessary to increase the production of other species and to try harvesting tuna at sizes which produce the maximum yield per recruit. The skipjack (*Katsuwonus pelamis*) appears to be a species that has not been fully exploited. Extensive surface fisheries exist for this species along the coast of the Americas and in waters to the east and south of Japan. In the eastern and the western Pacific, apparent abundance of skipjack has not been affected by the size of the catch (Shimada and Schaefer 1956; Broadhead and Barrett 1964; Kawasaki 1965b).

There have been reports of large schools of skipjack in mid-ocean where no fishery for this species is carried out (Eckles 1949; Murphy and Ikehara 1955). The juveniles and larvae of skipjack are one of the more common food items found in the stomachs of tunas and billfishes caught in offshore tropical waters (Suda 1953; Ueyanagi 1965; Kamimura 1966, among others). With the exception of the Hawaiian fishery, the size range of skipjack caught by the surface fisheries suggests that only the younger fish are being exploited. It appears from the data that there are stocks of large skipjack in the mid-Pacific Ocean, and if economical methods can be found to exploit them, it should be possible to increase the world catch of skipjack.

Since skipjack fisheries have been limited thus far to waters relatively close to shore, information on the distribution of this species is limited also. The Japanese longline fishery covers almost the entire Pacific Ocean, but very few skipjack are caught compared with other species. Thus the catches of skipjack have not been analyzed as extensively as other species of tunas. One of the objectives of this paper is to examine all available information on incidental catches of skipjack by Japanese longliners, and to describe the distribution insofar as the data warrant. While the data are unsuitable for any definitive conclusions, it is hoped that the information presented will be of value in suggesting future studies.

SKIPJACK FISHERIES OF THE PACIFIC OCEAN

Eastern Pacific

Annual landings of skipjack for the period 1940-1967 are shown in Table 1. Landings exceeded 60,000 short tons for the first time in 1950, and since then have varied between approximately 44,000 and 110,000 short tons except in 1967 when the highest catch was recorded. All of the skipjack catch is taken within the upper mixed layer by purse-seining or by pole-and-line fishing in conjunction with live-bait except for a few incidental catches by Japanese longline gear. Prior to 1960, the majority

of the catch was made by baitboats, and since 1961, seiners have landed the majority of the catch (IATTC 1966). The size of the catch does not necessarily represent the real abundance of skipjack in this area because of a number of factors, including changes in effort and real abundance of both skipjack and yellowfin tuna which are taken at the same time by the same gear.

The fishing area extends along the coast of the Americas from about 30°N to 21°S latitude and offshore to 200-300 miles. The fishing area also includes waters around offshore banks and islands, including the Revillagigedo and Galapagos Islands. Catches of skipjack are usually light compared to those of yellowfin along the Mexican coast from the tip of the Baja California peninsula to the southern boundary of the Gulf of Tehuantepec. The bulk of the skipjack catch is usually made in the area extending from Central America to northern Peru. In summer months (July-September in the northern hemisphere; December-March in the southern hemisphere), the distribution extends poleward but the extent of this varies from year to year. The catch in September through February almost always exceeds the catch in March through October (Shimada and Schaefer 1956; Alverson 1960, 1963).

Central Pacific

The most important skipjack fisheries in the Central Pacific are those around the Hawaiian Islands, where fishing activities are mostly confined to within 100 miles of the islands. Annual catches, made almost exclusively by the live-bait method, range from about 3 to 8 thousand short tons (Table 1). Fishing is best during summer and worst in the winter months (Yamashita 1958; Anonymous 1963; Waldron 1963).

Minor fisheries exist near many of the small islands in the Central Pacific. Fishing is done mostly by local inhabitants using traditional methods such as set-net, trolling, etc., or by scientists on an experimental basis. The Tahitian skipjack fishery produces more than 400 short tons annually (Brun and Klawe 1968).

Northwestern Pacific

The Japanese skipjack fishery in the northwestern Pacific is described in the literature of the 5th to the 6th century, and it is known that skipjack has been one of the most important fish species in Japan as far back as the 8th century (Izukawa 1952). Modernization of the fishery commenced in the early 1900's with the successful application of gasoline engines to live-bait vessels. The annual production of skipjack by Japan since 1950 has varied from 80 to 190 thousand short tons (Table 1). The majority of the catch is made by the live-bait fleet but the catch by purse seiners has increased in recent years.

In southern waters, such as around Formosa and the Ryukyu Islands, skipjack are caught almost throughout the year. South of Kyushu, the fishery starts in February or March, and generally shifts north along the Pacific coast of Japan until it reaches the northern limit near Hokkaido in July or September. In general, the largest catches in the southern areas are made in the spring and fall, and those in the northern areas are made in summer.

The fluctuations observed in annual catches are more or less related to the changing abundance of skipjack in the area of the fishery but might be influenced by other factors as well, such as fishing conditions for albacore (which are also taken by the live-bait method in the same season but in slightly different areas), conditions in the tuna longline fishery (since many of the live-bait vessels also operate in the longline fishery), and market trends.

Western tropical Pacific

Minor local fisheries exist around many of the islands near the Philippines and Indonesia. Fishing is done mostly by local inhabitants using traditional methods as in the Central Pacific.

The Micronesian fisheries, however, are somewhat different from most of the local ones. Japanese live-bait fishermen, based mostly in the West Caroline and Mariana Islands, began exploiting these grounds in the late 1920's and continued until 1943 or 1944. The annual production ranged from 10 to over 30 thousand short tons (Marukawa 1939; Tominaga 1957). Fishing was conducted throughout the year but the size of the catch varied from area to area. In general catches were greatest in the spring or early summer months and diminished in mid-summer. This seasonal pattern in catch can be attributed partly to weather or to the availability of baitfish. Reduction of fishing in mid-summer is assumed to be due to reduced availability of skipjack before and during spawning activity (Inanami 1941). The Japanese discontinued live-bait fishing from local bases in these waters after World War II, but beginning in the summer of 1964 some effort has been made by a U. S. company to resume the skipjack fishery in the Marshall Island area (Wilson 1965; Rothschild 1966a).

Recent improvement in facilities and techniques for keeping bait-fish alive for extended periods has made it possible for the Japanese-based live-bait vessels to operate far from their home ports. Some of these boats have extended their winter fishing grounds into the tropical western Pacific. These vessels have rapidly increased their operations in Micronesian waters, particularly near the Marianas, since 1965-1966.

The principal characteristic of all present skipjack fisheries is that they are conducted in waters relatively close to continents or islands. Also, skipjack are fished by gear which is only effective relatively close to the sea surface.

PAST STUDIES RELATING TO THE CATCH OF SKIPJACK BY LONGLINE GEAR

Prior to and during World War II, Shimoda (1937), the South Seas Gov.-Gen. Fish. Exp. Sta. (1939), and Kanamura and Yazaki (1940) reported incidental, sporadic catches of skipjack by exploratory fishing vessels in Micronesian, Indonesian and Philippine waters.

In addition to relatively minor exploratory fishing in the south seas, rather intensive explorations with longline gear were promoted by the Japanese Government in 1938 and 1939 (Anonymous 1939, 1940) to exploit albacore in the central Pacific between 30°N and 40°N latitude and between 165°E and 175°W longitude. Eleven research vessels from various prefectures participated in this large-scale experiment, and incidental catches of skipjack were recorded in their logbooks. The results are summarized in Table 2. Aikawa (1942) also stated that skipjack are caught by tuna longliners in the central Pacific in winter months.

After World War II, Japan started commercial longlining for tuna in the western Pacific. Skipjack catches by these Japanese longliners in the years immediately following the war were reported by U. S. scientists who served as inspectors on the motherships (Shimada 1951; Ego and Otsu 1952; Murphy and Otsu 1954). These operations were limited to the western half of the North Pacific (around 130°E-180° and 25°N-0°). Catch rates reported in the logs varied from 0 to 0.1 skipjack per 100 hooks. Longline fishing in the eastern Pacific expanded in the late 1950's and many studies on longline-caught tuna appeared in the literature, but skipjack catches are discussed or analyzed in only a few of them. Sivasubramaniam (1963) reported the species composition of Japanese longline catches by area. Kawasaki (1964, 1965b) showed the occurrence of skipjack catches from Japanese longline fisheries in the northwestern Pacific. Murphy and Shomura (1953a, 1953b) also summarized some of the skipjack catches by longline gear. Rothschild (1966b), using Japanese longline catch data for 1953 through 1959, showed the deviations from the average catch-per-unit-of-effort for skipjack in various 20° quadrangles throughout the Pacific Ocean.

Besides Japanese tuna longliners, there is some commercial longline fishing by vessels based in Hawaii. Otsu (1954), Shomura (1955, 1959) and Yoshida (1966) described these fisheries. Otsu (*op. cit.*) and Uchida (1966) stated that the Hawaiian skipjack catch by longline is negligible and is not delivered to the fish market. The Pacific Oceanic Fishery Investigations (now the Bureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory), Honolulu, did extensive experimental longline fishing in the central Pacific, including areas near Hawaii and the Marquesas and Phoenix Islands. Sporadic catches of skipjack were reported from most of the waters fished (Murphy and Shomura 1953a, 1953b; Shomura and Murphy

1955; Anonymous 1958a, 1958b; Wilson, Nakamura and Yoshida 1958). Generally, the hook-rate was less than 0.4 fish per 100 hooks, but a maximum of 2.07 fish per 100 hooks was reported.

SOURCES AND PROCESSING OF DATA

Data collected by research vessels

In recent years Japanese scientists have made numerous cruises aboard government research vessels, and in the early post-war period they made cruises aboard prefectural experimental fishing vessels and cooperating commercial longliners. Their main purpose was to study the distribution and biology of tunas and billfishes caught by longline gear. The data collected pertaining to skipjack consisted of catch and effort statistics (date and location of operations, catch by species, numbers of baskets and hooks set, direction of set, etc.); oceanographic observations (temperature and salinity from the surface to a depth of 150 to 500 m, water color, etc.); and biological measurements (usually only fish length but in some instances weight, sex, gross examination of maturity, gonad weight, some morphometric measurements, and stomach contents). There was recorded associated information such as catch by hook position on the main-line and the amount of damage by sharks and other animals. The extent of the information collected varied among cruises.

These data, in the form of field notes, are stored at the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory¹, Kochi. The skipjack catches have not been analyzed but some data have been published.

The author copied all the available information from the original logbooks and field notes at the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory. In addition, data from the cruises of the R/V *Shoyo-maru* in 1962-63 and 1964-65 were taken from published material (Second Deep Ocean Sect. Fish. Ag., 1963; and First Research Sect. Res. Div. Fish. Ag., 1964 and 1965).

All cruises made during the period 1949-1965 from which the author was able to collect data are shown in Table 3.

Commercial catch statistics

The commercial catch statistics used in this study came from two sources. Those for 1956 through 1961 were obtained through the generosity of the Director of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory from copies of logbooks stored in his laboratory. The logbooks came from tuna vessels entering most of the important tuna landing ports in Japan. They were copied by members of the research staff of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory and of the various prefectural

¹This laboratory has been moved to Shimizu, Shizuoka Prefecture and is now known as the Far Seas Fisheries Research Laboratory.

experimental stations, although some were sent directly from the fishermen to the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory. Data for mothership operations were submitted by the operators to the Fisheries Agency, and are included in these statistics. It is estimated that data used in this study represent 40% to 60% of the total fishing operations (A. Suda, *personal communication*). Statistics compiled by the Nankai Laboratory include the number of sets made, the number of hooks used, the catch in numbers of fish by species and area (1° of latitude by 1° of longitude), the month of capture and the type of fishing operation (day or night-time set, mothership, home-based or foreign-based). Some similar statistics for years prior to 1956 are published in the journal *Tuna Fishing* Nos. 1-73 (Investigative Society of Tuna Fish., 1953-1959). However, since the skipjack catches reported in these publications are minor and the information is rather unreliable, and because Japanese longline operation in these earlier years was limited to the western half of the Pacific, these data are not included in the present report.

The other source of commercial skipjack catch statistics used in this report was the Fisheries Agency of Japan (Res. Div. Fish. Agency Japan 1965, 1966, 1967). The data, covering 1962 through 1964, include number of operations, number of hooks used, catches by species, area (5° of longitude by 5° of latitude), month of capture, size-class of vessel and types of bait used. The system of collection and extent of coverage are described in each source of literature. Prior to 1963, the extent of coverage was rather poor. In 1963, however, new Japanese tuna regulations required all captains of tuna fishing vessels to submit copies of their fishing logs to the government at the termination of each trip, thus greatly improving the extent of coverage. Most vessels over 200 gross tons (89% of such vessels in 1963 and 90% in 1964) have complied with this request, but the statistics for smaller vessels are still largely dependent on data collected by research personnel at the fishing ports. The statistics reported by the fishing captains are cross-checked with the logs copied by research personnel at the ports of landing.

Limitations of the data

One major limitation of research vessel data is that coverage is restricted in both area and time. Also research vessels often use fewer units of gear than commercial vessels and the catches of skipjack are very small.

In contrast to records collected by research vessels, the commercial vessels cover the Pacific well in terms of time and space, especially after 1956 when the longline fishery expanded into the eastern Pacific. An advantage of these data is that longline vessels fish all species of tunas as well as billfishes. Therefore, if a particular species is absent in the catches from a particular area, negative as well as positive information is obtained. Since skipjack are not sought by longliners, however, they may

not operate in areas where skipjack is the *only* abundant species. This is more likely to occur in the northern or southern limits of the fishing grounds because skipjack can tolerate somewhat colder water than can other tropical tunas and billfishes.

The most important limitation of the commercial statistics is the accuracy of reports in regard to skipjack. Catches of skipjack by long-liners are far less than that of other species, and the unit value is also less. In most cases skipjack are not brought to port but are eaten or discarded by the crew. As a result, catches of skipjack often are not recorded or are recorded later from memory. Skipjack catches are frequently grouped with dolphins (*mabi-mabi*), barracuda, and sometimes with sharks in the "miscellaneous" category. Further error is often introduced by the log-book copiers at the ports, who may copy only the information pertaining to more important species of tunas and billfishes because of time limitations and because they know that records of skipjack catches are not as carefully or competently kept as those of other species. For example, during the period 1949-1965, the research vessels, using 681,756 hooks, caught 735 skipjack, i.e. 1.07 skipjack/1000 hooks. The number of skipjack caught by these vessels accounts for 3.3% of their total tuna catch. By comparison, the commercial catch statistics for 1964, which is considered the most reliable year in regard to skipjack catches reported, indicate that approximately 36,000 skipjack were caught by the 283,140,000 hooks used in the Pacific, a hook-rate of 0.127 skipjack/1000 hooks. Furthermore, the catch of skipjack accounted for only 0.5% of their total tuna catch compared with 3.3% for research vessels. Even though the two operations are not directly comparable because the time periods and areas of operations were different, the differences in hook-rate and total catch are so large that it is almost certain that substantial amounts of skipjack caught by the commercial vessels were not recorded. This defect might be less serious if the unrecorded catches were randomly distributed in space and time. However, it is possible that the accuracy of recording may vary by size-classes of vessels. If this is the case, some geographical bias in the data will result, since the smaller vessels operate only in the western part of the Pacific, the larger vessels tend to operate in the eastern or southern part of the Pacific, and motherships operate mostly in the southern central Pacific. Because of these limitations, it is not possible to make many meaningful comparisons of the distribution or abundance of skipjack, as recorded by research and commercial vessels.

Processing of data

All the catch data from research vessels, 1949 through 1965, were combined by 5° areas and by quarters², and the skipjack hook-rates³ were

²First quarter begins with January.

³In this report all hook-rates are expressed in terms of number of fish caught by 1000 hooks instead of the catch per 100 hooks which is customarily used.

then calculated. All the other associated biological data collected during these research cruises were similarly combined.

The commercial catch statistics for 1956 through 1961 were machine tabulated. The catches were combined regardless of the type of fishing operations (day-time or night-time sets; home-based, foreign-based or mothership-based vessels).

Hook-rates were calculated for the commercial catch statistics for 1962 and 1963 from Table I, Res. Div. Fish. Agency Jap. (1965, 1966) and for 1964 from Table II, *op. cit.* (1967).

GEAR SELECTIVITY

Comparison of the vulnerability of skipjack to longline and surface gear

When catch data are used to draw conclusions about the abundance and distribution of a population of fish, selectivity of the fishing gear must be considered. Since the longline is designed to catch large tuna other than skipjack, it is desirable to review the problem of longline selectivity in comparison with the conventional purse-seining and live-bait methods.

The size of the hooks used on longline gear is considerably larger than that used in live-bait fishing (10.5–12 cm vs. 2–6 cm), so that it is logical to assume that the former is selective for the larger fish. Also, live-bait and purse-seine fishing methods harvest only the population aggregated near the sea surface, whereas longline gear may catch scattered fish at any depth between the sea surface and 150 m (see the later section on vertical distribution). Since it is reported that big skipjack show less tendency to form schools than do small skipjack (Tominaga 1957; Strasburg and Yuen 1958; Magnuson 1963), this may also cause the longline gear to be more selective for the larger fish.

Skipjack have not been observed to eat dead prey under natural conditions (Tominaga 1957; Strasburg and Yuen 1958; Nakamura 1962). Since dead saury or squid are generally used as bait on the longline, it would seem that skipjack would be less apt to bite than if the bait were alive. However, the large skipjack found at depths fished by longline gear may be less active than skipjack in surface schools (Tominaga 1957; Strasburg and Yuen 1958), and therefore less selective regarding the condition of the bait. The visual acuity of skipjack is reported to be good enough to distinguish dead bait from live bait when the dead bait is relatively still and there is sufficient light (Yamamoto 1933; Tominaga 1957; Manar 1966). At depths where there is insufficient light, it is quite possible that skipjack respond to the dead bait on the longline, particularly when the lines are in motion such as during setting or hauling.

Simultaneous operations by longline and pole-and-line

In 1953 a Japanese scientist aboard the longline mothership *Tenyo-maru*

collected length-frequency samples from skipjack caught by longline east of the Solomon Islands and from those caught by pole-and-line from approximately the same area and time period. In Table 4 and Figure 1, the length-frequency sample from longline skipjack caught between June 25 and July 4 is compared with a pole-and-line sample taken on June 28, and a longline sample for the period August 13 through 24 is compared with a pole-and-line sample taken during the period August 22-24. Although the sample sizes are small, there are obvious differences in the length-frequency distributions of fish caught by the two gears. In the first case, the length of skipjack caught by longline averaged 59.9 cm while fish in the pole-and-line sample averaged 53.8 cm. The size ranges were 49-83 cm for the longline sample and 46-63 cm for the pole-and-line sample. In the second case, the sample means were 62.0 cm for the longline fish and 55.7 cm for the pole-and-line fish, and the ranges were 56-66 cm and 45-65 cm.

Assuming that the length-frequencies of each sample were normally distributed, the samples were analyzed statistically to determine if the skipjack captured by longline and bait vessels were significantly different in size. The sample variances were compared employing an *F* test and in both cases the values were significant ($F = 2.23$ for the first series and $F = 4.43$ for the second series with $P < 0.01$ in both cases), indicating unequal variances. Therefore, a weighted *t* test (t') for unequal variances was used to examine differences in means between samples. For the first series, t' was 5.40 and the critical weighted value was 2.76. For the second series, t' was 7.60 and the critical weighted value was 2.75. In both cases highly significant differences in mean length between fish sampled by the two methods were indicated ($P = 0.01$) (Snedecor 1956).

It is not known what bait was used for the pole-and-line fishing but most likely live bait was not used. Therefore, the catch by pole-and-line may not accurately represent the selectivity of live-bait fishing. Nevertheless, the difference in size selectivity of the two types of gear is apparent. Brock (1954) and Kawasaki (1959, 1965a) reported that the variance of skipjack sizes within schools is much smaller than that between schools. A difference of this magnitude is not surprising since the pole-and-line fishing most probably took fish from a single school, whereas the longline may have taken fish from many schools and possibly non-schooling fish.

The above results indicate that longline gear is more selective than pole-and-line against small skipjack. However it is not possible to say whether the selectivity is due to hook-size or to differences in behavior between large and small skipjack.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF SKIPJACK

Geographical distribution of skipjack as shown by data of research vessels

The distribution of hook-rate by 5° areas and quarters of the year

from the data collected on research cruises is shown in Appendix Figures 1a, b, c, and d. These figures combine all available information regardless of the year of collection. Because of the limitations of the data already discussed, the comments that follow are intended to apply only to the data at hand. It is not known how well these data represent the actual situation.

In Appendix Figure 1a, the presence of skipjack is shown in a wide area from 35°N to 35°S during the first quarter. A relatively high hook-rate is indicated in the eastern tropical Pacific between 100°W and 140°W longitude and in the rectangle bounded by 30°-35°N, 175°E-180°.

In Appendix Figure 1b, representing the second quarter, effort was restricted to the western Pacific. The area of highest hook-rate lies between 5°N and 25°N, east of the Mariana Islands.

Appendix Figure 1c, representing the third quarter, indicates that effort was restricted to the west of 160°W. Highest hook-rates are located in the tropics from east of the Marianas to New Guinea. The latitudinal distribution of skipjack during this quarter seems to be centered more in tropical waters than in other quarters of the year.

In Appendix Figure 1d, representing the fourth quarter, there is some indication that the highest hook-rate is in the areas north of New Guinea and in Micronesian waters. In the eastern Pacific, where all of the effort was restricted to the southern hemisphere, light catches were made to the west and south of the Galapagos Islands.

In all quarters except the second, and particularly during northern winter months, some catches were recorded from the northwestern Pacific off the coast of Japan.

Geographical distribution of skipjack as shown by commercial catch data

The distribution of hook-rate from commercial catches for the period 1956-1964 was analyzed by 5° areas, by quarters of the year and by year. Because of an excessive number of quarterly figures, only annual average distributions are given for 1956-1960 in Appendix Figure 3 (a through e), while quarterly distributions for 1961-1964 are given in Appendix Figure 2 (a through p). However, the discussion which follows is based on all quarterly distribution charts for all years.

There have been considerable changes in the distribution pattern of effort from 1956 to 1964. There was also some variation in hook-rates from year to year in all of the areas but these may represent sampling errors rather than annual fluctuations in abundance of skipjack. There are several features in the seasonal distribution of hook-rate for skipjack, which appear repeatedly from year to year, as presented in the following discussion.

In the first quarter (Appendix Figures 2a, e, i, and m), catches were

made in all areas except the northeastern Pacific. Relatively high hook-rates were recorded consistently along the equator (10°N - 15°S) between approximately 160°W and 100°W . Generally the catches in the western Pacific were spotty but widespread from north to south, while those in the eastern Pacific (east of 160°W) were confined to the equatorial region. Relatively high hook-rates were recorded every year in the northwestern Pacific (west of 170°W between 20°N and 40°N .)

In the second quarter (Appendix Figures 2b, f, j, and n), relatively high hook-rates were recorded from a greater number of areas. The southern limit of catches extended farther poleward than in the first quarter while, at the same time, the northern limit moved toward the equator. Relatively high hook-rates were recorded in the central Pacific (between 170°E and 130°W), in most years.

In the third quarter (Appendix Figures 2c, g, k, and o), high hook-rates were recorded consistently between 170°W and 90°W and between 10°N and 20°S , in the years when intensive fishing took place in the areas discussed above. The center of distribution in this general region seems to have shifted eastward from that noted in the second quarter. Also some catches were consistently made east of Australia and New Zealand, along the Solomon and New Hebrides Islands. Catches from the northwestern Pacific east and directly south of Japan are very scanty.

In the fourth quarter (Appendix Figures 2d, h, l and p), the highest hook-rates were recorded around 170°W to 100°W , between 10°N and 20°S , particularly in the southern hemisphere. In the western Pacific, east of Japan, relatively high hook-rates were recorded.

General comments on the spatial and temporal distribution of skipjack

The two series of distributional charts based on data from research vessels and from commercial operations are in general agreement. Both series indicate that skipjack are widely distributed across the Pacific between 40° - 45°N and 40°S . Furthermore, the hook-rate is higher in the southeastern Pacific than in the northwestern Pacific throughout the year. This may reflect the true distribution of skipjack catches by longline or may be due to sampling errors.

It seems that the areas of high hook-rate shift southward during the second and third quarters, and northward during the first and fourth quarters. In the western Pacific the north-south range of the catch is greatest in the first and fourth quarters. The hook-rate is relatively high off Japan and as far east as 170°W during the first and fourth quarters of the year.

These patterns of hook-rate were consistently observed in most of the years included in this study. They are not in harmony, however, with the

distribution and migration of skipjack as observed from data on the surface fisheries. Most probably the difference in skipjack distribution observed in the surface fisheries and by longline catches can be explained by gear selectivity and by seasonal change of availability of fish to the gears since, as discussed in the previous section, the longline is selective against small surface-schooling fish while the surface fishery is selective against the deep-swimming and/or large non-schooling fish. Moreover, skipjack may remain in deep water during winter where they are only available to longline gear, whereas they may come closer to the surface in summer where they are more valuable to the surface gear. Also the broader latitudinal distribution of catches in the northern winter months over that in the summer months could be related to the spawning of skipjack, since most of the fish caught by longline are considered to be of spawning size [according to Yabe (1954) and Orange (1961), skipjack attain maturity at a length of 45 to 50 cm]. The peak of skipjack spawning seems to occur in summer (Brock 1954; Matsumoto 1958; Waldron 1963; among others) and it is known that spawning skipjack, particularly females, are not vulnerable to the bait-fishing method (Wade 1950). Thus the limits of skipjack distribution shown by longline catches may not represent their actual limits of distribution. This may also explain the fact that males outnumbered females in the longline catches (discussed in a following section).

Generally, high hook-rates are recorded in extensive areas along the equator between 10°N and 20°S, and between 155°-160°W and 90°-100°W, particularly south of the equator. This general area is that in which skipjack larvae are most frequently collected (Matsumoto 1966).

Skipjack distribution in relation to oceanographic conditions

Observers on Japanese research vessels take oceanographic observations, including water temperature data, at the same time as they fish. To compare the distribution of fish with water temperature, the data for 705 sets of longline gear were arranged in the following manner and presented in Table 5: All sets, for which surface water temperatures were recorded, were grouped by 1 C water temperature intervals over the range from less than 14 C to over 30 C. Similarly, if water temperatures were recorded at 10-25 m, at 50 m, or at 100 m depths during the time of set, then these sets, of the 705 sets available, were regrouped separately by the same temperature intervals and range at each of these depth categories.

Then for each depth-group category and 1 C interval stratum, the following five items were calculated: A) the total number of sets, B) the number of the sets which caught skipjack, C) percent of total sets successful for skipjack ($B/A \times 100$), D) total number of skipjack caught, and E) number of skipjack caught per set (D/A).

The distribution or catch of skipjack at the surface in relation to sea

surface temperature has been discussed by Uda (1939), Kuroda (1955), Blackburn *et al.* (1962), Anonymous (1963), Broadhead and Barrett (1964), and Kawasaki (1965a), among others. The results may be summarized by stating that skipjack near the surface are present in waters between 18 and 28 C. The lower limit is variously reported as from 18 to 20 C but the various authors are in good agreement concerning the upper limit of 28 C. Many of the catches recorded in Table 5 were made in waters where the temperature at even 100 m was over 28 C, so that it is possible that these catches were made at depths greater than 100 m. Relatively more skipjack were caught by longline when water temperatures were nearer the upper and lower limits of the temperature ranges reported above (18-21 C and 26-28 C) than when in the middle of these water temperature ranges (22-25 C). This observation differs from those made on the relationship between skipjack catch and water temperature in the near-surface tuna fishery.

The close relationship between currents and the distribution and migration of tunas, has often been discussed. Nakamura (1954) believed that the distribution of various species of tuna is very closely related to specific current systems. This idea was supported by Nakamura and Yamanaka (1959), Yabe, Yabuta and Ueyanagi (1963), Nakamura (1965), and Kawasaki (1965a, 1965b). Inanami (1941) associated skipjack with the north equatorial current in waters around Palau. In the northwestern Pacific, it is generally thought that skipjack migrate out of the south, via the Kuroshio Current to the east coast of Japan and that they then aggregate near the polar front where they provide good fishing (Kawai 1955; Kawasaki 1965b). In Hawaiian waters the strength of the North Pacific Current is closely associated with the occurrence of skipjack (Seckel and Waldron 1960; Seckel 1963; Anonymous 1963; Waldron 1963).

The main current systems in the Pacific Ocean are shown schematically in Figure 2 (taken from Anonymous 1963). Only gross comparisons of current systems and skipjack distribution are possible because the seasonal and yearly variations in the currents are not taken into consideration. It will be noted from a comparison of Figure 2 and Appendix Figures 2 and 3 that skipjack catches were scanty in the North Pacific central water and in the North Pacific Equatorial water; this observation does not conflict with past findings.

SIZE COMPOSITION OF LONGLINE SKIPJACK CATCH

Size composition by sex, area and season

In the period 1949-1965 Japanese scientists measured the length of 741 skipjack⁴ caught by longlines during research cruises. In Figure 3,

⁴This includes 30 measurements made by a researcher on the mothership *Tenyo-maru*.

the length-frequency distribution for males and females separately, and for all fish combined, are compared. The ratio of males to females was 95:63 which, compared with the expected 1:1, is statistically significant at the 95% level ($X^2 = 6.48$).

It is almost impossible to discuss size composition by area and season because of inadequate sampling. However, to make available all possible information for the planning of, or comparison with, future studies, these data are shown by quarters of the year in eight areas of the Pacific Ocean (Figure 4).

Comparison of size composition of fish taken by longline gear and in surface fisheries

There has been considerable disagreement in the many attempts made to correlate size with age of skipjack. The conclusions of various scientists are summarized in Table 6. The range of lengths shown in Figure 3 indicates that longline gear captures skipjack of at least three age groups, no matter which method is applied.

In the section on gear selectivity (page 519), it was shown that longline and pole-and-line gear do not fish exactly the same portion of a skipjack stock even if they fish the same general area, but this does not preclude a discussion of whether skipjack caught by longline are related to the stock(s) harvested by the surface fishing gear. Only one size-frequency sample of longline-caught skipjack (the collection from Area B— $160^{\circ}\text{E}-180^{\circ}$, $20^{\circ}\text{N}-45^{\circ}\text{N}$ —during January-March, consisting of 172 measurements) is large enough for even a crude comparison with samples from the surface fisheries. Actually the majority of the fish in this collection came from a catch made by the *Taiyo-maru* in January 1951 at about 31° to 32°N , 177°E to 178°E . The size-frequency distribution of this catch is compared with those from Japanese and Hawaiian surface fisheries in Figure 5.

The size composition of skipjack caught by live-bait fishing in Japanese waters was discussed by Kawasaki (1952, 1955a, 1955b, 1964, 1965a, 1965b), Kawasaki and Anraku (1962) and Kawasaki *et al.* (1962). The average size composition of skipjack for 1951 through 1955 for the northeast (Tohoku Area) and southeast (Izu-Bonin Area) of Japan are shown in Figure 5 (modified from Kawasaki 1964). In the northeastern area the bulk of the catch seems to be from a single year class throughout summer, the mode progressing from about 45 cm to 55 cm from May to October. Later in the season, smaller fish (probably one year younger than the size which predominates in the catch) appear in the catch. The same size class also dominates in the catch from the southeastern area in early summer, but larger fish, averaging 60 to 70 cm, appear in the catch in late summer (Kawasaki 1964).

In the Hawaiian surface fishery, the typical modal lengths for winter skipjack catches are 35, 50 and 70 cm, while those of the summer catches are 45 and 70 cm (Rothschild 1965). There are occasional occurrences in the April-September samples of another modal group located between the 45 cm and 70 cm groups. In Figure 5, two typical examples are shown for 1954 and 1961 (from Rothschild 1965).

Comparing the size frequencies of skipjack from the three areas of Figure 5, it is noted that the smaller modal group of the two modes in the longline sample is similar in modal length (about 65 cm) to the groups of the larger skipjack in the catches from southeastern Japan in late summer and also from the Hawaiian area in the spring. Considering the geographical location and the time of collection of the longline samples, it is tempting to speculate that they might have been partly composed of skipjack which emigrated from the southeastern area of Japan in the previous fall months, and, perhaps, the fish which move into Hawaiian waters (see page 531).

Kawasaki (1964) hypothesized that the skipjack generally caught along 30°N in February by longline gear are young fish which would move westward and be recruited to the Izu-Bonin fishery the following summer. He also hypothesized that all older skipjack from all areas return to spawning areas in tropical waters, and that only young fish are present in waters of higher latitudes. If the size-frequency data from the longline sample taken in the northwestern Pacific are assumed to represent the actual size composition of skipjack available to the longline in that area (the size selectivity by longline gear supports this assumption), then Kawasaki's hypotheses are doubtful.

Such comparisons based on size-frequency data are not possible for other areas since the sample sizes of longline catches are too small. The majority of the skipjack caught by longline in the northeastern Pacific range from 62 to 73 cm, while the average size of skipjack caught by the surface fisheries in the eastern Pacific from 1955 to 1963, ranges from 5.9 to 7.5 lb., i.e. approximately 50-55 cm (IATTC 1962).

VERTICAL DISTRIBUTION OF SKIPJACK

There is very little information on the vertical distribution of skipjack. Observations of a skipjack school at a depth of 185 m by observers in a submarine has been reported (Anonymous 1965b). Kimura, Iwashita and Hattori (1952) and Anonymous (1965a) reported on the use of electronic fish-finders to locate skipjack in mid-ocean, after which schools of skipjack were attracted to the surface from 50 to 100 m by chum. Most scouting for skipjack schools, however, is visual. Even if an airplane is used, the depth to which the observer can see the schools is limited, most probably

to the upper 20 m (*personal communication* from R. Green and C. Orange). Therefore, even though purse-seine gear can theoretically take fish to a depth of 60 m, and the live-bait method can bring schools to the surface from depths of 100 m by chumming, it is reasonable to assume that most of the catches by conventional fishing gear are made from schools nearer the surface.

Depth of longline set

Longline gear is designed to capture large tunas and billfishes from sub-surface waters. The fishing depth is adjusted by modifying the length of the float-lines (mostly 22 to 25 m long) and the hanging of the main line. The details of construction of the gear are described by Shimada (1951), Masuda (1963) and Suda and Schaefer (1965a). The longline gear by research vessels is similar to that used by commercial vessels. Therefore, data from the two sources are directly comparable insofar as the fishing depth is concerned.

Tuna longlines usually have four to six branch lines, each about 22 m long, per basket. The number of branch lines (equals the number of hooks) used per basket varies with area, season, and major species fished, but the majority of longlines have five branch lines per basket. Since the main line (about 350 m in total length per basket) is suspended at each end of the basket by a float line, the hooks in the center of each section (basket) of main line hang deeper than those at the ends.

Kamijo (1962) described a method of calculating the depth of hooks on the basis of the length of the branch line and the hanging of the main line. Yoshihara (1961) compared the depth of hooks recorded by echo-sounder and depth-recorders with the calculated depth. In a typical set he found that the depth of the hooks (Nos. 1 and 5) nearest to the surface varied from 60 to 100 m, averaging about 80 m; the intermediate hooks (Nos. 2 and 4) varied from 70 to 130 m deep, averaging about 94 m; and the deepest hook (No. 3) varied in depth between 70 and 140 m, averaging 102 m. The mean difference between the shallowest and the deepest hook was approximately 20 m.

While the hooks are stabilized at the depths given in the preceding paragraph during most of the time the longline is fishing, any given portion of the longline gear passes through water between the surface and its deepest stabilized position when it is set out and again when it is hauled in. According to Kamijo (1964), the time required for any particular part of the line to sink is 8 to 14 minutes, and the time required to surface is 3 to 6 minutes. Longlines remain in the water from a few hours to over 12 hours. Setting takes only a few hours but hauling an entire set of commercial longline gear, which is over 30 miles in length, takes more than 12 hours.

Comparison of catches between hooks

The distribution of fish among hooks of different branch lines as an indication of the vertical distribution of the fish has been discussed by Enami and Tanoue (1964), Watanabe (1961), Yoshihara (1961), Morita and Higo (1962), and others, but none of these studies concerned skipjack.

The branch line on which skipjack were caught was recorded in some cases during research cruises for which data are included in this study. The sample is rather small (321 fish) so all these data have been combined by areas, seasons, years, and vessels (Table 7 and in the left-hand panel of Figure 6). For comparison, the hook position of yellowfin, bigeye, billfishes, and albacore catches as reported by Watanabe (1961), are also shown. The hooks have been divided into three groups according to depth. Group A consists of the shallowest hooks (Nos. 1 and 4 on a 4-hook line; 1 and 5 on a 5-hook line; 1 and 6 on a 6-hook line); in Group B are the hooks of intermediate depth (Nos. 2 and 3 on a 4-hook line; 2 and 4 on a 5-hook line; 2 and 5 on a 6-hook line); in Group C are the deepest hooks (Nos. 3 on a 5-hook line; 3 and 4 on a 6-hook line).

Most of the data are from five-hook lines which have two hooks in groups A and B and one hook in group C, per basket. Since four-hook lines have no hooks in group C while six-hook lines have two hooks in group C, the number of hooks in group C for the whole is approximately one-half the number of hooks in groups A or B.

If fish are evenly distributed vertically, and all the hooks are equally effective, then the expected percentage of the total catch for the three groups of hooks would be 40, 40, 20 for groups A, B, and C, respectively. This would be the case also if all the catches were made at levels less than the stabilized position of the shallowest hooks while the hooks are sinking or being hauled up. Deviations from the expected percentages are shown in the right-hand panel of Figure 6. It can be seen from this figure that all species show negative deviations for group A; all species except albacore show positive deviations for group B, and all species except billfishes show positive deviations for group C. Bigeye show the largest deviations from the expected percentages for all three groups, followed by yellowfin and skipjack in descending order. In the case of skipjack, actual numbers of fish caught by the three groups of hooks were significantly different from the numbers expected ($X^2 = 12.39$, d.f. = 2). From this it can be inferred that the catch among hooks is not random.

Watanabe (1961) analyzed these distributions (except those for skipjack), together with some data from a depth-recorder attached to the hooks. He concluded that bigeye tuna is the deepest-living species and that the longline gear is most efficient for bigeye. He also concluded that the majority of the yellowfin catch is made when the line is sinking or being pulled up, and that almost all billfish catches are made while the

line is moving near the surface. Watanabe explained the proportionately larger catches by the deepest hooks, by differences in hook efficiency. As branch lines are of the same length, the deepest hooks are farther from the main line because they meet the main line at an angle of nearly 90° while the other branch lines meet the main line at angles of less than 90° . Therefore, fish approaching the deepest banks receive less warning from the main line. This condition, however, does not occur until the gear is stabilized. Morita and Higo (1962) came to the same conclusion on examining the greater efficiency of the deeper hooks. If this is the case, then the greater-than-expected catch of skipjack by the deeper hooks indicates that some skipjack were caught when the gear was stabilized. This would occur between 60 and possibly 140 m.

Deviations from the expected catch percentages of skipjack were less than those for bigeye and yellowfin, but more than those for albacore and billfishes. If it is assumed that: (1) all the bigeye were caught when the gear was stabilized with the hooks at their deepest positions; (2) all the billfishes were caught near the surface; (3) the deviations from the expected catch for the three groups of hooks is proportional to the ratio of deep catches and catches near the surface; then one can hypothesize that approximately two-thirds of the skipjack catches were made when the lines were moving, because the deviations in skipjack catches were about one-third of the bigeye.

The length-frequency distributions of skipjack catches by the three hook-depth categories are given in Table 8. The mean lengths for skipjack in groups A, B, and C are 62.6, 63.6 and 63.2 cm, respectively. Although the hypothesis of homogeneity of variance was rejected ($X^2 = 18.64$, d.f. = 2), the similarity in mean lengths among groups indicates that there was no vertical stratification by size at the depths where the hooks were stabilized, or that most of the catch was made above the depth of the shallowest hooks.

Death rate of fish captured by longline

Whether a fish is dead or alive when brought on a longliner's deck may vary, for example, with fish size and species, with environmental factors such as water temperature or dissolved oxygen content, and with time on the hook. In this study, of 273 skipjack examined when brought on deck, 93.8% were dead.

Hamuro and Ishii (1958) reported that albacore may survive for five to ten minutes after being hooked. Tanoue (1953) concluded that approximately 25% of the yellowfin, 20 to 40% of the bigeye and 10 to 40% of the billfishes which were caught by longline in the equatorial Pacific in July and August were landed alive. Both Enami and Tanoue (1954) and Watanabe (1961) reported that 20 to 30% of yellowfin captured by long-

line were alive when landed. Watanabe assumed that all yellowfin landed alive were hooked during the time the line were being hauled. He also assumed that a number equal to that landed alive was hooked while the lines were sinking. That is, 40 to 60% of the total yellowfin catch is made while the gear is in motion between the surface and the stabilized depth, and the remaining catch is made while the gear is stabilized.

If Watanabe's assumptions apply to skipjack, then only 12% ($6\% \times 2$) of the total longline skipjack catch is captured while the gear is moving. This is in disagreement with the estimate given in a previous section that two-thirds of the catch is made when the gear is moving.

Since the average size of longline-caught skipjack is considerably smaller than that of other species (Investigative Society of Tuna Fishery 1953-1959; see page 519), their survival time after being hooked could be less. In any case, the survival of even a small portion of the total skipjack catch sampled proves that at least some of the skipjack caught by longline were captured not long before the lines were brought to the deck.

It is not possible to compare statistically the length-frequency samples of live and dead skipjack given in Table 9, because of the small size (17 fish) of the sample of the live fish. The two samples have approximately the same range and the means are similar, i.e. 68.0 cm for the dead skipjack and 71.6 cm for the live skipjack.

The data available at present indicate that the majority of skipjack are caught by longline when the gear is moving, and the remainder are captured while the gear is stabilized at 60 to 140 m.

DISCUSSION

The information available on incidental skipjack catches by longline gear may not be sufficient to draw conclusions concerning the population structure and migration of skipjack in the Pacific Ocean, but it will be instructive to review several of the discussions or theories recently made on the structure of the skipjack population in the Pacific Ocean in light of the new information given here.

There have been many findings and hypotheses published on the migration and distribution of skipjack *within* the various local surface fisheries. The data presented in this report neither confirm nor negate theories concerning the separate surface fisheries, since longline operations on the grounds of the surface fisheries are rather few. Recently Kawasaki (1964, 1965b) and Rothschild (1965) presented similar hypotheses on skipjack populations in the Pacific Ocean, based on knowledge of the spawning areas, size-frequency distributions of commercial catches, catch statistics, and tagging results. Rothschild (1965) hypothesized that the fishery in

the northern grounds of the eastern Pacific might be exploiting skipjack which originated from a spawning population in the central tropical Pacific and that the same spawning population provides skipjack recruits to the Hawaiian fisheries. His theory is partially supported by four recoveries of tagged skipjack from the central Pacific, from nearly 70,000 skipjack tagged and released in the eastern Pacific (Schaefer *et al.*, 1961 and *personal communication* from B. D. Fink). This is evidence that some skipjack leave the area of the northern component of the eastern Pacific fishery and reappear in the Hawaiian fishery. From the longline data, it is seen that skipjack catches are continuous and consistent along the equator between Hawaii and the eastern Pacific fishing grounds. These might be best interpreted as a spawning population since they seem to be large, mature fish, and skipjack larvae are abundant in the same area; however, it is not yet known whether there is more than one sub-population in the area.

Kawasaki (1964, 1965b) speculated that all skipjack appearing in Japanese, Hawaiian and eastern Pacific surface fisheries originated from a spawning group or groups which experience common environmental conditions in each year (hypothesis No. 1). He also believes that the young skipjack migrate poleward for food but return to the tropical waters and spawn when they reach sexual maturity (hypothesis No. 2). He hypothesized that the Japanese fishery catches young skipjack during their feeding migration whereas the Hawaiian fishery catches members of the spawning population as well as young fish. Therefore, there may be some relation between the skipjack found in Japanese waters and those in the Hawaiian fishery (hypothesis No. 3). There is no evidence from the data presented in this present report which refutes or strongly supports his first and third hypotheses, but the fact that large skipjack are found in waters at high latitudes (between 20°N to 40°N), as well as in the tropical waters, is contrary to his second hypothesis.

The fish caught east of Japan between 30° and 40°N, particularly in the winter time, may consist of two components from different areas. The first might include fish of 60 to 70 cm (page 525 and Fig. 5) which emigrated from the surface fishery off Japan, whereas the second component might consist of fish of 70 to 80 cm that are part of a spawning population which moved poleward from the tropical spawning ground. The lower apparent abundance and seasonally inconsistent distribution of these fish in the northwestern Pacific, compared to tropical latitudes, suggests that they do not remain in the northern waters during summer but at least some of them return to more tropical latitudes where spawning occurs. It is impossible to determine from the data examined in this study whether some of these skipjack pass through the Hawaiian fishery as proposed by Kawasaki in his third hypothesis.

The almost continuous occurrence of longline-captured skipjack along

the equator from the western Pacific to the central Pacific near Hawaii attests to the nearly continuous distribution of skipjack in this wide area, but whether they segregate into genetically distinct spawning groups cannot be determined from the available data.

ACKNOWLEDGMENTS

I wish to express my gratitude to Mr. A. Takashiba and Dr. H. Yabe, the former and present directors respectively, of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (formerly the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) who kindly gave me permission to copy and use all data pertaining to skipjack, the basis of this paper. Great assistance was given by the staff of the former Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, especially by Dr. T. Kamimura, Dr. A. Suda, and Mr. S. Kume.

I wish to thank Dr. Y. Hiyama, Professor of Tokyo University, for his critical review and guidance on the manuscript. I also wish to thank Dr. J. L. Kask, Director of Investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission, who provided considerable support for this study.

Much gratitude is also expressed to my colleagues of the Inter-American Tropical Tuna Commission, namely Messrs. J. Joseph, and T. P. Calkins for their critical review of the manuscript; to Mr. C. L. Peterson for reading the manuscript and for his comments; to Mr. C. T. Psaropoulos for programming the data for machine processing. Special thanks are due to Mr. B. M. Chatwin for his helpful suggestions and criticism on the final draft and for his untiring assistance with the English language which is not my native tongue.

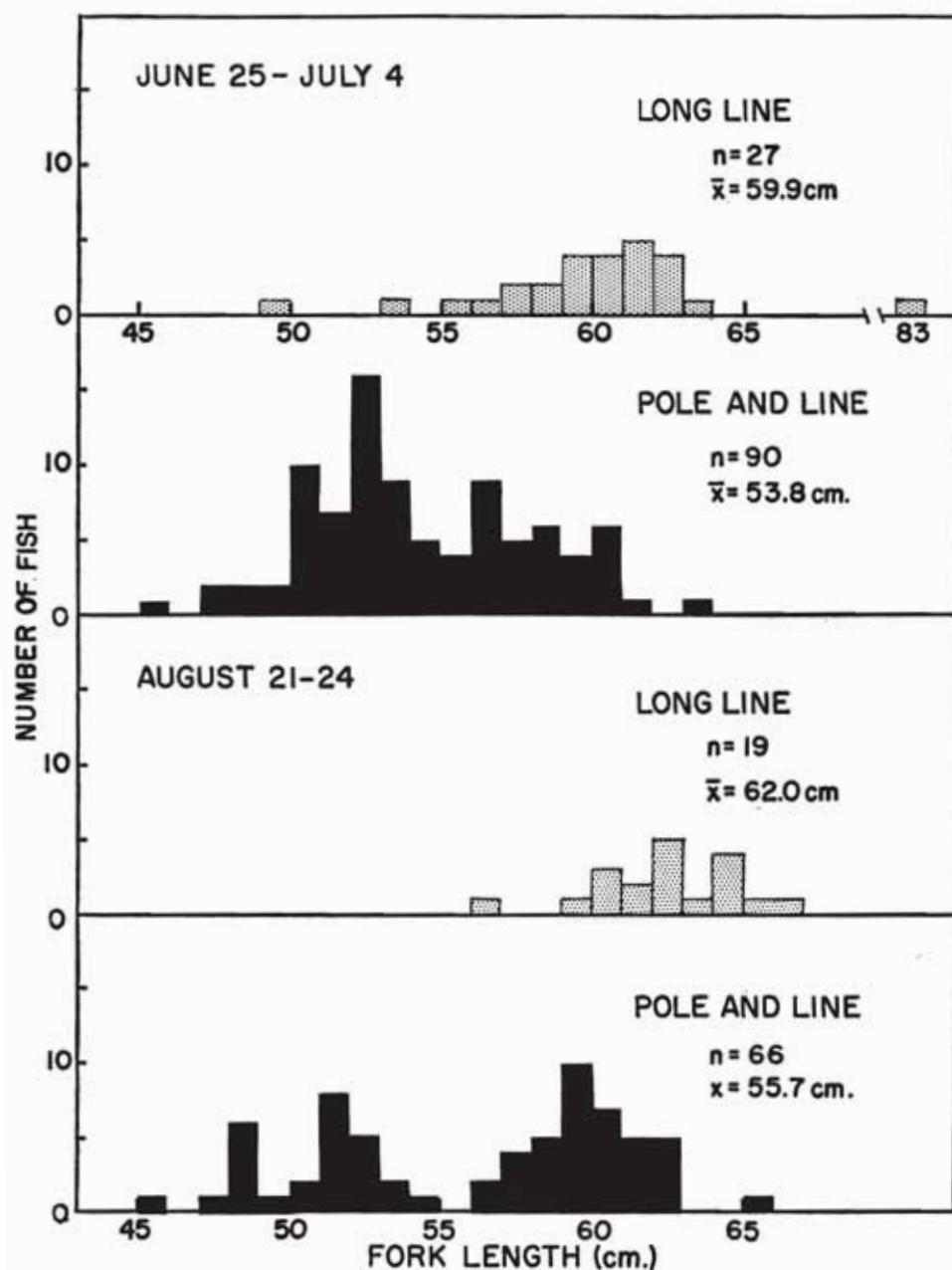


FIGURE 1. Comparison of length frequency distribution of catches of skipjack by longline and pole-and-line, *Tenyo-maru*, 1953.

FIGURA 1. Comparación de la distribución de las frecuencias de longitud de las capturas de barrilete con palangre y con caña de pescar, *Tenyo-maru*, 1953.

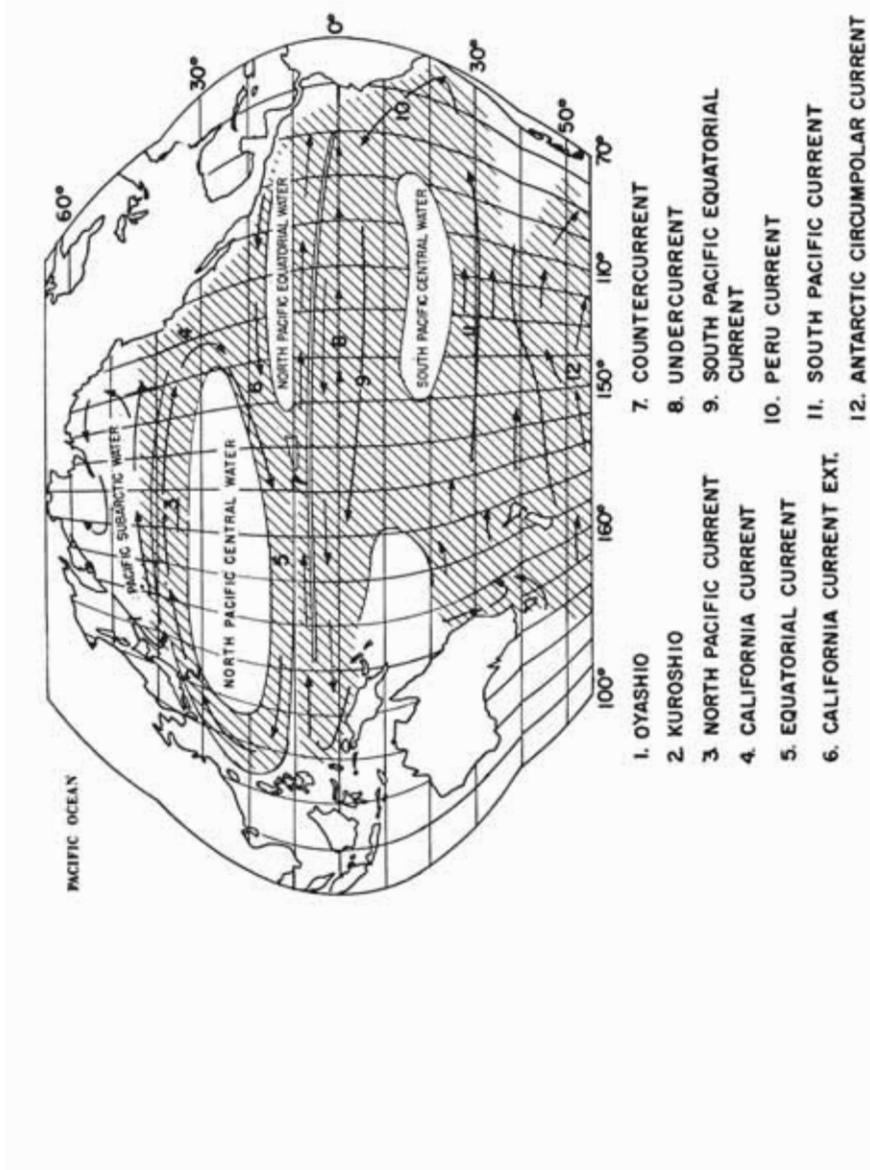


FIGURE 2. Current systems in the Pacific Ocean (from Anonymous 1963).

FIGURA 2. Sistema de corrientes del Océano Pacífico (Anónimo 1963).

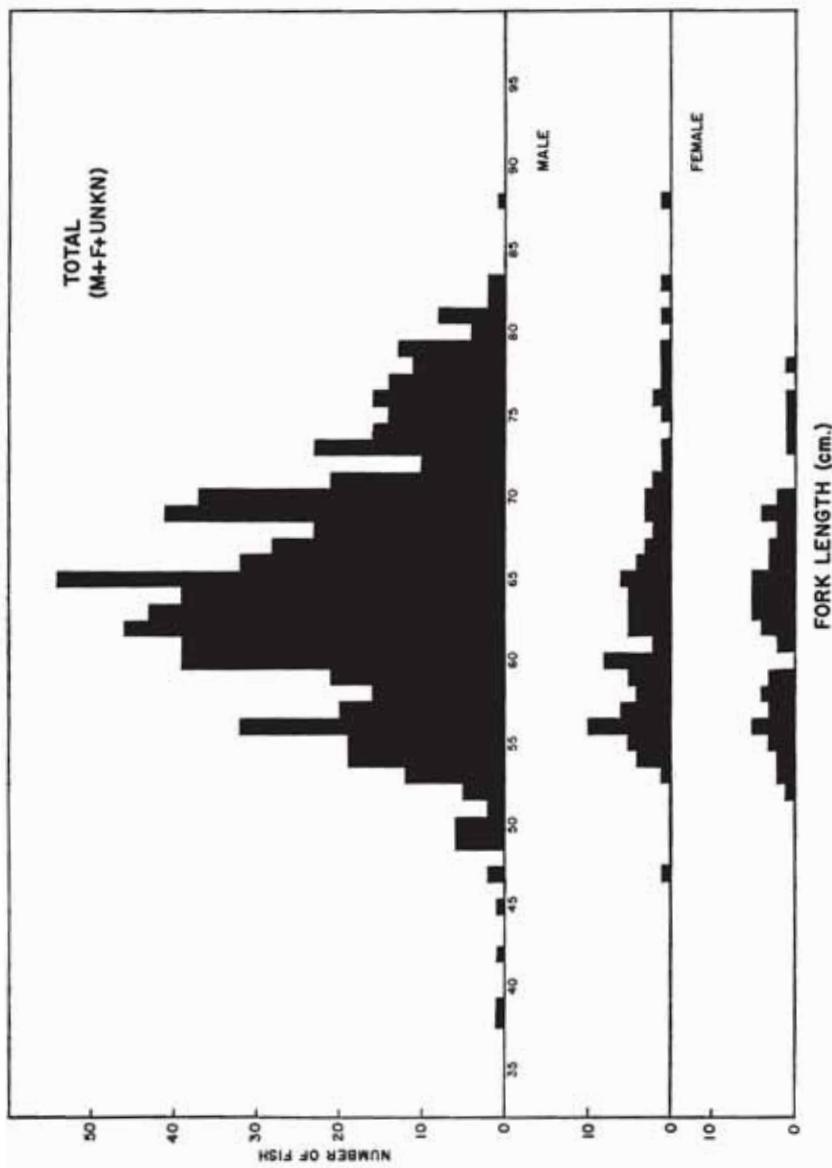
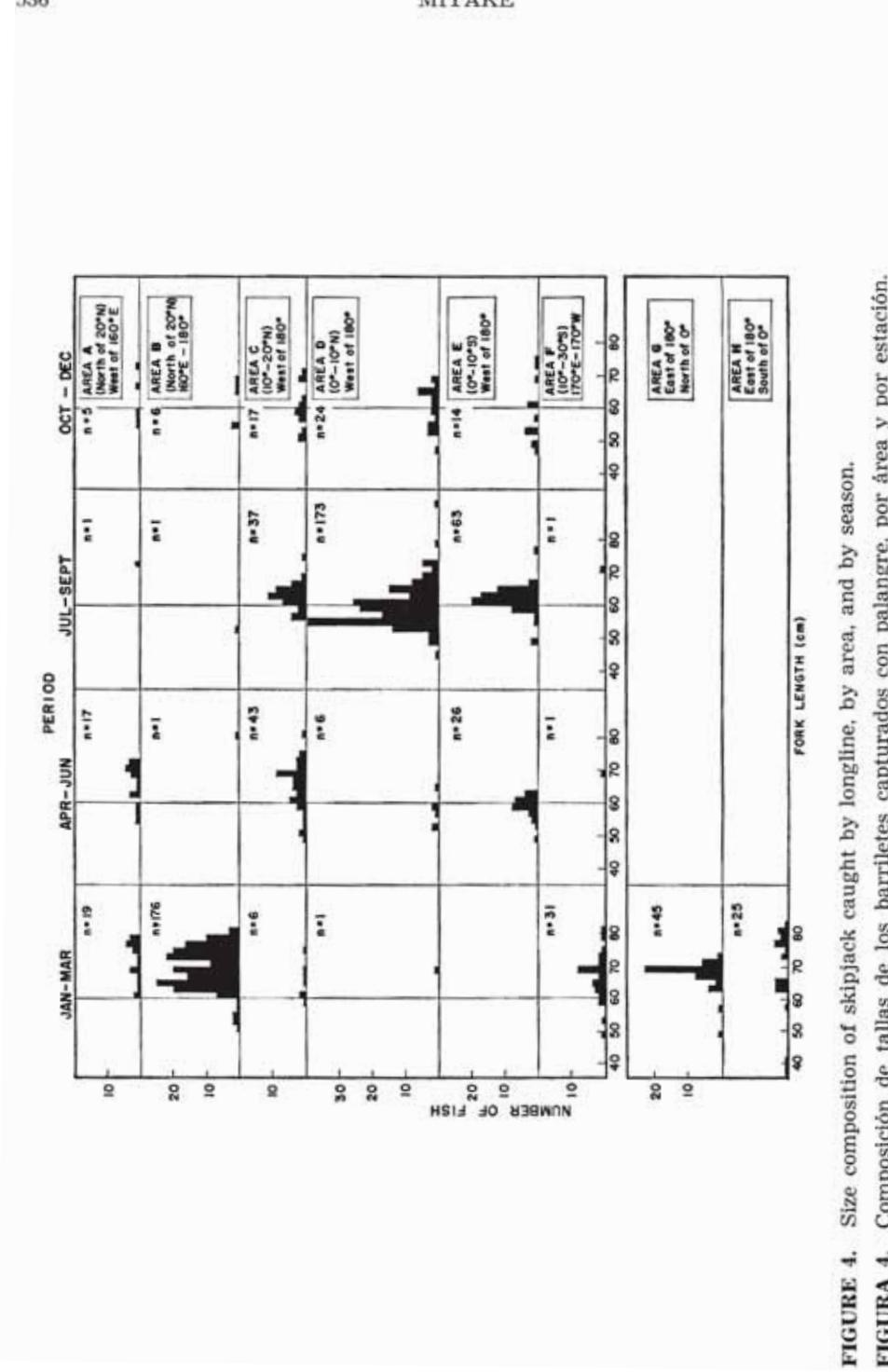


FIGURE 3. Size composition of skipjack caught by longline for all areas, seasons, and years combined.

FIGURA 3. Composición de tallas de los barriles capturados con palangre, por todas las áreas, estaciones y años combinados.



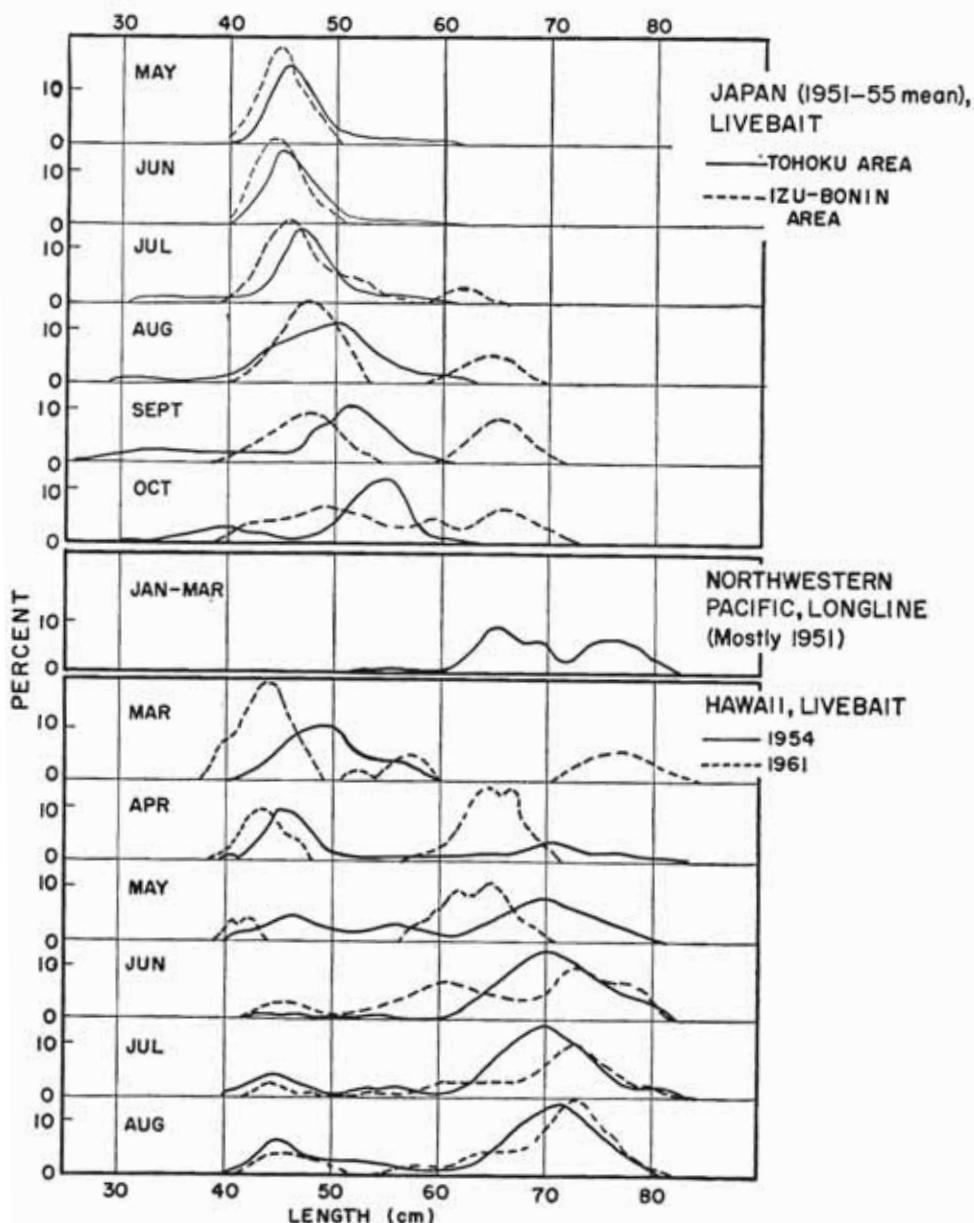


FIGURE 5. Comparisons in the size composition of skipjack from the Japanese livebait fishery, the northwestern Pacific longline fishery, and the Hawaiian livebait fishery.

FIGURA 5. Comparaciones en la composición de tallas de los barriletes de la pesca japonesa con carnada viva, de la pesca palangrera del Pacífico norte y de la pesca hawaiana con carnada viva.

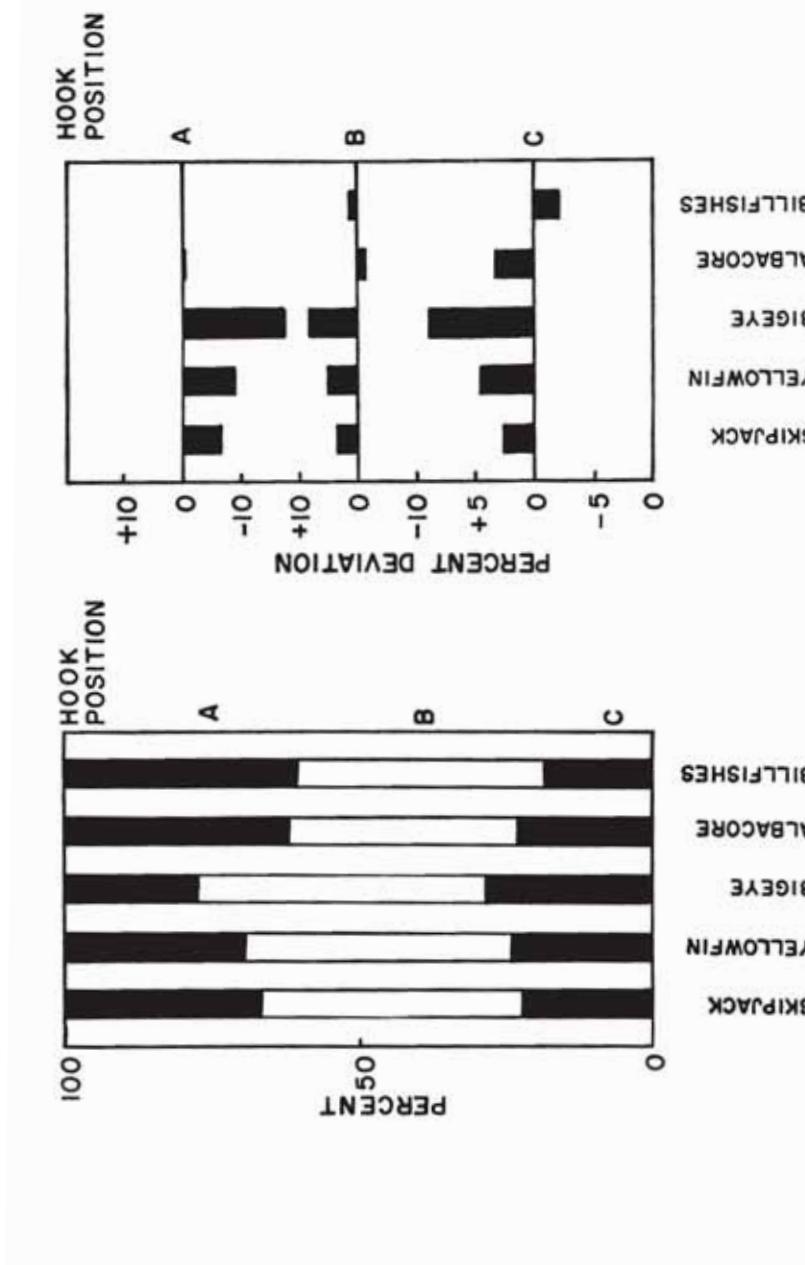


FIGURE 6. Proportion of capture by hook position, compared among species; left side. Observed deviations in proportion from those expected, compared among species; right side.

FIGURA 6. Proporción de la captura por posición de los anzuelos, comparada entre las especies; al lado izquierdo, Desviaciones observadas, en proporción a aquellas esperadas, para aquellas especies; al lado derecho, Desviaciones observadas, en proporción a aquellas esperadas, entre las especies; al lado derecho.

TABLE 1. Commercial skipjack landings (in short tons and metric tons) from the eastern Pacific, Hawaii and Japan**TABLA 1.** Desembarques comerciales de barrilete (en toneladas cortas y toneladas métricas) del Pacífico oriental, Hawái y Japón

Year Año	Eastern Pacific ¹		Hawaii ²		Japan ³	
	S. Tons	M. Tons	S. Tons	M. Tons	S. Tons	M. Tons
1940	28,800	26,100	6,710	6,087	128,253	116,349
1941	12,900	11,700	1,826	1,656	101,004	91,629
1942	19,500	17,700	5	5	87,871	79,715
1943	14,700	13,300	—	—	56,980	51,691
1944	15,600	14,200	—	—	43,698	39,642
1945	17,000	15,400	1,954	1,772	21,664	19,653
1946	21,250	19,300	2,815	2,554	45,687	41,447
1947	26,750	24,300	2,796	2,536	53,718	48,732
1948	30,750	27,900	4,169	3,782	44,882	40,716
1949	40,500	36,700	4,932	4,474	51,225	46,471
1950	64,650	58,600	4,741	4,300	93,284	84,626
1951	60,550	54,900	6,437	5,840	114,981	104,309
1952	45,400	41,200	3,632	3,295	94,715	85,924
1953	66,850	60,600	6,015	5,457	80,127	72,690
1954	86,850	78,800	7,000	6,350	106,032	96,191
1955	64,000	58,100	4,670	4,237	109,819	99,626
1956	75,150	68,200	5,567	5,050	108,013	97,988
1957	64,150	58,200	3,066	2,781	107,385	97,418
1958	82,450	74,800	3,418	3,100	162,517	147,433
1959	88,800	80,600	6,207	5,630	183,763	166,707
1960	55,250	50,100	3,678	3,337	86,650	78,608
1961	71,550	64,900	5,476	4,967	159,093	144,327
1962	80,700	73,200	4,708	4,271	187,706	170,284
1963	102,550	93,000	4,050	3,674	124,436	112,887
1964	62,600	56,800	4,512	4,093	183,825	166,763
1965	92,950	84,300	8,100	7,348	149,988	136,067
1966	66,200	60,100			—not available—	
1967	134,950*	123,400			—no disponible—	

^{*}Preliminary—preliminar¹From Annual Reports of the Inter-American Tropical Tuna Commission.
Según los Informes Anuales de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.²Yamashita (1958) and "US Fisheries Statistics," U. S. Fish Wildl. Serv.³Kawasaki (1956b), and "Annual Report of Catch Statistics on Fishery and Agriculture," Statistics and Survey Division of Ministry of Agriculture and Forestry.

TABLE 2. Fishing effort, catches of skipjack and catch per unit of effort, recorded during Japanese longline exploratory fishing in the Central Pacific, 1938 and 1939

TABLA 2. Esfuerzo de pesca, capturas de barrilete y captura por unidad de esfuerzo, registrados durante la pesca exploratoria de palangreros japoneses en el Pacífico Central, 1938 y 1939

Year Año		May	June	July	August	Sept.	Oct.	Total
1938	Number of hooks used Número de anzuelos usados	7,156	83,573	82,883	77,325	59,617	—	310,554
	Catch (number of fish) Captura (número de peces)	10	2	242	3	2	—	259
	Number of fish caught per 1,000 hooks Número de peces capturados por 1,000 anzuelos	1.40	0.02	2.92	0.04	0.03	—	0.83
1939	Number of hooks used Número de anzuelos usados	47,361	73,139	114,953	34,175	84,578	71,192	424,398
	Catch (number of fish) Captura (número de peces)	8	3	20	0	21	10	62
	Number of fish caught per 1,000 hooks Número de peces capturados por 1,000 anzuelos	0.17	0.04	0.17	0	0.35	0.14	0.14

TABLE 3. Summary of cruises made by Japanese research longliners in the Pacific Ocean
 TABLA 3. Sumario de los cruceros realizados por palangreros japoneses de investigación en el Océano Pacífico

Year	Vessel	Area of operation	Time period (month/day)	No. total de lances	Esfuerzo total (No. de anzuelos)	Total No. of tuna caught	Total No. of skipjack caught
Año	Barco	Área de operación	Periodo de tiempo (mes/día)	No. total de lances	Esfuerzo total (No. de anzuelos)	No. total de atunes capturados	No. total de barriles capturados
1949	<i>Fusa-maru</i>	21-25° N 143-153° E	3-5/3-22	16	16,240	266	5
	<i>Musashi-maru</i>	18-27° N 143-152° E	4/30-5/23	19	18,595	165	20
	<i>Musashi-maru</i>	22-28° N 144-153° E	6/15-7/2	15	18,000	118	15
	<i>Tenyo-maru</i>	24-30° N 140-144° E	11/28-12/16	17	3,247	11	0
1950	<i>Fusa-maru</i>	22-31° N 141-152° E	1/23-2/26	27	14,195	187	14
	<i>Fusa-maru</i>	23-31° N 141-147° E	3/17-4/6	26	13,165	212	2
	<i>Sagami-maru</i>	24-30° N 153-175° E	3/18-4/21	30	40,063	648	5
	<i>Taiyo-maru</i>	143-144° E	6/26-6/29	5	1,001	1	0
	<i>Taiyo-maru</i>	1-9° N 146-155° E	7/5-7/24	15	27,366	956	69
	<i>Tenyo-maru</i>	1-10° N 150-165° E	7/23-8/26	19	6,767	96	6
	<i>Tenyo-maru</i>	26-29° N 143-144° E	11/29-12/17	16	4,269	15	1
1951	<i>Fusa-maru</i>	2-9° N 161-175° E	6/29-8/17	29	44,525	1,804	65
	<i>Taiyo-maru</i>	31-33° N 177-179° E	1/8-1/17	10	17,052	2,041	173
	<i>Tenyo-maru</i>	0-5° N 150-160° E	8/13-9/8	19	11,400	281	9
1952	<i>Kuroshio-maru</i> No. 5	1-10° N 126-142° E	5/18-6/6	14	24,900	625	20
	<i>Kuroshio-maru</i> No. 5	10-25° N 149-160° E	7/2-8/1	20	28,370	336	43
	<i>Kuroshio-maru</i> No. 3	36-44° N 160-170° E	9/23-10/22	26	22,495	255	10
	<i>Niissho-maru</i>	18-24° N 122-126° E	5/23-6/1	9	3,804	44	3
	<i>Niissho-maru</i> No. 3	6-23° N 146-156° E	5/17-6/14	20	21,050	426	19
	<i>Niissho-maru</i> No. 3	9-2° S 152-155° E	8/31-9/14	12	20,220	1,417	45
	<i>Niissho-maru</i> No. 3	6-8° S 10° N 174-177° E	10/24-11/16	16	25,012	1,067	32
1953	<i>Hyuga-maru</i>	19-26° N 122-128° E	5/12-5/27	10	4,065	83	2
	<i>Hyuga-maru</i>	29-31° N 131-132° E	12/16-12/22	6	2,100	8	0
	<i>Kuroshio-maru</i> No. 3	11-18° S 22° N 121-135° E	1/31-2/22	14	11,940	446	1
	<i>Niissho-maru</i>	18-20° N 122-123° E	5/2-5/8	7	3,741	161	9
	<i>Niissho-maru</i> No. 3	21-31° N 148-161° E	2/18-3/19	23	30,660	664	4

TABLE 3. (Continued)

Year	Vessel	Area of operation	Time period (month/day)	Total No. of sets made	Total effort (No. of hooks)	Total No. of tuna caught	Total No. of skipjack caught
Año	Barco	Área de operación	Período de tiempo (mes/día)	No. total de lances	Esfuerzo total (No. de anzuelos)	No. total de atunes capturados	No. total de barbillas capturadas
1954	<i>Shunkotan-maru</i> <i>Daijinji-maru</i>	2°S-18°N 155-173°E 25-18°S 176°E-174°W	6/26-24/ 12/24-54-2/2-55	15 35	4,055 64,070	57 4,646	3 35
1956	<i>Satsuma-maru</i> <i>Shoyo-maru</i>	25°S-13°N 144-170°E (38-23°S 178-151°W { 6-13°N 160-167°E	10/29-12/24 9/11-10/10 8/29-10/26	39 21 2	55,809 21,000 800	1,980 1,350 15	22 1 0
1957	<i>Shunyo-maru</i>	19-23°N 131-134°E	11/23-12/7	8	4,175	41	0
1958	<i>Shunyo-maru</i>	1-12°N 137-140°E	11/23-12/8	8	3,445	381	12
1960	<i>Shunyo-maru</i>	15-25°N 139-150°E	7/3-7/21	10	5,000	62	1
1961	<i>Shoyo-maru</i>	25-41°N 160°E-164°W	7/23-8/8	15	7,260	22	0
1962-	<i>Shunyo-maru</i>	10°N-40°S 109-83°W	12/15-7/62-2/2-63	30	23,000	375	10
1963	<i>Shunyo-maru</i> <i>Shunyo-maru</i>	7-19°N 165-176°E 10-24°N 124-140°E	2/9-3/1 5/18-6/29	10 11	5,000 5,500	44 25	8 0
1963-	<i>Shoyo-maru</i>	40°S-16°N 137-86°W	11/1-63-2/15-64	34	27,200	500	58
1964-	<i>Shoyo-maru</i>	32°S-19°N 165-84°W	11/5-7/4-2/2-65	27	21,200	651	13
1965							
Grand Total			705	681,756	22,482	735	
Overall hook-rate (No. of fish per 100 hooks)					3.30	0.10	
Tasa de anzuelo global (No. de peces por 100 anzuelos)							

TABLE 4. Comparison of size frequency distributions of skipjack captured by longline and pole-and-line, *Tenyo-maru*, 1953**TABLA 4.** Comparación de las distribuciones de las frecuencias de las tallas de los bariletes capturados con palangre y con caña de pescar, *Tenyo-maru*, 1953

Gear Equipo	A-series		B-series	
	Longline Palangre	Pole-and-line Caña de pescar	Longline Palangre	Pole-and-line Caña de pescar
Date-Fecha	June 25, 29-July 4	June 28	August 21, 22	August 22, 24
Loc.	7°38'—8°52'S 160°44'—162°01'E	7°45'S 161°08'E	5°28'—5°32'S 156°30'—156°57'E	5°28'—4°32'S 156°57'—156°08'E
Size-Tamaño (cm)				
45		1		1
46				
47		2		1
48		2		6
49	1	2		1
50		10		2
51		7		8
52		16		5
53	1	9		2
54		5		1
55	1	4		
56	1	9	1	2
57	2	5		4
58	2	6		5
59	4	4	1	10
60	4	6	3	7
61	5	1	2	5
62	4		5	5
63	1	1	1	
64			4	
65			1	1
66			1	
67				
68				
69				
•				
•				
•				
83	1			
Total	27	90	19	66
Mean—media	59.9	53.8	62.0	55.7
Sums of squares	800	1,222	101	1,616
Suma de los cuadrados				
Mean square	30.76	13.73	5.61	24.86
Cuadrado medio				

TABLE 5. Sets and catch of skipjack associated with water temperature at various depths. Data are from research vessels for 1949-1965 combined.**TABLA 5.** Lances y capturas de barrilete relacionados a la temperatura del agua a varias profundidades. Los datos provienen de los barcos de investigación para los años combinados de 1949 a 1965.**When the set is associated with surface water temperature—Cuando el lance está asociado con la temperatura del agua superficial**

Category ^a Categoría	Below 14	Temperature — Temperatura °C										Above 30					
		14-14.9	15-15.9	16-16.9	17-17.9	18-18.9	19-19.9	20-20.9	21-21.9	22-22.9	23-23.9						
A	5	3	4	9	30	21	9	14	22	24	15	7	11	62	52	3	
B	0	0	0	0	0	9	9	1	3	5	6	1	3	22	22	2	
C	0	0	0	0	0	30	43	11	21	23	21	40	14	43	36	35	42
D	0	0	0	0	0	102	68	13	5	9	6	13	10	34	10	83	75
E	0	0	0	0	0	3.4	3.2	1.4	0.4	0.4	0.3	0.9	1.4	4.9	0.9	1.3	2.0

When the set is associated with water temperature at 10-25 m—Cuando el lance está asociado con la temperatura del agua a los 10-25 m

Category ^a Categoría	Below 14	Temperature — Temperatura °C										Above 30					
		14-14.9	15-15.9	16-16.9	17-17.9	18-18.9	19-19.9	20-20.9	21-21.9	22-22.9	23-23.9						
A	5	3	3	7	26	28	8	13	16	20	13	4	8	10	82	36	0
B	0	0	0	0	0	9	9	1	3	4	6	1	3	4	32	14	—
C	0	0	0	0	0	35	32	13	23	19	20	46	25	38	40	39	39
D	0	0	0	0	0	83	87	13	5	4	4	13	10	34	10	99	45
E	0	0	0	0	0	3.2	3.1	1.6	0.4	0.3	0.2	1.0	2.5	4.3	1.0	1.2	1.3

When set is associated with temperature at 50 m—Cuando el lance está asociado con la temperatura del agua a los 50 m

Category ^a Categoría	Below 14	Temperature — Temperatura °C										Above 30						
		14-14.9	15-15.9	16-16.9	17-17.9	18-18.9	19-19.9	20-20.9	21-21.9	22-22.9	23-23.9							
A	10	4	6	4	16	31	22	12	14	22	18	15	11	20	20	60	18	0
B	0	0	1	0	1	12	5	4	3	3	3	6	0	10	11	26	9	—
C	0	0	17	0	6	39	23	33	21	14	17	40	0	50	55	43	50	—
D	0	0	1	0	2	128	40	18	7	4	3	22	0	53	25	106	39	—
E	0	0	0.2	0	0.1	4.1	1.8	1.5	0.5	0.2	0.2	1.5	0	2.7	1.3	1.8	2.2	—

When the set is associated with temperature at 100 m—Cuando el lance está asociado con la temperatura del agua a los 100 m

Category ^a Categoría	Below 14	Temperature — Temperatura °C										Above 30						
		14-14.9	15-15.9	16-16.9	17-17.9	18-18.9	19-19.9	20-20.9	21-21.9	22-22.9	23-23.9							
A	29	11	6	11	18	30	20	21	14	14	19	24	24	24	27	7	3	0
B	4	3	2	3	2	11	3	5	3	5	6	3	6	14	14	3	3	—
C	14	27	33	27	11	37	15	24	21	36	32	13	25	58	52	43	100	—
D	5	4	6	7	9	118	39	20	20	14	39	5	14	72	23	6	13	—
E	0.2	0.4	1.0	0.6	0.5	3.9	2.0	1.0	1.4	1.0	2.1	0.2	0.6	3.0	0.9	0.9	4.3	—

Categories^b—Categorías^b**A** = Total number of operations of longline gear—Número total de operaciones hechas con palangre**B** = Number of operations which produced skipjack catch—Número de operaciones que resultaron en la captura de barrilete**C** = Percent of total operations successful for skipjack (B/A × 100)—Porcentaje de las operaciones totales con éxito en la captura del barrilete (B/A × 100)**D** = Total number of skipjack caught—Número total de barriletes capturados**E** = Number of skipjack caught per operation (D/A)—Número de barriletes capturados por operación (D/A).

MIYAKE

TABLE 6. Skipjack size range (or modal length) in centimeters of various age groups, reported by various authors

TABLA 6. Rango de las tallas del barrilete (o longitud modal) en centímetros de varios grupos de edad, registrado por diferentes autores

Authors Autores		0	1	Age in years — Edad en años	2	3	4	5	6
Aikawa (1937)	East of Japan—Al este del Japón	Below 26	26-34	34-43	43-54	above 54			
Aikawa and Kato (1938)	Near Palau—Cerca de Palau	Below 27	27-37	37-46	46-55	55-64	64-72	72-80	
Brock (1954)	Hawaii (Summer-Verano) (Winter-Invierno)	40-50 55-60	68-72 79-80						
Kawasaki (1955a)	South of Japan (Migratory-Migratorio) Al sur del Japón (Sedentary-Sedentario)		36	52	44-45	62-65			
Kawasaki (1955b)	Northeast of Japan—Al noreste del Japón			44-55					
Schaefer (1959)	Eastern Pacific—Pacífico oriental		45-50*	60-70**					
Schaefer (1960)	Eastern Pacific		45*	60**					
Yokota <i>et al.</i> (1961)	Sulu Sea (Summer-Verano) (Winter-Invierno)	37.5	52.0	64-65	73-76	85			
Anonymous (1963)	Hawaii	45	63-71	74-79					
Kawasaki (1964)	South of Japan—Al sur del Japón Northeast of Japan—Al noreste del Japón Hawaii	10-15	40-50	55-65	42-55				
Kawasaki (1965a)	General	15	45	63	73	77	73-74	77-79	

* Assumed as either 1 or 2 year age-group—Se asume que son del grupo de edad de 1 o 2 años

** Assumed to be either 2 or 3 year age-group—Se asume que son del grupo de edad de 2 o 3 años

TABLE 7. Catch by species* and by position of hooks. (A refers to hooks near the end of each main line; B refers to hooks in the intermediate position; C refers to hooks in the middle and deepest position.)

TABLA 7. Captura por especies* y por la posición de los anzuelos. (A se refiere a los anzuelos colocados cerca a cada extremo de la línea principal; B se refiere a los anzuelos en posición intermedia; C se refiere a los anzuelos colocados en la mitad y en la posición más profunda.)

Species Especie		Hook position—Posición de los anzuelos				Total (A+B+C)
		A	B	C	C×2	
Skipjack Barrilete	Number of fish Número de peces Per cent-porcento	108	140	73	146	321
		33.6	43.6	22.7		100
Yellowfin Atún aleta amarilla	Number of fish Per cent	4,359 30.4	6,466 45.1	3,519 24.5	7,038	14,344** 100
Bigeye-Patudo	Number of fish Per cent	1,497 22.7	3,188 48.4	1,902 28.9	3,804	6,587** 100
Albacore - Albacora	Number of fish Per cent	723 38.1	729 38.5	443 23.4	886	1,895** 100
Billfishes Peces de espada	Number of fish Per cent	625 39.8	649 41.4	295 18.8	590	1,569** 100

* Data for species other than skipjack are taken from Watanabe (1961)

Los datos para las especies que no sean barrilete se tomaron de Watanabe (1961)

** The totals shown in the original table do not agree.

Los totales presentados en la tabla original no están de acuerdo.

TABLE 8. Size-frequency distributions of skipjack in the catches made by hooks at three depth positions**TABLA 8.** Distribución de las frecuencias de las tallas de barriletes en capturas realizadas por anzuelos en tres posiciones de profundidad

Size class (cm)	A (Shallowest)	Hook position		C (Deepest)
		B (Intermediate)	C (Deepest)	
Clase de tamaño (cm)	A (profundidad mínima)	Posición de los anzuelos		C (máxima)
44.5—46.4	1			
46.5—48.4	1			
48.5—50.4	1	2		2
50.5—52.4		3		
52.5—54.4	9	7		4
54.5—56.4	11	16		10
56.5—58.4	12	8		2
58.5—60.4	11	13		8
60.5—62.4	11	16		10
62.5—64.4	9	11		8
64.5—66.4	13	12		9
66.5—68.4	6	11		7
68.5—70.4	10	25		5
70.5—72.4	5	5		1
72.5—74.4	6	2		3
74.5—76.4		4		1
76.5—78.4				
78.5—80.4	1	3		
80.5—82.4		2		1
82.5—84.4				1
84.5—86.4				
86.5—88.4				1
106.5—108.4	1			
Total	108	140		73
Mean length (cm) Longitud media	62.6	63.6		63.2

TABLE 9. Comparison of the size composition of longline-caught skipjack landed dead and alive**TABLA 9.** Comparación de la composición de las tallas de barriletes capturados con palangre, descargados muertos y vivos

Size class (cm)	Dead	Alive
Clase de tamaño (cm)	Muertos	Vivos
36.5—38.4	1	
38.5—40.4		
40.5—42.4		
42.5—44.4		
44.5—46.4	1	
46.5—48.4		
48.5—50.4	1	
50.5—52.4	2	
52.5—54.4	4	1
54.5—56.4	7	
56.5—58.4	4	
58.5—60.4	15	
60.5—62.4	23	3
62.5—64.4	30	1
64.5—66.4	32	2
66.5—68.4	20	
68.5—70.4	23	2
70.5—72.4	11	
72.5—74.4	20	2
74.5—76.4	22	1
76.5—78.4	19	2
78.5—80.4	16	1
80.5—82.4	4	1
82.5—84.4	1	
106.5—108.4		1
Total	256	17
Mean length (cm) Longitud media	68.0	71.6

**DISTRIBUCION DEL BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO,
BASADA EN LOS REGISTROS DE LA PESCA JAPONESA
PALANGRERA DE ATUNES, SEGUN LAS
CAPTURAS INCIDENTALES¹**

por

Makoto Peter Miyake

EXTRACTO

Se analizaron todos los datos disponibles de la pesca con palangre de barriletes capturados en el Océano Pacífico por barcos japoneses de investigación (1949-1965) y por las capturas incidentales de los barcos comerciales japoneses (1956-1964).

Como los barcos palangreros específicamente, no persiguen al barrilete, los datos son limitados. Considerando ésto, se encontró: que el arte palangrero obtiene barriletes con una distribución más amplia de tallas, y es más selectivo en cuanto a los barriletes de mayor talla, que los métodos convencionales de pesca, i.e. cañas de pescar y redes de cerco; el barrilete se encuentra amplia y casi continuamente distribuido a través del Pacífico; en todo el año, las tasas promedio de captura por anzuelo son superiores en el Pacífico sudoriental que las del Pacífico noroeste; las áreas con una tasa alta de captura por anzuelo, se cambian hacia el sur durante los trimestres segundo y tercero, y durante los trimestres primero y cuarto hacia el norte; en el Pacífico occidental la amplitud de la distribución de captura norte-sur, fue superior en los trimestres primero y cuarto; las tasas de captura por anzuelo de barrilete, son relativamente altas en el Pacífico noroeste al este del Japón, únicamente durante los trimestres primero y cuarto; las tasas de captura por anzuelo más altas fueron registradas en extensas áreas a lo largo del ecuador (desde los 10°N hasta los 20°S, aproximadamente entre los 155°W-100°W); generalmente las artes palangreras de investigación capturaron más barrilete en aguas en las que la temperatura se aproximaba a los límites más altos o bajos de la temperatura en la distribución del barrilete (18-21 C y 26-28 C), que en el caso de la pesca superficial de barrilete; las comparaciones tentativas de la captura de barrilete con palangre, con el sistema de las corrientes del Pacífico, sugieren una abundancia inferior de barrilete tanto en las aguas del Pacífico central del norte como en las del Pacífico equatorial del norte; la proporción sexual examinada en una pequeña muestra de barriletes, fue de 95 machos y 63 hembras; los palangreros capturan barriletes de tres grupos de edad y posiblemente de más; en las muestras estudiadas de la composición de las tallas de barrilete, el grupo modal más pequeño (65 cm), observado en enero-marzo en el Pacífico noroeste (160°E-180° y 20°N-45°N), corresponde en talla al grupo modal más grande que aparece en la pesca de superficie a fines del verano frente a las Islas Izu-Bonin al sudeste del Japón, y se compara también con la talla modal del barrilete obtenido en la pesca hawaiana en la época de primavera; el análisis de las capturas de barrilete por medio del estudio de la posición de los anzuelos en el palangre y por la tasa de mortalidad, indica que parte de la captura se efectúa cuando el equipo está en movimiento cerca a la superficie y una parte inferior de la captura se realiza, cuando las artes se estabilizan a una profundidad de 70 a 140 m.

Se ofrece una breve discusión sobre varias hipótesis de otros autores, en vista de la nueva información presentada referente a la estructura poblacional y a la migración del barrilete en el Océano Pacífico.

¹Presentado a la Universidad de Tokyo como complemento parcial de los requisitos para obtener el Doctorado.

INTRODUCCION

Las pescas de túnidos en el Océano Pacífico son de gran importancia económica y son explotadas extensivamente por varias naciones. En las aguas superficiales cerca de los continentes y en las islas mar afuera, los atunes son cosechados por medio de la pesca con carnada viva, con redes de cerco, por arrastre y con trampas. Se obtienen también en aguas subsuperficiales a través de todo el Pacífico por medio de las artes palangreras. En los últimos años se ha encontrado que algunas pescas atuneras han llegado a niveles próximos o han sobrepasado el nivel que puede rendir una captura máxima sostenida (Kamimura 1966; Schaefer 1962, 1963; Suda y Schaefer 1965a, 1965b). Para afrontar esta demanda, sin continuar aún más la sobrepesca de stocks particulares, será necesario aumentar la producción de otras especies y tratar de cosechar atunes de una talla que pueda producir el rendimiento máximo por recluta. El barrilete (*Katsuwonus pelamis*), parece ser una especie que no ha sido totalmente explotada. Existen pescas superficiales de esta especie a lo largo de la costa de las Américas y en aguas al oriente y al sur del Japón. En el Pacífico oriental y occidental, la abundancia aparente del barrilete no ha sido afectada por el tamaño de la captura (Shimada y Schaefer 1956; Broadhead y Barrett 1964; Kawasaki 1965b).

Se han tenido informes de grandes cardúmenes de barrilete en el océano central donde no se realiza pesca de esta especie (Eckles 1949; Murphy e Ikehara 1955). Los juveniles y las larvas de barrilete, son los artículos más comunes de alimentación encontrados en los estómagos de atunes y peces espada obtenidos en aguas tropicales mar afuera (Suda 1953; Ueyanagi 1965; Kamimura 1966, entre otros). Con excepción de la pesca hawaiana, la fluctuación de tallas de los barriletes obtenidos por la pesca superficial, sugiere que se están explotando únicamente los peces más jóvenes. Parece según los datos, que existen stocks de barriletes de gran talla en el Océano Pacífico central y si se pueden encontrar métodos económicos para explotarlos, sería posible aumentar la captura mundial de barrilete.

Como la pesca de barrilete ha sido limitada hasta ahora a las aguas relativamente próximas a la costa, la información sobre la distribución de esta especie es también limitada. La pesca palangrera japonesa cubre casi todo el Océano Pacífico, pero en comparación con otras especies, se obtiene muy poco barrilete. Así que las capturas de barrilete no han sido analizadas tan extensivamente como otras especies de túnidos. Uno de los objetivos de este estudio es el examinar todos los informes disponibles de las capturas incidentales de barrilete de los palangreros japoneses y describir la distribución hasta donde los datos lo puedan garantizar. Aunque los datos son inapropiados en cuanto a cualquier conclusión definitiva, se espera que los informes presentados tengan algún valor en promover estudios futuros.

PESCAS DE BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO

Pacífico Oriental

Los desembarques anuales de barrilete correspondientes al período 1940-1967, se presentan en la Tabla 1. Los desembarques sobrepasaron 60,000 toneladas cortas por primera vez en 1950, y desde entonces han variado entre aproximadamente 44,000 y 110,000 toneladas cortas, con excepción de 1967 cuando se registró la captura más alta. Toda la captura de barrilete se obtiene en la capa mixta superior por medio de la pesca con redes de cerco o por la pesca con caña, junto con la de carnada viva, con excepción de algunas capturas incidentales de las artes palangreras japonesas. Antes de 1960, la mayoría de la captura fue realizada por barcos de carnada, y desde 1961, los cerqueros han desembarcado la mayoría de la captura (IATTC 1966). El tamaño de la captura no representa necesariamente la abundancia real del barrilete en esta área, debido a un número de factores, incluyendo los cambios en el esfuerzo y en la abundancia real tanto del barrilete como de los atunes aleta amarilla que son obtenidos al mismo tiempo por el mismo equipo.

El área de pesca se extiende a lo largo de la costa de las Américas desde los 30°N a los 21°S de latitud, y mar afuera hasta las 200-300 millas. El área de pesca incluye también las aguas que rodean los bancos y las islas mar afuera, las islas Revillagigedo y Galápagos inclusive. Las capturas de barrilete son habitualmente livianas comparadas con las del atún aleta amarilla a lo largo de la costa mexicana, desde el extremo de la península de Baja California hasta el límite meridional del Golfo de Tehuantepec. El grueso de la captura de barrilete se obtiene comúnmente en el área que se extiende desde la América Central hasta el norte del Perú. En los meses de verano (julio-septiembre en el hemisferio norte; diciembre-marzo en el hemisferio sur), la distribución se extiende hacia el polo, pero el alcance varía de un año a otro. La captura desde septiembre hasta febrero excede casi siempre la captura de marzo a octubre (Shimada y Schaefer 1956; Alverson 1960, 1963).

Pacífico Central

Las pescas más importantes de barrilete en el Pacífico Central son aquellas alrededor de las islas hawaianas, en las que están confinadas la mayoría de las actividades pesqueras a 100 millas de las islas. Las capturas anuales, realizadas en su mayoría exclusivamente por el método de la carnada viva, fluctúan por ahí de 3 a 8 mil toneladas cortas (Tabla 1). La pesca es mejor durante el verano y peor en los meses de invierno (Yamashita 1958; Anónimo 1963; Waldron 1963).

Existen pescas más pequeñas cerca de varias de las islas pequeñas en el Pacífico Central. La pesca es realizada en su mayor parte por habitantes locales que emplean los métodos tradicionales como son arte de pesca fija, el arrastre, etc., o por científicos sobre una base experimental. La pesca

del barrilete en Tahiti produce más de 400 toneladas cortas anualmente (Brun y Klawe 1968).

Pacífico Noroeste

La pesca japonesa de barrilete en el Pacífico noroeste está descrita en la literatura de los siglos V y VI, y se conoce que el barrilete es una de las especies más importantes de peces en el Japón desde el siglo VIII (Izukawa 1952). La modernización de la pesca empezó a principios del siglo XX, con la introducción de los motores de gasolina en los barcos de carnada. La producción anual de barrilete en el Japón desde 1950, ha variado de 80 a 190 mil toneladas cortas (Tabla 1). La mayoría de la captura la ejecuta la flota de carnada, pero la captura de los cerqueros ha aumentado en los últimos años.

En las aguas meridionales, como alrededor de Formosa y las Islas Riukiu se pesca barrilete durante casi todo el año. Al sur de Kyushu, la pesca empieza en febrero o marzo y generalmente se desplaza al norte a lo largo de la costa del Pacífico en el Japón hasta que alcanza el límite septentrional cerca a Hokkaido en julio o septiembre. En general, las capturas más grandes de las áreas meridionales, se realizan en la primavera y el otoño, y las de las áreas septentrionales se realizan en verano.

Las fluctuaciones observadas en las capturas anuales se relacionan más o menos a los cambios en la abundancia del barrilete en el área de pesca, pero pueden estar influenciadas también por otros factores, tales como las condiciones de pesca de la albacora (que se obtiene también por el método de la carnada viva en la misma estación, pero en áreas ligeramente diferentes), las condiciones de pesca con palangre de atunes (ya que muchos de los barcos de carnada operan también en la pesca con palangre), y a las tendencias de los mercados.

Pacífico Occidental Tropical

Existen pescas locales más pequeñas alrededor de varias islas cerca de las Filipinas e Indonesia. La pesca es realizada en su mayor parte por habitantes locales que usan los métodos tradicionales como en el Pacífico Central.

Sin embargo, las pescas de Micronesia, son algo diferentes que la mayoría de las pescas locales. Los pescadores japoneses que pescan con carnada viva, basados principalmente en las Islas Carolinas y en las Islas Marianas occidentales, empezaron a explotar estas regiones a fines de 1920, y continuaron hasta 1943 o 1944. La producción anual varió de 10 hasta más de 30 mil toneladas cortas (Marukawa 1939; Tominaga 1957). Se pescó durante todo el año, pero el tamaño de la captura fluctuó de una área a otra. En general, las capturas fueron superiores en la primavera o a principios de los meses de verano y disminuyeron a mediados del verano.

Esta pauta estacional de la captura puede atribuirse en parte al tiempo o a la accesibilidad de los peces cebo. La reducción de la pesca a mediados del verano, se cree que es debida a la merma en la accesibilidad del barrilete antes y durante la actividad del desove (Inanami 1941). Los japoneses descontinuaron la pesca con carnada viva en bases regionales en estas aguas, después de la Segunda Guerra Mundial, pero en el verano de 1964, una compañía de los E. U. inició algún esfuerzo para reanudar la pesca de barrilete en el área de las Islas Marshall (Wilson 1965; Rothschild 1966a).

El reciente desarrollo en la habilidad y técnica para mantener la carnada viva por períodos prolongados de tiempo, ha facilitado que los barcos de carnada con base en el Japón, puedan trabajar lejos de su base. Algunos de estos barcos han extendido sus áreas invernales de pesca hasta el Pacífico occidental tropical. Estos barcos han aumentado rápidamente sus operaciones en aguas Micronesianas, especialmente cerca a las Marianas, desde 1965 a 1966.

La característica principal de todas las pescas actuales de barrilete, es la de que las pescas son conducidas en aguas relativamente cercanas a los continentes o islas. Además, el barrilete se pesca con artes que son solo relativamente efectivas cerca a la superficie del mar.

ESTUDIOS ANTERIORES RELATIVOS A LA CAPTURA DE BARRILETE CON ARTES PALANGRERAS

Antes y durante la Segunda Guerra Mundial, Shimoda (1937), el South Seas Gov. Gen. Fish. Exp. Sta. (1939) y Kanamura y Yazaki (1940), informaron sobre capturas esporádicas incidentales de barrilete, logradas por barcos exploratorios de pesca en aguas de Micronesia, Indonesia y las Filipinas.

Además de la pesca exploratoria relativamente pequeña de los mares del sur, el gobierno japonés había fomentado en 1938 y 1939, exploraciones intensivas con artes palangreras (Anónimo 1939, 1940) para explotar la albacora en el Pacífico central entre los 30°N y los 40°N de latitud y entre los 165°E y los 175°W de longitud. Once barcos de investigación de varias prefecturas participaron en gran escala en este experimento, y se registraron capturas incidentales de barrilete en sus cuadernos de bitácora. Los resultados se encuentran compendiados en la Tabla 2. Aikawa (1942), declaró también que en los meses de invierno los palangreros atuneros han obtenido barrilete en el Pacífico central.

Después de la Segunda Guerra Mundial, el Japón inició la pesca comercial de atunes con palangre en el Pacífico occidental. Las capturas de barrilete de estos palangreros japoneses en años inmediatos a la guerra fueron notificados por científicos de los E. U. que sirvieron como inspectores

en los barcos madres (Shimada 1951; Ego y Otsu 1952; Murphy y Otsu 1954). Estas operaciones fueron limitadas a la mitad occidental del Pacífico norte (alrededor de los 130°E-180° y 25°N-0°). Las tasas de captura que se encuentran en los cuadernos de bitácora varían de 0 a 0.1 barriletes por 100 anzuelos. La pesca palangrera en el Pacífico oriental se desarrolló a fines de 1950, y aparecieron muchos estudios sobre la captura de atunes con palangre, pero las capturas de barrilete son discutidas o analizadas solo en muy pocos de los estudios. Sivasubramaniam (1963), informó acerca de la composición de especies, por áreas, de las capturas japonesas con palangre. Kawasaki (1964, 1965b), indicó la aparición de capturas de barrilete en el Pacífico noroeste, según las pescas japonesas palangreras. Murphy y Shomura (1953a, 1953b), sumarizaron también algunas de las capturas de barrilete, logradas con las artes palangreras. Rothschild (1966b), empleando datos japoneses de la captura con palangre desde 1953 hasta 1959, indicó las desviaciones del promedio de la captura por unidad de esfuerzo en varios cuadrángulos de 20° a través del Océano Pacífico, correspondientes al barrilete.

Además de los palangreros japoneses, atuneros, existe alguna pesca comercial palangrera de barcos con base en el Hawái. Otsu (1954), Shomura (1955, 1959) y Yoshida (1966), describen estas pescas. Otsu (*op. cit.*) y Uchida (1966), declararon que la captura del barrilete hawaiano realizada por los palangreros es insignificante y no se entrega a los mercados de peces. El Pacific Oceanic Fishery Investigations (actualmente el Bureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory) en Honolulu, realizó experimentos extensivos de la pesca palangrera en el Pacífico central, inclusive en las áreas cerca a las Islas del Hawái, las Marquesas y Fénix. Se informó acerca de capturas esporádicas de barrilete en la mayoría de las aguas en que se pescó (Murphy y Shomura 1953a, 1953b; Shomura y Murphy 1955; Anónimo 1958a, 1958b; Wilson, Nakamura y Yoshida 1958). Generalmente, la tasa de captura por anzuelo fue inferior a 0.4 peces por 100 anzuelos, pero se informó acerca de un máximo de 2.07 peces por 100 anzuelos.

ORIGEN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Datos colectados por barcos de investigación

En años recientes los científicos japoneses han realizado numerosos cruceros a bordo de barcos de investigación gubernamentales y, a principios del periodo de la postguerra realizaron cruceros a bordo de barcos de pesca experimentales prefecturales y en colaboración de palangreros comerciales. El motivo principal fue el de estudiar la distribución y la biología de los atunes y de los peces espada capturados por las artes palangreras. Los datos colectados que tratan del barrilete consisten en: estadísticas de la captura y el esfuerzo (fecha y localidad de las operaciones, captura

por especies, número de canastos y anzuelos colocados, dirección del lance, etc); observaciones oceanográficas (temperatura y salinidad desde la superficie hasta una profundidad de 150 a 1500 m, color del agua etc.); y mediciones biológicas (por lo general, longitud de los peces pero en algunos casos peso, sexo, examen preliminar de la madurez, peso de las gónadas, algunas medidas morfométricas y contenido estomacal). Se registró alguna información relacionada, tal como la de la captura por medio de la posición del anzuelo en la línea principal y la cantidad de daño causada por tiburones y otros animales. La cantidad de información recolectada varió entre los cruceros.

Estos datos, en forma de notas tomadas por observadores a bordo, se encuentran archivados en el Nankai Regional Fisheries Research Laboratory¹, Kochi, Japón. Las capturas de barrilete no han sido analizadas pero se han publicado algunos datos.

El autor ha copiado todos los informes disponibles según los cuadernos de bitácora y las notas del Nankai Regional Fisheries Research Laboratory. Además, los datos de los cruceros del B/I *Shoyo-maru* en 1962-63 y 1964-65, fueron obtenidos del material que ya se había publicado (Second Deep Ocean Sect. Fish. Ag., 1963; y First Research Sect. Res. Div. Fish. Ag., 1964 y 1965).

Todos los cruceros efectuados durante el período 1949-1965, de los cuales el autor pudo colectar datos, se presentan en la Tabla 3.

Estadísticas de la captura comercial

Las estadísticas de la captura comercial, empleadas en este estudio, provienen de dos fuentes. Las de 1956 hasta 1961, fueron obtenidas gracias a la generosidad del Director del Nankai Regional Fisheries Research Laboratory según las copias de los cuadernos de bitácora archivados en el laboratorio. Los cuadernos de bitácora son de barcos atuneros que forman la flota que desembarca en los puertos más importantes del Japón. Fueron copiados por miembros del personal investigativo del Nankai Regional Fisheries Research Laboratory y según varias estaciones prefecturales experimentales, aunque algunas de estas estadísticas fueron enviadas directamente por los pescadores al Nankai Regional Fisheries Research Laboratory. Los datos de las operaciones de los barcos madre, fueron presentadas por los operarios a la Oficina de Pesquería, y se incluyen en estas estadísticas. Se estima que los datos empleados en este estudio representan del 40% al 60% de las operaciones totales de pesca (A. Suda, *comunicación personal*). Las estadísticas compiladas por el laboratorio de Nankai incluyen el número realizado de lances, el número de anzuelos empleado, la captura en número de peces por especie y área (1° de latitud

¹Este laboratorio ha sido trasladado a Shimizu, Shizuoka Prefecture y se conoce ahora como el Far Seas Fisheries Research Laboratory.

por 1° de longitud), el mes de captura y el tipo de la operación de pesca (lance efectuado durante el día o por la noche, barco madre, con base en el país de origen o en país extranjero). Se publican algunas estadísticas similares para los años anteriores a 1956 en la revista del *Tuna Fishing Nos. 1-73* (Investigative Society of Tuna Fish., 1953-1959). Sin embargo, como las capturas de barrilete puestas al corriente en estas publicaciones son secundarias y la información es más bien incierta y, debido a que las operaciones japonesas con palangre en estos primeros años fueron limitadas a la mitad occidental del Pacífico, estos datos no se incluyen en este informe.

La otra fuente de las estadísticas comerciales de las capturas de barrilete empleadas en este informe son las del Fisheries Agency del Japón (Res. Div. Fish. Agency, Japón 1965, 1966, 1967). Los datos que abarcan desde 1962 hasta 1964, incluyen el número de operaciones, el número empleado de anzuelos, las capturas por especie, área (5° de longitud por 5° de latitud), mes de captura, clase de tamaño del barco y tipo de carnada empleado. El sistema de recolección y lo que alcanza a incluir, está descrito en cada procedencia bibliográfica. Antes de 1963, el grado circunscrito fue más bien pobre. Sin embargo, en 1963, nuevas reglamentaciones atuneras japonesas, solicitaron que todos los capitanes de barcos que pescan atún, presentaran copias de sus diarios de pesca al gobierno, al final de cada viaje, mejorando mucho en esta forma el grado de circunscripción. La mayoría de los barcos de más de 200 toneladas brutas (89% de dichos barcos en 1963 y 90% en 1964), han cumplido con esta solicitud, pero las estadísticas de los barcos más pequeños sigue dependiente en su mayoría de los datos colectados por el personal de investigación en los puertos pesqueros. Las estadísticas informadas por los capitanes pesqueros se vuelven a reexaminar en los puertos de desembarque, junto con los cuadernos de bitácora copiados por el personal investigativo.

Limitaciones de los datos

Una limitación principal de los datos de investigación de los barcos es que el reportaje está confinado tanto en área como en tiempo. Además, los barcos de investigación emplean a menudo menos aparejos de pesca que los barcos comerciales y las capturas de barrilete son muy pequeñas.

En contraste con los registros colectados por barcos de investigación, los barcos comerciales cubren bien el Pacífico en términos de tiempo y espacio, especialmente después de 1956, cuando la pesca palangrera se extendió al Océano Oriental. La ventaja de estos datos es que los barcos palangreros pescan todas las especies de túnidos como también peces espada. Por lo tanto, si una especie particular está ausente en las capturas en un área particular, se obtiene tanto una información negativa como positiva. Sin embargo, como los palangreros no persiguen la pesca de barrilete, puede que no maniobren en áreas en las que el barrilete es la

única especie abundante. Esto es más probable que suceda en los límites norte y sur de las regiones de pesca, debido a que el barrilete puede tolerar en cierto modo aguas más frias que otros atunes tropicales o que los peces espada.

La limitación más importante de las estadísticas comerciales es la exactitud de los informes correspondientes al barrilete. Las capturas de barrilete logradas por los palangreros son muy inferiores a las de otras especies, y el valor de la unidad es también inferior. En la mayoría de los casos no se traen a tierra los barriletes, pero la tripulación se los come o los descarta. Como resultado, a menudo no se registran las capturas de barrilete o lo hacen más tarde de memoria. Las capturas de barrilete frecuentemente se agrupan con las de los delfines (*mahi-mahi*, genus *Coryphaena*), barracuda y algunas veces con las de tiburones en la categoría de "misceláneo". Frecuentemente los copiadores de los cuadernos de bitácora, en el puerto, introducen más errores, posiblemente copian únicamente los informes que pertenecen a especies más importantes de atunes y peces espada, debido a la limitación del tiempo y porque saben que los registros de las capturas de barrilete no se mantienen tan cuidadosa o competentemente como las de otras especies. Por ejemplo, durante el período de 1949-1965, los barcos de investigación emplearon 681,756 anzuelos, capturaron 735 barrilete, i.e. 1.07 barriletes/1000 anzuelos. La cantidad capturada de barrilete, por estos barcos, forma el 3.3% de la captura total de atunes. Comparativamente, las estadísticas de la captura comercial para 1964, que se considera como el año de más confianza en cuanto a la información de las capturas de barrilete, indican que aproximadamente se capturaron 36,000 barriletes con los 283,140,000 anzuelos empleados en el Pacífico, una tasa de captura de 0.127 barriletes/1000 anzuelos. Aún más, la captura de barrilete cuenta solo por 0.5% de la captura total de atunes, comparada con el 3.3% correspondiente a los barcos de investigación. Aunque las dos operaciones no pueden compararse directamente debido a que los períodos de tiempo y las áreas de operaciones fueron diferentes, las diferencias en la tasa de captura y la captura total, son tan grandes, que es casi cierto que no se registraron cantidades substanciales de barrilete capturadas por barcos comerciales. Esta omisión sería menos seria, si las capturas que no fueron registradas hubieran sido distribuidas aleatoriamente en espacio y en tiempo. Sin embargo, es posible que la exactitud del registro pueda variar por la clase de tamaño de los barcos. Si este es el caso, resultará algún sesgo geográfico en los datos, ya que los barcos más pequeños operan únicamente en la parte occidental del Pacífico, los barcos más grandes tienden a maniobrar en la parte oriental o sur del Pacífico y los barcos madres operan en su mayoría en el Pacífico central meridional. A causa de estas limitaciones, no es posible hacer muchas comparaciones significativas de la distribución o la abundancia del barrilete según lo registran los barcos comerciales y de investigación.

Procesamiento de los datos

Todos los datos de captura de los barcos de investigación, desde 1949 hasta 1965, fueron combinados por áreas de 5° y por trimestres², y se calcularon entonces las tasas de captura del barrilete³. Todos los otros datos biológicos, asociados, colectados durante estos cruceros investigativos, fueron similarmente combinados.

Las estadísticas de la captura comercial para 1956 hasta 1961, fueron tabuladas mecánicamente. Las capturas fueron combinadas prescindiendo del tipo de las operaciones de pesca (lances diurnos o nocturnos; con base en el país de origen, con base en el extranjero o con base en el barco madre).

Las tasas de captura fueron calculadas para las estadísticas comerciales de captura correspondientes a 1962 y 1963, según la Tabla I, Res. Div. Fish. Agency Jap. (1965, 1966) y para 1964, según la Tabla II, *op. cit.* (1967).

SELECCION DE LAS ARTES

Comparación de la vulnerabilidad del barrilete a las artes de palangre y de superficie

Cuando se emplean los datos de captura para obtener conclusiones acerca de la abundancia y distribución de una población de peces, debe considerarse la selección de las artes de pesca. Como el palangre está diseñado para capturar grandes atunes que no sean barriletes, es conveniente revisar el problema de la selección del palangre en comparación con los métodos de la red de cerco convencional y de la carnada viva.

El tamaño de los anzuelos empleados en las artes palangreras es considerablemente más grande que los usados en la pesca con carnada viva (10.5-12 cm vs. 2-6 cm), así que es lógico suponer que el palangre es selectivo contra los peces más grandes. Además, los métodos de pesca con carnada viva y con las redes de cerco, cosechan únicamente la población agrupada cerca a la superficie del mar, mientras que las artes palangreras pueden capturar peces esparcidos a cualquier profundidad entre la superficie del mar y una profundidad de 150 m (véase el último capítulo sobre la distribución vertical). Como se ha informado que los barriletes grandes presentan menos tendencia a formar cardúmenes que los barriletes pequeños (Tominaga 1957; Strasburg y Yuen 1958; Magnuson 1963), esto puede también ser la causa de la selección de las artes palangreras para pescar peces más grandes.

No se ha observado que el barrilete se alimenta de presas muertas

²El primer trimestre comienza en enero.

³En este informe todas las tasas de captura por anzuelo se expresan en términos del número de peces capturado por 1000 anzuelos, en vez de la captura por 100 anzuelos que se usa comúnmente.

bajo condiciones naturales (Tominaga 1957; Strasburg y Yuen 1958; Nakamura 1962). Como generalmente se emplea *Cololabis saira* o calamares muertos como carnada en los palangres, parece que el barrilete estaría menos apto para morder que si la carnada estuviera viva. Sin embargo, los grandes barriletes que se encuentran en las profundidades, pescados por las artes palangreras, pueden ser menos activos que los cardúmenes de barrilete de la superficie (Tominaga 1957; Strasburg y Yuen 1958), y por lo tanto menos selectivos con respecto a la condición de la carnada. Se informa que la agudeza visual del barrilete es lo suficientemente buena como para distinguir la carnada viva de la carnada muerta cuando ésta última está relativamente inmóvil y hay suficiente luz (Yamamoto 1933; Tominaga 1957; Manar 1966). A profundidades donde no hay suficiente luz, es muy posible que el barrilete responda a la carnada muerta del palangre, especialmente cuando las líneas están en movimiento como lo es durante la calada o la halada.

Operaciones simultáneas de los palangres y de las cañas de pescar

En 1953, un científico japonés a bordo de un barco madre palangrero *Tenyo-maru*, colectó muestras de las frecuencias de longitud de barriletes capturados con palangre al este de las Islas Salomón y de aquellos obtenidos por medio de cañas de pescar, aproximadamente en la misma área y en el mismo periodo de tiempo. En la Tabla 4 y la Figura 1, se compara la muestra de las frecuencias de longitud de los barriletes capturados con palangre entre el 25 de junio y el 4 de julio con la muestra obtenida con caña de pescar el 28 de junio; y se compara una muestra palangrera obtenida durante el periodo del 13 al 24 de agosto, con una muestra de caña de pescar obtenida durante el periodo del 22 al 24 de agosto. A pesar de que los tamaños de las muestras son pequeños, las diferencias son obvias en la distribución frecuencia-longitud de los peces capturados por las dos artes. En el primer caso, la longitud del barrilete capturado con palangre tuvo un promedio de 59.9 cm mientras que la muestra del pez de la caña de pescar tuvo un promedio de 53.8 cm. La fluctuación de tallas fue de 49 a 83 cm correspondiente a la muestra palangrera y 46-63 cm para la muestra de la caña de pescar. En el segundo caso, la media de la muestra fue de 62.0 cm para el pez obtenido con palangre y 55.7 cm para el pez logrado con la caña de pescar, y la fluctuación fue de 56-66 cm y 45-65 cm.

Suponiendo que las frecuencias de longitud de cada muestra fueron normalmente distribuidas, las muestras fueron analizadas estadísticamente para determinar si el barrilete capturado con palangre y por barcos de carnada fueron significativamente diferentes en talla. Las varianzas de la muestra fueron comparadas empleando una prueba de *F* y en ambos casos los valores fueron significativos ($F = 2.23$ para la primera serie y $F = 4.43$ para la segunda serie con $P < 0.01$ en ambos casos), indicando varianzas desiguales. Consecuentemente se empleó una prueba ponderada

de t (t') para varianzas desiguales para examinar las diferencias de las medias entre las muestras. Para la primera serie, t' fue 5.40 y el valor crítico ponderado fue 2.76. Para la segunda serie, t' fue 7.60 y el valor crítico ponderado fue 2.75. En ambos casos se indicaron diferencias muy significativas en la longitud media entre los peces muestreados por los dos métodos ($P = 0.01$) (Snedecor 1956).

No se conoce que carnada fue empleada para la pesca con caña, pero lo más seguro es que no se usó carnada viva. Consecuentemente, la captura con caña probablemente no represente acertadamente la selección de la pesca con carnada viva. No obstante, la diferencia en la selectividad de tamaño de las dos clases de arte es aparente. Brock (1954) y Kawasaki (1959, 1965a), informaron que la varianza de las tallas del barrilete dentro de los cardúmenes es mucho más pequeña que entre cardúmenes. Una diferencia de esta magnitud no es sorprendente, ya que lo más probable es que la pesca por medio de cañas de pescar obtuvo peces de un cardumen individual, mientras que la pesca por medio de palangre ha podido capturar peces de varios cardúmenes y posiblemente peces que no están en cardúmenes.

Los resultados anteriores indican que las artes palangreras son más selectivas contra el barrilete pequeño que las cañas de pescar. Sin embargo, no es posible decir si la selección se debe al tamaño del anzuelo o a diferencias en el comportamiento entre barriletes grandes y pequeños.

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL BARRILETE

Distribución geográfica del barrilete según lo indican los datos de los barcos de investigación

La distribución de la tasa de captura por áreas de 5° y por trimestres del año, según los datos recolectados en los cruceros de investigación, se presenta en el Apéndice de las Figuras 1a, b, c y d. Estas figuras combinan toda la información disponible sin tomar en cuenta el año de recolección. Debido a las limitaciones de los datos que ya han sido discutidos, los comentarios que se dan a continuación se aplican únicamente a los datos que se tienen a mano. No se conoce lo bien que estos datos representan la situación actual.

En la Figura 1a del Apéndice, la presencia del barrilete se muestra en un área amplia, desde los 35°N hasta los 35°S durante el primer trimestre. Se indica una tasa de captura relativamente alta en el Pacífico oriental tropical entre los 100°W y los 140°W de longitud y en el rectángulo limitado por los $30^{\circ}\text{-}35^{\circ}\text{N}$, $175^{\circ}\text{E}\text{-}180^{\circ}$.

En la Figura 1b del Apéndice, que representa el segundo trimestre, el esfuerzo fue limitado al Pacífico occidental. El área de la tasa de captura más alta yace entre los 5°N y los 25°N , al este de las Islas Marianas.

La Figura 1c del Apéndice, que representa el tercer trimestre, indica que el esfuerzo fue limitado al oeste de los 160°W. Las tasas de captura más altas se localizan en los trópicos, al este de las Marianas hasta Nueva Guinea. La distribución latitudinal del barrilete durante este trimestre, parece centralizarse más en aguas tropicales que en otros trimestres del año.

En la Figura 1d del Apéndice, que representa el cuarto trimestre, se encuentra alguna indicación de que la tasa de captura más alta está en las áreas al norte de Nueva Guinea y en las aguas de Micronesia. En el Pacífico oriental donde todo el esfuerzo fue limitado al hemisferio meridional, se lograron ligeras capturas hacia el oeste y al sur de las Islas Galápagos.

En todos los trimestres con excepción del segundo y especialmente durante los meses del invierno norteño, se registraron algunas capturas en el Pacífico noroeste frente a la costa del Japón.

Distribución geográfica del barrilete según lo indican los datos de la captura comercial

La distribución de la tasa de captura según las capturas comerciales correspondientes al periodo 1956-1964, fue analizada por áreas de 5°, por trimestres del año y por año. A causa de un número excesivo de cartas trimestrales, se provee únicamente el promedio anual de las distribuciones para 1956-1960, en la Figura 3 del Apéndice (a hasta e), mientras se dan las distribuciones trimestrales para 1961-1964 en la Figura 2 del Apéndice (a hasta p). Sin embargo, la discusión que sigue está basada en todas las cartas trimestrales de distribución correspondientes a todos los años.

Han habido cambios considerables en la pauta de distribución del esfuerzo desde 1956 a 1964. Hubo también alguna variación en las tasas de captura de un año a otro en todas las áreas, pero estas variaciones pueden representar errores en el muestreo en vez de fluctuaciones anuales en la abundancia del barrilete. Existen varias características en la distribución estacional de la tasa de captura del barrilete, las que aparecen repetidamente de un año a otro, conforme se presentan en la siguiente discusión.

En el primer trimestre (Figuras 2a, e, i y m del Apéndice), se lograron capturas en todas las áreas excepto en el Pacífico nordeste. Se registraron consecuentemente tasas de captura relativamente altas a lo largo del ecuador (10°N-15°S), aproximadamente entre los 160°W y los 100°W. Generalmente las capturas en el Pacífico occidental fueron irregulares pero espaciadas de norte a sur, mientras las del Pacífico oriental (al este de los 160°W) estuvieron confinadas a la región ecuatorial. Se registraron tasas de captura relativamente altas cada año en el Pacífico noroeste (al oeste de los 170°W entre los 20°N y los 40°N).

En el segundo trimestre (Figuras 2b, f, j y n del Apéndice) se regis-

traron tasas de captura relativamente altas en un número mayor de áreas. El límite meridional de las capturas se extendió más lejos hacia el polo, que en el primer trimestre, mientras al mismo tiempo, el límite septentrional se desplazó hacia el ecuador. Se registraron tasas de captura relativamente altas en el Pacífico central (entre los 170°E y los 130°W), en la mayoría de los años.

En el tercer trimestre (Figuras 2c, g, k y o del Apéndice), se registraron firmemente tasas altas de captura entre los 170°W y los 90°W y entre los 10°N y los 20°S, en los años cuando tuvo lugar una pesca intensiva en las áreas discutidas anteriormente. El centro de distribución en esta región general, parece haber cambiado hacia el este según el centro de distribución observado en el segundo trimestre. Además se hicieron consecuentemente algunas capturas al este de Australia y Nueva Zelanda a lo largo de las Islas Salomón y de las Nuevas Hébridas. Las capturas del pacífico noroeste al este del Japón y directamente al sur de este país, son muy escasas.

En el cuarto trimestre (Figuras 2d, h l y p del Apéndice), se registraron las tasas de captura más altas alrededor de los 170°W hasta los 100°W, entre los 10°N y 20°S, especialmente en el hemisferio meridional. En el Pacífico occidental, al este del Japón, se registraron tasas de captura relativamente altas.

Comentarios generales sobre la distribución espacial y temporal del barrilete

Las dos series de cartas distribucionales basadas en los datos de los barcos de investigación y de operaciones comerciales están por lo general de acuerdo. Ambas series indican que el barrilete está ampliamente distribuido a través del Pacífico entre los 40°-45°N y 40°S. Además, la tasa de captura es superior durante todo el año en el Pacífico sudeste que en el Pacífico noroeste. Esto puede reflejar la verdadera distribución de las capturas por palangre del barrilete o puede ser el resultado de errores en el muestreo.

Parece que las áreas de las tasas altas de captura se cambian hacia el sur durante los trimestres segundo y tercero y hacia el norte durante los trimestres primero y cuarto. En el Pacífico occidental la distribución norte-sur de la captura, es superior en los trimestres primero y cuarto. La tasa de captura es relativamente alta frente al Japón y tan lejos hacia el este como los 170°W durante los trimestres primero y cuarto del año.

Estas pautas de las tasas de captura fueron firmemente observadas en la mayoría de los años incluidos en este estudio. Sin embargo, no están en armonía con la distribución y migración del barrilete conforme se ha observado según los datos de las pescas superficiales. Lo más probable es que las diferencias en la distribución del barrilete, observadas en las

pescas superficiales y por las capturas palangreras, puedan explicarse por la selección de las artes y por los cambios estacionales en la accesibilidad de los peces a las artes, ya que como se discutió en el capítulo precedente, el palangre es selectivo en contra de los cardúmenes de peces pequeños de la superficie, mientras que la pesca superficial es selectiva en contra de los peces grandes que no están en cardúmenes y/o nadan en aguas profundas. Además los barriletes pueden permanecer en aguas profundas durante el invierno en las que son accesibles únicamente a las artes palangreras, mientras en el verano pueden acercarse a la superficie donde son más accesibles a las artes de superficie. Además la distribución latitudinal más extensa, de las capturas en los meses del invierno norteño comparada con la distribución latitudinal de las capturas de los meses de verano puede relacionarse al desove del barrilete, ya que se considera que la mayoría de los peces capturados con palangre tienen la talla para desovar [según Yabe (1954) y Orange (1961), el barrilete alcanza la madurez a una longitud de 45 a 50 cm]. El ápice de desove del barrilete parece ocurrir en el verano (Brock 1954; Matsumoto 1958; Waldron 1963; entre otros) y se conoce que el barrilete desovador, especialmente las hembras, no son vulnerables al método de pesca con carnada (Wade 1950). Así que los límites de la distribución del barrilete presentados por las capturas con palangre pueden no representar sus límites actuales de distribución. Esto también puede explicar el hecho de que los machos excedieron en número a las hembras en las capturas palangreras (discutido en un capítulo más adelante).

Generalmente, las tasas altas de captura se registran en áreas extensivas a lo largo del ecuador entre los 10°N y los 20°S, y entre los 155°-160°W y 90°-100°W, especialmente al sur del ecuador. Esta área general, es en la que las larvas de barrilete son colectadas con más frecuencia (Matsumoto 1966).

Distribución del barrilete en relación a las condiciones oceanográficas

Observadores a bordo de barcos japoneses de investigación, toman observaciones oceanográficas inclusive de los datos de la temperatura del agua, al mismo tiempo que pescan. Para comparar la distribución de los peces en relación a la temperatura del agua se arreglaron los datos de 705 caladas de las artes palangreras en la siguiente forma y fueron presentados en la Tabla 5: todas las caladas para las cuales se registró la temperatura del agua, fueron agrupadas por intervalos de 1 C de la temperatura del agua sobre la escala de menos de 14 C a más de 30 C. Similarmente, si se registraban las temperaturas del agua a 10-25 m, 50 m o a 100 m de profundidad durante el tiempo de la calada, entonces estos lances, de los 705 lances disponibles, fueron reagrupados separadamente en cada profundidad por los mismos intervalos de temperatura y alcance.

Entonces para cada categoría grupo-profundidad y cada estrato de

1 C, se calcularon los cinco ítems siguientes: A) número total de lances, B) número de lances que obtuvieron barrilete, C) porcentaje del total de los lances con éxito de barrilete ($B/A \times 100$), D) número total de barriletes capturados y E) número de barriletes obtenidos en cada lance (D/A).

La distribución o la captura de barrilete en la superficie, con relación a la temperatura de la superficie del mar, ha sido discutida por Uda (1939), Kuroda (1955), Blackburn *et al.* (1962), Anónimo (1963), Broadhead y Barrett (1964), y Kawasaki (1965a), entre otros. Los resultados pueden compendiarse al declarar que el barrilete cerca de la superficie está presente en aguas entre los 18 y 28 C. Se informa variadamente sobre el límite inferior desde los 18 a 20 C, pero los autores están bien de acuerdo con respecto al límite superior (28 C.) Se registraron muchas capturas en aguas en que la temperatura aún a 100 m era superior a los 28 C (Tabla 5), así que es posible que estas capturas se hubieran logrado a profundidades mayores a los 100 m. Se capturó relativamente más barrilete con palangre cuando las temperaturas del agua estaban más cerca a los límites superior e inferior de las escalas de las temperaturas anteriormente mencionadas (18-21 C y 26-28 C) que en la mitad de las variaciones de la temperatura del agua (22-25 C). Esta observación no está de acuerdo a las efectuadas sobre la relación que existe entre la captura del barrilete y la temperatura del agua en la pesca atunera cerca a la superficie.

La estrecha relación que hay entre las corrientes y la distribución y migración de los túnidos, se ha discutido frecuentemente. Nakamura (1954), cree que la distribución de varias especies de túnidos se relaciona muy de cerca a los sistemas específicos de las corrientes. Esta idea fue apoyada por Nakamura y Yamanaka (1959), Yabe, Yabuta y Ueyanagi (1963), Nakamura (1965), y Kawasaki (1965a, 1965b). Inanami (1941), asocia al barrilete con la corriente ecuatorial del norte en aguas alrededor de Palau. En el Pacífico noroeste, se piensa generalmente, que el barrilete se desplaza a la costa oriental del Japón desde el sur, vía la Corriente de Kuroshio, y que luego se agrupa cerca al frente polar donde provee buena pesca (Kawai 1955; Kawasaki 1965b). En aguas hawaianas, la fuerza de la Corriente del Pacífico Norte se asocia estrechamente a la aparición del barrilete (Seckel y Waldron 1960; Seckel 1963; Anónimo 1963; Waldron 1963).

El sistema principal de corrientes en el Océano Pacífico, se presenta esquemáticamente en la Figura 2 (anotado según Anónimo 1963). Comparaciones preliminares del sistema de las corrientes y de la distribución del barrilete, son posibles únicamente debido a que las variaciones estacionales y anuales en las corrientes no son tomadas en consideración. Se observará que según una comparación de la Figura 2 y de las Figuras 2 y 3 del Apéndice, las capturas de barrilete fueron escasas en las aguas centrales y ecuatoriales del Pacífico Norte; esta observación no se contradice con los hallazgos anteriores.

COMPOSICION DE TALLA DEL BARRILETE CAPTURADO CON PALANGRE

Composición de talla por sexo, área y estación

En el periodo 1949-1965, los científicos japoneses midieron la longitud de 741 barriletes⁴ capturados con palangre durante los cruceros de investigación. En la Figura 3, se compara la distribución frecuencia-longitud para machos y hembras separadamente y para todos los peces combinados. La proporción de machos a hembras fue de 95:63 que, comparada con la esperada 1:1 es estadísticamente significativa al nivel del 95% ($X^2 = 6.48$).

Es casi imposible discutir la composición de talla por área y estación debido al muestreo inadecuado. Sin embargo, para poder disponer de toda la información posible para el planeamiento de, o la comparación con estudios futuros, estos datos se presentan por trimestres del año en ocho áreas del Océano Pacífico (Figura 4).

Comparación entre la composición de tallas del barrilete capturado con palangre y por la pesca superficial

Ha habido un desacuerdo considerable en muchos de los ensayos hechos para correlacionar la talla con la edad del barrilete. Las conclusiones de varios científicos se sumarizan en la Tabla 6. La amplitud de tallas indicada en la Figura 3 indica que las artes palangreras capturan barrilete por lo menos de tres grupos de edad, sin importar el método empleado.

En el capítulo sobre la selección de aparejos (página 558), se indicó que la pesca tanto por las artes con palangre como con caña, no obtienen exactamente la misma porción del stock de barrilete, aún si pescan en la misma área general, pero esto no excluye una discusión de si el barrilete capturado con palangre está relacionado al stock o stocks cosechados por las artes superficiales de pesca. Unicamente una muestra de la frecuencia de tallas de los barriletes capturados con palangre (la recolección del Área B—160°E-180°, 20°N-45°N—durante enero-marzo, compuesta de 172 mediciones) es lo suficientemente grande, aún para una comparación preliminar con muestras de las pescas superficiales. Efectivamente la mayoría de los peces en esta recolección provienen de una captura realizada por el *Taiyo-maru* en enero de 1951, cerca de los 31° a los 32°N, 177°E hasta los 178°E. La distribución de la frecuencia de tallas de esta captura se compara con aquellas de las pescas superficiales japonesas y hawaianas en la Figura 5.

La composición de las tallas del barrilete obtenida por la pesca con carnada viva en aguas japonesas fue discutida por Kawasaki (1952, 1955a, 1955b, 1964, 1965a, 1965b), Kawasaki y Anraku (1962) y Kawasaki *et al.* (1962). El promedio de la composición de las tallas del barrilete corres-

⁴Incluye 30 mediciones realizadas por un investigador en el barco madre *Tenyo-maru*.

pondiente a 1951 hasta 1955 para el noreste (Área Tohoku) y el sudeste (Área Izu-Bonin) del Japón, se presenta en la Figura 5 (modificada según Kawasaki 1964). En el área noreste el grueso de la captura parece ser de una sola clase de tamaño durante el verano, progresando de mayo a octubre el tamaño modal de cerca de 45 cm a 55 cm. Más tarde en la estación, peces más pequeños (probablemente un año más jóvenes que la talla que había predominado en la captura) aparecieron en la captura. La misma clase de talla dominó también en la captura en el área sudeste a principios del verano, pero peces más grandes, con un promedio de 60 a 70 cm, aparecieron en la captura a fines del verano (Kawasaki 1964).

En la pesca hawaiana de superficie, las longitudes modales típicas para las capturas de barrilete en invierno fueron 35, 50 y 70 cm, mientras las capturas veraneras fueron de 45 a 70 cm (Rothschild 1965). Existen apariciones ocasionales en las muestras de abril-septiembre de otro grupo modal localizado entre los grupos de 45 cm y 70 cm. En la Figura 5, se presentan dos ejemplos típicos de 1954 y 1961 (según Rothschild 1965).

Al comparar las frecuencias de las tallas de los barriletes de las tres áreas en la Figura 5, se observa que el grupo modal más pequeño de los dos modos, en la muestra palangrera, es similar en la longitud modal (cerca de 65 cm) a los grupos de barriletes más grandes en las capturas al sudeste del Japón a fines del verano, y también del área hawaiana en la primavera. Al considerar la localidad geográfica y el tiempo de la recolección de las muestras palangreras, es una tentación el especular si las muestras palangreras pueden haber sido formadas en parte por barriletes desplazados del área sudeste del Japón, en los meses anteriores de otoño, y, tal vez, por peces que se desplazaron dentro de las aguas hawaianas (véase página 572).

Kawasaki (1964) supuso que los barriletes generalmente capturados en febrero por artes palangreras, a lo largo de los 30°N, son peces jóvenes que se han de desplazar hacia el oeste y han de ser reclutados en la pesca de Izu-Bonin en el verano siguiente. También supuso que todos los barriletes más viejos de todas las áreas regresan a las áreas de desove en aguas tropicales, y que solamente peces jóvenes se encuentran presentes en aguas de latitudes más altas. Si los datos de la frecuencia de tallas de la muestra palangrera obtenida en el Pacífico noroeste se supone que representan la composición de la talla actual del barrilete accesible a las artes palangreras en esa área (la selección de talla de las artes palangreras apoyan esta suposición), entonces la hipótesis de Kawasaki es dudosa.

No es posible realizar dichas comparaciones basadas en los datos de la frecuencia de tallas para otras áreas, ya que las tallas de la muestra de las capturas palangreras son muy pequeñas. La mayoría del barrilete capturado con palangre en el Pacífico noreste fluctúa de 62 a 73 cm, mientras la talla promedio del barrilete capturado por la pesca de super-

ficie en el Pacífico oriental desde 1955 a 1963, fluctúa de 5.9 a 7.5 lbs, i.e. aproximadamente 50-55 cm (IATTC 1966).

DISTRIBUCION VERTICAL DEL BARRILETE

Existe muy poca información acerca de la distribución vertical del barrilete. Se ha informado acerca de las observaciones realizadas en un submarino a una profundidad de 185 m, de un cardumen de barriletes (Anónimo 1965b). Kimura, Iwashita y Hattori (1952) y Anónimo (1965a), notificaron sobre el uso de detectores electrónicos de peces para localizar barriletes en medio del océano, después del empleo de estos detectores los cardúmenes de barrilete fueron atraídos a la superficie por medio de la carnada desde 50 y 100 m. La mayoría del reconocimiento con respecto a los cardúmenes de barrilete, sin embargo, es visual. Aún si se emplea un avión, la profundidad a la cual el observador puede ver los cardúmenes es limitada, lo más probable hasta los 20 m superiores (*comunicación personal* de R. Green y C. Orange). Por lo tanto, a pesar de que las artes cerqueras pueden teóricamente obtener pescado a una profundidad de 60 m, y el método de la carnada viva puede atraer los cardúmenes a la superficie por medio de la carnada desde profundidades de 100 m, es razonable el suponer que la mayoría de las capturas obtenidas por las artes convencionales de pesca se efectúan en cardúmenes cerca a la superficie.

Profundidad de un lance palangrero

Las artes palangreras se han diseñado para capturar atunes grandes y peces espada en aguas subsuperficiales. La profundidad de la pesca se ajusta al modificar la longitud de las líneas flotantes (en su mayor parte de 22 a 25 m de largo) y la suspensión de la línea principal. Los detalles de construcción del arte están descritos por Shimada (1951) Masuda (1963) y Suda y Schaefer (1965a). Las artes palangreras de los barcos de investigación son similares a las empleadas por los barcos comerciales. Consecuentemente, los datos provenientes de estas dos fuentes son directamente comparables en cuanto a lo referente a la profundidad de la pesca.

Los palangres atuneros usualmente tienen de cuatro a cinco ramales, cada uno aproximadamente de 22 m de largo por canasto. El número de ramales (equivalente al número de anzuelos) empleados por canasto, varía con el área, la estación y las especies principales pescadas, pero la mayoría de los palangres tienen cinco ramales por canasto. Como la línea principal (cerca de 350 m en longitud total por canasto) está suspendida a cada extremo del canasto por una línea de flotación, los anzuelos en el centro de cada sección (canasto) de la línea principal cuelgan a más profundidad que aquellos de los extremos.

Kamijo (1962), describió un método para calcular la profundidad de los anzuelos basándose en la longitud de los ramales y en la suspensión

de la línea principal. Yoshihara (1961) comparó la profundidad de los anzuelos registrados por la ecosonda y los registros de profundidad, con la profundidad calculada. En un lance típico encontró que la profundidad de los anzuelos (Nos. 1 y 5) más cercanos a la superficie variaban de 60 a 100 m, con un promedio por ahí de 80 m; los anzuelos intermedios (Nos. 2 y 4) variaban de 70 a 130 m de profundidad, con un promedio cerca a los 94 m; y el anzuelo más profundo (No. 3) variaba en profundidad entre los 70 y 140 m, con un promedio de 102 m. La diferencia media entre los anzuelos menos profundos y los más profundos fue aproximadamente de 20 m.

Mientras los anzuelos se estabilizan a las profundidades dadas en el párrafo precedente, en la mayor parte del tiempo que se está pescando con palangre, cualquier parte del arte palangrero pasa a través del agua entre la superficie y su posición de estabilidad más profunda cuando se coloca y de nuevo cuando se hala el arte. De acuerdo a Kamijo (1964), el tiempo necesario para que cualquier parte de la línea se hunda es de 8 a 14 minutos, y el tiempo necesario para halarla a la superficie es de 3 a 6 minutos. Los palangres permanecen en el agua de unas pocas horas a más de 12 horas. Los lances toman solo unas pocas horas pero la halada de una serie completa de un arte comercial palangrero, que tiene más de 30 millas de longitud, toma más de 12 horas.

Comparación de las capturas entre anzuelos

La distribución de peces entre anzuelos de diferentes ramales, como una indicación de la distribución vertical de los peces, ha sido discutida por Enami y Tanoue (1964), Watanabe (1961), Yoshihara (1961), Morita y Higo (1962) y otros, pero ninguno de estos estudios se refiere al barrilete.

El ramal en el que se capturó barrilete fue registrado en algunos casos durante cruceros de investigación y estos datos están incluidos en este estudio. La muestra es más bien pequeña (321 peces) así que todos estos datos han sido combinados por áreas, estaciones, años y barcos (Tabla 7 y en el recuadro izquierdo de las Figura 6). Para efectuar la comparación se presenta también la posición de los anzuelos para las capturas del atún de aleta amarilla, patudos, peces espada y albatoros, conforme ha sido informada por Watanabe (1961). Los anzuelos se han dividido en tres grupos de acuerdo a la profundidad. El grupo A consiste de los anzuelos menos profundos (Nos. 1 y 4 en una línea de cuatro anzuelos; 1 y 5 en una línea de cinco anzuelos; 1 y 6 en una línea de seis anzuelos); en el grupo B se encuentran los anzuelos de profundidad intermedia (Nos. 2 y 3 en una línea de cuatro anzuelos; 2 y 4 en una línea de cinco anzuelos; 2 y 5 en una línea de seis anzuelos); en el grupo C se encuentran los anzuelos más profundos (Nos. 3 en una línea de cinco anzuelos; 3 y 4 en una línea de seis anzuelos).

La mayor parte de los datos provienen de líneas de cinco anzuelos las cuales tienen, por canasto, dos anzuelos en los grupos A y B y un anzuelo

en el grupo C. Como las líneas de cuatro anzuelos no tienen anzuelos en el grupo C mientras las líneas de seis anzuelos tienen dos anzuelos en el grupo C, el número de anzuelos en el grupo C, en total, es aproximadamente la mitad del número de anzuelos de los grupos A y B.

Si los peces están igualmente distribuidos verticalmente y todos los anzuelos son igualmente efectivos, entonces el porcentaje esperado de la captura total para los tres grupos de anzuelos sería 40, 40, 20 para los grupos A, B y C, respectivamente. Este sería el caso también si todas las capturas se efectuaran a niveles inferiores a la posición estabilizada de los anzuelos menos profundos, mientras los anzuelos se están hundiendo o se están halando. Las desviaciones de los porcentajes esperados se presentan en el recuadro a mano derecha de la Figura 6. Puede verse según esta figura que todas las especies indican desviaciones negativas para el grupo A; todas las especies con excepción de la albacora muestran desviaciones positivas en el grupo B, y todas las especies con excepción de los peces espada muestran desviaciones positivas en el grupo C. El patudo presenta las desviaciones más grandes de los porcentajes esperados de todos los tres grupos, le sigue en orden descendente, el atún de aleta amarilla y el barrilete. En el caso del barrilete, el número actual de peces capturados por los tres grupos de anzuelos fue significativamente diferente del número esperado ($X^2 = 12.39$, g.l. = 2). Según ésto puede suponerse que la captura entre anzuelos no es aleatoria.

Watanabe (1961), analizó estas distribuciones (con excepción de las del barrilete) junto con algunos datos según un registro de profundidad anexo a los anzuelos. Sacó en conclusión que el patudo es la especie que vive en aguas más profundas y que las artes palangreras son las más eficientes para el patudo. Además declaró que la mayoría de la captura del atún de aleta amarilla se realiza cuando la línea se está hundiendo o se está halando, y que casi todas las capturas de los peces espada se hacen mientras la línea está en movimiento cerca a la superficie. Watanabe explicó que las capturas proporcionales más grandes, obtenidas por los anzuelos más profundos, es debida a las diferencias en la eficiencia de los anzuelos. Como los ramales son de la misma longitud, los anzuelos más profundos están más alejados de la línea principal porque se juntan a la línea principal en un ángulo de casi 90° , mientras los otros ramales se juntan a la línea principal en ángulos inferiores a los 90° . Consecuentemente, los peces que se acercan a los anzuelos más profundos se aperciben menos de la línea principal. Esta condición, sin embargo, no aparece hasta que el aparejo está estabilizado. Morita y Higo (1962) llegaron a la misma conclusión al examinar la eficiencia superior de los anzuelos más profundos. Si este es el caso, entonces la captura del barrilete, superior a la esperada, por medio de anzuelos más profundos, indica que algunos barriletes fueron capturados cuando el aparejo fue estabilizado. Esto puede ocurrir entre los 60 y posiblemente los 140 m.

Las desviaciones de los porcentajes esperados de la captura de barrilete, fueron inferiores a las de los patudos y atunes aleta amarilla, pero superiores a las de la albacora y peces espada. Si se supone que: (1) todos los patudos fueron capturados cuando se estabilizó el arte con los anzuelos en su posición más profunda; (2) todos los peces espada fueron capturados cerca a la superficie; (3) las desviaciones de la captura esperada correspondiente a los tres grupos de anzuelos es proporcional a la razón de las capturas profundas y a las capturas cercanas a la superficie; entonces, uno puede suponer que aproximadamente dos terceras partes de las capturas de barrilete fueron logradas cuando las líneas estaban en movimiento, porque las desviaciones en las capturas de barrilete fueron por ahí una tercera parte de las del patudo.

Las distribuciones de las frecuencias de longitud de las capturas del barrilete, por las tres categorías de profundidad de los anzuelos se dan en la Tabla 8. Las longitudes medias para el barrilete en los grupos A, B y C son 62.6, 63.6 y 63.2 cm, respectivamente. Aunque la hipótesis de homogeneidad de la varianza fue rechazada ($X^2 = 18.64$, g.l. = 2), la similitud de las longitudes medias entre los grupos, indica que no hubo una estratificación vertical por tamaño, a profundidades donde los anzuelos fueron estabilizados, o que la mayoría de la captura fue realizada encima de los anzuelos menos profundos.

Tasa de mortalidad de los peces capturados con palangre

Sea que un pez esté muerto o vivo cuando es traído a la cubierta de un palangrero, puede variar, por ejemplo, con la talla del pez y la especie, con los factores ambientales, tales como la temperatura del agua o el contenido de oxígeno disuelto, y con el tiempo en el anzuelo. En este estudio, de 273 barriletes examinados cuando fueron traídos a cubierta, 93.8% estaban muertos.

Hamuro y Ishii (1958), informaron que la albacora puede sobrevivir 5 o 10 minutos después de estar enganchada en el anzuelo. Tanoue (1953), sacó en conclusión que aproximadamente el 25% del atún de aleta amarilla, del 20 al 40% del patudo y del 10 al 40% de los peces espada que fueron capturados con palangre en el Pacífico ecuatorial, en julio y agosto, habían sido izados vivos a cubierta. Ambos Enami y Tanoue (1954) y Watanabe (1961), informaron que del 20 hasta el 30% del atún de aleta amarilla capturado con palangre estaba vivo cuando fue izado a bordo. Watanabe supuso que todo el atún aleta amarilla izado vivo fue enganchado en los anzuelos durante el tiempo en que se halaban las líneas. Supuso además que un número igual al izado vivo fue enganchado mientras las líneas estaban hundiéndose. Es decir, del 40 al 60% de la captura total del atún de aleta amarilla se efectúa cuando las artes están en movimiento entre la superficie y la profundidad estabilizada, y el resto de la captura se logra cuando las artes están estabilizadas.

Si las suposiciones de Watanabe se aplican al barrilete, entonces solo el 12% ($6\% \times 2$) de la captura total de barrilete con palangre es obtenido cuando las artes están en movimiento. Esto está en desacuerdo con el estimativo dado en un capítulo anterior, que dos terceras partes de la captura se logra cuando las artes están en movimiento.

Como la talla promedio del barrilete capturado con palangre es considerablemente más pequeña que la de otras especies (Investigative Society of Tuna Fishery 1953-1959; véase página 558), su tiempo de supervivencia después de haber sido enganchados puede ser menor. De cualquier manera, la supervivencia aún de una pequeña porción de la captura total del barrilete muestreado, prueba que por lo menos algunos de los barriletes capturados con palangre fueron obtenidos poco tiempo antes de que las líneas fueran haladas a cubierta.

No es posible comparar estadísticamente las muestras frecuencia-longitud de barriletes vivos y muertos, dados en la Tabla 9, debido a la pequeña talla (17 peces) de la muestra de los peces vivos. Las dos muestras tienen aproximadamente el mismo rango y las medias son similares, i.e. 68.0 cm para los barriletes muertos y 71.6 cm para los barriletes vivos.

Los datos disponibles actualmente indican que la mayoría del barrilete es obtenido cuando las artes están en movimiento, y el resto es capturado cuando las artes se encuentran estabilizadas a 60 hasta 140 m.

DISCUSION

Puede que no sea suficiente la información disponible sobre las capturas incidentales de barrilete por las artes palangreras, para sacar conclusiones acerca de la estructura poblacional y de la migración del barrilete en el Océano Pacífico, pero será instructivo revisar varias de las discusiones o teorías recientemente producidas sobre la estructura poblacional del barrilete en el Océano Pacífico en vista de la nueva información aquí provista.

Han habido muchos hallazgos e hipótesis publicadas sobre la migración y distribución del barrilete *dentro* de varias pescas locales superficiales. Los datos presentados en este informe no confirman o niegan las teorías referentes a las pescas individuales de superficie, ya que las operaciones palangreras en las áreas de las pescas superficiales son más bien pocas. Recientemente Kawasaki (1964, 1965b) y Rothschild (1965), presentaron una hipótesis similar sobre las poblaciones del barrilete en el Océano Pacífico, basada en el conocimiento de las áreas de desove, en las distribuciones de las frecuencias de las tallas de las capturas comerciales, en las estadísticas de captura y en los resultados de la marcación. Rothschild (1965), supuso que la pesca en las áreas septentrionales del Pacífico oriental podría explotar el barrilete originado de la población que desova

en el Pacífico central tropical, y que la misma población desovadora provee reclutas para las pescas hawaianas. Su teoría, está parcialmente apoyada por el recobro en el Pacífico central de cuatro barriletes marcados provenientes de unos 70,000 barriletes marcados y liberados en el Pacífico oriental (Schaefer *et al.*, 1961 y *comunicación personal* de B. D. Fink). Esto es una evidencia de que algún barrilete del componente norteño abandona el área de pesca del Pacífico oriental y reaparece en la pesca hawaiana. Según los datos palangreros puede verse que las capturas del barrilete son continuas y uniformes a lo largo del ecuador entre el Hawái y las áreas pesqueras del Pacífico oriental. Esto podría interpretarse mejor como una población desovadora ya que aparece que son peces grandes, maduros y las larvas de barrilete son abundantes en la misma área; sin embargo no se conoce aún si existe más de una subpoblación en el área.

Kawasaki (1964, 1965b), raciocinó que todos los barriletes que aparecen en las pescas superficiales japonesas, hawaianas y del Pacífico oriental, son originadas de un grupo o grupos desovadores que experimentan cada año condiciones ambientales comunes (hipótesis No. 1). Cree además que los barriletes jóvenes se desplazan hacia el polo para buscar alimento pero regresan a aguas tropicales y desovan cuando alcanzan la madurez sexual (hipótesis No. 2). Supone que la pesca japonesa obtiene barriletes jóvenes durante la migración en busca de alimento, mientras que la pesca hawaiana captura miembros de la población desovadora como también peces jóvenes. Consecuentemente, puede existir alguna relación entre el barrilete encontrado en aguas japonesas y los de la pesca hawaiana (hipótesis No. 3). No existe evidencia según los datos presentados en este informe, que pueda rechazar o apoyar fuertemente su primera y tercera hipótesis, pero el hecho de que se encuentran barriletes grandes en aguas de latitudes altas (entre los 20°N a los 40°N), como también en aguas tropicales, es contrario a su segunda hipótesis.

Los peces capturados al este del Japón entre los 30° y los 40°N, especialmente en tiempo de invierno, pueden estar formados por dos componentes de diferentes áreas. El primero puede incluir peces de 60 a 70 cm (página 566 y Fig. 5), los cuales emigraron de la pesca de superficie frente al Japón, mientras que el segundo componente puede estar formado por peces de 70 a 80 cm que son parte de la población desovadora que se desplaza de la región tropical del desove hacia el polo. La abundancia aparente más reducida, y la distribución estacional inconsistente de estos peces en el Pacífico noroeste, comparada con las latitudes tropicales, sugiere que no permanecen en aguas septentrionales durante el verano, pero que por lo menos algunos de ellos regresan a latitudes más tropicales, donde ocurre el desove. Es imposible determinar según los datos examinados en este estudio, si algunos de estos barriletes pasan a través de la pesca hawaiana como lo ha sugerido Kawasaki en su tercera hipótesis.

La aparición casi continua de barriletes capturados con palangre a lo

largo del ecuador, desde el Pacífico occidental hasta el Pacífico central cerca al Hawái, confirma la distribución casi continua del barrilete, en esta extensa área, pero no puede determinarse según los datos disponibles si se segregan en grupos desovadores genéticamente distintos.

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud al Sr. A. Takashiba Ex-Director y al Dr. H. Yabe, Director actual del Far Seas Fisheries Research Laboratory (anteriormente el Nankai Regional Fisheries Research Laboratory) quiénes amablemente me permitieron copiar y emplear todos los datos referentes al barrilete, la base de este estudio.

El personal del antiguo Nankai Regional Fisheries Research Laboratory brindó una gran ayuda, especialmente el Dr. T. Kamimura, el Dr. A. Suda y el Sr. S. Kume.

Deseo agradecer además al Dr. Y. Hiyama, Profesor de la Universidad de Tokio por su revisión crítica y dirección del manuscrito. Deseo también dar las gracias al Dr. J. L. Kask, Director de Investigaciones de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, quién ofreció un considerable apoyo para este estudio.

Expreso también mi gratitud a mis colegas de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, especialmente a los Sres. J. Joseph y T. P. Calkins por su examen crítico del manuscrito; al Sr. C. L. Peterson por leer el manuscrito y por sus comentarios; al Sr. C. T. Psaropoulos por la programación de los datos para su procesamiento en el computador. Un reconocimiento muy especial al Sr. B. M. Chatwin por sus sugerencias útiles y por el criticismo del borrador final y, por su incansable ayuda en el idioma inglés que no es mi lengua nativa.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aiakwa H. 1937. Notes on the shoal of bonito along the Pacific coast of Japan [in Japanese with English summary]. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 6(1):13-21. (Translation *In:* Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (83):32-50.)
- _____. 1942. Umino shigen (Marine resources) [in Japanese]. Kaiyo kagaku soshō (Ocean Science Series), Tennen-sha, Tokyo, 118 p.
- _____. and M. Kato. 1938. Age determination of fish. I. [in Japanese with English summary]. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 7(2):79-88. (Translation *In:* Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (21):22 p.)
- Alverson, F. G. 1960. Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the eastern tropical Pacific by quarters of the year, 1951-1958 [in English and Spanish]. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 4(6):319-446.
- _____. 1963. Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the eastern tropical Pacific Ocean, by quarters of the year, 1959-1962 [in English and Spanish]. *Ibid.*, 8(6):317-379.
- Anonymous. 1939. Results of promotion of exploitation of new albacore fishing grounds in 1938 [in Japanese]. Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo, 151 p.
- _____. 1940. Results of promotion of exploitation of new albacore fishing grounds in 1939 [in Japanese]. Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo, 170 p.
- _____. 1958a. Pacific Oceanic Fishery Investigations—annual report for fiscal year 1958. Comml Fish. Rev., 20(9):56-61.
- _____. 1958b. Pacific Oceanic Fishery Investigations — Central North Pacific albacore tuna oceanographic and plankton surveys (M/V HUGH M. SMITH Cruise 46). *Ibid.*, 20(12):44-45.
- _____. 1963. Skipjack—a world resource. Circ. U. S. Fish Wildl. Serv., (165):28 p.
- _____. 1965a. The use of fish finder for more effective operation of longline in tuna fisheries [in Japanese]. All Jap. Inv. Societ. Tuna, 67 p.
- _____. 1965b. Central Pacific Fisheries Investigations — submarine for underwater research brings new discoveries. Comml Fish. Rev., 27(12):29-30.
- Blackburn, M. *et al.* 1962. Tuna oceanography in the eastern tropical Pacific. Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (400):48 p.

- Broadhead, G. C. and I. Barrett. 1964. Some factors affecting the distribution and apparent abundance of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean [in English and Spanish]. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 8(8):417-473.
- Brock, V. E. 1954. Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis*, in the Hawaiian Islands. Pacif. Sci., 8(1):94-104.
- Brown, R. P. and K. Sherman. 1962. Oceanographic observations and skipjack distribution in the North Central Pacific (Abstract), p. 22. In: J. C. Marr (Ed.) Pacific Tuna Biology Conference—Aug. 14-19, 1961—Honolulu, Hawaii. Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (415):45 p.
- Brun, Michel and W. L. Klawe. 1968. Landings of skipjack and yellowfin tuna at Papeete market. Comm'l Fish. Rev., 30(4):62-63. Also U. S. Fish Wildl. Serv., Separate (813).
- Eckles, H. H. 1949. Fishery exploration in the Hawaiian Islands (August to October 1948), by the vessel *Oregon* of the Pacific Exploration Company. Comm'l. Fish. Rev., 11(6):1-9.
- Ego, K. and T. Otsu. 1952. Japanese tuna-mothership expeditions in western equatorial Pacific Ocean (June 1950 to June 1951). Comm'l Fish. Rev., 14(6):1-19.
- Enami, S. and T. Tanoue. 1954. On the fisheries of tuna and the oceanographical conditions in the Sawu Sea [in Japanese with English summary]. Memr. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 3(2):1-8.
- First Research Section, Research Division. 1964. Report of research boat, *Shoyo-maru*, for 1963 fiscal year. (Reports on the navigation and researches on the tuna resources in the eastern Pacific Ocean) [in Japanese]. First Res. Sect. Res. Div. Fish. Ag., Tokyo, 465 p.
- _____. 1965. Report of research boat, *Shoyo-maru*, for 1964 fiscal year. (Report on the navigations and researches on tuna and spear fish resources in the eastern Pacific Ocean) [in Japanese]. First Res. Sect. Res. Div. Fish. Ag., Tokyo, 417 p.
- Hamuro, C. and K. Ishii. 1958. Analysis of tuna longline by automatic depth meter. Tech. Rep. Fish. Boat, (11):39-119.
- I A T T C. 1966. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission—1965 [in English and Spanish]. Ann. Rep. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 106 p.
- Inanami, Y. 1941. Report of oceanographic changes and fishing conditions in Palao waters [in Japanese]. Nanyo suisan joho (South Sea

- Fish. News), 5(2):2-6. (Translation *In*: Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (42):2-6.)
- Investigative Society of Tuna Fishery. 1953-1959. Table of survey of tuna catches by months and by fishing area [in Japanese]. Tuna Fishg, Nos. 1-73. (Combined volume was published in 1964 by Japanese Federation of Tuna Fishermen's Cooperative Association, 868 p.)
- Izukawa, A. 1952. On the relation between the process of fishing products and China-continent in Japanese Ancient Monachial Age [in Japanese with English summary]. Memr. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 2(1):149-160.
- Kamijo, K. 1962. A brief method to compute the depth of tuna long-line hook [in Japanese]. Tuna Fishg, (3):32-37.
- _____. 1964. Analysis of shape of longline gear in the waters recorded by the depth recorders of Gyosen ken type [in Japanese]. Rep. Ser., Kanagawa Pref. Fish. Exp. Stn, (21):10 p.
- Kamimura, T. 1966. Part II. Stock assessment [in Japanese with English summary. Discussion by audience included]. *In*: Symposium on tuna fisheries. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 32(9):756-786 and 829.
- Kanamura, M. and H. Yazaki. 1940. Investigation of tuna longline fishing grounds in the east Philippine Sea [in Japanese]. *In*: Report of fishing ground investigations by the *Shonan-maru* in 1937. Taiwan sotokufu suisan shikenjo shuppan (Formosa Gov.-Gen. Fish. Exp. Stn, Publs), (21):1-65.
- Kawai, H. 1955. On the polar frontal zone and its fluctuation in the waters to the northeast of Japan (1) [in Japanese with English summary]. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 4:1-46.
- Kawasaki, T. 1952. On the populations of the skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), migrating to the north-eastern sea area along the Pacific coast of Japan [in Japanese with English summary]. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 1:1-14.
- _____. 1955a. On the migration and growth of the skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in the south-western sea area of Japan [in Japanese with English summary]. *Ibid.*, 4:83-100.
- _____. 1955b. On the migration and growth of the skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in the Izu and Bonin Sea areas and the north-eastern sea area along the Pacific coast of Japan [in Japanese with English summary]. *Ibid.*, 4:101-119.
- _____. 1959. On the structure of "fish school" of tunas [in Japanese with English summary]. Jap. J. Ecol., 9(1):52-54.

- _____. 1964. Population structure and dynamics of skipjack in the North Pacific and its adjacent waters [in Japanese with English summary]. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 24:28-47.
- _____. 1965a. Ecology and dynamics of the skipjack population (I) [in Japanese]. Study Ser., Jap. Fish. Resor. Conserv. Ass., 8-1: 1-48. (Translation, 1967—by M. P. Miyake, Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. and U. S. Bur. Comm. Fish., Calif., 54 p.)
- _____. 1965b. Ecology and dynamics of the skipjack population (II) [in Japanese]. *Ibid.*, 8-2:49-108. (Translation, 1967—by U. S. Joint Publications Research Service, Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. and U. S. Bur. Comm. Fish., Calif., 79 p.)
- _____. and M. Anraku. 1962. On the abundance and its fluctuation of the skipjack and albacore migrating to the neighbouring seas of Japan. I [in Japanese with English summary]. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 20:33-50.
- _____, M. Yao, M. Anraku, A. Naganuma and M. Asano. 1962. On the structure and the fluctuation mechanism of the piscivorous fish community distributed in the subsurface layer of the Tohoku sea region. I [in Japanese with English summary]. *Ibid.*, 22:1-44.
- Kimura, K., M. Iwashita and T. Hattori. 1952. Image of skipjack and tuna recorded on echo-sounding machine [in Japanese with English summary]. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 1:15-19.
- Kuroda, R. 1955. On the water temperature in the fishing grounds of the skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), caught in the north-eastern sea area along the Pacific coast of Japan [in Japanese with English summary]. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 4:47-61.
- Magnuson, J. J. 1963. Tuna behavior and physiology, a review [French and Spanish abstracts]. In: Rosa, H. Jr., (ed.) Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species. FAO, Fish. Rep., 3(6):1057-1066.
- Manar, T. A. 1966. Progress in 1964-65 at the Bureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory, Honolulu. Circ. U. S. Fish Wildl. Serv., (243):42 p.
- Marukawa, H. 1939. Fisheries of the South Sea Islands (2); Present status of fisheries of the Islands [in Japanese]. Nanyo suisan (So. Sea Fish.), 5(3):8-17.
- Masuda, S. (Ed.) 1963. Katsuo maguro soran (General review of tuna and skipjack) [in Japanese]. Suisan-sha, Tokyo, 844 p.
- Matsumoto, W. M. 1958. Description and distribution of larvae of four

- species of tuna in central Pacific waters. Fishery Bull. U. S. Fish Wildl. Serv., 58(128):31-72.
- _____. 1966. Distribution and abundance of tuna larvae in the Pacific Ocean. In: T. A. Manar (Ed.), Proceedings, Governor's Conference on Central Pacific Fishery Resources, State of Hawaii, 221-230 p.
- Morita, T. and N. Higo. 1962. Studies on the catch efficiency derived from the difference in the construction of tuna longline gear III. On the results of the test operations by the longline gear with 2-5 hooks [in Japanese with English summary]. Memr. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 11(1):8-13.
- Murphy, G. I. and I. I. Ikebara. 1955. A summary of sightings of fish schools and bird flocks and of trolling in the central Pacific. Spec. Scient. Rep. U. S. Fish. Wildl. Serv., (154):32 p.
- _____ and T. Otsu. 1954. Analysis of catches of nine Japanese tuna longline expeditions to the western Pacific Ocean. *Ibid.*, (128):46 p.
- _____ and R. S. Shomura. 1953a. Longline fishing for deep-swimming tunas in the central Pacific, 1950-51. *Ibid.*, (98):47 p.
- _____ and _____. 1953b. Longline fishing for deep-swimming tunas in the central Pacific, January-June 1952. *Ibid.*, (108):32 p.
- Nakamura, E. L. 1962. Observations on the behavior of skipjack tuna, *Euthynnus pelamis*, in captivity. Copeia, (3):499-505.
- Nakamura, H. 1954. Ocean currents and tuna fishing grounds [in Japanese]. Suisan kagaku (Fish. Sci., Tokyo), (14):9-17.
- _____. 1965. Tuna resources of the world. I. Classification, distribution and migration, and reproduction and growth [in Japanese]. Study Ser. Jap. Fish. Resor. Conserv. Ass., 10-1:64 p.
- _____ and H. Yamanaka. 1959. Relation between the distribution of tunas and the ocean structure [in Japanese with English summary]. J. Oceanogr. Soc. Jap., 15(3):143-149.
- Orange, C. J. 1961. Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern tropical Pacific, as inferred from studies of gonad development [in English and Spanish]. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 5(6):457-526.
- Otsu, T. 1954. Analysis of the Hawaiian longline fishery, 1948-1952. Comm'l Fish. Rev., 16(9):1-17.
- Research Division, Fisheries Agency of Japan. 1965. Annual report of effort and catch statistics by area on Japanese tuna long line fishery, 1962 [in Japanese with English captions]. Res. Div. Fish. Ag., 183 p.

- _____. 1966. Annual report of effort and catch statistics by area on Japanese tuna long line fishery, 1963 [in Japanese with English captions]. Res. Div. Fish. Ag., 322 p.
- _____. 1967. Annual report of effort and catch statistics by area on Japanese tuna long line fishery, 1964 [in Japanese with English captions]. Res. Div. Fish. Ag., 379 p.
- Rothschild, B. J. 1965. Hypothesis on the origin of exploited skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the eastern and central Pacific Ocean. Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (512):20 p.
- _____. 1966a. Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) resources of the trust territory of the Pacific islands. Comm'l Fish. Rev., 28(2):6-8.
- _____. 1966b. Major changes in the temporal-spatial distribution of catch and effort in the Japanese longline fleet. In: T. A. Manar (Ed.), Proceedings, Governor's Conference on Central Pacific Fishery Resources, State of Hawaii, 91-126 p.
- Schaefer, M. B. 1959. Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1958 [in English and Spanish]. Ann. Rep. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 1958:34-121.
- _____. 1960. Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1959 [in English and Spanish]. *Ibid.*, 1959:39-156.
- _____. 1962. Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1961 [in English and Spanish]. *Ibid.*, 1961:44-171.
- _____. 1963. Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1962 [in English and Spanish]. *Ibid.*, 1962:35-149.
- _____, B. M. Chatwin and G. C. Broadhead. 1961. Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959 [in English and Spanish]. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 5(5):341-455.
- Seckel, G. R. 1963. Climatic parameters and the Hawaiian skipjack fishery [French and Spanish abstracts]. In: Rosa, H. Jr. (Ed.) Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species. FAO, Fish. Rep., 3(6):1201-1208.
- _____, and K. D. Waldron. 1960. Oceanography and the Hawaiian skipjack fishery. Pacif. Fisherm., 58(2):11-13.
- Second Deep Ocean Section, Fisheries Agency. 1963. Report of research boat *Sboyō-maru*, 1962.—Exploratory research of tuna fishing grounds

- in the eastern Pacific.—[in Japanese]. Sec. Deep Ocean Sect. Mar. Prod. Div. Fish. Ag., Tokyo, 177 p.
- Shimada, B. M. 1951. Japanese tuna-mothership operations in the western equatorial Pacific Ocean. *Commr Fish. Rev.*, 13(6):1-26.
- ____ and M. B. Schaefer. 1956. A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean [in English and Spanish]. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 1(7):351-469.
- Shimoda, M. 1937. Southern fisheries [in Japanese]. *Kaiyo gyogyo* (Ocean. Fish.), Tokyo, 7:1-136.
- Shomura, R. S. 1955. A comparative study of longline baits. *Spec. Scient. Rep., U. S. Fish Wildl. Serv.*, (151):34 p.
- _____. 1959. Changes in tuna landings of the Hawaiian longline fishery, 1948-1956. *Fishery Bull. U. S. Fish Wildl. Serv.*, 60(160):87-106.
- ____ and G. I. Murphy. 1955. Longline fishing for deep-swimming tunas in the Central Pacific, 1953. *Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv.*, (157):70 p.
- Sivasubramaniam, K. 1963. On the sharks and other undesirable species caught by tuna longline. *Rec. Oceanogr. Wks Jap.*, 7(1):74-81.
- Snedecor, G. W. 1956. Statistical methods—Applied to experiments in agriculture and biology. (Fifth edition). Iowa State Coll. Press, Ames, Iowa, 534 p.
- South Seas Government-General Fisheries Experimental Station. 1939. Investigation of tuna fishing in the Western Caroline Islands, 1936 [in Japanese]. *Nanyo-cho suisan shikenjo jigyo hokoku* (South Seas Gov.-Gen. Fish. Exp. Stat. Prog. Rep.), 2(1936-37):13-17.
- Strasburg, D. W. and H. S. H. Yuen. 1958. Preliminary results of underwater observations of tuna schools and practical applications of these results. *Proc. Indo-Pacif. Fish. Coun.*, 8(1958) Sect. 3:84-89.
- Suda, A. 1953. Juvenile skipjack from the stomach contents of tunas and marlins [in Japanese with English summary]. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 19(4):319-327.
- ____ and M. B. Schaefer. 1965a. General review of the Japanese tuna long-line fishery in the eastern tropical Pacific Ocean 1956-1962 [in English and Spanish]. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 9(6):305-464.
- ____ and _____. 1965b. Size-composition of catches of yellow-

- fin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific east of 130°W [in English and Spanish]. *Ibid.*, 10(4):265-334.
- Tanoue, T. 1953. An experiment on the tuna fishery by long-line in the Sea off Mangole and Timor Islands [in Japanese]. *Memr. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, 3(1):6-9.
- Tominaga, S. 1957. Skipjack—behavior and fishing methods (Katsuo-shusei to gyoho) [in Japanese]. *Ishizaki-shoten Co.*, Tokyo, 160 p.
- Uchida, R. N. 1966. The skipjack tuna fishery in Hawaii. In: T. A. Manar (Ed.), *Proceedings, Governor's Conference on Central Pacific Fishery Resources, State of Hawaii*, 147-159 p.
- Uda, M. 1939. On the characteristics of the frequency curve for the catch of "Katuo," *Euthynnus vagans* (Lesson), referred to the water temperature [in Japanese with English summary]. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 8(4):169-172.
- Ueyanagi, S. 1965. Progress report on the ecological studies of tunas and billfishes [in Japanese]. In: *Summary of proceedings on Tuna Fisheries Research Conference, 1964*. *Tuna Fishg.*, (34 & 35):63-64.
- Wade, C. B. 1950. Observations on the spawning of Philippine tuna. *Fishery Bull.*, U. S. Fish Wildl. Serv., 51(55):409-423.
- Waldron, K. D. 1963. Synopsis of biological data on skipjack *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) 1758 (Pacific Ocean) [French and Spanish abstracts]. In: Rosa, H. Jr. (Ed.) *Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species*. FAO, Fish. Rep., 2(6):695-748.
- Watanabe, H. 1961. Study of tuna hooked layer by long line [in Japanese]. *Rep. Ser. Kanagawa Pref. Fish. Exp. Stat.*, (4):10 p.
- Wilson, P. T. 1965. Challenge in Micronesia. *Fish. News Intern.*, 4(1): 8-14.
- Wilson, R. C., E. L. Nakamura and H. O. Yoshida. 1958. Marquesas area fishery and environmental data, October 1957-June 1958. Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv., (283):105 p.
- Yabe, H. 1954. A study of skipjack spawning in the Satsuman Sea area [in Japanese]. In: *Suisangaku no gaikan—Nihon gakujutsu skinkokai* (General Review of Fishery Science, Japan Association for the Advancement of Science), Tokyo, 182-199.
- _____, Y. Yabuta and S. Ueyanagi. 1963. Comparative distribution of eggs, larvae and adults in relationship to biotic and abiotic environmental factors [French and Spanish abstracts]. In: Rosa, H. J. (ed.)

- Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tuna and Related Species. FAO, Fish. Rep., 3(6):979-1009.
- Yamamoto, S. 1933. Points of information for the skipjack fishery gained from the study of fish's eyes [in Japanese]. Rakusui, 28(11): 927-930.
- Yamashita, D. T. 1958. Analysis of catch statistics of the Hawaiian skipjack fishery. Fishery Bull. U. S. Fish Wildl. Serv., 58(134):253-278.
- Yokota, T., M. Toriyama, K. Kanai and S. Nomura. 1961. Studies on the feeding habit of fishes [in Japanese with English summary]. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., (14):234 p.
- Yoshida, H. O. 1966. Tuna fishing vessels, gear, and techniques in the Pacific Ocean. In: T. A. Manar (Ed.), Proceedings, Governor's Conference, State of Hawaii, 67-89.
- Yoshihara, T. 1961. Distribution of catches on the longline. Part I. Vertical distribution—1 and 2 [in Japanese]. Tuna Fishg., (82):10-19, and (83):12-23.

LIST OF APPENDIX FIGURES**LISTA DE LAS FIGURAS DE LA APÉNDICE****ENGLISH — INGLES**

APPENDIX FIGURE 1 (a-d). Catch of skipjack per 1000 hooks by quarter and 5° areas. Data from Japanese research longliners for 1949-1965 combined.

APPENDIX FIGURE 2 (a-p). Catch of skipjack per 1000 hooks by year, quarter and 5° areas for Japanese commercial longliners, 1961-1964.

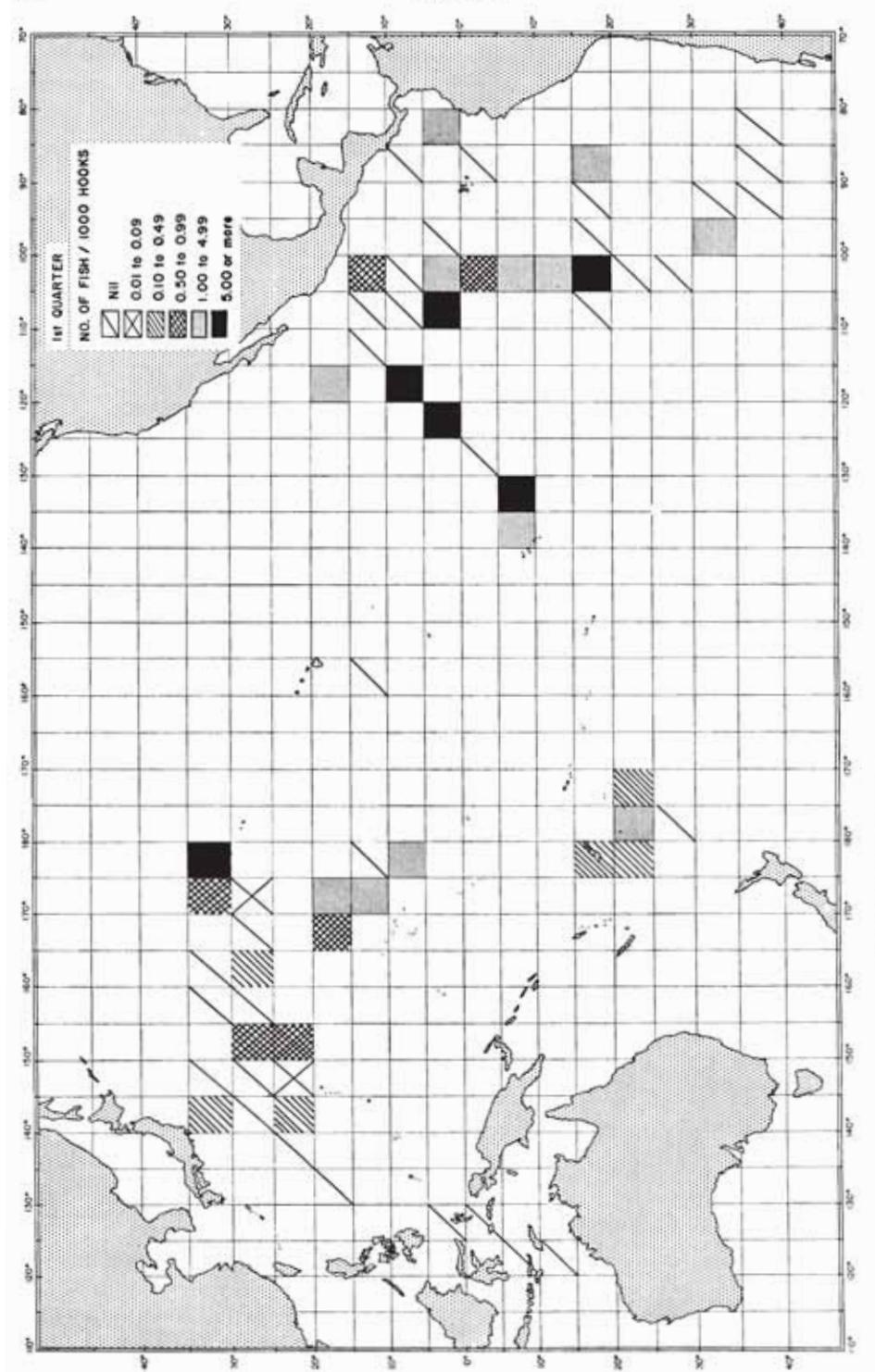
APPENDIX FIGURE 3 (a-e). Catch of skipjack per 1000 hooks by year and 5° areas. Data from Japanese commercial longliners for 1956-1960.

ESPAÑOL — SPANISH

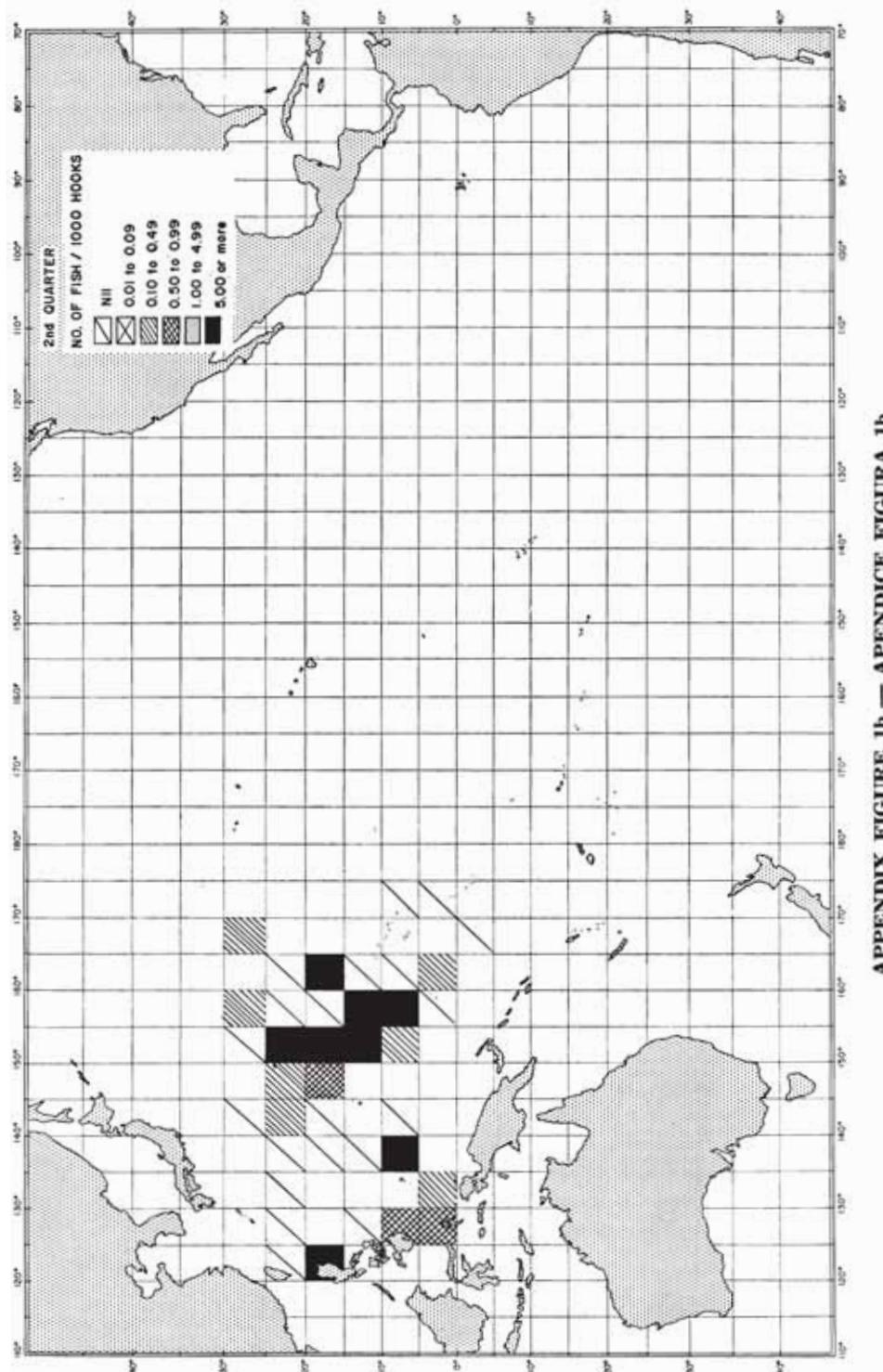
APENDICE FIGURA 1 (a-d). Captura de barrilete por 1000 anzuelos por trimestre y áreas de 5°. Datos combinados de los palangreros japoneses de investigación correspondientes a 1949-1965.

APENDICE FIGURA 2 (a-p). Captura de barrilete por 1000 anzuelos, por año, trimestre y áreas de 5°, efectuada por palangreros comerciales japoneses, 1961-1964.

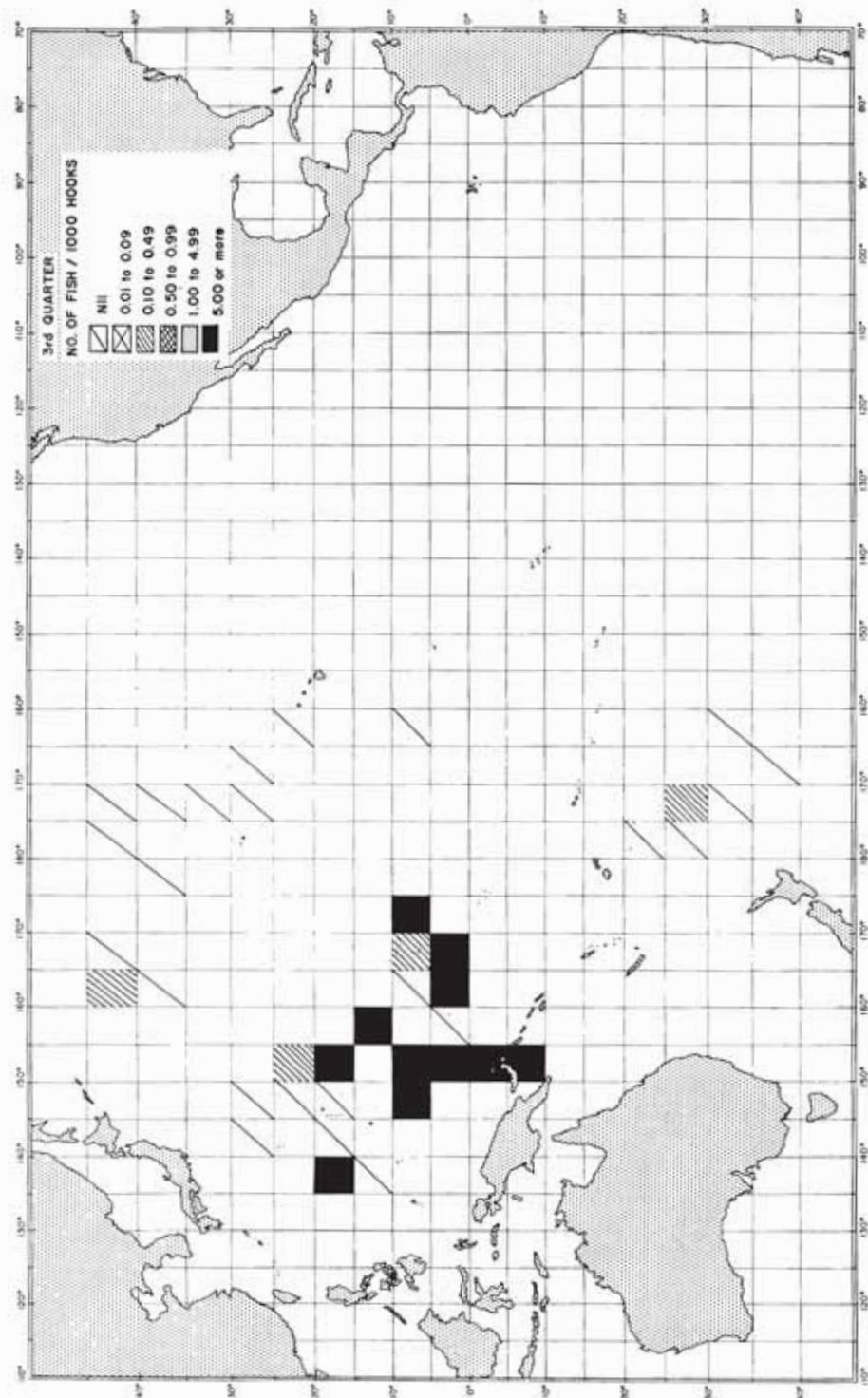
APENDICE FIGURA 3 (a-e). Captura de barrilete por 1000 anzuelos por año y áreas de 5°. Datos de los palangreros comerciales japoneses para 1956-1960.



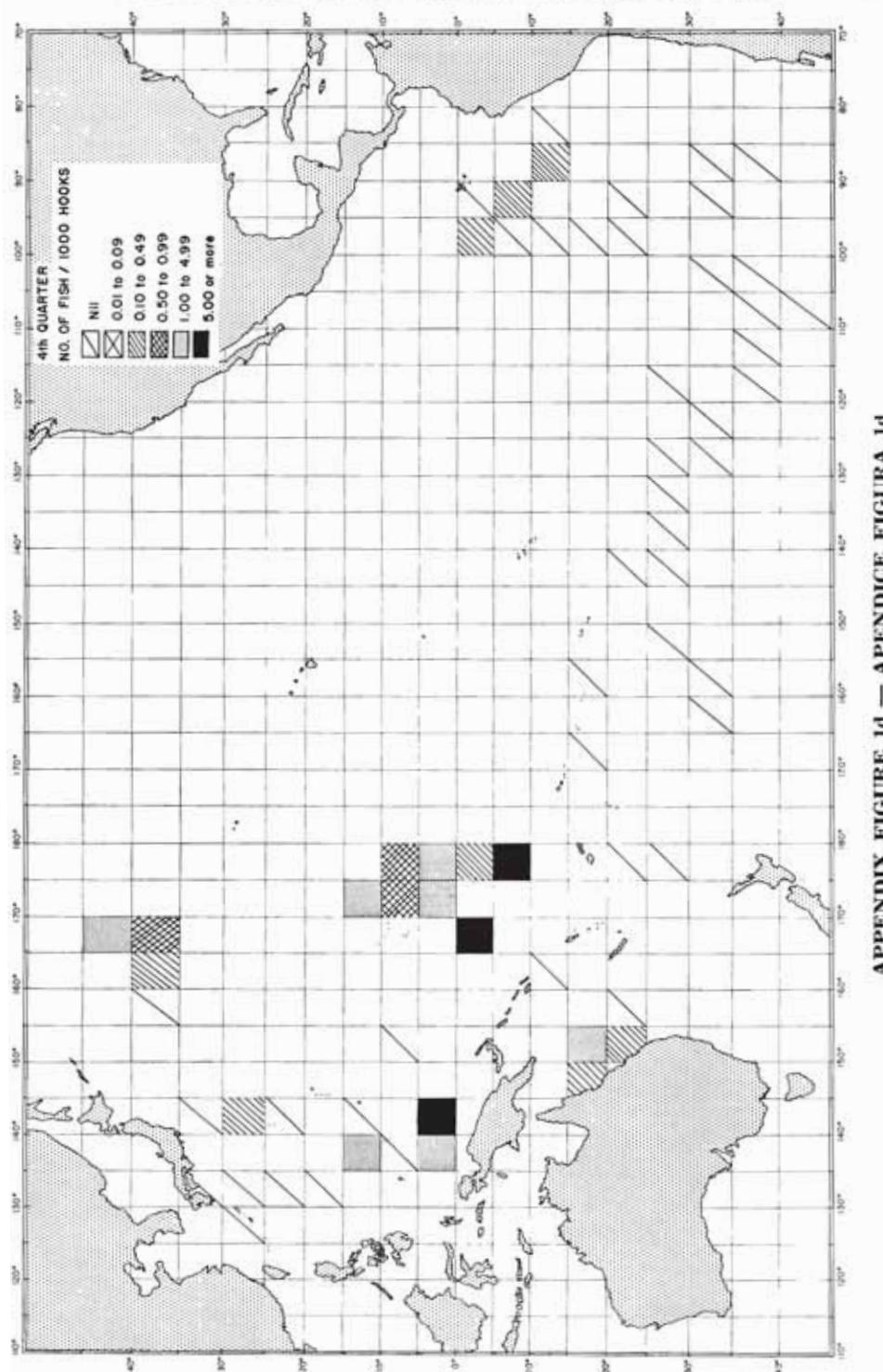
APPENDIX FIGURE 1a — APENDICE FIGURA 1a



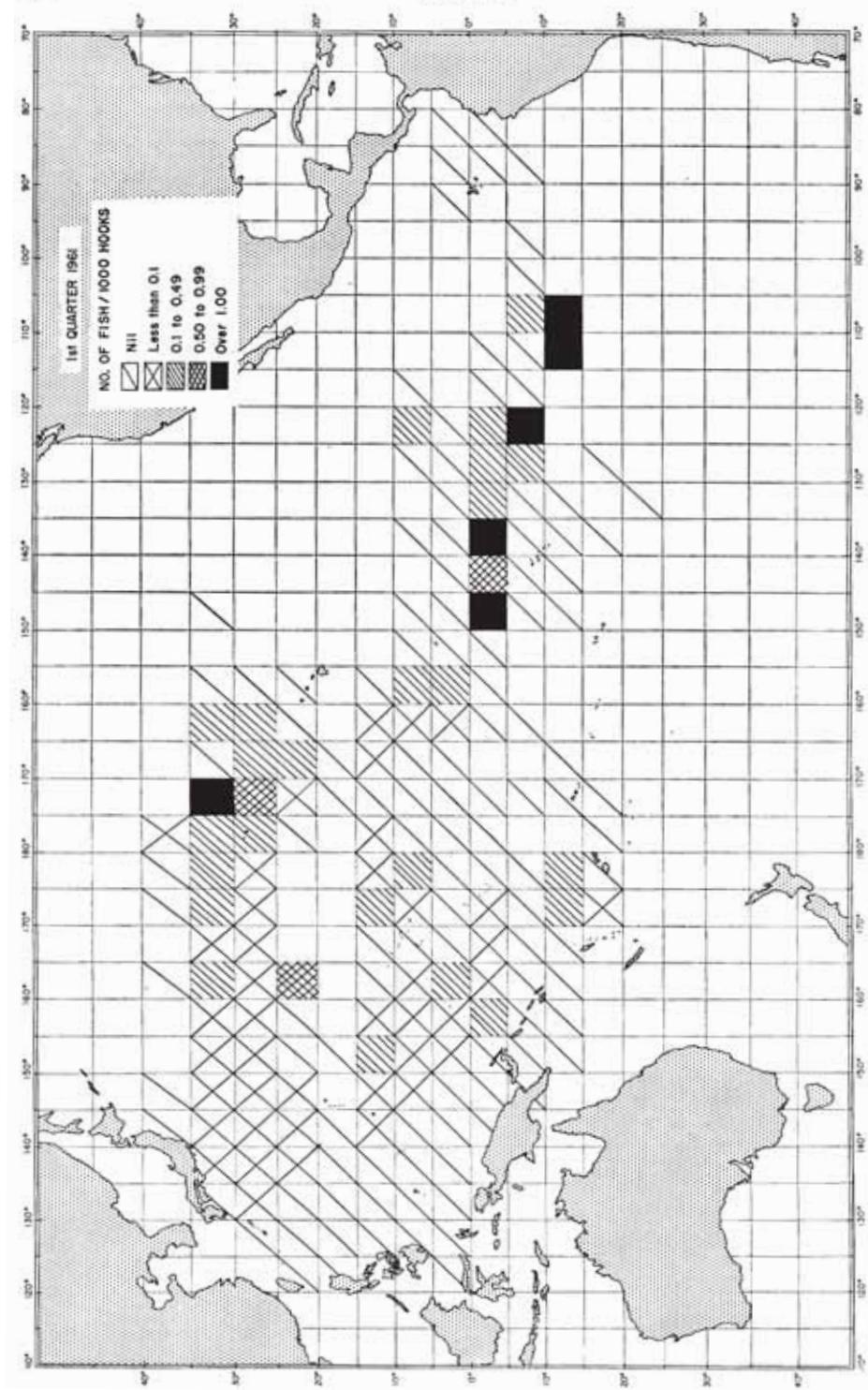
APPENDIX FIGURE 1b — APENDICE FIGURA 1b



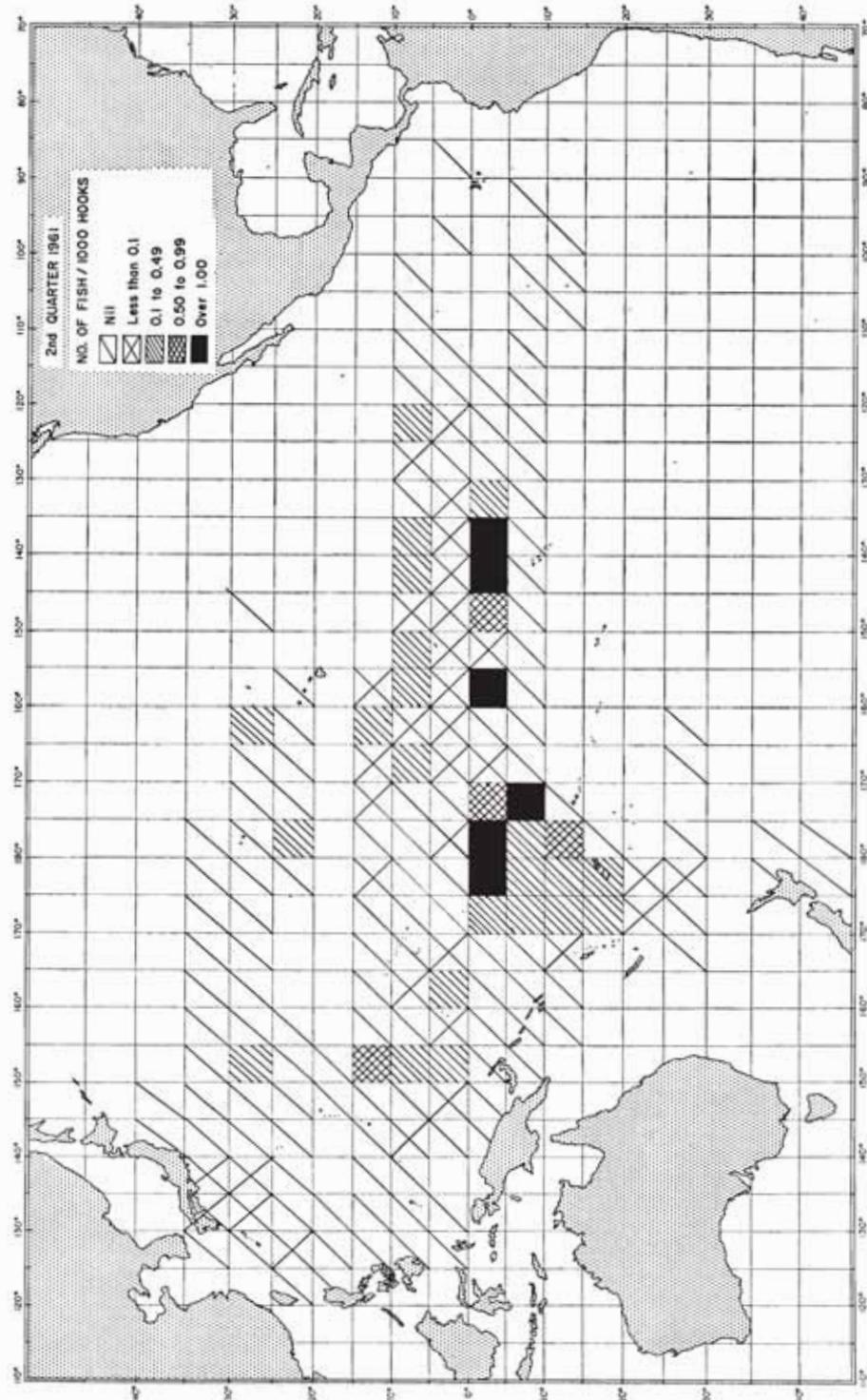
APPENDIX FIGURE 1c — APÉNDICE FIGURA 1c



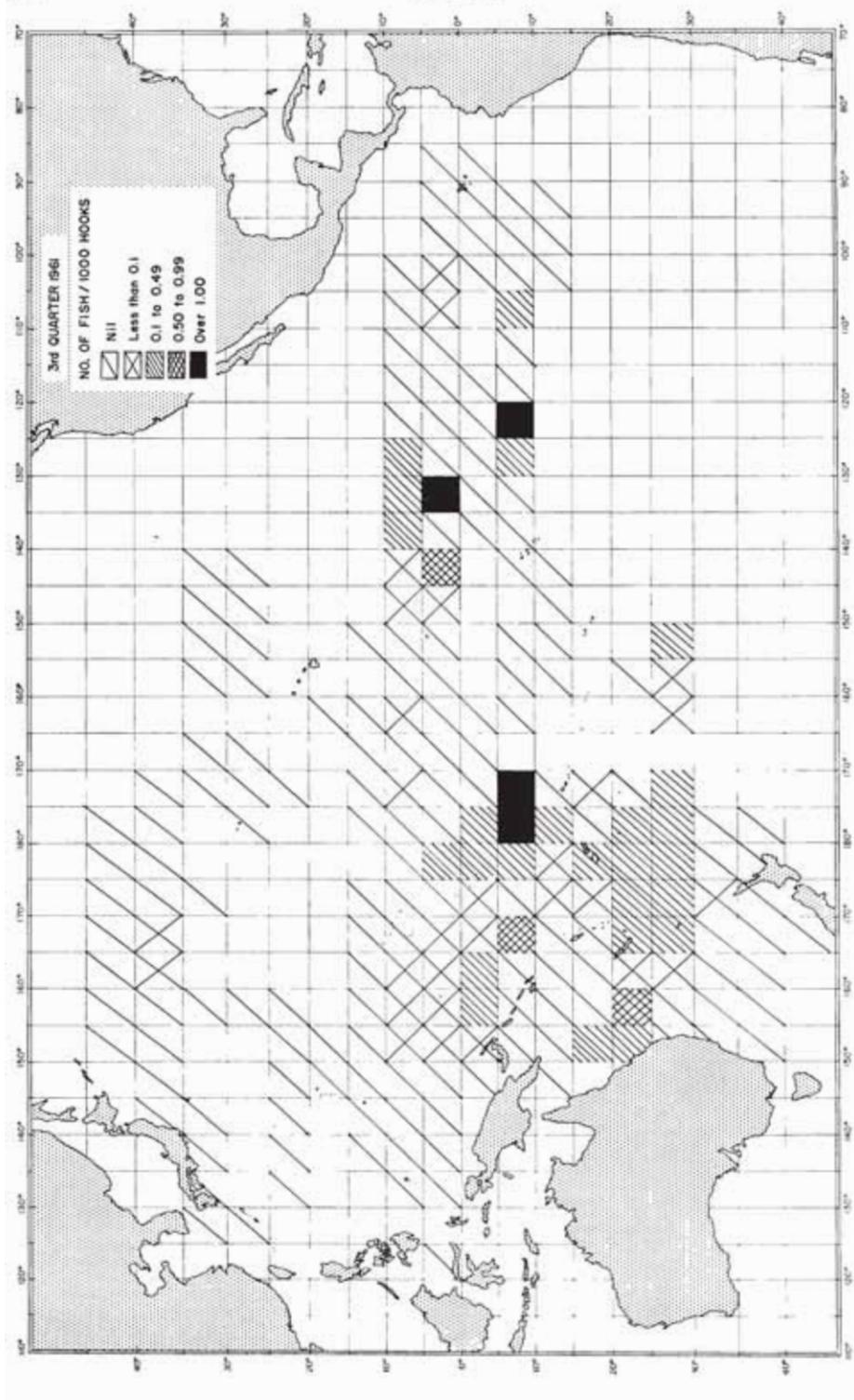
APPENDIX FIGURE 1d — APÉNDICE FIGURA 1d



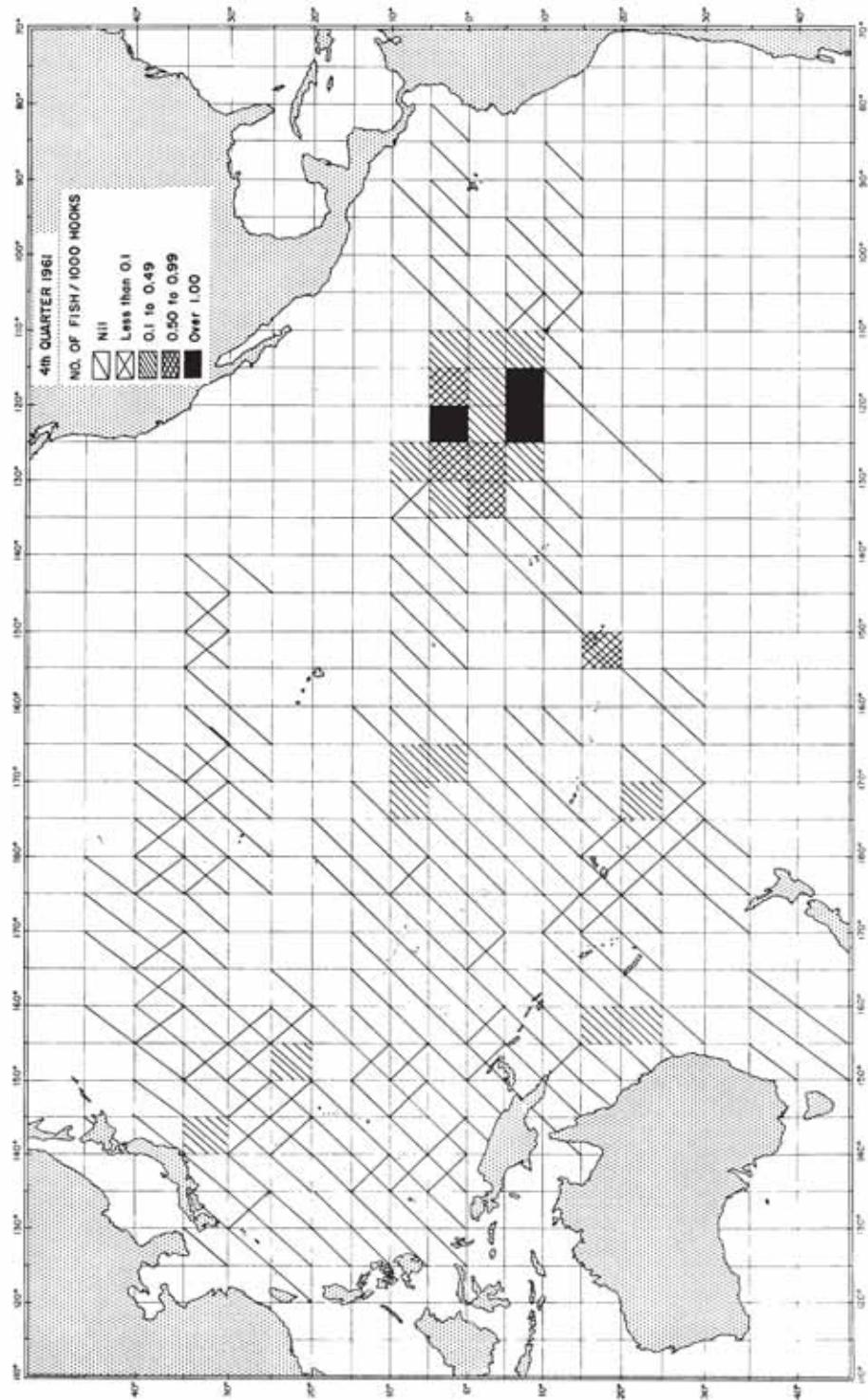
APPENDIX FIGURE 2a — APENDICE FIGURA 2a



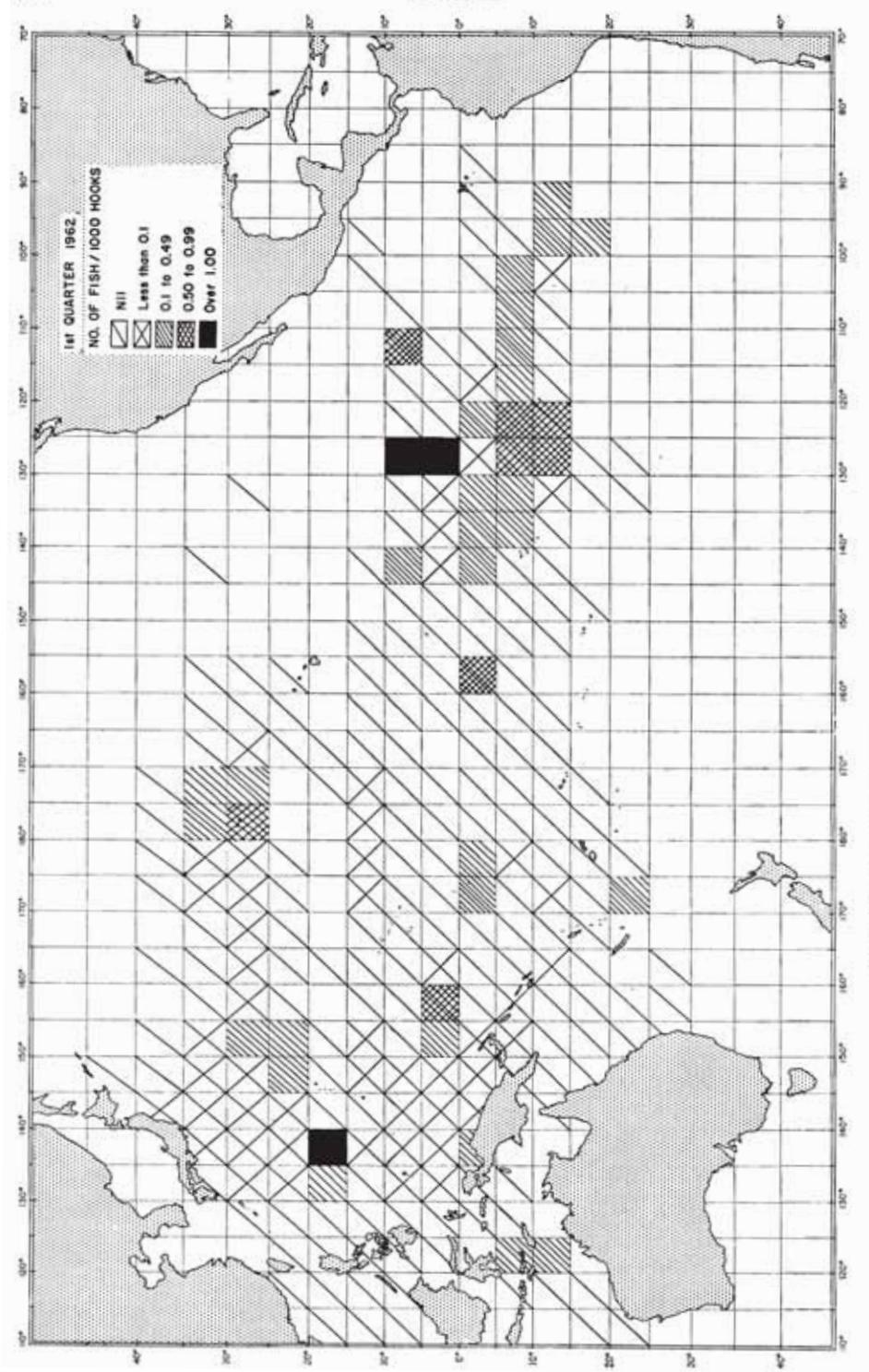
APPENDIX FIGURE 2b — APÉNDICE FIGURA 2b



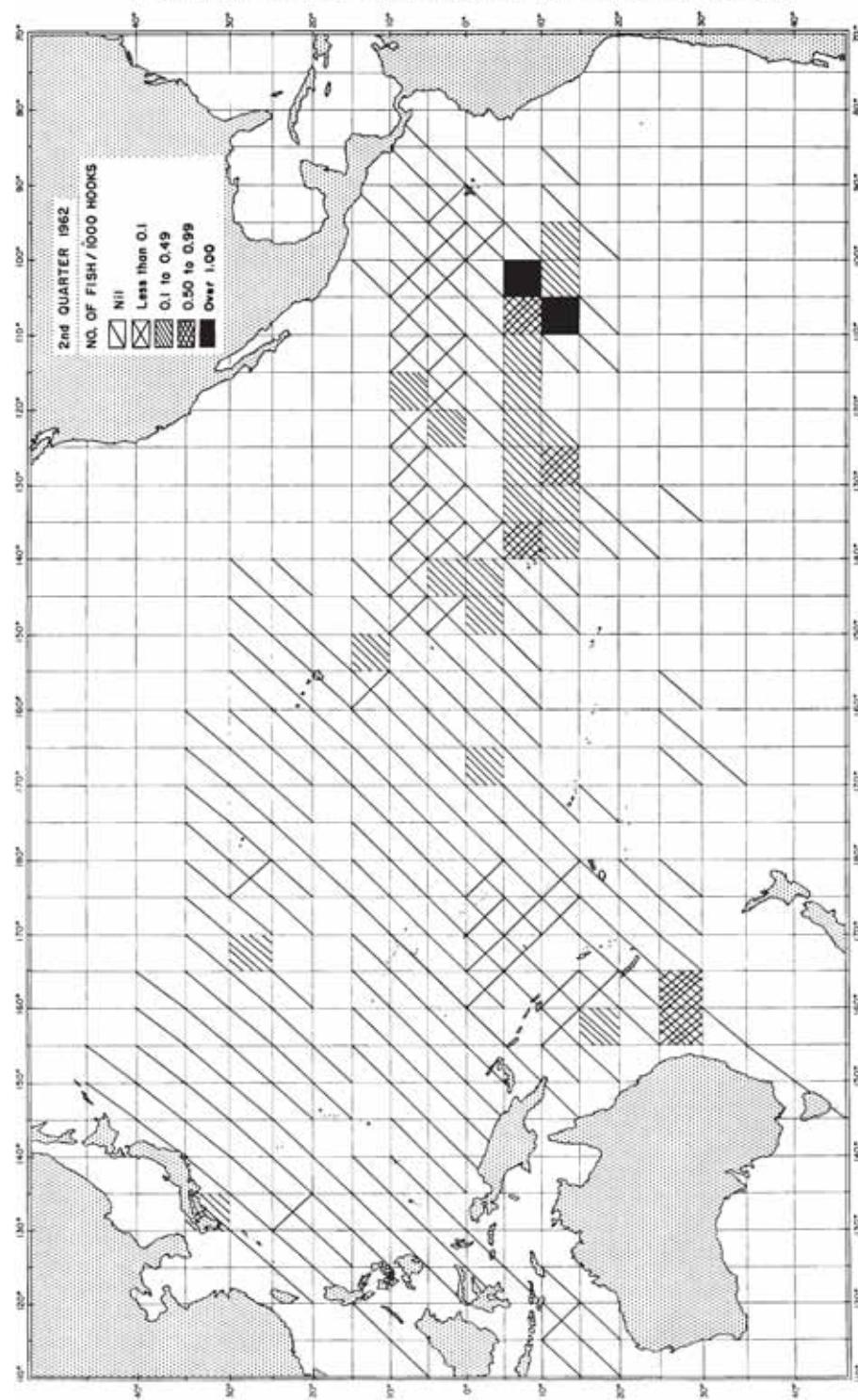
APPENDIX FIGURE 2c — APÉNDICE FIGURA 2c



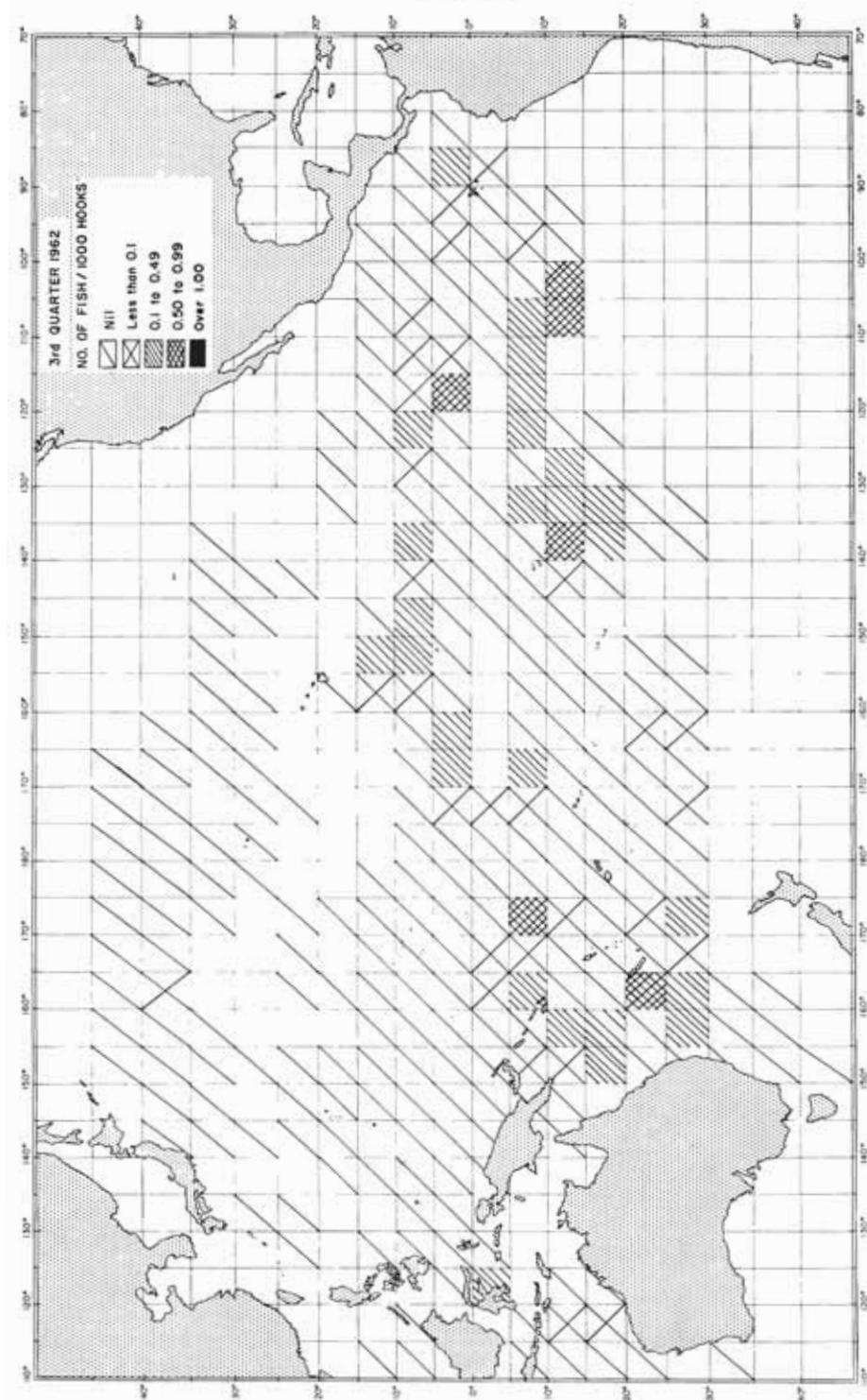
APPENDIX FIGURE 2d — APÉNDICE FIGURA 2d



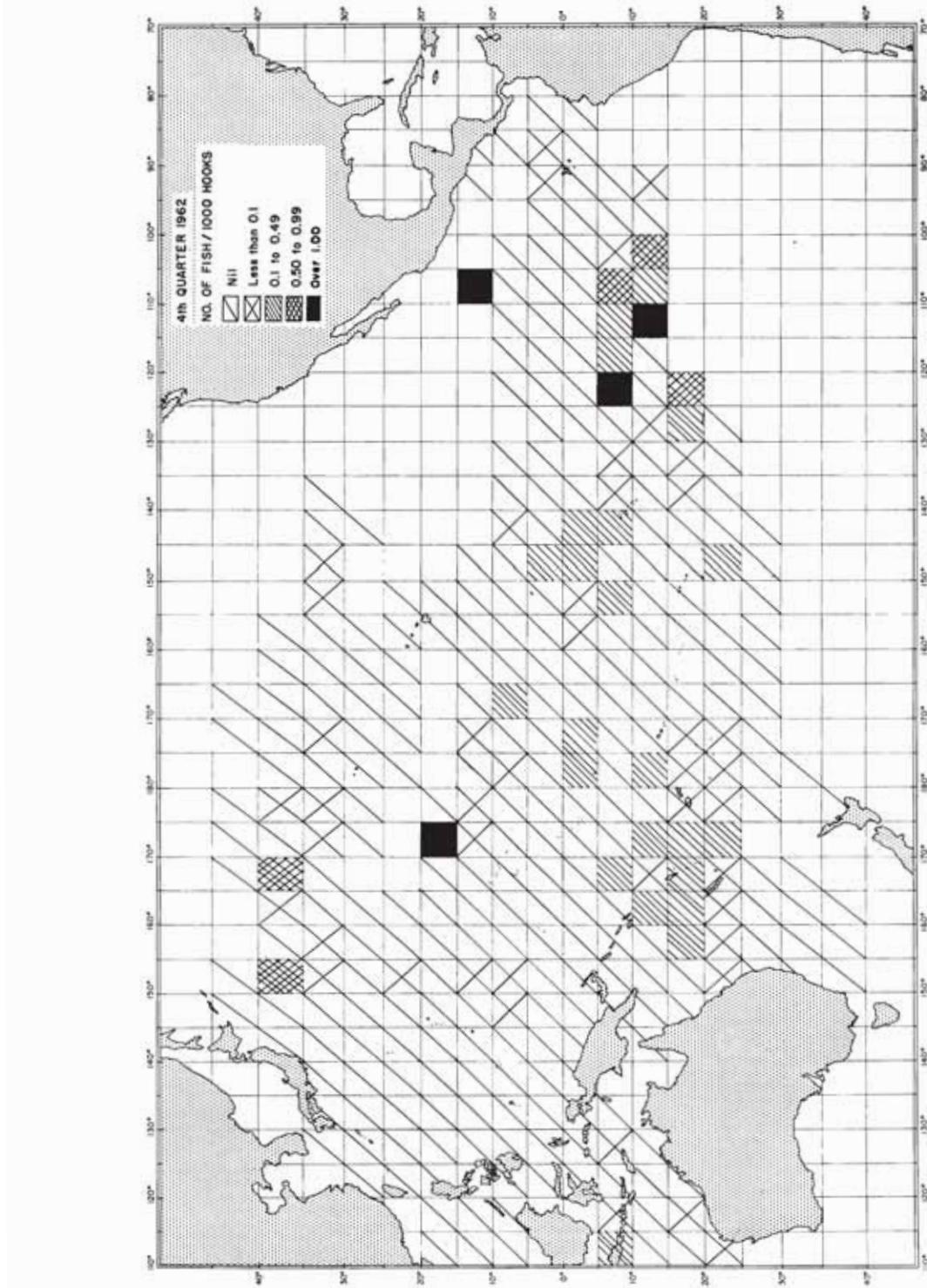
APPENDIX FIGURE 2e — APÉNDICE FIGURA 2e



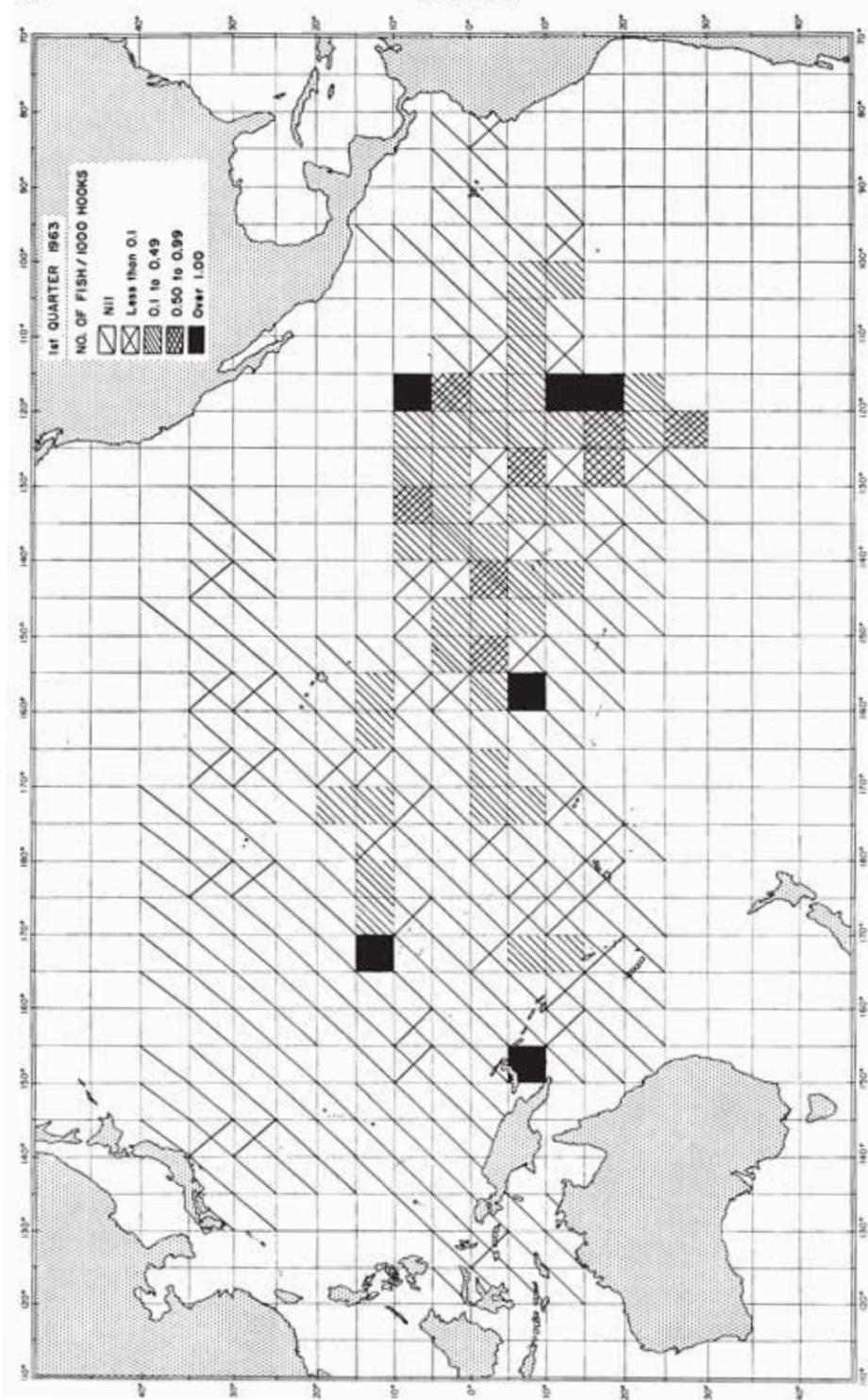
APPENDIX FIGURE 2I — APÉNDICE FIGURA 2f



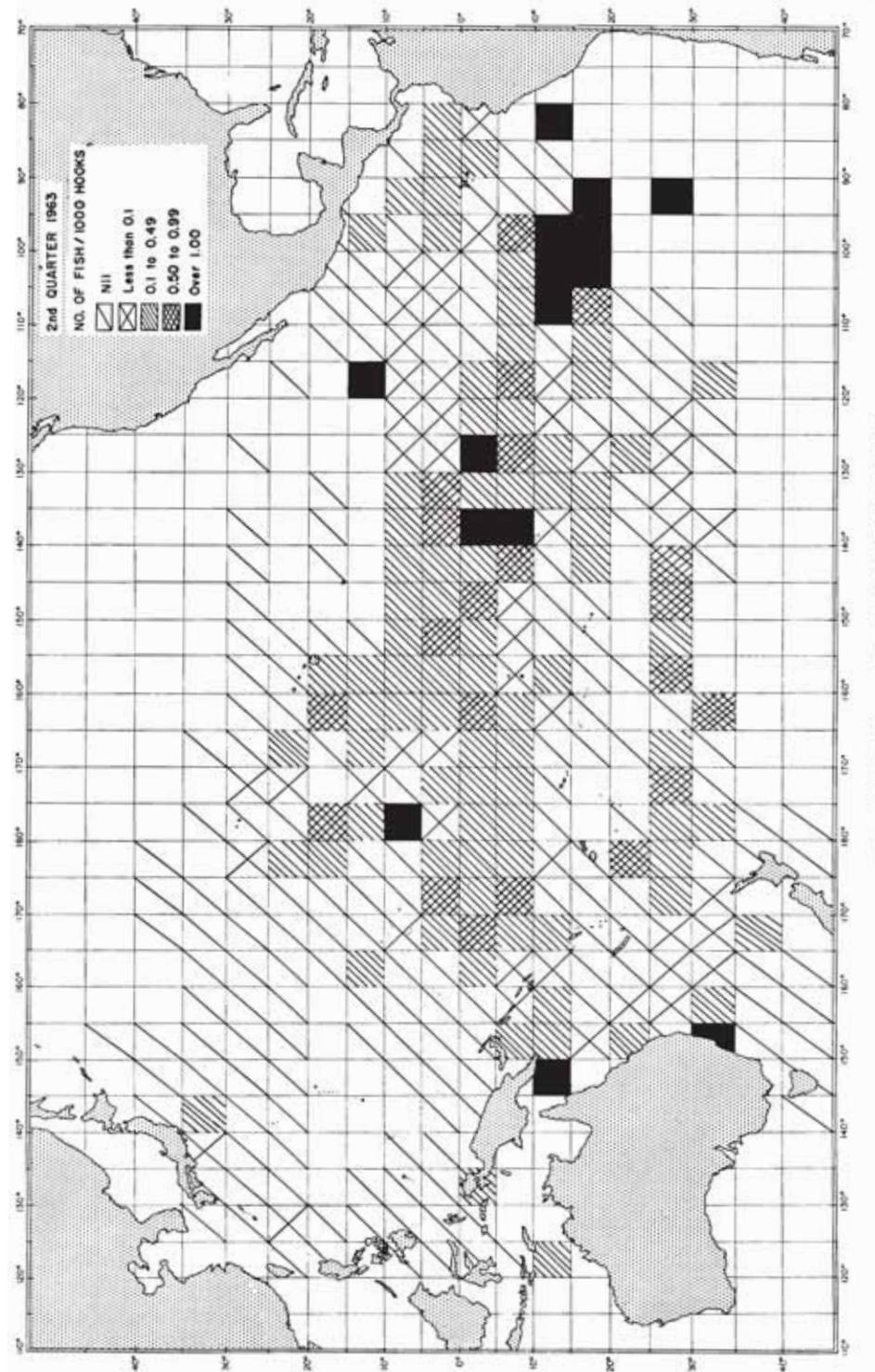
APPENDIX FIGURE 2g — APENDICE FIGURA 2g



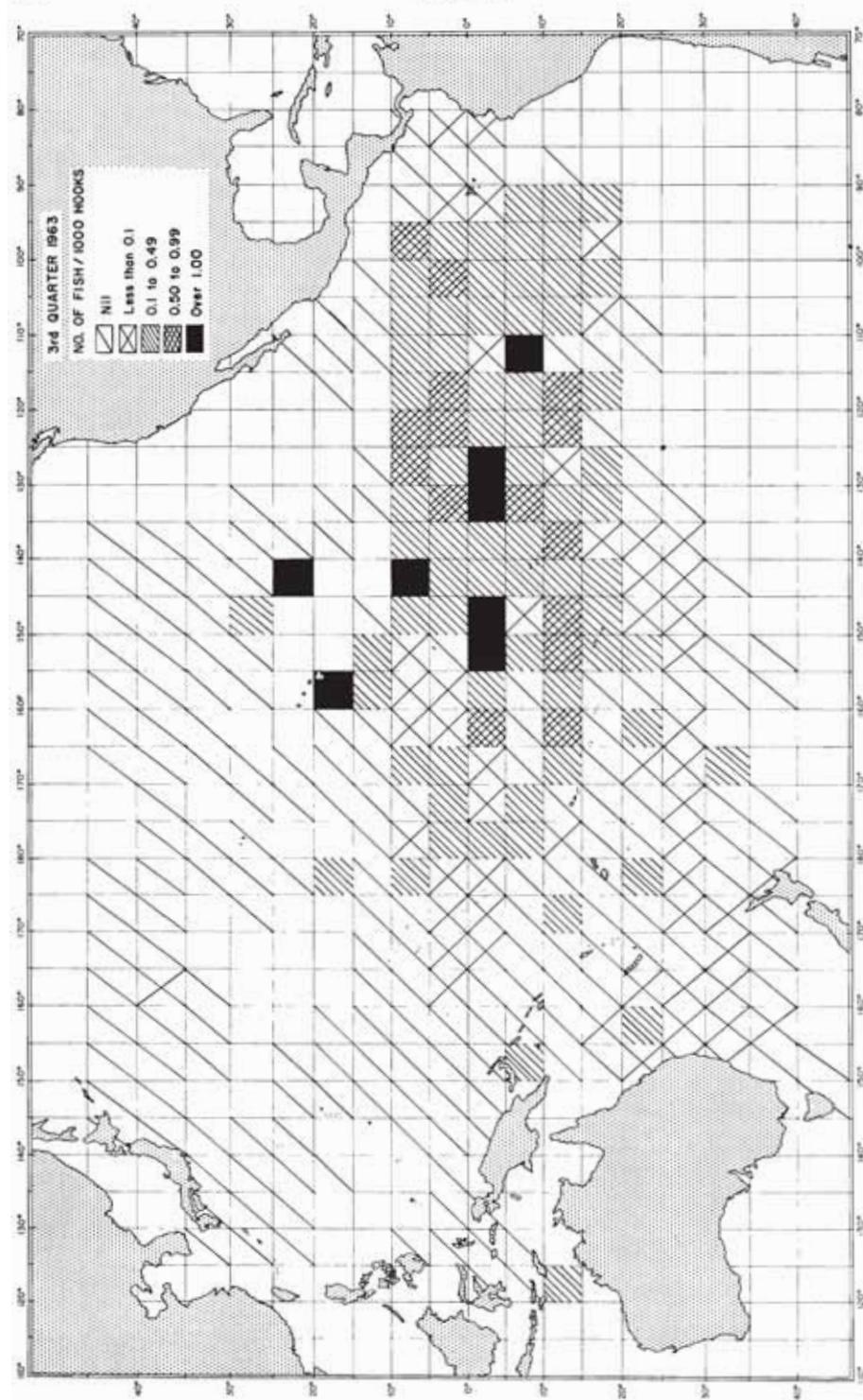
APPENDIX FIGURE 2h — APENDICE FIGURA 2h



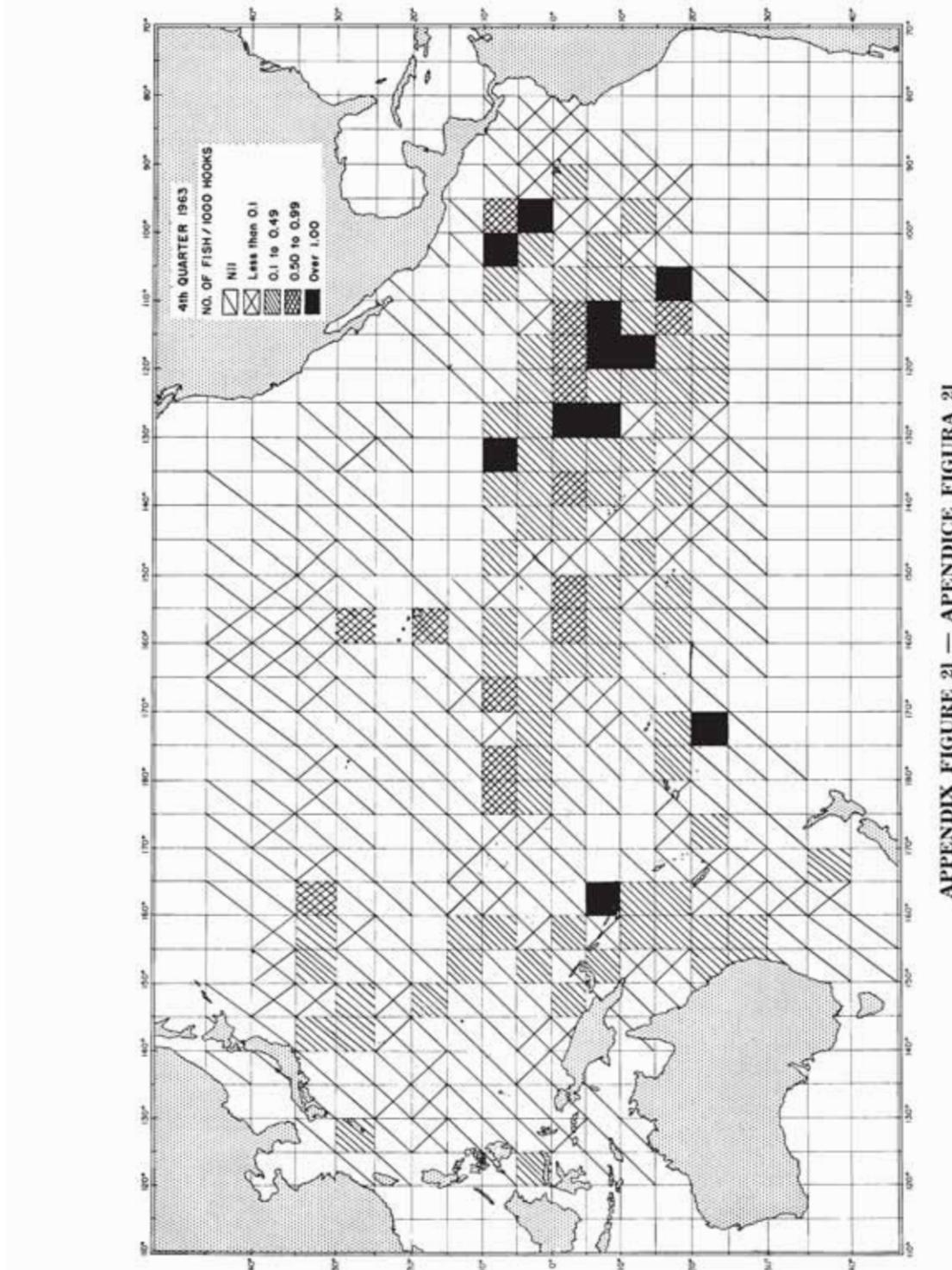
APPENDIX FIGURE 2i — APÉNDICE FIGURA 2i



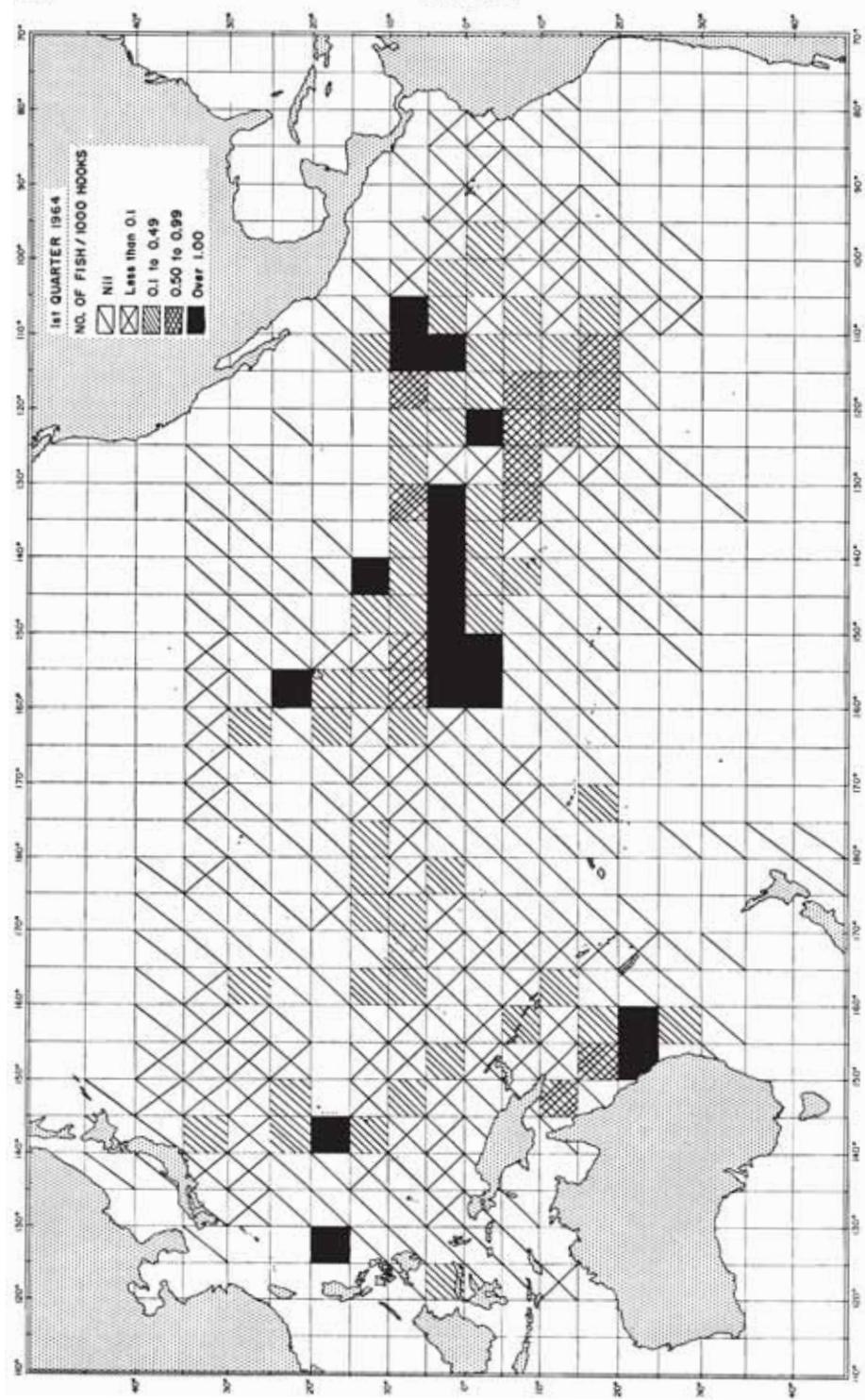
APPENDIX FIGURE 2j — APENDICE FIGURA 2j



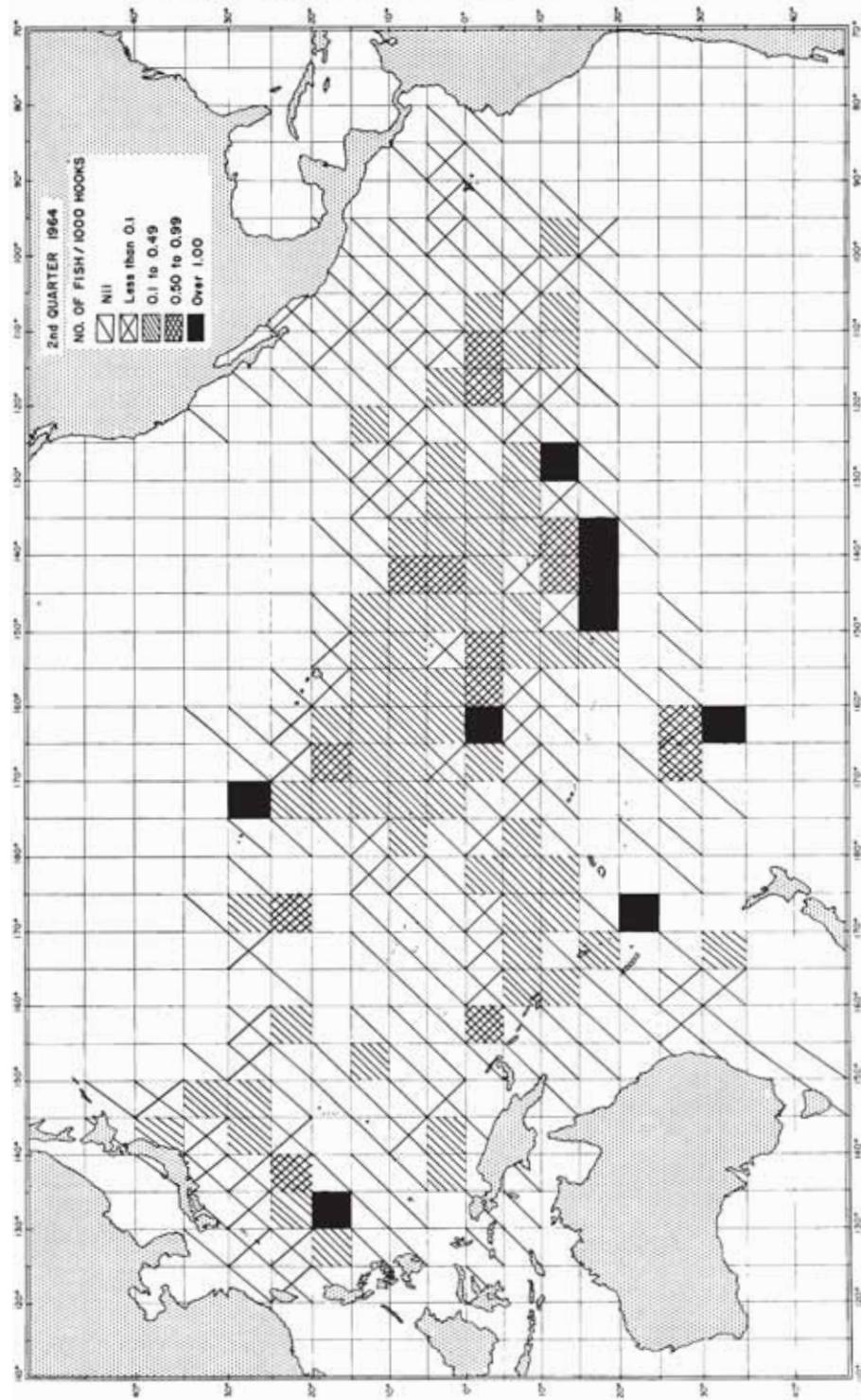
APPENDIX FIGURE 2k — APÉNDICE FIGURA 2k



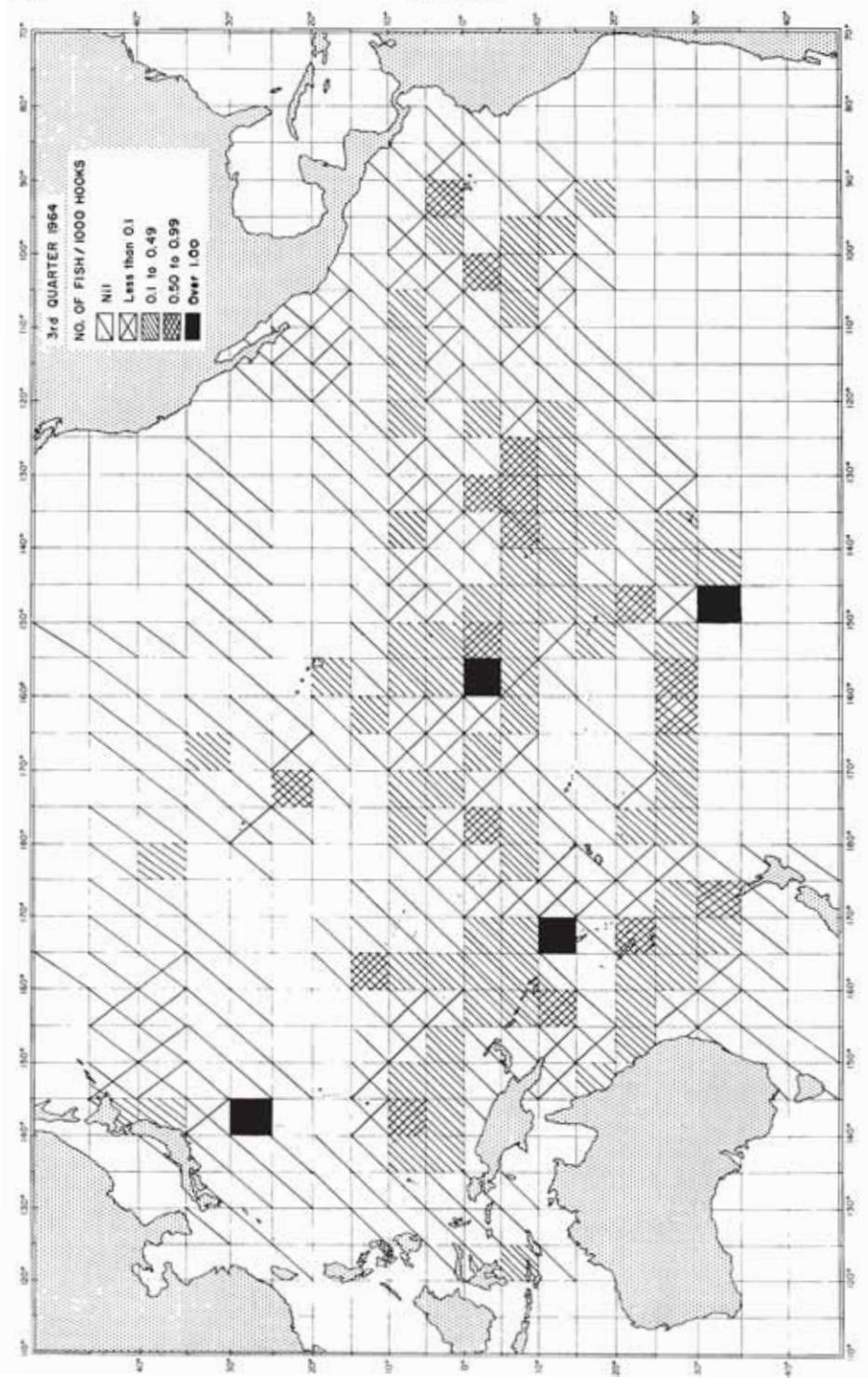
APPENDIX FIGURE 21 — APENDICE FIGURA 21



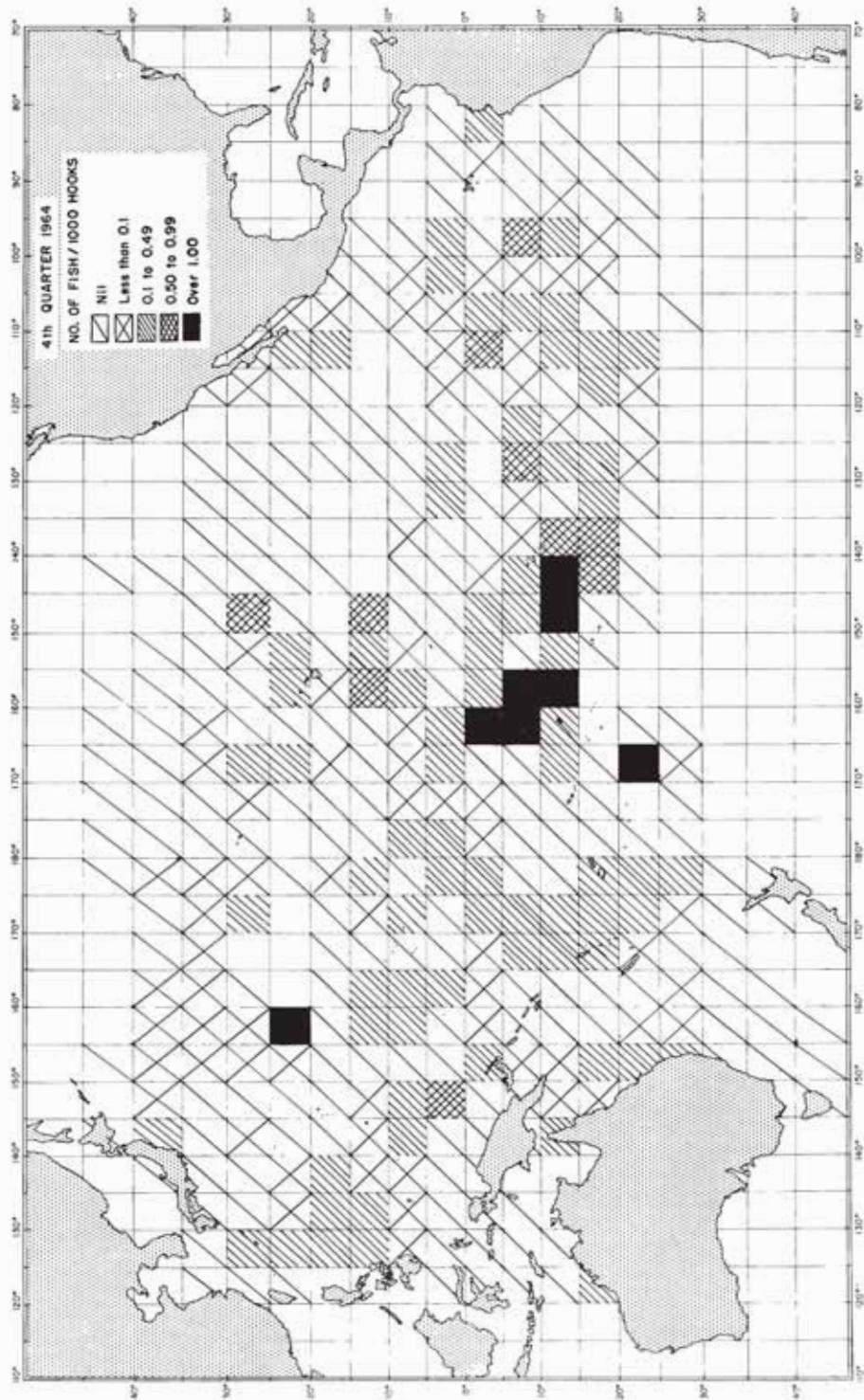
APPENDIX FIGURE 2m — APÉNDICE FIGURA 2m



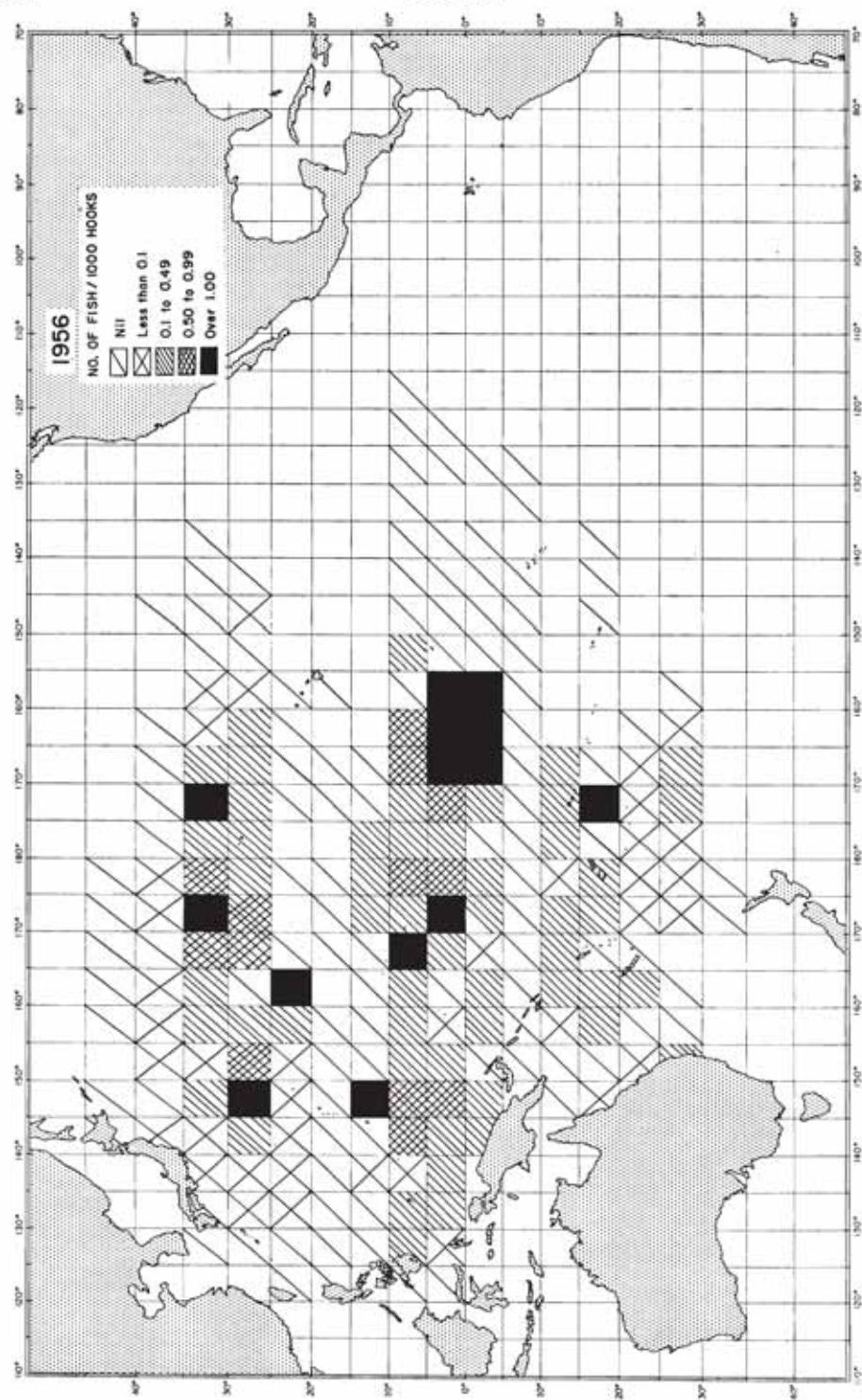
APPENDIX FIGURE 2n — APENDICE FIGURA 2n



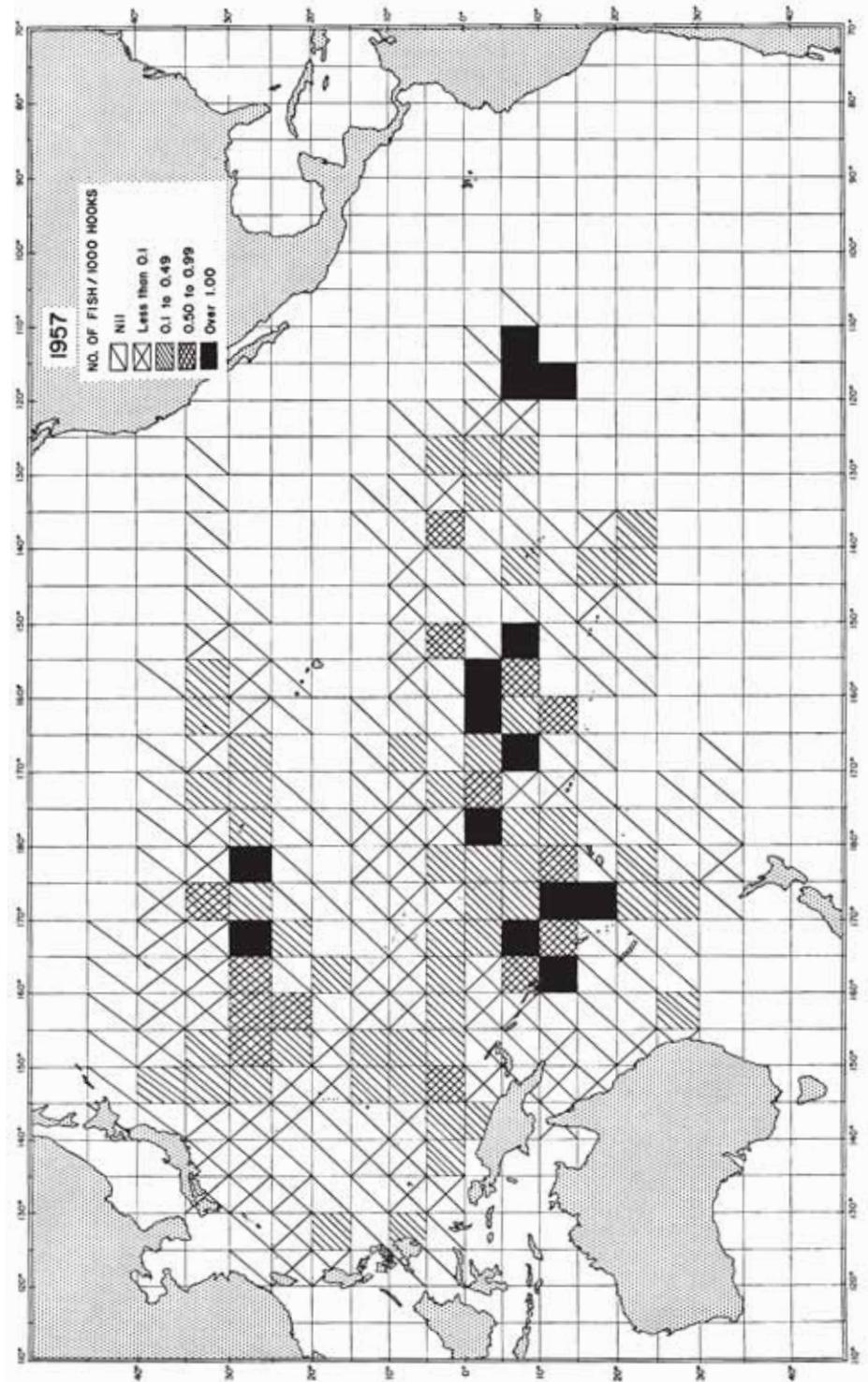
APPENDIX FIGURE 20 — APENDICE FIGURA 20



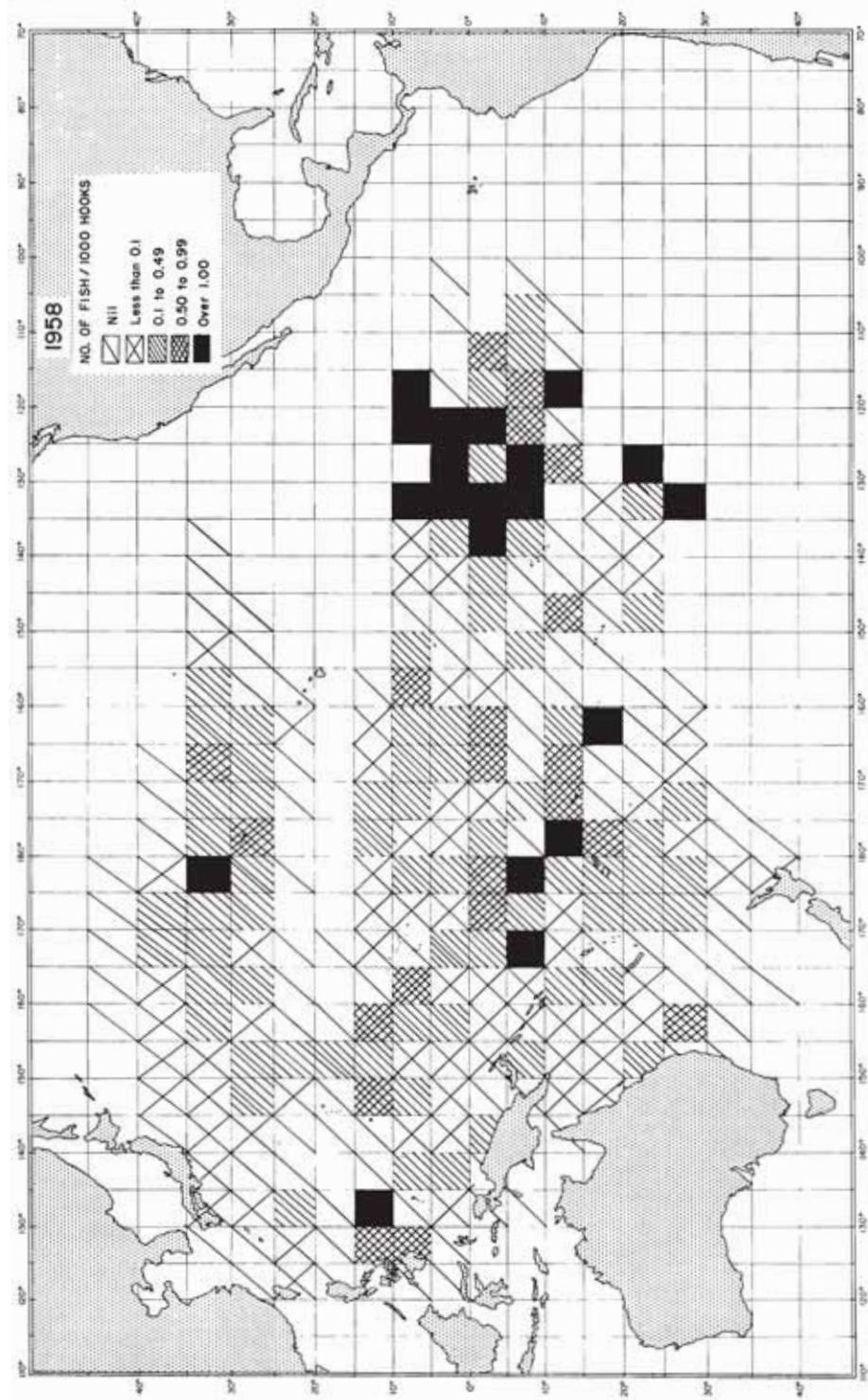
APPENDIX FIGURE 2p — APENDICE FIGURA 2p



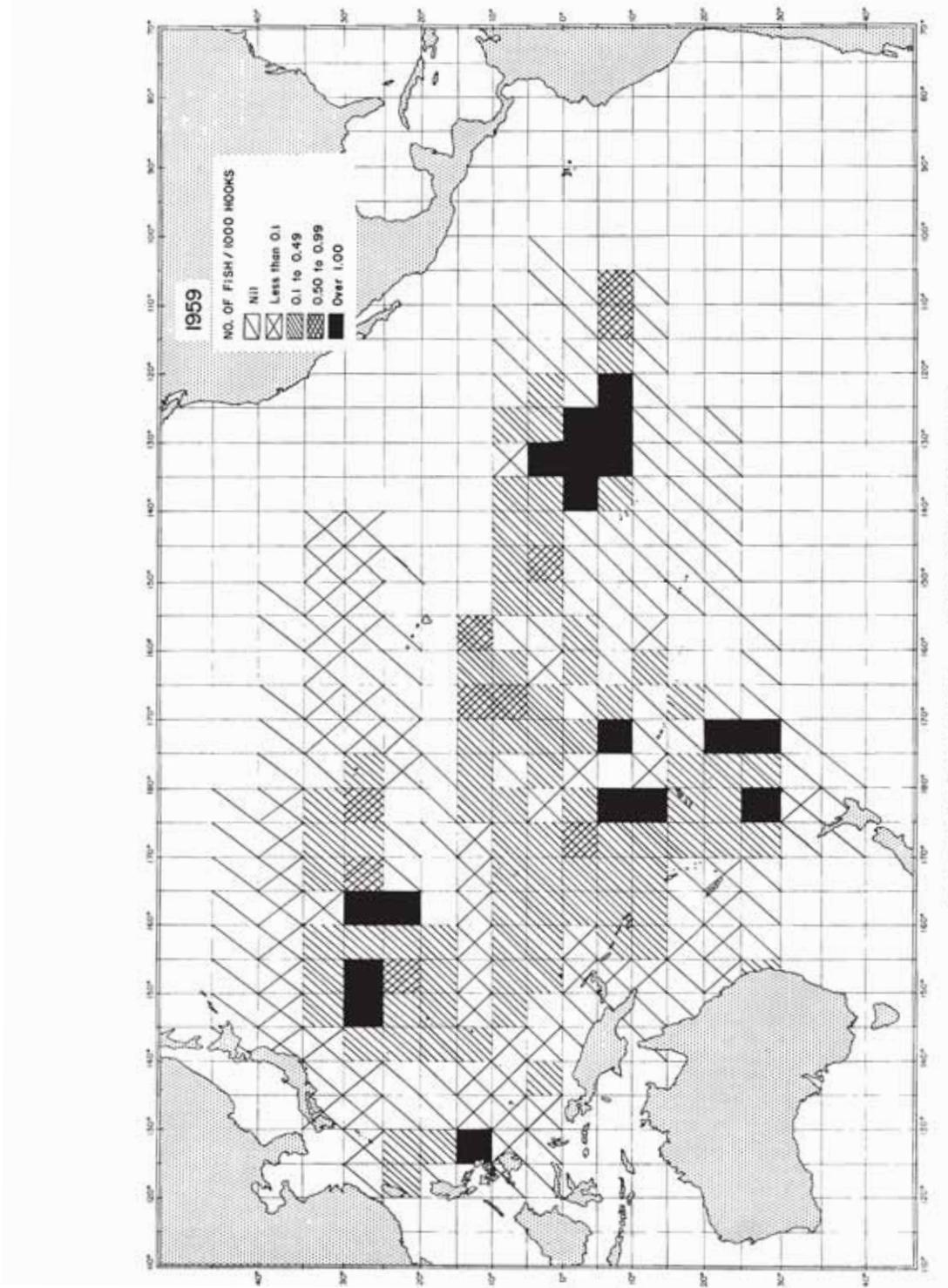
APPENDIX FIGURE 3a — APENDICE FIGURA 3a



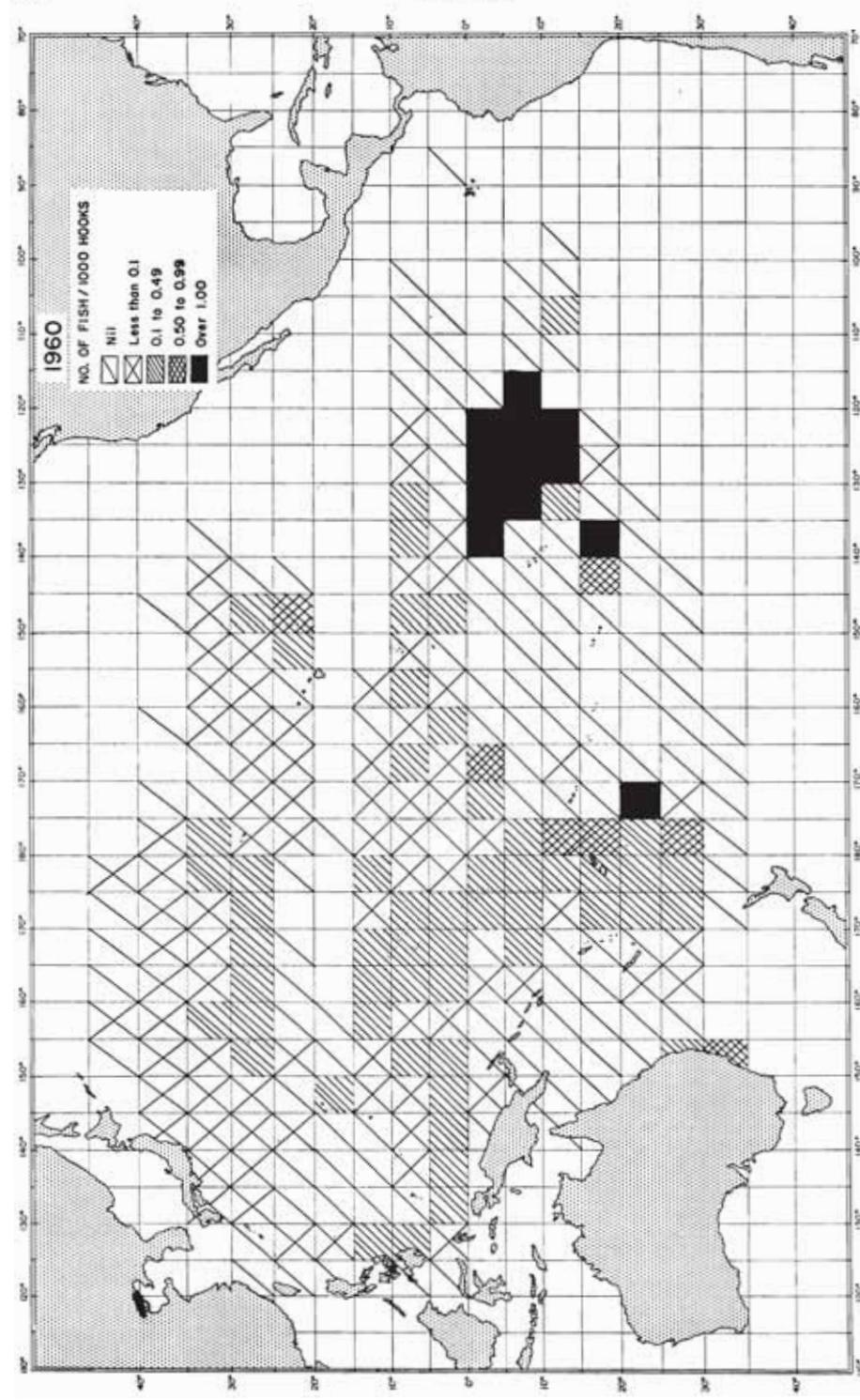
APPENDIX FIGURE 3b — APÉNDICE FIGURA 3b



APPENDIX FIGURE 3e — APENDICE FIGURA 3e



APPENDIX FIGURE 3d — APÉNDICE FIGURA 3d



APPENDIX FIGURE 3e — APENDICE FIGURA 3e