

**STATUS OF STRIPED MARLIN IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN
IN 2001 AND OUTLOOK FOR 2002**

by

Michael G. Hinton and William H. Bayliff

CONTENTS

1. Executive summary	328
2. Data	329
3. Assumptions and parameters	330
4. Stock assessment	333
5. Stock status	336
6. Future directions	336
Figures	338
Tables	344
References	360

The stock structure of striped marlin, *Tetrapturus audax*, in the Pacific Ocean is not well known. There are indications that there is only limited exchange of striped marlin between the eastern Pacific Ocean (EPO) and the central and western Pacific Ocean, so it is considered herein that examinations of local depletions and independent assessments of the striped marlin of the EPO are meaningful. Accordingly, most of the data presented in this report are for the EPO. Nevertheless, for various reasons, some data for the central and western Pacific Ocean are also presented.

1. EXECUTIVE SUMMARY

Striped marlin occur throughout the Pacific Ocean between about 45°N and 45°S. They are caught mostly by the longline fisheries of Far East and Western Hemisphere nations and by recreational fishermen. Lesser amounts are caught by gillnet and other fisheries. During recent years the greatest catches in the EPO have been taken by fisheries of Japan, Korea, and Costa Rica.

Striped marlin reach maturity when they are about 140 cm long, and spawning occurs in widely-scattered areas of the Pacific Ocean.

Some information on the movements of striped marlin is available. Tagged fish released off the tip of the Baja California peninsula have been recaptured mostly in the same general area, but some have been recaptured around the Revillagigedo Islands, a few around Hawaii, and one near Norfolk Island, north of New Zealand.

The catch rates of striped marlin off California and Baja California tend to be greater when the sea-surface temperatures are higher and when the thermocline is shallow. The catch rates are greater on the shallower hooks of longlines, especially when the thermocline is shallow.

The stock structure of striped marlin is uncertain. The trends for the catch rates of the northeastern and northwestern areas of the central-eastern Pacific are not significantly different. The same is the case for catch rates in the EPO north and south of 10°N. These results suggest that the fish in the EPO belong to one stock. Reexamination of published genetic data suggests that there is a stock located in the southwestern Pacific (Australia) but provided no clear resolution of separate stocks for the Ecuador-Hawaii-Mexico triad of sampling locations. The conclusions reached herein should be considered tentative, and collaborative research now in progress should help resolve the question of stock structure of striped marlin in the Pacific.

The current biomass of striped marlin in the EPO is apparently equal to that which would produce the average maximum sustainable yield of about 4,500 mt. Retained catch and standardized fishing effort for striped marlin decreased in the EPO from 1990-1991 through 1998, and preliminary estimates indicate

that nominal fishing effort in the area has continued to decrease during the 1999-2001 period. This may result in a continued decrease in standardized fishing effort for striped marlin, with an associated continuing increase in their biomass in the EPO.

2. DATA

2.1. Definitions of the fisheries

2.1.1. Longline fisheries

Longlining for tunas and billfishes takes place in the Pacific Ocean from the Americas to Asia between about 50°N and 50°S.

2.1.1.1. Far East nations

Vessels of Indonesia, Japan, the Philippines, the Republic of Korea, and Taiwan have fished for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean (EPO) (Sakagawa, 1989; Ueyanagi *et al.*, 1989; Uozumi and Uosaki, 1998; Uosaki and Bayliff, 1999). Currently those of Indonesia, Japan, Korea, and Taiwan are known or believed to be fishing in the EPO, and collectively they fish in nearly all of the range of striped marlin in the Pacific Ocean, which extends from about 45°N to 45°S (Bedford and Hagerman, 1983).

2.1.1.2. Western Hemisphere nations

Longline vessels of Western Hemisphere nations, most notably Chile (Barbieri *et al.*, 1998), Mexico (Holts and Sosa-Nishikawa, 1998), and the United States (Holts and Sosa-Nishikawa, 1998; Ito *et al.*, 1998; Vojkovich and Barsky, 1998), fish for tunas and billfishes in the eastern and central Pacific Ocean. Longline-caught billfishes, other than swordfish, cannot be unloaded in California ports, however.

2.1.2. Gillnet fisheries

Until the end of 1992 there was a high-seas fishery for tunas and billfishes with large-meshed gillnets carried out by vessels of Japan, the Republic of Korea, and Taiwan (McKinnell and Waddell, 1993; Nakano *et al.*, 1993; Uosaki, 1998). Vessels of Chile (Barbieri *et al.*, 1998), Mexico (Holts and Sosa-Nishikawa, 1998), and the United States (Hanan *et al.*, 1993; Holts and Sosa-Nishikawa, 1998) fish or have fished for tunas, billfishes, and sharks with gillnets in the EPO. These latter fisheries generally operate in the coastal waters and Exclusive Economic Zones (EEZs) of the respective nations. Gillnet-caught billfishes, other than swordfish, cannot be unloaded in California ports, however.

2.1.3. Purse-seine fishery

Small amounts of striped marlin are caught by tuna purse seiners in the EPO (Anonymous, 2002: Table 11b). These are generally discarded at sea or retained by the vessel crews for their personal use.

2.1.4. Recreational fisheries

Striped marlin and other billfishes are the object of important recreational fisheries in the EPO (de Sylva, 1974; Talbot and Wares, 1975; Bedford and Hagerman, 1983; Holts, 2001).

2.2. Effort and retained catch data

Fairly good estimates of the retained catches of billfishes are available, due to the value of these fish in commerce. However there are unreported catches from artisanal and recreational fisheries and from some components of the commercial longline fisheries operating in the region.

2.2.1. Commercial fisheries

The distributions of fishing effort by major fleets have varied over the decades as a result of varying target species for the fisheries. The distribution of nominal fishing effort by longline fisheries by decade in the EPO are shown in Figure 2.2.1.

Most of the striped marlin caught by commercial fisheries are taken by the longline fisheries of Far East

and Western Hemisphere nations. Lesser amounts of striped marlin are or have been caught by the other fisheries described in Section 2.1. Preliminary estimates of the retained catch of striped marlin in the EPO north and south of 10°N are shown in Table 2.2.1a-b. The distributions of the retained catches by longline fisheries by decade and subarea of the EPO are shown in Figure 2.2.2.

2.2.2. Recreational fisheries

No comprehensive data on the fishing effort for billfishes or the retained catches of striped marlin from recreational fisheries are available. However, fishing records of the principal fishing clubs in southern California have been compiled, providing an index of the retained catches of striped marlin by this component of the recreational fishery (Holts and Prescott, 2001).

2.3. Size-composition data

2.3.1. Longline fisheries

Length-frequency data for retained catches of striped marlin taken by longline gear in the EPO are given by Miyabe and Bayliff (1987: Figure 59), Nakano and Bayliff (1992: Figures 66-68), and Uosaki and Bayliff (1999: Figures 68-70). Eye-fork length-frequency histograms by subareas, north and south of 10°N, and for the EPO are shown in Figure 2.3.1. The distribution of lengths of fish from the northern area have shifted to smaller sizes over the decades. In the 1970s the mode was about 180 cm, and in the 1980s, about 155 cm. In the 1990s the distribution is bimodal, with modes at about 110 and about 145 cm. In the southern area the distribution was unimodal in all decades, with the mode at about 170-180 cm.

2.3.2. Recreational fisheries

Data on length and weight frequencies of striped marlin retained by recreational fishermen off southern California are given by Squire (1983) and Holts and Prescott (2001: Figure 2).

3. ASSUMPTIONS AND PARAMETERS

3.1. Biological and demographic information

3.1.1. Growth

The parameters of the von Bertalanffy growth equation for striped marlin in the Pacific Ocean estimated by various investigators are listed in Table 3.1.1a. The estimated lengths of striped marlin at ages 1 through 10, calculated from the data in that table, are shown in Table 3.1.1b. It should be recognized that these estimates are crude because (1) the growth of striped marlin may not be well described by the von Bertalanffy curve and (2) even if it is well described by that curve, the estimates of its parameters may be erroneous.

Data on the weight-length relationships of striped marlin are listed in Table 3.1.1c.

3.1.2. Reproduction

The maturity of striped marlin in the EPO has been studied by Howard and Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume and Joseph (1969b), Eldridge and Wares (1974), Shingu *et al.* (1974), Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999). Howard and Ueyanagi (1965) and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) have studied the distribution of striped marlin larvae and post-larvae. Hanamoto (1977b) stated that the minimum size of spawning fish in the southern Coral Sea was estimated to be 143 cm (eye to fork of caudal fin). Howard and Ueyanagi (1965) reported the occurrence of mature fish between 20°S and 30°S and 130°W and 140°W. Shiohama (1969) recorded high concentrations of mature fish between 15°N and 20°N and 110°W and 120°W and between 10°S and 25°S and 120°W and 130°W. Kume and Joseph (1969b) found mature fish to occur off Mexico during the second and third quarters, off Central America during the first and fourth quarters, and between 10°S and 25°S and 120°W and 130°W during the first, second, and fourth quarters. Eldridge and Wares (1974) stated that mature

striped marlin occur near the Revillagigedo Islands during July. Shingu *et al.* (1974) recorded high concentrations of mature fish between 25°S and 30°S during the first and fourth quarters. Miyabe and Bayliff (1987) reported that the greatest concentrations of mature fish were encountered off Mexico during the second, third, and fourth quarters and south of 20°S during the first and fourth quarters. Nakano and Bayliff (1992) reported the captures of two mature fish at 11°S-131°W and 12°S-126°W during October, and Uosaki and Bayliff (1999) reported the capture of three mature fish offshore off Mexico during the first and fourth quarters. The mature fish studied by Kume and Joseph (1969b) were smaller in the north (140 to 180 cm) than in the south (160 to 220 cm). Howard and Ueyanagi (1965) and Nishikawa *et al.* (1978 and 1985) reported the occurrence of larvae and post-larvae at about 20°S-142°W. Matsumoto and Kazama (1974) remarked on the fact that they had found no striped marlin larvae in their surveys in the central Pacific Ocean, despite the fact that this is the predominant species of billfish taken commercially off Hawaii. Squire and Suzuki (1990) stated that "the major spawning area is in the western Pacific ... Some spawning may occur in the eastern Pacific but few larvae have been caught there." González Armas *et al.* (1999), however, reported the capture of 68 striped marlin larvae near the mouth of the Gulf of California.

3.1.3. Movement

Information on the horizontal movements of striped marlin in the Pacific, based on tagging experiments utilizing conventional tags, is given by Squire (1974b and 1987a), and a basic movement model incorporating tagging data is hypothesized by Squire and Suzuki (1990). Most of the fish were released off the tip of the Baja California peninsula, and most of the recaptures were made in the same area. Some fish were recaptured in the vicinity of the Revillagigedo Islands, a few near the Hawaiian Islands, and one near Norfolk Island, north of New Zealand. Hanamoto (1977a) stated that, "based on the movement of the fishing grounds, it can be surmised that the striped marlin occurring in the southern Coral Sea have their origin in the eastern Pacific Ocean."

3.1.4. Natural mortality

Boggs (1989) used the method of Murphy and Sakagawa (1977) and the growth parameter estimates of Koto (1963) and Skillman and Yong (1976) to estimate the natural mortality of striped marlin. For this report the method of Pauly (1980) was used with the growth parameter estimates of Koto (1963) and Skillman and Yong (1976) and a mean temperature estimate of 26°C (see Section 3.2) to calculate estimates of the natural mortality for this species, which appear in Table 3.1.1a.

3.2. Environmental influences

Information on the relationship of striped marlin to their environment is given by Squire (1974a, 1985, and 1987b), Hanamoto (1974, 1978, and 1979), Miyabe and Bayliff (1987), Holts and Bedford (1990), Nakano and Bayliff (1992), Brill *et al.* (1993), and Uosaki and Bayliff (1999).

Squire (1974a) examined the catch rates for San Diego-based recreational fishing vessels, and found that the catch rates per half-month period were 40.5 fish per period when the sea-surface temperatures (SSTs) were less than 20°C, 99.2 fish per period when the SSTs were between 20° and 21.1°C, and 122.7 fish per period when the SSTs were greater than 21.1°C. When the 21.1°C isotherm was continuous the catch rates were greater than when it was discontinuous. Squire (1985) found that the catches off southern California were greatest when there were continuous isotherms of 22.2°C. He stated that "it is reasonable to assume that the ocean temperatures ... never attain values that would result in a maximum catch ... because catches appear to be increasing at the peak continuous isotherm recorded (... 22.2°C)." Squire (1987b) reported that the catches of striped marlin were distributed further to the north during the 1983 El Niño event than during "normal" years. Hanamoto (1974) reported that the catch rates of striped marlin for longliners are greater off Baja California when the thermocline is shallow, and he attributed this to more abundant supplies of food during such conditions.

Hanamoto (1978) reported that in the southern Coral Sea during September and October the catch rates of

striped marlin are greater around submarine elevations than in the open sea. This was not the case during November and December, however. He attributed this difference to the fact that the most of the fish caught during the earlier period were immature, whereas most of them caught during the later period were mature.

Holts and Bedford (1990) described the vertical movements of 11 striped marlin that were tracked with ultrasonic tags off southern California. The fish spent most of their time in the upper mixed layer, at temperatures of 19° to 20°C, but sometimes descended to depths where the temperatures were less than 12°C. Four of the fish occupied greater depths at night than during the day. The maximum depth to which a fish descended was about 90 m. Brill *et al.* (1993) tracked six striped marlin in the vicinity of Hawaii. The fish spent about 80 percent of their time in waters with temperatures between 25° and 27°C, and never occupied water with temperatures less than 18°C. The maximum depth to which a fish descended was about 170 m. Abitia *et al.* (1998) stated that in the vicinity of Cape San Lucas, Baja California Sur, striped marlin feed on pelagic fishes during the day and "occasionally migrate to deeper waters to consume prey which live near or on the sandy bottoms."

Hanamoto (1979) reported that when longlines with five hooks per basket are used in the Pacific Ocean the greatest catches of striped marlin are taken on the first and fifth hooks, which fish at depths of 60 to 90 m. Miyabe and Bayliff (1987) found that the catch rates for conventional (4 to 6 hooks per basket) and deep (more than 10 hooks per basket) longline gear were about the same in offshore areas, but greater for conventional longline gear in nearshore areas. They attributed this to the fact that the thermocline is shallower in nearshore areas. The results obtained by Nakano and Bayliff (1992) for deep and conventional longline gear and by Uosaki and Bayliff (1999) for deep and intermediate (7 to 10 hooks per basket) longline gear were mixed. Boggs (1992) used hook timers on longline gear deployed near Hawaii to determine the times at which fish were caught, which made it possible to eliminate the data for fish caught on sinking or rising hooks. Confirmed catches of striped marlin were made at depths of about 50 to 210 m, with most of them being made at depths of 50 to 140 m.

3.3. Stock structure

Striped marlin are distributed throughout the temperate and warmer waters of the Pacific (Nakamura, 1985). The stock structure of striped marlin in the Pacific has not been well determined, with essentially no further examination of hypotheses since Shomura (1980) stated:

“The stock structure of the Pacific striped marlin is not clear. While many hypotheses may be advanced, considering the distributional patterns and other biological data, the two most likely hypotheses are:

1. A single-unit stock in the Pacific

The single stock hypothesis is supported by the continuous distribution of striped marlin in a horseshoe-pattern.

2. A two-stock structure, where the stocks are separated roughly at the Equator into North Pacific and South Pacific stocks with some intermixing in the eastern Pacific.

The two-stock hypothesis is supported by morphometric differences between adults from the north and south regions of the western Pacific (Kamimura and Honma 1958) and perhaps also in the eastern Pacific (Howard and Ueyanagi 1965). Honma and Kamimura (1958) noted that there is a zone of low longline catch rates along the Equator which suggests a separation of north and south stocks at the Equator. Larval distribution suggests two centers of spawning, one in the north and one in the south, although gonad index data (Kume and Joseph 1969a) suggest that spawning occurs through the eastern tropical Pacific, the supposed region of stock mixing.”

Using analyses of genetic data, Graves and McDowell (1994) suggested that there may be separate stocks in the western South Pacific (Australia region) and from the regions proximate to Hawaii, Ecuador, and

Mexico. However, the analyses presented were conducted with small sample sizes that were not collected synoptically. Samples from Mexico were collected in one month (June 1991), from Ecuador over seven months (April-October 1990), from Hawaii over six months (June-November 1991), and from Australia from one month in two years (February 1991 and 1992). The authors noted that "examination of the temporal stability of the genotypic distributions will require larger sample sizes over a much longer period." Unfortunately, Graves and McDowell (1994) did not show the data for Australia as individual samples, which limited a reexamination of the results. In addition, the authors detected significant heterogeneity in the frequency distribution of genotypes for the entire sample; however, they did not test the differentiation among the localities sampled. When the data were reexamined with the necessary correction (Dr. Jaime Alvarado-Bremer, Texas A & M Univ., Galveston, TX, pers. comm., May 2002), there were no significant differences between samples from Ecuador and Hawaii. As a result, Alvarado-Bremer concluded that when the necessary correction is applied and, among other things, the sample sizes and collection periods are taken into consideration, there is no clear resolution of separate stocks for the Ecuador-Hawaii-Mexico triad.

The changing modal length of fish in the northern subarea, without a comparable change in the southern subarea, might suggest that there are separate northern and southern stocks of striped marlin in the EPO. However, the northern subarea has been identified as a mixing region (Shomura, 1980; Yoshida, 1981) and a good feeding region for striped marlin (Hanamoto, 1974). Thus, it would be expected that if the northern subarea is a growth and rearing area, then the length-frequency distribution for this subarea may be shifted to smaller sizes as the numbers of larger fish in the population are reduced.

If subareas contain individual stocks, then it is expected that the trends in catch rates among the subareas would be significantly different, as a result of differences in exploitation histories and population parameters. This would be particularly true for a comparison of trends from hypothesized subareas in which one was assumed to have been fished heavily enough to produce a significant shift in length-frequency distribution over time, while the other showed no shift in pattern. Analyses of trends in catch per unit of standardized effort (CPUSE: see Sec. 4.2) were conducted for potential subareas of the EPO to see if the indications of stock structure suggested by Graves and McDowell (1994), and which might be hypothesized based on the decadal length-frequency distributions, were supported. To compare hypothesized stocks for subareas proximate to Hawaii and to Mexico, trends in CPUSE for the region lying north of 14°N and east of 125°W and that north of 14°N between 140°W and 180° during the 1964-1998 period were examined, and no significant difference was found (Figure 3.3.1). Additionally, to compare hypothesized northern and southern stocks, trends of CPUSE east of 150°W and north and south of 10°N during the 1964-1998 period were examined, and again no significant difference was found (Figure 3.3.1).

Considering (1) that the hypothesis that striped marlin in the EPO are from a single stock was not rejected based on analyses of catch rates, (2) that the difference in the length-frequency distributions for the north and south likely resulted from movement of smaller fish to the area for feeding and growth (Hanamoto, 1974), (3) that the indicator of recruitment to the population in the length-frequency distribution coincides in time with an indication of increasing abundance from trends in CPUSE for the EPO, (4) that the tagging data and the movement model (Squire and Suzuki, 1990) for striped marlin in the Pacific indicate that individuals mix freely in the EPO, moving long distances from near-coastal to offshore waters and that they cross the hypothesized (Shomura, 1980) north-south stock boundary, and (5) that there is a lack of clear information on stock structure in the EPO based on genetic analyses, analyses of the status of striped marlin stocks in the EPO presented herein are based on the hypothesis that they are from a single stock.

4. STOCK ASSESSMENT

4.1. Indices of abundance and previous assessments

Trends in catch rates of striped marlin in the EPO have previously been calculated, using data from

longline fisheries, as catch per unit of nominal effort (CPUE: Kume and Schaefer, 1966; Kume and Joseph, 1969a; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe and Bayliff, 1987; Skillman, 1989; Suzuki, 1989; Nakano and Bayliff, 1992; Uosaki and Bayliff, 1999). Skillman (1989) considered that there was a single Pacific population, and, using data for 1952-1984 in stock production modeling, concluded that “the Pacific fishery for striped marlin is apparently still in the development stage, and the MSY [maximum sustainable yield] level has not yet been approached by the fishery.” Suzuki (1989) used catch-rate-based boundaries for northern and southern stocks at the equator west of 130°W and at 10°N east of 130°W. He found that for the northern stock there were sustained catches over a wide range of fishing effort, and there was no trend in CPUE. From this he “inferred that the fishing impact on the north stock may not be high enough to be a dominant factor in changing stock size.” For the southern stock, Suzuki (1989) used data for 1952-1985 and production modeling to estimate that the MSY of this stock was on the order of 6,000 to 9,000 mt and that the fishery was exploiting the stock at near optimum levels.

Holts and Prescott (2001: Figure 1b) show the catch rates of striped marlin by recreational fishermen off Baja California. There was no significant trend in these catch rates ($F = 0.7$, $p = 0.4$), which varied between about 0.3 and 0.8 fish per angler day from 1969 to 2000. They also show that the rates for recreational fishermen off southern California also remained nearly constant, at less than 0.2 fish per angler day, except for rates of about 0.3 fish per angler day in 1985, and that the catch rates for fishermen in Hawaii have increased steadily from 1969 until about 1986 and that they since have remained relatively constant at about 0.1 fish per angler day.

4.2. Assessment

Obtaining a measure of standardized effort that accounts for variability in habitat is problematic. The most commonly-used approach is limited to including location, time, and environmental indices as model parameters in general linear or additive models. However, the spatial and temporal scales on which such indices are frequently available are at long-period-ocean-basin scales, which well exceed the decorrelation scales of oceanographic conditions important to the fishing event, which occurs in the case of longline fisheries over about 100 km and 1 day. Obtaining a satisfactory standardization becomes a particular problem when, as is the norm, fishermen modify their gear and operations over time. Hinton and Nakano (1996) developed a general method to standardize effort using information on the distributions of habitat, species, and fishing gear. The method provides a direct accounting for variation in distributions in space and time, thus directly addressing the problems created by the normal condition of the data obtained from commercial and recreational fisheries. The method has since been applied to bigeye (Hampton *et al.*, 1998; Bigelow *et al.*, 2002) and yellowfin (Bigelow *et al.*, 1999) tuna, to blue marlin (Hinton, 2001; Kleiber *et al.*, In Press), and to swordfish (Hinton and Deriso, 1998). A brief description of the method follows; however, readers are referred to the noted applications and references therein, and to Hinton and Nakano (1996) for more detailed information and equations.

The effectiveness of longline effort with respect to striped marlin is strongly affected by the fishing depth of the gear, which is generally configured with large numbers of hooks and long lengths of line between floats in order to fish deep in the water column to target and increase catch rates of highly-valued bigeye tuna. Therefore, it is important that standardized longline effort, which is used with catch data to provide information on abundance, takes into consideration the depth of the longline and the relationship between this depth and the habitat preference of striped marlin. The habitat preference of striped marlin, in terms of gradients in ambient temperature, was estimated (Brill *et al.*, 1993) by coupling acoustic tracking information with temperature data for the associated area, and recognizing that the relationship was conserved in fish of the same species across the extremely different oceanic environments of Hawaii and Baja California. The distribution of the hooks in the water column was estimated using a modified catenary curve to represent the shape of the longline (Suzuki *et al.*, 1977). Though under conditions of high vertical current shear this approximation may be improved (*cf* Mizuno *et al.*, 1997; Mizuno *et al.*, 1998), it is believed to be a fairly good approximation for the majority of the fishing effort of longliners (Dr. Keisuke

Mizuno, Senior Research Coordinator, Resources Development Department, Fisheries Agency of Japan, May 2002, pers. comm.). The relative fishing power of each hook is calculated as the proportion of time spent by the average individual in water of a temperature at or below the mixed-layer temperature. The effective effort is then calculated as the sum of the relative fishing power of all the hooks in a stratum. Only effort data from Japanese- and Mexican-flag vessels are used in the standardization model, because these include information on the number of hooks per basket, and only data from Japanese fisheries provide consistent large-area coverage of the distribution of striped marlin; as well, it represents the majority of the total effort in most regions.

Herein standardized effort for striped marlin was obtained at 2° latitude by 5° longitude by bimonthly resolution for the 1955-1998 period, using the habitat-based method of Hinton and Nakano (1996).

Catch per unit of standardized effort (CPUSE) is generally assumed to provide a relative index of abundance. However, since there are a significant number of bimonthly period-areas with fishing effort, but no retained catch of striped marlin (Table 4.2.1), a Δ -distribution model (Pennington, 1996), fit using general linear models (GLMs), was used to obtain the series of annual abundance indices (AAI):

$$\ln(\text{CPUSE}) = \text{Year} + \text{Bimonth} + \text{Latitude} + \text{Longitude} + \text{Environment Indices} + \text{Interactions}$$

and,

$$\text{CIndex} = \text{Year} + \text{Bimonth} + \text{Latitude} + \text{Longitude} + \text{Environment Indices} + \text{Interactions}$$

where CIndex ~ Binomial (0: no retained catch of striped marlin; 1: retained catch of striped marlin). Environmental indices were the bimonthly averages of the monthly observations of the Southern Oscillation Index (SOI), and the Northern and Southern Extratropical Oscillation Indices (NOI and SOI*, Schwing *et al.*, in press). Interaction terms were considered in the fitting of the models only for significant main effects. Year was not included in the interaction terms, its coefficients thus providing a direct measure of AAI as the product of predicted annual CPUSE and CIndex. An approximate 90-percent confidence level on AAI was estimated as the product of the upper 95-percent confidence levels on the annual CPUSE and the CIndex for the upper bound, and the product of the lower limits for the lower bound. The models were fit in S-PLUS 6 (MathSoft, Inc., Cambridge, MA, USA) by first fitting to the mean, using the procedure “glm,” and then using function “step” to perform a stepwise fitting procedure for main effects, followed by fittings for interaction terms if indicated.

For comparison, the results of standardizing CPUSE and of standardizing CPUE using a Δ -distribution model are both presented in Figure 4.2.1. In the CPUE standardization the fishing effort was categorized into four levels based on the number of hooks per basket (HPB): Level 1: $3 < \text{HPB} < 8$; Level 2: $8 \leq \text{HPB} < 12$; Level 3: $12 \leq \text{HPB} < 16$; and Level 4: $\text{HPB} \geq 16$. For the period prior to 1975, which brought the introduction of deep longlines to the EPO, all effort was considered to be Level 1 (Hinton and Nakano, 1996). Catch and effort data used were at 5° latitude by 5° longitude by bimonthly period resolution, and large-scale environmental parameters SOI, NOI, and SOI* were included.

The Deriso-Schnute delay-difference population model (Quinn and Deriso, 1999) was used with catch and effort data for 1955-1998 from the area east of 150°W to investigate the dynamics of striped marlin in the EPO. Recruitment was modeled with a Beverton-Holt recruitment curve (Ricker, 1975). The model was fit using natural survival rates bounding the range of observed estimates (0.32, 0.74) obtained as described in Section 3.1.4. The Brody growth coefficient was estimated, using the data for striped marlin from Skillman and Yong (1974), to be 0.73. Catchability was assumed constant during the entire period. Parameters estimated were those for the recruitment curve, catchability, and process errors on recruitment. The stock was assumed to be at or near virgin-biomass levels before and during the first year for which catches were recorded (1954). Model fits (Figures 4.2.2a-c) were obtained, using Solver [Microsoft Excel 2000 (9.0 SR-1)].

Results of model fitting (Figure 4.2.2) indicate that the average maximum sustainable yield (AMSY) is about 4,500 mt (range: 4,300 to 4,700 mt) and that the 1998 stock biomass was about that expected at AMSY (B/B_{AMSY} ratio = 1). During the 1991-1998 period the average annual retained catch were about 3,100 mt (range: 2,600 to 3,900 mt). Preliminary estimates of this catch in 1999-2000 of about 1,800 to 2,000 mt are on the order of one-half the estimated AMSY. During this period (1998 was the last year for which standardized effort data were available for this analysis), the ratio of standardized effort observed to that expected to yield AMSY at B_{AMSY} (F_{MSY} about 1.8 million standardized hooks) steadily decreased from about 1.4 to 0.7. During this period the ratio of the estimated annual biomass to the biomass that would support the AMSY (B/B_{AMSY}) increased at an average annual rate of about 0.064 from about 0.62 to 1.07. Preliminary estimates of nominal fishing effort for 2000-2001 show continuing decreases in nominal hooks fished in the EPO, which may lead to continuing increases in the B/B_{AMSY} ratio. Due to the large amount of information on stock dynamics contained in the standardized trend of annual abundance, sensitivity analyses indicated that these results were stable to perturbations across the entire range of natural survival rates (0.2 to 0.8) and Brody growth coefficients (0.40 to 0.95) tested.

5. STOCK STATUS

The results cited indicate that the stock(s) of striped marlin in the EPO are at or near the level expected to produce AMSY. The decreasing trend in standardized fishing effort from about 1990-1991 to 1998 is expected to have continued during 1999-2000, resulting in increased B/B_{AMSY} ratios in those years.

6. FUTURE DIRECTIONS

6.1. Collection of new and/or updated information

There remain questions about the stock structure of striped marlin in the Pacific. A collaborative research project has been established in which scientists of the IATTC, the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) and the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) of Japan are examining this question: results are expected to be available in late 2002 or 2003. Catch-rate, distributional, and morphometric data suggest that there are one or two stocks. Analyses of genetic data that have been published suggest a stock in the southwest Pacific (Australia), but they do not reveal the stock structure in the central-eastern Pacific region. Tagging data suggest that there is some movement of individuals into and out of the EPO. Analysis of standardized catch rates for potential stock subareas of the EPO based on the simplest approach, that of stationary demarcation of stock boundaries, indicates similar trends throughout the region, which supports the single-stock hypothesis used herein.

Assessment analyses would benefit significantly from improved information on the growth rates and natural mortality rates of striped marlin. This species exhibits sexual dimorphic growth, and improved estimates of sex-specific size at age, with estimates of the retained catch by sex, would be likely to increase confidence in the results. These improvements would require increased on-board sampling for biological data, and improvements in techniques for aging of striped marlin.

Estimates of total removals of fish from a population are critical to stock assessment. There remain undocumented and unreported catches of striped marlin from the EPO. Efforts have been undertaken to increase reporting of retained catch made by artisanal and small-scale commercial fisheries, and attempts are being made to obtain estimates from components of the large-scale longline fisheries for which data are not now available. These efforts should be pursued with diligence. Also, better data for the recreational fisheries should be collected. An unknown portion of the fish caught by recreational fisheries is released, and an unknown portion of those released die.

6.2. Assessment model development

The habitat-based model used in assessments of tunas and billfishes requires information on the distribution of the population in the habitat. A collaborative research project has been established involving scientists of the IATTC, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), NMFS,

and NRIFSF to examine the possibility for use of time-depth-recorder and hook-timing data in conjunction with environmental data to estimate the distributions of populations of striped and blue marlin, and of yellowfin and bigeye tuna, for use in habitat-based models for standardizing fishing effort. The results may provide alternatives to the use of physiological-based models for species distributions in the standardizations. When available, analyses of stock status that incorporate information from temperature-depth-recorder (TDR)-based models will be examined.

Preliminary results from a fully-integrated model for standardization of catch rates and estimation of population dynamics are consistent with the results presented herein. This integrated model incorporates effort standardization using the habitat-based model of Hinton and Nakano (1996). However, in contrast to the application of the Hinton and Nakano (1996) model, the gear model in the integrated model incorporates effects of ocean currents and shear and effects of retrieval of the hooks through the water column. The model makes it possible to treat distributions of species, gear, and habitat as priors, which would allow testing of the sensitivity of the standardization to the various model inputs. As well, the integrated model may be set to allow for incorporation of spatially- and temporally-stratified biological data on stocks, and for dimorphic growth parameters. Development and testing of this model is continuing, and it is expected that application to striped marlin and other species will follow.

Following completion of the collaborative research projects investigating the use of TDR-based habitat preference distributions and stock structure of striped marlin, a collaborative research project involving the IATTC, NMFS, and NRIFSF will examine the status of striped marlin using MULTIFAN-CL (Fournier *et al.*, 1998).

6.3. General

As more data become available, these analyses should be updated to ensure that, if there develop indications that the condition of the stock(s) of striped marlin has deteriorated, action could be considered and taken in a timely manner.

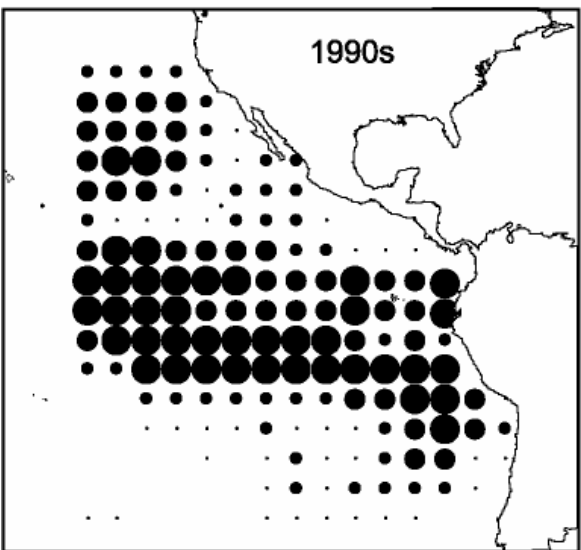
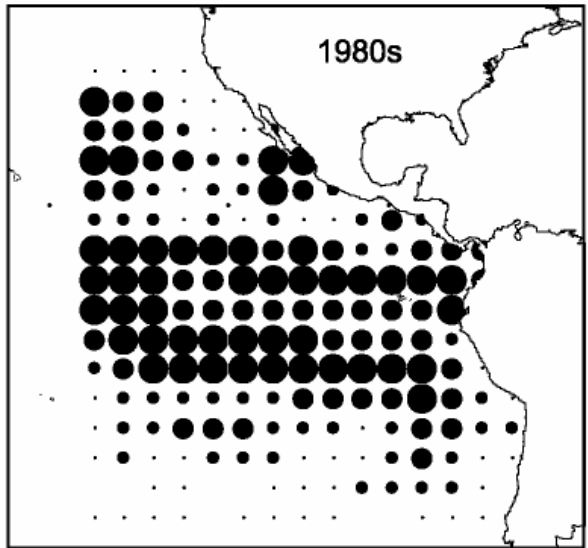
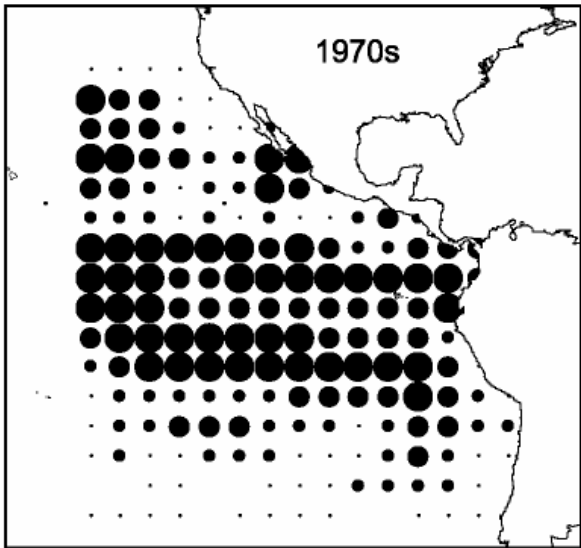
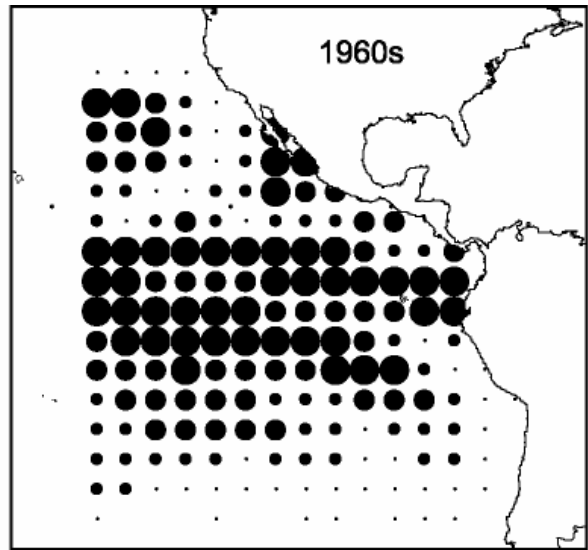
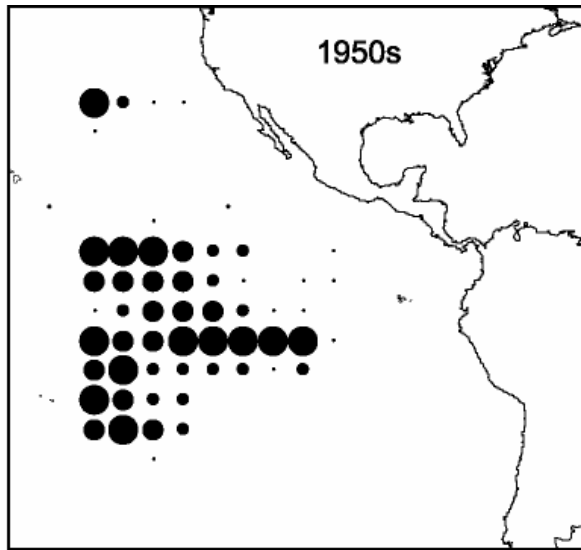


FIGURE 2.2.1. Distribution of total nominal fishing effort (quartile among all 5° x 5° areas) by decade.

FIGURA 2.2.1. Distribución del esfuerzo de pesca nominal total (cuartil entre todas las áreas de 5° x 5°) por década.

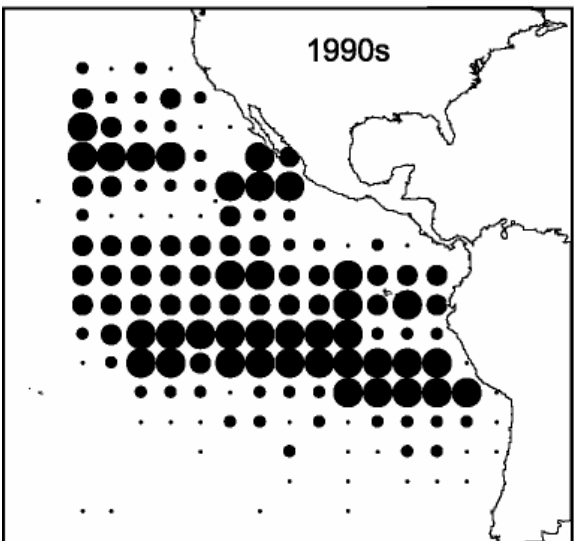
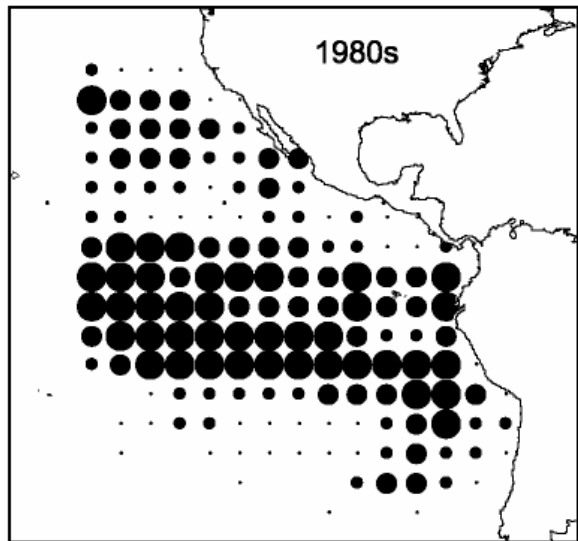
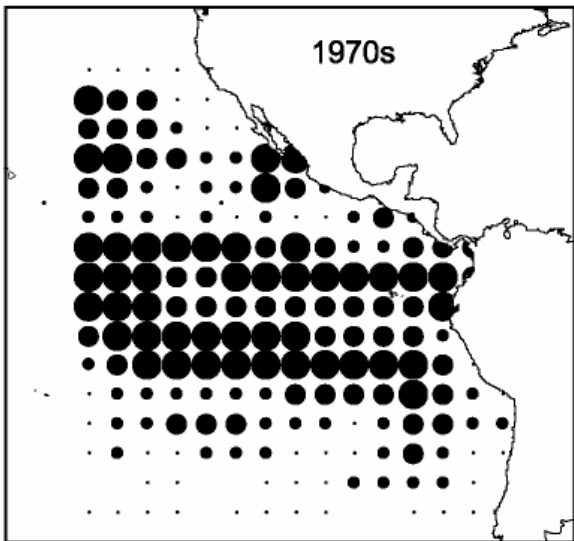
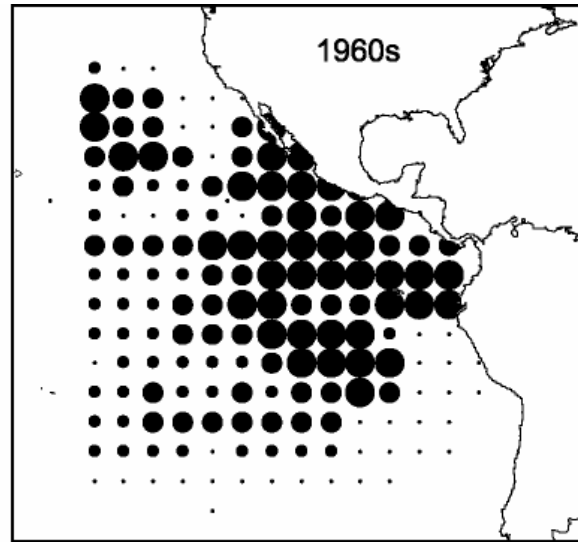
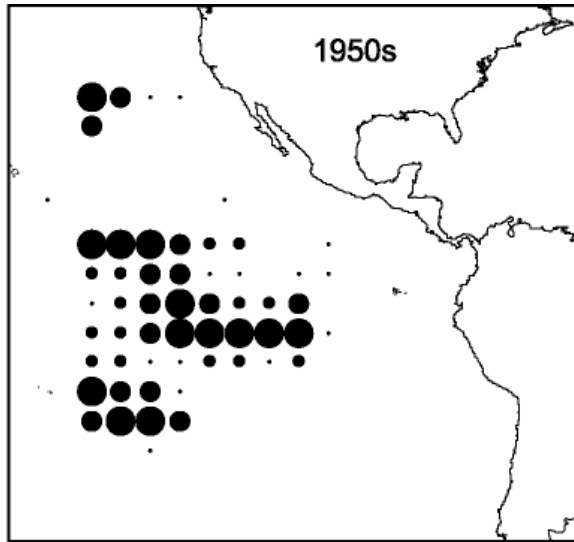


FIGURE 2.2.2. Distribution of total retained catches (quartile among all $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ areas) by decade.

FIGURA 2.2.2. Distribución de las capturas totales retenidas (cuartil entre todas las áreas de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$) por década.

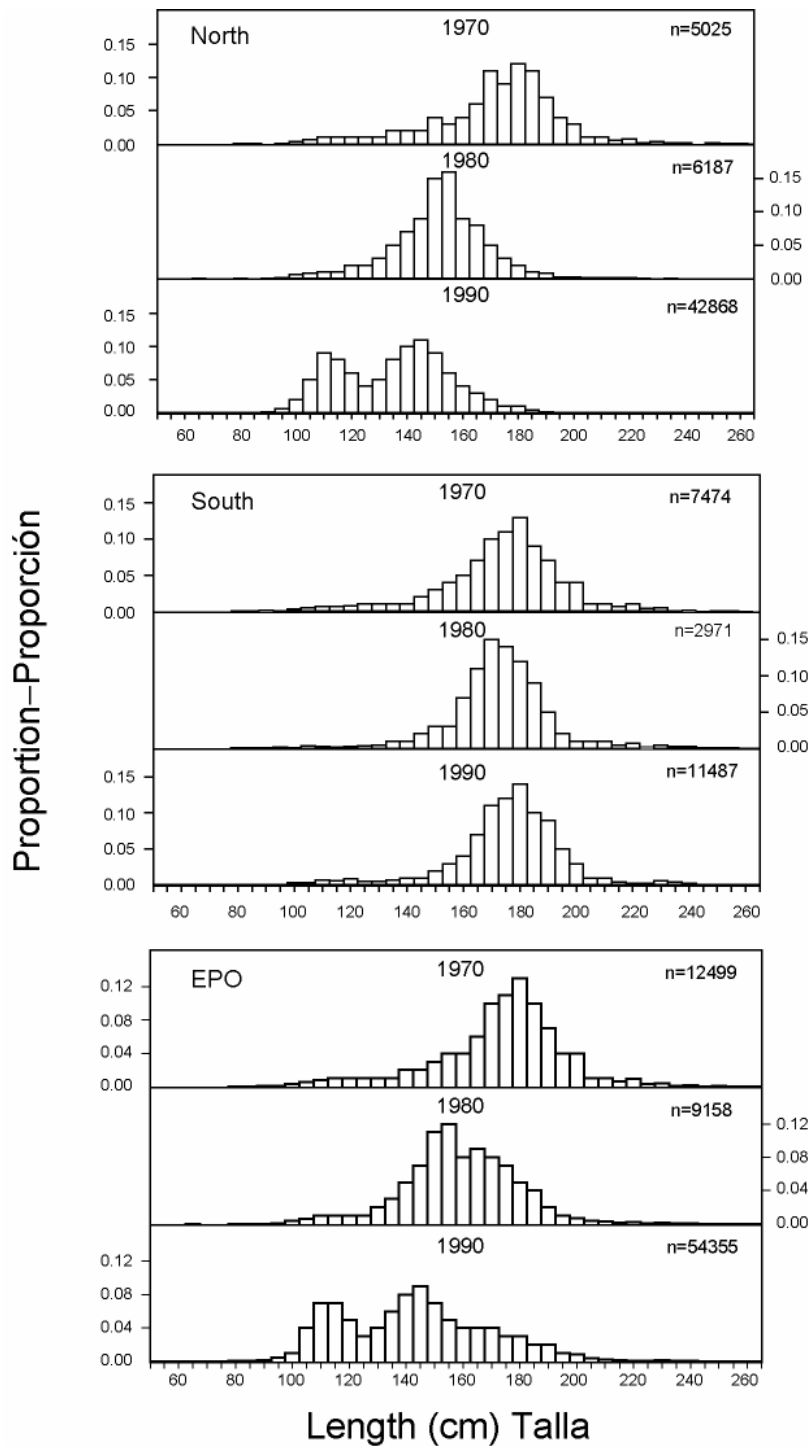


FIGURE 2.3.1. Frequency of eye-fork lengths (cm) of retained catches of striped marlin by Japanese longline fisheries from the EPO and sub-areas north and south of 10°N.

FIGURA 2.3.1. Frecuencia de tallas ojo-cauda furcal (cm) de capturas retenidas de marlín rayado en pesquerías palangreras japonesas del OPO y subáreas al norte y sur de 10°N.

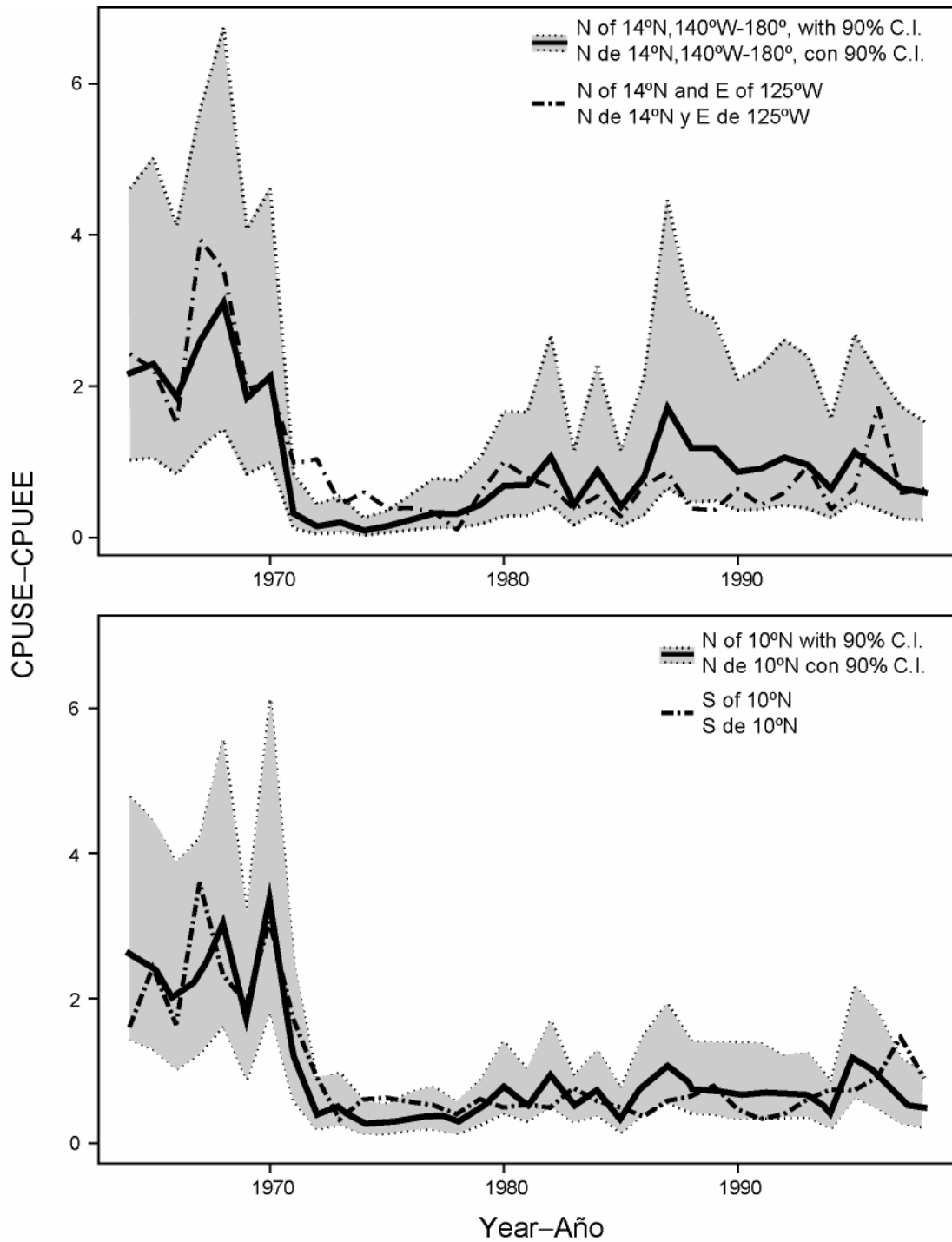


FIGURE 3.3.1. Comparison of trends in CPUE between northeast and northwest (upper panel) and between north and south (lower panel) subareas of the EPO.
FIGURA 3.3.1. Comparación de tendencias en CPUEE entre subáreas noreste y noroeste (recuadro superior) y norte y sur (recuadro inferior) del OPO.

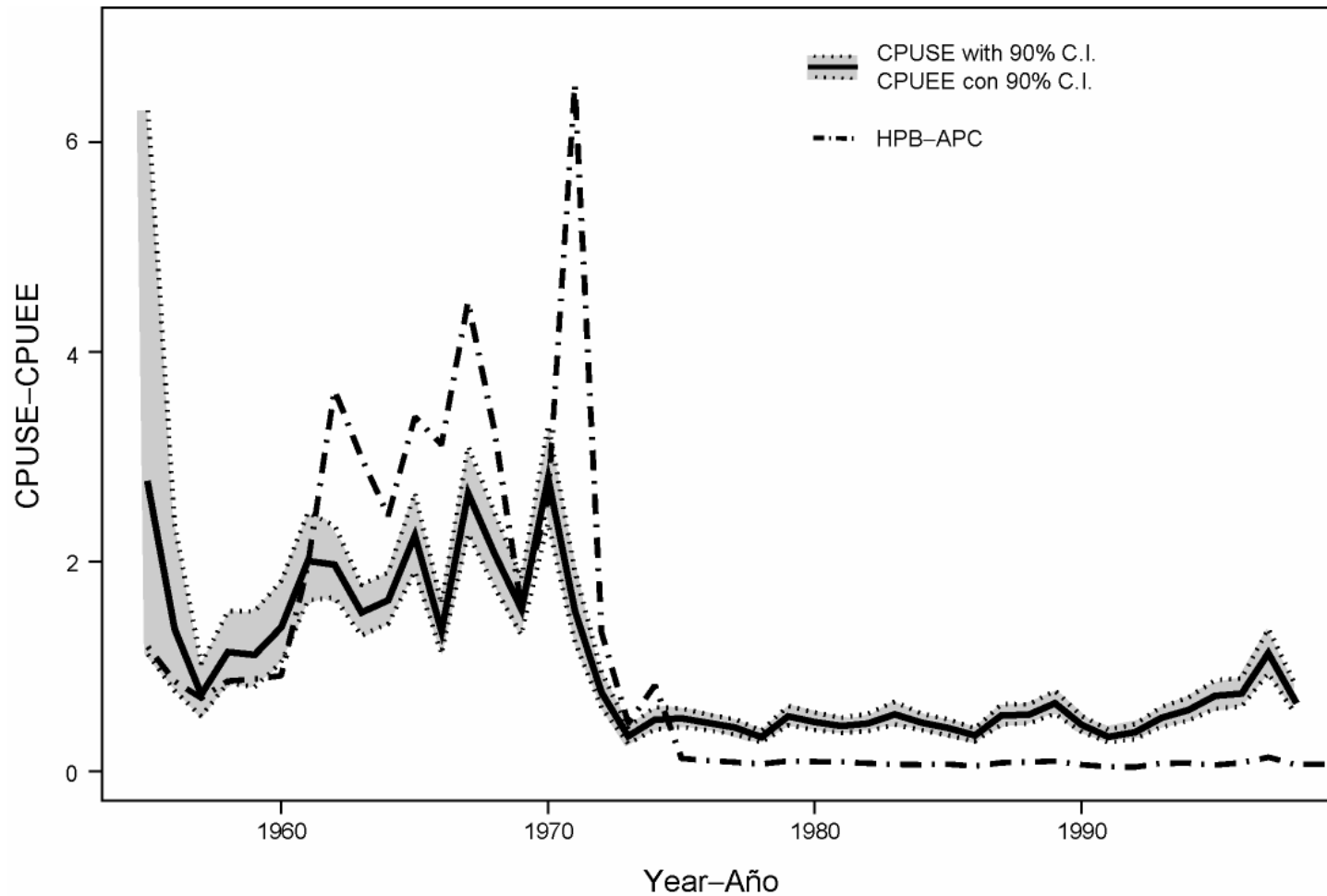


FIGURE 4.2.1. Trends in relative abundance of striped marlin in the EPO and 90-percent confidence limits (CPUSE model) from the fitted Δ -distribution model and the hooks-per-basket (HPB) model.

FIGURA 4.2.1. Tendencias en la abundancia relativa de marlín rayado en el OPO y límites de confianza de 90% (modelo de CPUEE) del modelo de distribución Δ ajustado y el modelo de anzuelos por canasta (APC).

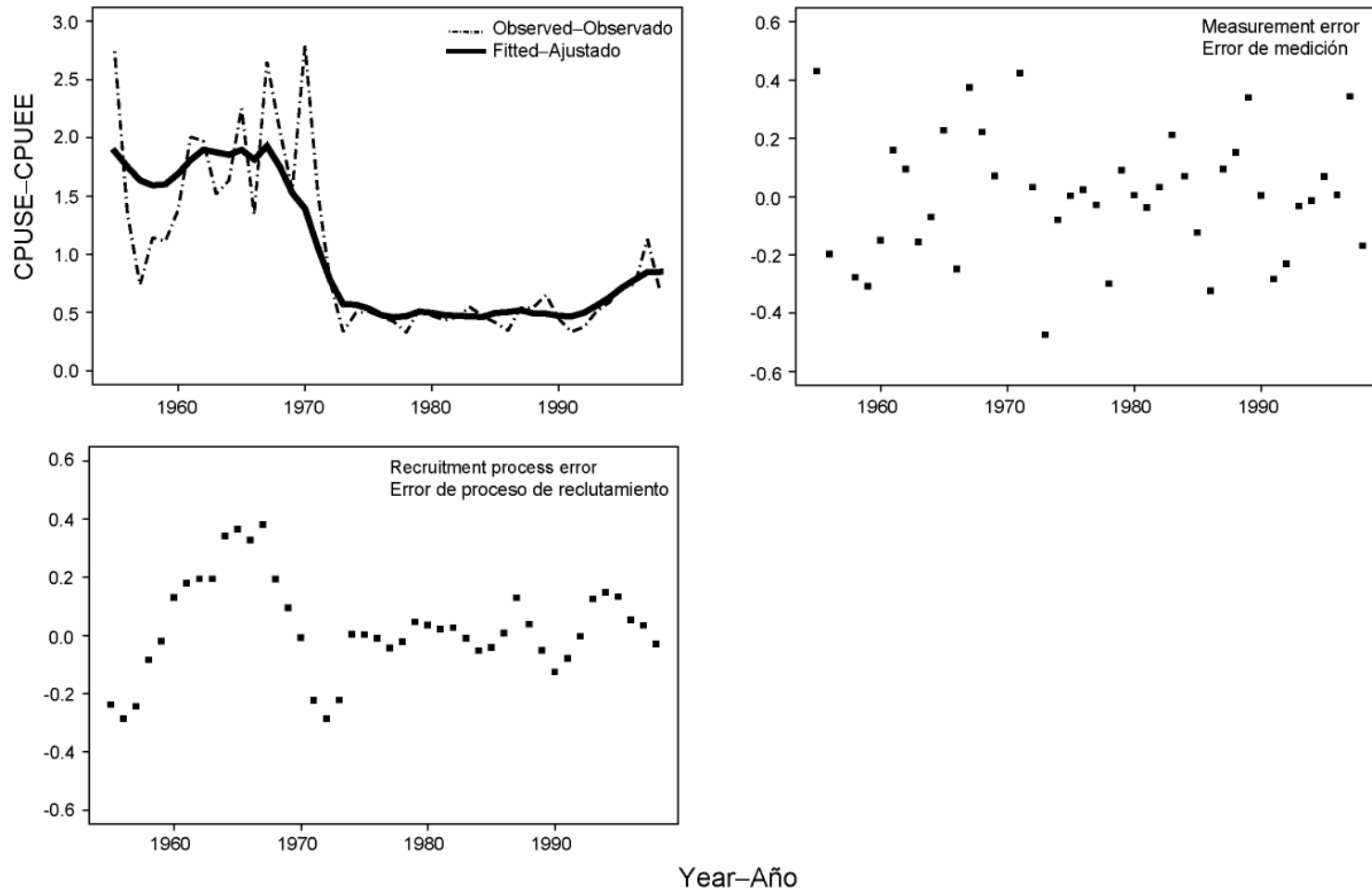


FIGURE 4.2.2. Results of fitting Deriso-Schnute delay-difference model, with survival rate = 0.60 and Brody-growth coefficient = 0.73, to striped marlin in the EPO.

FIGURA 4.2.2. Resultados de ajustar el modelo de Deriso-Schnute con retardos temporales, con tasa de supervivencia = 0,60 y coeficiente de crecimiento de Brody = 0,73, al marlín rayado en el OPO.

TABLE 2.2.1a. Preliminary estimates of retained catch (mt) of striped marlin from the eastern Pacific Ocean north of 10°N. 0 = more than zero but less than 0.5 mt; ... = data not available; unobtainable; data not separately available but included in another category.

TABLA 2.2.1a. Estimaciones preliminares de la captura retenida (tm) de marlín rayado del Océano Pacífico oriental al norte de 10°N. 0 = más de cero pero menos de 0,5 tm; ... = datos no disponibles; imposibles de obtener; datos no disponibles por separado pero incluidos en otra categoría.

	Costa Rica	Japan	Korea	Mexico	Taiwan	USA	Total
	Costa Rica	Japón	Corea	México	Taiwan	EE.UU	Total
1954	...	0	...	...	...	...	0
1955	...	1	...	...	...	...	1
1956	...	49	...	...	...	...	49
1957	...	18	...	...	...	...	18
1958	...	94	...	...	...	...	94
1959	...	141	...	...	...	...	141
1960	...	257	...	...	...	...	257
1961	...	147	...	...	...	...	147
1962	...	190	...	...	...	...	190
1963	...	712	...	...	...	...	712
1964	...	7369	...	...	...	...	7369
1965	...	5702	...	...	...	...	5702
1966	...	4034	...	...	...	...	4034
1967	...	5365	...	...	...	...	5365
1968	...	9602	...	...	...	...	9602
1969	...	4375	...	...	...	...	4375
1970	...	6991	...	...	...	...	6991
1971	...	5545	...	...	...	...	5545
1972	...	3630	...	...	...	...	3630
1973	...	3088	...	...	...	...	3088
1974	...	3250	...	...	...	...	3250
1975	...	2748	0	...	...	...	2748
1976	...	3273	1	...	...	...	3274
1977	...	565	2	...	...	...	567
1978	...	398	21	...	...	...	419
1979	...	877	10	...	...	...	887
1980	...	2250	16	0	3	...	2269
1981	...	1558	570	...	...	...	2128
1982	...	2293	383	...	...	...	2676
1983	...	1436	671	192	...	...	2299
1984	...	1104	240	...	...	...	1344
1985	...	167	5	93	...	...	265
1986	...	1100	0	969	...	...	2069
1987	...	2416	4	3038	...	...	5458
1988	...	1472	1	1615	...	...	3088
1989	...	1032	0	59	0	...	1091
1990	...	523	0	...	1	...	524
1991	179	636	313	...	...	4	1141
1992	135	498	140	...	...	12	797
1993	221	475	0	...	...	14	732
1994	245	394	12	...	...	3	679
1995	197	1006	48	...	...	17	1377
1996	3	370	39	...	8	10	664
1997	252	219	38	...	...	7	536
1998	210	402	...	...	0	16	699
1999	250	467	...	...	8	25	834
2000	104	81	...	30	...	3	...

TABLE 2.2.1b. Preliminary estimates of retained catch (mt) of striped marlin from the eastern Pacific Ocean south of 10°N. 0 = more than zero but less than 0.5 mt; ... = data not available; unobtainable; data not separately available but included in another category.

TABLA 2.2.1b. Estimaciones preliminares de la captura retenida (tm) de marlín rayado del Océano Pacífico oriental al sur de 10°N. 0 = más de cero pero menos de 0,5 tm; ... = datos no disponibles; imposibles de obtener; datos no disponibles por separado pero incluidos en otra categoría.

	Costa Rica	Japan	Korea	Mexico	French Polynesia	Taiwan	Total
	Costa Rica	Japón	Corea	México	Polinesia Francesa	Taiwan	Total
1954	...	23	...	...	...	...	23
1955	...	16	...	...	...	...	16
1956	...	18	...	...	...	...	18
1957	...	132	...	...	...	...	132
1958	...	232	...	...	...	...	232
1959	...	231	...	...	...	...	231
1960	...	273	...	...	...	...	273
1961	...	1887	...	...	...	...	1887
1962	...	3529	...	...	...	...	3529
1963	...	6533	...	...	...	...	6533
1964	...	4098	...	...	...	...	4098
1965	...	4234	...	...	...	...	4234
1966	...	5031	...	...	...	...	5031
1967	...	5004	...	...	...	144	5148
1968	...	4535	...	...	...	55	4590
1969	...	4636	...	...	...	12	4648
1970	...	3964	...	...	...	27	3991
1971	...	4504	...	...	...	69	4573
1972	...	3351	...	...	...	124	3475
1973	...	2028	...	...	...	161	2189
1974	...	1979	...	...	...	174	2153
1975	...	2613	10	...	...	59	2682
1976	...	3137	13	...	...	49	3199
1977	...	2454	17	...	...	47	2518
1978	...	1772	270	...	...	34	2076
1979	...	3179	32	...	...	23	3234
1980	...	2521	7	...	...	82	2610
1981	...	2537	163	...	...	41	2741
1982	...	1869	98	...	...	38	2005
1983	...	2021	119	0	...	16	2156
1984	...	1202	100	...	...	7	1309
1985	...	1162	160	...	...	5	1327
1986	...	1435	...	...	...	24	1459
1987	...	2627	50	12	...	56	2745
1988	...	1940	57	16	...	28	2041
1989	...	2121	105	...	...	48	2274
1990	...	2289	77	...	...	10	2376
1991	9	1685	72	...	...	8	1774
1992	12	1509	535	...	16	136	2208
1993	23	1762	...	...	1	160	1946
1994	25	1985	436	...	64	129	2639
1995	107	1205	413	...	80	11	1816
1996	156	1590	485	...	90	14	2335
1997	85	2398	846	...	88	67	3484
1998	71	1871	...	...	65	21	2028
1999	84	842	...	...	116	37	1079
2000	35	762	...	...	...	...	...

TABLE 3.1.1a. Estimated growth parameters and natural mortality rates (estimated by Boggs (1989) and estimated for this report by the method of Pauly (1980)) for striped marlin in the Pacific Ocean.

TABLA 3.1.1a. Parámetros de crecimiento y tasas de mortalidad natural estimados (estimados por Boggs (1989) y estimados para este informe por el método de Pauly (1980)) para marlín rayado en el Océano Pacífico.

Sex	L_{∞} (cm)	K (annual)	t_0 (years)	Reference	Natural mortality rate		
					Boggs	Pauly	
Sexo	L_{∞} (cm)	K (anual)	t_0 (años)	Referencia	Tasa de mortalidad natural		
					Boggs	Pauly	
1	275	0.264		Koto, 1963	0.49	0.389	
2	M	206	0.417	-0.521	Skillman and Yong, 1976	0.79	0.569
3	F	186	0.696	0.136	Skillman and Yong, 1976	1.33	0.818

TABLE 3.1.1b. Estimated lengths (cm) at age of striped marlin, calculated from the data in Table 3.3.1a.

TABLA 3.1.1b. Tallas estimadas (cm) a edad del marlín rayado, calculadas de los datos en la Tabla 3.3.1a.

	Age in years—Edad en años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	64	113	150	179	202	219	232	242	249	255
2	97	134	159	175	185	192	197	200	202	203
3	84	135	161	173	180	183	184	185	186	186

TABLE 3.1.1c. Equations for converting lengths, in centimeters, to weights, in kilograms, for striped marlin. The abbreviations are as follows: EPO, eastern Pacific Ocean; CPO, central Pacific Ocean; EFL, posterior edge of orbit to fork of tail; SFL, anterior tip of bill to fork of tail; GG, gilled and gutted.

TABLA 3.1.1c. Ecuaciones para convertir tallas (l), en centímetros, a pesos (w), en kilogramos, para el marlín rayado. EPO, Océano Pacífico oriental; CPO, Océano Pacífico central; EFL: borde posterior de la órbita a la furca caudal; SFL, punta anterior de pico a la furca caudal; GG: desgallado y eviscerado; round: entero.

Area	Sample size	Length range (cm)	Length measurement	Weight measurement	Equations	Reference
Area	Tamaño de la muestra	Rango de tallas (cm)	Medida de talla	Medida de peso	Ecuaciones	Referencia
EPO	51	108-211	EFL	round	$\log w = -5.2552 + 3.0888 \log l$ $w = (5.5565 \times 10^{-6}) l^{3.0888}$	Kume and Joseph, 1969b
EPO	111	132-222	EFL	GG	$\log w = -4.9896 + 2.9749 \log l$ $w = (1.0242 \times 10^{-5}) l^{2.9749}$	Kume and Joseph, 1969b
EPO	1,982	110-215	EFL	round	$\log w = -5.157 + 3.0711 \log l$ $w = (6.9663 \times 10^{-6}) l^{3.0711}$	Wares and Sakagawa, 1974
EPO	535	153-271	SFL	round	$\log w = -5.34 + 2.982 \log l$ $w = (4.5709 \times 10^{-6}) l^{2.982}$	Wares and Sakagawa, 1974
EPO	1,748	107.5-225.5	EFL	not stated— no dicho	$\log w = -4.0120 + 2.5682 \log l$ $w = (9.727 \times 10^{-5}) l^{2.5682}$	Ponce Díaz <i>et al.</i> , 1991
CPO	53	142-310	SFL	round	$\log w = -6.24317 + 3.3756 \log l$ $w = (5.7126 \times 10^{-7}) l^{3.3756}$	Skillman and Yong, 1974

TABLE 4.2.1. Number and proportion of bimonthly period-areas of the EPO with standardized effort and with (without) catch of striped marlin by stock and year.

TABLA 4.2.1. Número y proporción de bimestre-áreas del OPO con esfuerzo estandarizado y con (sin) captura de marlín rayado por población y año.

Year	Without	With	Proportion without	Year	Without	With	Proportion without
Año	Sin	Con	Proporción sin	Año	Sin	Con	Proporción sin
1955	299	1202	0.199	1977	265	844	0.239
1956	320	1149	0.218	1978	284	861	0.248
1957	376	1318	0.222	1979	231	880	0.208
1958	292	1553	0.158	1980	218	821	0.210
1959	359	1582	0.185	1981	218	913	0.193
1960	386	1618	0.193	1982	207	796	0.206
1961	504	1876	0.212	1983	250	746	0.251
1962	515	2340	0.180	1984	220	799	0.216
1963	469	2743	0.146	1985	181	644	0.219
1964	561	2581	0.179	1986	189	698	0.213
1965	568	2689	0.174	1987	214	812	0.209
1966	621	2501	0.199	1988	177	720	0.197
1967	619	2505	0.198	1989	196	760	0.205
1968	673	2357	0.222	1990	166	731	0.185
1969	605	2377	0.203	1991	212	714	0.229
1970	557	2400	0.188	1992	201	776	0.206
1971	96	329	0.226	1993	190	795	0.193
1972	120	353	0.254	1994	186	701	0.210
1973	144	353	0.290	1995	237	737	0.243
1974	85	370	0.187	1996	174	679	0.204
1975	236	703	0.251	1997	109	668	0.140
1976	273	911	0.231	1998	207	608	0.254

TABLE 4.2.2. Fitted GLMs to obtain standardized estimates of CPUSE of striped marlin in the EPO using a Δ -distribution model. Terms shown in order of addition to the model (first to last). YR = calendar year; BIM = bimonthly period; LAT = latitude; LON = longitude; NOI = Northern Oscillation Index; SOI = Southern Oscillation Index; DF = degrees of freedom.

TABLA 4.2.2. MLG ajustados para obtener estimaciones estandarizadas de la CPUEE de marlín rayado en el OPO usando un modelo de distribución Δ . Se listan los términos en el orden en que se añaden al modelo (primero a último). YR = año civil; BIM = bimestre; LAT = latitud; LON = longitud; NOI = Índice de Oscilación del Norte; SOI = Índice de Oscilación del Sur; DF = grados de libertad.

a. ln(CPUSE): Gaussian component--ln(CPUUE): componente Gaussiano						
Source	DF	Deviance	Residual DF	Residual deviance	F _{obs}	Pr(F)
Fuente	DF	Desviación	DF residual	Desviación residual	F _{obs}	Pr(F)
NULL	28442	165156				
LON	1	17284.4	28441	147871.7	5776.0	0.00E+00
LAT	1	22256.8	28440	125614.8	7437.7	0.00E+00
YR	43	15629.1	28397	109985.7	121.5	0.00E+00
BIM	5	3666.7	28392	106319.0	245.1	0.00E+00
NOI	1	61.7	28391	106257.3	20.6	5.67E-06
LAT:LON	1	10051.5	28390	96205.8	3359.0	0.00E+00
BIM:LAT	5	10256.7	28385	85949.1	685.5	0.00E+00
BIM:LON	5	1024.2	28380	84924.9	68.5	0.00E+00
b. CIndex: Binomial component—Cíndice: componente binomial						
Source	DF	Deviance	Residual DF	Residual deviance	F _{obs}	Pr(F)
Fuente	DF	Desviación	DF residual	Desviación residual	F _{obs}	Pr(F)
NULL	35996	36987.6				
LON	1	3477.2	35995	33510.3	3098.4	0.00E+00
LAT	1	814.7	35994	32695.6	725.9	0.00E+00
BIM	5	524.6	35989	32171.0	93.5	0.00E+00
YR	43	209.4	35946	31961.7	4.3	0.00E+00
SOI	1	18.1	35945	31943.5	16.2	5.84E-05
LAT:LON	1	546.7	35944	31396.8	487.1	0.00E+00
BIM:LON	5	73.0	35939	31323.8	13.0	0.00E+00
BIM:LAT	5	61.0	35934	31262.8	10.9	1.80E-10

CONDICION DEL MARLIN RAYADO EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL EN 2001 Y PERSPECTIVAS PARA 2002

por

Michael G. Hinton y William H. Bayliff

INDICE

1. Resumen ejecutivo	350
2. Datos	351
3. Supuestos y parámetros.....	352
4. Evaluación de la población	356
5. Condición de la población.....	358
6. Direcciones futuras	358
Figuras	338
Tablas.....	344
Referencias.....	360

Los conocimientos de la estructura de la población de marlín rayado, *Tetrapturus audax*, en el Océano Pacífico son limitados. Hay indicaciones de que ocurre intercambio limitado de la especie entre el Océano Pacífico oriental (OPO) y el Pacífico central y occidental, por lo que se considera en este informe que análisis de reducciones locales y evaluaciones independientes del marlín rayado del OPO tienen sentido. Por lo tanto, la mayor parte de los datos presentados son del OPO. No obstante, por varios motivos, se presentan también algunos datos del Pacífico central y occidental.

1. RESUMEN EJECUTIVO

El marlín rayado ocurre por todo el Océano Pacífico entre 45°N y 45°S. Es capturado principalmente por las pesquerías palangreras de naciones de Lejano Oriente y del hemisferio occidental y por pescadores deportivos. Las pesquerías con red agallera y otras capturan cantidades menores. En años recientes las pesquerías de Japón, Corea, y Costa Rica han realizado las mayores capturas en el OPO.

El marlín rayado alcanza la madurez cuando mide unos 140 cm de talla, y el desove ocurre en zonas ampliamente esparcidas del Océano Pacífico.

Se dispone de cierta información sobre los desplazamientos del marlín rayado. Peces marcados liberados frente a la punta de la península de Baja California fueron recapturados principalmente en la misma zona general, pero otros fueron recapturados cerca de las Islas Revillagigedo, otros cerca de Hawaii, y uno cerca de la Isla de Norfolk, al norte de Nueva Zelanda.

Las tasas de captura de marlín rayado frente a California y Baja California suelen ser mayores cuando la temperatura superficial del mar es mayor y la termoclina es menos profunda. Son mayores en los anzuelos menos profundos de los palangres, especialmente cuando la profundidad de la termoclina es menor.

La estructura de la población de marlín rayado es incierta. Las tendencias de las tasas de captura de las zonas noreste y noroeste del Pacífico central-oriental no son significativamente diferentes. Vale lo mismo para las tasas de captura en el OPO al norte y sur de 10°N. Estos resultados señalan que los peces en el OPO pertenecen a una población. Un examen de datos de genética publicados sugiere que hay una población situada en el Pacífico sudoeste (Australia) pero no resolvió claramente la cuestión de poblaciones separadas para la tríada de puntos de muestreo Ecuador-Hawaii-México. Las conclusiones en este informe deben ser consideradas tentativas, e investigaciones colaborativas actuales ayudarán a resolver la cuestión de la estructura de la población de marlín rayado en el Pacífico.

La biomasa actual de marlín rayado en el OPO es aparentemente igual a la que produciría el rendimiento máximo sostenible promedio de unas 4.500 toneladas. La captura retenida y esfuerzo de pesca estandarizado de marlín rayado disminuyeron en el OPO de 1990-1991 a 1998, y estimaciones preliminares indi-

can que el esfuerzo de pesca nominal en la zona ha seguido disminuyendo durante 1999-2001. Es posible que esto resulte en una continuación de la disminución del esfuerzo de pesca estandarizado de marlín rayado, con una continuación asociada del aumento de su biomasa en el OPO.

2. DATOS

2.1. Definiciones de las pesquerías

2.1.1. Pesquerías palangreras

La pesca palangrera de atunes y peces picudos tiene lugar en el Océano Pacífico entre las Américas y Asia desde 50°N hasta 50°S.

2.1.1.1. Naciones de Lejano Oriente

Buques de la República de Corea, Indonesia, Japón, Filipinas y Taiwan han pescado atunes y peces picudos en el OPO (Sakagawa, 1989; Ueyanagi *et al.*, 1989; Uozumi y Uosaki, 1998; Uosaki y Bayliff, 1999). En la actualidad se sabe o se cree que buques de Corea, Indonesia, Japón, y Taiwan están pescando en el OPO, y juntos pescaron en casi toda la zona de distribución del marlín rayado en el Océano Pacífico, que va de 45°N a 45°S (Bedford y Hagerman, 1983).

2.1.1.2. Naciones del hemisferio occidental

Buques palangreros de naciones del hemisferio occidental, principalmente Chile (Barbieri *et al.*, 1998), México (Holts y Sosa-Nishikawa, 1998), y Estados Unidos (Holts y Sosa-Nishikawa, 1998; Ito *et al.*, 1998; Vojkovich y Barsky, 1998), pescan atunes y peces picudos en el Océano Pacífico oriental y central. Peces picudos capturados con palangre, aparte de peces espada, no pueden ser descargados en puertos de California.

2.1.2. Pesquerías agalleras

Hasta el fin de 1992 hubo una pesquería de alta mar de atunes y peces picudos con redes agalleras de luz de malla grande realizada por buques de la República de Corea, Japón y Taiwan (McKinnell y Waddell, 1993; Nakano *et al.*, 1993; Uosaki, 1998). Buques de Chile (Barbieri *et al.*, 1998), México (Holts y Sosa-Nishikawa, 1998), y Estados Unidos (Hanan *et al.*, 1993; Holts y Sosa-Nishikawa, 1998) pescan o pescaron atunes, peces picudos, y tiburones con redes agalleras en el OPO. Operan generalmente en aguas costeras y las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de las naciones respectivas. Peces picudos capturados con redes agalleras, aparte de peces espada, no pueden ser descargados en puertos de California.

2.1.3. Pesquerías de cerco

Pequeñas cantidades de marlín rayado son capturadas por buques cerqueros atuneros en el OPO (Anónimo, 2002: Tabla 11b). Son generalmente descartados en el mar o retenidos por la tripulación del buque para uso personal.

2.1.4. Pesquerías deportivas

El marlín rayado y otros peces picudos son objeto de pesquerías deportivas importantes en el OPO (de Sylva, 1974; Talbot y Wares, 1975; Bedford y Hagerman, 1983; Holts, 2001).

2.2. Datos de esfuerzo y captura retenida

Las estimaciones de captura retenida de peces picudos son bastante exactas, debido al valor de los mismos en el comercio. Sin embargo, hay capturas no reportadas de pesquerías artesanales y deportivas y de algunos componentes de las pesquerías palangreras comerciales que faenan en la región.

2.2.1 Pesquerías comerciales

Es posible que hayan variado durante las décadas las distribuciones de esfuerzo de pesca por las flotas principales como resultado de cambios en las especies objetivo de las pesquerías. En la Figura 2.2.1 se

ilustra la distribución del esfuerzo de pesca nominal de las pesquerías palangreras por década en el OPO.

La mayor parte del marlín rayado capturado por pesquerías comerciales es tomado por las pesquerías palangreras de naciones de Lejano Oriente y el hemisferio occidental. Son o fueron capturadas cantidades menores de la especie por las otras pesquerías descritas en la Sección 2.1. En la Tabla 2.2.1a-b se presentan estimaciones preliminares de la captura retenida de marlín rayado en el OPO al norte y al sur de 10°N. En la Figura 2.2.2 se ilustra la distribución de las capturas retenidas de las pesquerías palangreras por década y subárea del OPO.

2.2.2. Pesquerías deportivas

No se dispone de datos completos sobre el esfuerzo de pesca sobre peces picudos ni la captura retenida de marlín rayado en las pesquerías deportivas. Sin embargo, se han compilado los registros de pesca de los principales clubs de pesca en el sur de California, proporcionando así un índice de las capturas retenidas de marlín rayado por este componente de la pesquería deportiva (Holts y Prescott, 2001).

2.3. Datos de composición por talla

2.3.1. Pesquerías palangreras

Miyabe y Bayliff (1987: Figura 59), Nakano y Bayliff (1992: Figuras 66-68), y Uosaki y Bayliff (1999: Figuras 68-70) presentan datos de frecuencia de talla de las capturas palangreras retenidas de marlín rayado en el OPO. En la Figura 2.3.1 se presentan histogramas de frecuencia de talla ojo-furca caudal por subárea, al norte y sur de 10°N, y para el OPO. La distribución de las tallas de los peces de la zona del norte ha cambiado a tamaños menores en el curso de las décadas. En la década de los 1970 la moda fue aproximadamente 180 cm, y en la de los 1980, 155 cm. En la década de los 1990 la distribución es bimodal, con modas en 110 y 145 cm. En la zona sur la distribución fue siempre unimodal, con la moda en 170-180 cm.

2.3.2. Pesquerías deportivas

Squire (1983) y Holts y Prescott (2001; Figura 2) presentan datos sobre frecuencias de talla y peso de marlín rayado retenido por pescadores deportivos frente al sur de California.

3. SUPUESTOS Y PARÁMETROS

3.1. Información biológica y demográfica

3.1.1. Crecimiento

En la Tabla 3.1.1a se detallan los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para el marlín rayado en el Océano Pacífico estimados por varios investigadores. En la Tabla 3.1.1b se presentan las tallas estimadas del marlín rayado a edades 1 a 10, calculadas a partir de los datos en esa tabla. Se debe reconocer que estas estimaciones son rudimentarias porque (1) el crecimiento del marlín rayado podría no ser bien descrita por la curva de von Bertalanffy y (2) aun si es bien descrita por esa curva, las estimaciones de sus parámetros podrían ser erróneas.

En la Tabla 3.1.1c se presentan datos sobre las relaciones peso-talla del marlín rayado.

3.1.2. Reproducción

La madurez del marlín rayado en el OPO ha sido estudiada por Howard y Ueyanagi (1965), Shiohama (1969), Kume y Joseph (1969b), Eldridge y Wares (1974), Shingu *et al.* (1974), Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999). Howard y Ueyanagi (1965) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) estudiaron la distribución de marlines rayados larvales y poslarvales. Hanamoto (1977b) manifestó que se estimaba el tamaño mínimo de peces desovadores en el sur del Mar de Coral en 143 cm (del ojo a la furca caudal). Howard y Ueyanagi (1965) reportaron la ocurrencia de peces maduros entre 20°S y 30°S y 130°O y 140°O. Shiohama (1969) registró altas concentraciones de peces maduros entre 15°N y 20°N y 110°O y 120°O y entre 10°S y 25°S y 120°O y 130°O. Kume y Joseph (1969b) descubrieron que

ocurrían peces maduros frente a México durante los trimestres segundo y tercero, frente a Centroamérica durante los trimestres primero y cuarto, y entre 10°S y 25°S y 120°O y 130°O durante los trimestres primero, segundo y cuarto. Eldridge y Wares (1974) manifestaron que marlines rayados maduros ocurren cerca de las Islas Revillagigedo Islas en julio. Shingu *et al.* (1974) registró altas concentraciones de peces maduros entre 25°S y 30°S durante los trimestres primero y cuarto. Miyabe y Bayliff (1987) reportaron que las mayores concentraciones de peces maduros ocurrieron frente a México durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto y al sur de 20°S durante los trimestres primero y cuarto. Nakano y Bayliff (1992) reportaron la captura de dos peces maduros en 11°S-131°O y 12°S-126°O en octubre, y Uosaki y Bayliff (1999) la captura de tres peces maduros en alta mar frente a México durante los trimestres primero y cuarto. Los peces maduros estudiados por Kume y Joseph (1969b) fueron más pequeños en el norte (140 a 180 cm) que en el sur (160 a 220 cm). Howard y Ueyanagi (1965) y Nishikawa *et al.* (1978 y 1985) reportaron la ocurrencia de larvas y poslarvas en aproximadamente 20°S-142°O. Matsumoto y Kazama (1974) comentaron que no encontraron larvas de marlín rayado en sus estudios en el Océano Pacífico central, a pesar de que es la especie predominante de pez picudo capturada comercialmente frente a Hawaii. Squire y Suzuki (1990) notaron que "la zona de desove principal es el Pacífico occidental ... Es posible que ocurra cierto desove en el Pacífico oriental pero se han capturado pocas larvas allí." González Armas *et al.* (1999), sin embargo, reportaron la captura de 68 larvas de marlín rayado cerca de la desembocadura del Mar de Cortés.

3.1.3. Desplazamientos

Squire (1974b y 1987a) presenta información sobre los desplazamientos horizontales del marlín rayado en el Pacífico, basada en experimentos de marcado con marcas convencionales, y Squire y Suzuki (1990) postulan un modelo básico de desplazamiento que incorpora datos de marcado. La mayoría de los peces fueron liberados frente a la punta de la península de Baja California, y la mayoría fue recapturada en la misma zona. Algunos peces fueron recapturados cerca de las Islas Revillagigedo, otros pocos cerca del archipiélago de Hawaii, y uno cerca de la Isla de Norfolk, al norte de Nueva Zelanda. Hanamoto (1977a) manifestó que, "con base en el desplazamiento de las zonas de pesca, se puede postular que el marlín rayado que ocurre en el sur del Mar de Coral tiene su origen en el Océano Pacífico oriental."

3.1.4. Mortalidad natural

Boggs (1989) usó el método de Murphy y Sakagawa (1977) y los parámetros estimados de crecimiento de Koto (1963) y Skillman y Yong (1976) para estimar la mortalidad natural del marlín rayado. Para este informe se usó el método de Pauly (1980) con los parámetros estimados de crecimiento de Koto (1963) y Skillman y Yong (1976) y una temperatura media estimada de 26°C (ver Sección 3.2) para calcular estimaciones de la mortalidad natural de esta especie, presentadas en la Tabla 3.1.1a.

3.2. Influencias ambientales

Squire (1974a, 1985, y 1987b), Hanamoto (1974, 1978, y 1979), Miyabe y Bayliff (1987), Holts y Bedford (1990), Nakano y Bayliff (1992), Brill *et al.* (1993) y Uosaki y Bayliff (1999) presentan información sobre la relación del marlín rayado con su medio ambiente.

Squire (1974a) examinó las tasas de captura de buques de pesca deportiva basados en San Diego (EE.UU.), y descubrió que la tasa de captura por período de medio mes era 40,5 peces cuando la temperatura superficial del mar (TSM) era menos de 20°C, 99,2 peces cuando estaba entre 20° y 21,1°C, y 122,7 peces con TSM de más de 21,1°C. Cuando el isóbaro de 21,1°C era continuo las tasas de captura eran mayores que cuando no lo era. Squire (1985) descubrió que las capturas frente al sur de California fueron máximas cuando hubo isóbaros de 22,2°C continuos. Dijo que "es razonable suponer que la temperatura del océano ... nunca alcanza un valor que resultaría en una captura máxima ... porque las capturas parecen estar aumentando en el isóbaro continuo máximo registrado (... 22,2°C)." Squire (1987b) reportó que las capturas de marlín rayado estuvieron distribuidas más al norte durante el evento de El Niño de 1983 que durante años "normales". Hanamoto (1974) reportó que las tasas de captura de marlín rayado por

buques palangreros frente a Baja California son mayores cuando la profundidad de la termoclina es baja y lo atribuyó a una mayor abundancia de alimento durante estas condiciones.

Hanamoto (1978) reportó que en el sur del Mar de Coral durante septiembre y octubre las tasas de captura de marlín rayado son mayores cerca de elevaciones submarinas que en el mar abierto. Este no fue el caso durante noviembre y diciembre, sin embargo. Atribuyó esta diferencia a que la mayoría de los peces capturados durante el período más temprano fueron inmaduros, mientras que la mayoría de los que se capturaron en el período posterior fueron maduros.

Holts y Bedford (1990) describieron los desplazamientos verticales de 11 marlines rayados rastreados con marcas ultrasónicas frente al sur de California. Los peces pasaron la mayor parte del tiempo en la capa superior de mezcla, a temperaturas de 19° a 20°C, pero a veces descendieron a profundidades donde la temperatura era menos que 12°C. Cuatro de los peces ocuparon profundidades mayores de noche que de día. La profundidad máxima a la que descendieron fue de unos 90 m. Brill *et al.* (1993) rastrearon seis marlines rayados cerca de Hawaii. Los peces pasaron un 80% del tiempo en aguas entre 25° y 27°C, y nunca de menos de 18°C. La profundidad máxima a la que descendieron fue de unos 170 m. Abitia *et al.* (1998) manifestaron que cerca de Cabo San Lucas, Baja California Sur, los marlines rayados se alimentan de peces pelágicos de día y "ocasionalmente migran a aguas más profundas para consumir presas que viven cerca de o en fondos arenosos."

Hanamoto (1979) reportó que cuando se usan palangres con cinco anzuelos por canasta en el Océano Pacífico se logran las capturas máximas de marlín rayado en los anzuelos primero y quinto, que pescan a profundidades de 60 a 90 m. Miyabe y Bayliff (1987) descubrieron que las tasas de captura de artes palangreras convencionales (4 a 6 anzuelos por canasta) y profundas (más de 10 anzuelos por canasta) fueron aproximadamente iguales en las zonas de altura, pero mayores para las artes convencionales en zonas costeras. Lo atribuyeron a que la termoclina es menos profunda en estas últimas. Los resultados obtenidos por Nakano y Bayliff (1992) para palangres convencionales y profundos y por Uosaki y Bayliff (1999) para palangres profundos e intermedios (7 a 10 anzuelos por canasta) fueron mixtos. Boggs (1992) usó relojes en palangres usados cerca de Hawaii para determinar la hora de captura de los peces, con lo cual fue posible eliminar los datos de peces capturados en anzuelos descendentes o ascendentes. Se realizaron capturas confirmadas de marlín rayado a profundidades de unos 50 a 210 m, con la mayoría entre 50 y 140 m.

3.3. Estructura de la población

El marlín rayado se encuentra distribuido por todas las aguas templadas y más cálidas del Pacífico (Nakamura, 1985). La estructura de la población de marlín rayado en el Pacífico no ha sido bien determinada, con esencialmente ningún examen a fondo de las hipótesis desde que Shomura (1980) manifestó:

“La estructura de la población del marlín rayado del Pacífico no es clara. Mientras que se pueden proponer muchas hipótesis, considerando los patrones de distribución y otros datos biológicos, las dos hipótesis más probables son:

1. Una población de una sola unidad en el Pacífico

La hipótesis de una sola población es apoyada por la distribución continua en forma de herradura del marlín rayado.

2. Una estructura de dos poblaciones, en la que las poblaciones están separadas aproximadamente en la línea ecuatorial en poblaciones del Pacífico Norte y el Pacífico Sur con cierta entremezcla en el Pacífico oriental.

La hipótesis de dos poblaciones es apoyada por diferencias morfométricas entre adultos de las regiones norte y sur del Pacífico occidental (Kamimura y Honma 1958) y quizá también en el Pacífico oriental (Howard y Ueyanagi 1965). Honma y Kamimura (1958) notaron que hay una zona de tasas de captura palangrera bajas a lo largo de la línea ecuatorial que sugiere una separación de po-

blaciones norte y sur en la línea ecuatorial. La distribución de larvas sugiere dos centros de desove, uno en el norte y uno en el sur, aunque los datos de índice de gónadas (Kume y Joseph 1969a) sugieren que el desove ocurre por el Pacífico oriental tropical, la supuesta región de mezcla de poblaciones.”

Usando análisis de datos genéticos, Graves y McDowell (1994) sugirieron que podrían haber poblaciones separadas en el Pacífico Sur occidental (región de Australia) y de las regiones cerca de Hawaii, Ecuador, y México. Sin embargo, los análisis presentados fueron realizados con muestras pequeñas que no fueron colectadas de forma sinóptica. Las muestras de México fueron tomadas en un mes (junio de 1991), de Ecuador durante siete meses (abril–octubre de 1990), de Hawaii durante seis meses (junio–noviembre de 1991), y de Australia de un mes en dos años (febrero de 1991 y 1992). Los autores notaron que “un examen de la estabilidad temporal de las distribuciones genotípicas requerirá muestras de mayor tamaño durante un período mucho más largo.” Desgraciadamente Graves y McDowell (1994) no mostraron los datos de Australia como muestras individuales, lo cual limitó un nuevo examen de los resultados. Además, los autores detectaron una heterogeneidad significativa en la distribución de frecuencia de los genotipos para la muestra entera; sin embargo, no probaron la diferenciación entre los lugares muestreados. Cuando se examinaron de nuevo los datos con la corrección necesaria (Dr. Jaime Alvarado-Bremer, Univ. Texas A & M., com. pers., mayo de 2002), no hubo diferencias significativas entre las muestras de Ecuador y Hawaii. Como resultado, Alvarado-Bremer concluyó que cuando se aplica la corrección necesaria, y, entre otros, se toman en consideración los tamaños de las muestras y los períodos de colección, no hay una resolución clara de poblaciones separadas para la tríada de Ecuador-Hawaii-México.

Los cambios en la talla modal de los peces en la subárea del norte, sin un cambio comparable en la subárea del sur, podrían sugerir que existen poblaciones separadas norte y sur de marlín rayado en el OPO. Sin embargo, la subárea del norte ha sido identificada como región de mezcla (Shomura, 1980; Yoshida, 1981) y una buena región de alimentación para el marlín rayado (Hanamoto, 1974). Por lo tanto, se esperaría que si la subárea del norte es una zona de crecimiento y cría, entonces la distribución de frecuencias de talla para esta subárea podría cambiar a tamaños menores a medida que se redujera el número de peces de mayor tamaño en la población.

Si las subáreas contienen poblaciones individuales, entonces se espera que las tendencias en las tasas de captura entre las subáreas serían significativamente diferentes, como resultado de diferencias en historial de explotación y parámetros de población. Esto valdría particularmente para una comparación de tendencias de subáreas hipotéticas la cual se supusiera que una fue pescada con suficiente intensidad como para causar un cambio significativo en la distribución de frecuencias de talla con el tiempo, mientras que la otra no demostró ningún cambio en el patrón. Se realizaron análisis de las tendencias en la captura por unidad de esfuerzo estandarizado (CPUEE: ver Sección 4.2) para subáreas potenciales del OPO para ver si apoyaban las indicaciones de estructura de la población sugeridas por Graves y McDowell (1994), y que se podrían postular a partir de las distribuciones decadales de frecuencia de talla. A fin de comparar poblaciones hipotéticas en subáreas cerca de Hawaii y México, se examinaron las tendencias en CPUEE para la región al norte de 14°N y al este de 125°O y aquella al norte de 14°N entre 140°O y 180° durante 1964-1998, y no se descubrió ninguna diferencia significativa (Figura 3.3.1). Además, a fin de comparar las poblaciones hipotéticas norte y sur, se examinaron las tendencias de la CPUEE al este de 150°O y al norte y sur de 10°N durante 1964-1998, y de nuevo no se descubrió ninguna diferencia significativa (Figura 3.3.1).

Considerando (1) que la hipótesis que el marlín rayado en el OPO pertenece a una sola población no fue rechazada con base en los análisis de las tasas de captura, (2) que la diferencia en las distribuciones de frecuencia de talla del norte y sur resultaron probablemente de un desplazamiento de peces pequeños a la zona para alimentarse y crecer (Hanamoto, 1974), (3) que el indicador de reclutamiento a la población en la distribución de frecuencia de talla coincide temporalmente con una indicación de abundancia creciente de tendencias en CPUEE para el OPO, (4) que los datos de marcado y el modelo de desplazamiento (Squire y Suzuki, 1990) para el marlín rayado en el Pacífico indican que individuos se mezclan libremente

te en el OPO, trasladándose grandes distancias de aguas costeras a aguas de altura y que cruzan el límite hipotético (Shomura, 1980) norte-sur de la población, y (5) que hay una falta de información clara sobre la estructura de la población en el OPO basada en análisis genéticos, los análisis de la condición de las poblaciones de marlín rayado en el OPO aquí presentados se basan en la hipótesis que provienen de una sola población.

4. EVALUACIÓN DE LAS POBLACIONES

4.1. Índices de abundancia y evaluaciones previas

Se calcularon previamente tendencias en las tasas de captura de marlín rayado en el OPO, usando datos de pesquerías palangreras, como captura por unidad de esfuerzo nominal (CPUE: Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1969a; Joseph *et al.*, 1974; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Skillman, 1989; Suzuki, 1989; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999). Skillman (1989) consideró que hubo una sola población en el Pacífico, y, usando datos de 1952-1984 en un modelo de producción de población, concluyó que “la pesquería en el Pacífico de marlín rayado está aparentemente todavía en etapa de desarrollo, y la pesquería todavía no se ha aproximado al nivel de RMS [rendimiento máximo sostenible].” Suzuki (1989) usó límites basados en tasas de captura para poblaciones norte y sur en la línea ecuatorial al oeste de 130°O y en 10°N al este de 130°O. Descubrió que para la población del norte hubo capturas sostenidas sobre un amplio rango de esfuerzo de pesca, y no hubo tendencia en la CPUE. De esto “infirió que el impacto de la pesca sobre la población del norte podría no ser suficientemente alto como para ser un factor dominante en cambios del tamaño de la población.” Para la población del sur, Suzuki (1989) usó datos de 1952-1985 y modelos de producción para estimar que el RMS de esta población era alrededor de 6.000 a 9.000 toneladas y que la pesquería estaba explotando la población a niveles cercanos al óptimo.

Holts y Prescott (2001; Figura 1b) presentan tasas de captura de marlín rayado por pescadores deportivos frente a Baja California. No hubo ninguna tendencia significativa en estas tasas de captura ($F = 0,7$, $p = 0,4$), que variaron entre unos 0,3 y 0,8 peces por día de pescador entre 1969 y 2000. Demuestran también que las tasas para pescadores deportivos frente al sur de California permanecieron también casi constantes, en menos de 0,2 peces por día de pescador, excepto unas tasas de aproximadamente 0,3 peces por día de pescador en 1985, y que las tasas de captura de pescadores en Hawaii aumentaron constantemente desde 1969 hasta 1986 y que desde entonces han seguido relativamente constantes en aproximadamente 0,1 peces por día de pescador.

4.2. Evaluación

Es problemático obtener una medida de esfuerzo estandarizado que tome en cuenta la variabilidad en el hábitat. El método de uso más común está limitado a la inclusión de lugar, hora, e índices ambientales como parámetros en modelos generales lineales o aditivos. Sin embargo, las escalas espacial y temporal son frecuentemente a nivel de períodos largos y cuencas oceánicas, bien mayores a las escalas de decorrelación de condiciones oceanográficas importantes al evento de pesca, que ocurren en el caso de pesquerías palangreras en unos 100 km y 1 día. Obtener una estandarización satisfactoria deviene un problema particular cuando, como suele ocurrir, los pescadores modifican sus artes y operaciones con el tiempo. Hinton y Nakano (1996) desarrollaron un método general pero estandarizar el esfuerzo usando información sobre las distribuciones de hábitat, especies y artes de pesca. El método ofrece una explicación directa de la variación espacial y temporal en las distribuciones, abordando así directamente los problemas creados por la condición normal de los datos obtenidos de pesquerías comerciales y deportivas. Se ha aplicado el método a los atunes patudo (Hampton *et al.*, 1998; Bigelow *et al.*, 2002) y aleta amarilla (Bigelow *et al.*, 1999), al marlín azul (Hinton, 2001; Kleiber *et al.*, en prensa), y al pez espada (Hinton y Deriso, 1998). Se presenta aquí una breve descripción del método; para información, más detallada y ecuaciones, véanse las aplicaciones y referencias en el mismo, y Hinton y Nakano (1996).

La eficacia del esfuerzo palangrero con respecto al marlín rayado es fuertemente afectada por la profun-

dididad de pesca del arte, generalmente configurada con grandes números de anzuelos y flotadores ampliamente separados para pescar a mayor profundidad en la columna de agua y capturar atún patudo, de gran valor comercial. Es por lo tanto importante que el esfuerzo palangrero estandarizado, usado en conjunto con datos de captura para estimar la abundancia, tome en consideración la profundidad del palangre y la relación entre esta profundidad y la preferencia de hábitat del marlín rayado. Se estimó la preferencia de hábitat del marlín rayado, en términos de pendientes de la temperatura ambiental (Brill *et al.*, 1993), juntando información de rastreos acústicos con datos de temperatura de la zona asociada, y reconociendo que la relación es conservada en peces de la misma especie en los ambientes oceánicos extremadamente diferentes de Hawaii y Baja California. Se estimó la distribución de los anzuelos en la columna de agua usando una curva catenaria modificada para representar la forma del palangre (Suzuki *et al.*, 1977). Aunque bajo condiciones de corte vertical fuerte de corrientes esta aproximación puede ser mejorada (ver Mizuno *et al.*, 1997; Mizuno *et al.*, 1998), se cree que brinda una aproximación bastante buena para la mayor parte del esfuerzo de pesca de los palangreros (Dr. Keisuke Mizuno, Coordinador de Investigación, Departamento de Desarrollo de Recursos, Agencia Pesquera de Japón, mayo de 2002, com. pers.). Se calcula el poder de pesca relativo de cada anzuelo como la proporción de tiempo pasado por el anzuelo individual medio en agua de una temperatura igual a o menor que la temperatura de la capa de mezcla. Se calcula entonces el esfuerzo efectivo como la suma del poder de pesca relativo de todos los anzuelos en un estrato. Se usan datos de esfuerzo de buques japoneses y mexicanos solamente en el modelo de estandarización, porque incluyen información sobre el número de anzuelos por canasta, y únicamente los datos de las pesquerías japonesas brindan una cobertura consistente sobre una zona extensa de la distribución del marlín rayado; además, representan la mayor parte del esfuerzo total en la mayoría de las regiones.

Para este documento se obtuvo el esfuerzo estandarizado para marlín rayado en 2° de latitud por 5° de longitud con resolución bimensual durante 1955-1998, usando el modelo basado en hábitat de Hinton y Nakano (1996).

Se supone generalmente que la captura por unidad de esfuerzo estandarizado (CPUEE) proporciona un índice relativo de abundancia. Sin embargo, ya que hay un número significativo de bimestres-zonas con esfuerzo de pesca pero sin captura retenida de marlín rayado (Tabla 4.2.1), se usó un modelo de distribución Δ (Pennington, 1996), ajustado con modelos lineales generales (MLG), para obtener la serie de índices de abundancia anual (IAA):

$$\ln(\text{CPUEE}) = \text{Año} + \text{Bimestre} + \text{Latitud} + \text{Longitud} + \text{Índices Ambientales} + \text{Interacciones}$$

y,

$$\text{CÍndice} = \text{Año} + \text{Bimestre} + \text{Latitud} + \text{Longitud} + \text{Índices Ambientales} + \text{Interacciones}$$

donde CÍndice \sim Binomial(0: sin captura retenida de marlín rayado; 1: captura retenida de marlín rayado). Los índices ambientales son los promedios bimensuales de las observaciones mensuales del Índice de Oscilación del Sur (IOS), y los Índices de Oscilación Extratropical Norte y Sur (ION e IOS*, Schwing *et al.*, en prensa). En el ajuste de los modelos se consideraron términos de interacción para los efectos principales significativos solamente. No se incluyó año en los términos de interacción, por lo que sus coeficientes proporcionan una medida directa del IAA como producto de la CPUEE y CÍndice anuales. Se estimó un nivel aproximado de confianza de 90% del IAA como el producto de los niveles superiores de confianza de 95% de la CPUEE y el CÍndice anuales del límite superior, y el producto de los límites inferiores para el límite inferior. Se ajustaron los modelos con S-PLUS 6 (MathSoft, Inc., Cambridge, MA, EE.UU.) ajustando primero al promedio, usando el procedimiento “mlg,” y luego usando la función “step” para realizar un procedimiento de ajuste por pasos para los efectos principales, seguido por ajustes por términos de interacción en casos indicados.

Para fines comparativos, se presentan en la Figura 4.2.1 los resultados de estandarizar la CPUEE y de estandarizar la CPUE usando un modelo de distribución Δ . En la estandarización de la CPUE el esfuerzo de pesca fue clasificado en cuatro niveles con base en el número de anzuelos por canasta (APC): Nivel 1:

$3 < APC < 8$; Nivel 2: $8 \leq APC < 12$; Nivel 3: $12 \leq APC < 16$; y Nivel 4: $APC \geq 16$. Para el período anterior a 1975, cuando se introdujeron los palangres profundos en el OPO, se consideró que todo el esfuerzo fue de Nivel 1 (Hinton y Nakano, 1996). Los datos de captura y esfuerzo usados fueron de 5° de latitud por 5° de longitud con resolución bimensual, y se incluyeron los parámetros ambientales a gran escala IOS, ION, e IOS*.

El modelo de poblaciones con retardos temporales de Deriso-Schnute (Quinn y Deriso, 1999) fue usado con datos de captura y esfuerzo de 1955-1998 del área al este de 150°O para investigar la dinámica de las poblaciones de marlín rayado en el OPO. El reclutamiento fue modelado con una curva de reclutamiento de Beverton-Holt (Ricker, 1975). El modelo fue ajustado usando tasas de supervivencia natural limitando el rango de estimaciones observadas (0,32, 0,74) obtenidas de la forma descrita en la Sección 3.1.4. Se estimó el coeficiente de crecimiento de Brody, usando los datos de marlín rayado de Skillman y Yong (1974), en 0,73. Se supuso que la capturabilidad fue constante durante el período entero. Los parámetros estimados fueron los de la curva de reclutamiento, capturabilidad, y errores de proceso en reclutamiento. Se supuso que la población estuvo en o cerca de niveles virgen antes de y durante el primer año cuyas capturas fueron registradas (1954). Se obtuvieron ajustes al modelo (Figuras 4.2.2a-c), usando *Solver* [Microsoft Excel 2000 (9.0 SR-1)].

Los resultados del ajuste del modelo (Figura 4.2.2) indican que el rendimiento máximo sostenible promedio (RMSP) es de unas 4.500 toneladas (rango: 4.300 a 4.700 toneladas) y que la biomasa de la población en 1988 fue aproximadamente lo que se esperaría en el RMSP (cociente $B/B_{RMSP} = 1$). Durante 1991-1998 la captura anual retenida media fue de unas 3.100 toneladas (rango: 2.600 a 3.900 toneladas). Las estimaciones preliminares de esta captura en 1999-2000 de unas 1.800 a 2.000 toneladas son del orden de la mitad del RMSP estimado. Durante este período (1998 fue el último año para el cual se dispuso de datos de esfuerzo estandarizado para este análisis), el cociente del esfuerzo estandarizado observado al esfuerzo que se espera produzca el RMSP en B_{RMSP} (F_{RMS} : unos 1,8 millones de anzuelos estandarizados) disminuyó progresivamente de aproximadamente 1,4 a 0,7. Durante este período el cociente de la biomasa anual estimada a la biomasa que soportaría el RMSP (B/B_{RMSP}) aumentó a una tasa anual media de un 0,064 de aproximadamente 0,62 a 1,07. Estimaciones preliminares del esfuerzo de pesca nominal en 2000-2001 demuestran disminuciones continuas en los anzuelos nominales pescados en el OPO, lo cual podría llevar a aumentos continuos en el cociente B/B_{RMSP} . Debido a la gran cantidad de información sobre la dinámica de la población contenida en la tendencia estandarizada de abundancia anual, los análisis de sensibilidad indicaron que estos resultados fueron estables a perturbaciones a través del rango entero de tasas de supervivencia natural (0,2 a 0,8) y coeficientes de crecimiento de Brody (0,40 a 0,95) probados.

5. CONDICION DE LA POBLACION

Los resultados citados indican que la población (o poblaciones) de marlín rayado en el OPO están en o cerca del nivel que se esperaría produciría el RMSP. Se espera que la tendencia decreciente en el esfuerzo de pesca estandarizado desde aproximadamente 1990-1991 hasta 1998 haya continuado durante 1999-2000, resultando en cocientes B/B_{RMSP} incrementados en esos años.

6. DIRECCIONES FUTURAS

6.1. Colección de información nueva y/o actualizada

Siguen presentes dudas sobre la estructura de la población de marlín rayado en el Pacífico. Se ha establecido un proyecto colaborativo de investigación en el que científicos de la CIAT, el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU. y el Instituto Nacional de Investigación de Pesquerías de Ultramar (NRIFSF) de Japón están examinando esta cuestión: se espera disponer de resultados a fines de 2002 o en 2003. Los datos de tasas de captura, distribución, y morfométricos sugieren que existen una ó dos poblaciones. Los análisis de datos genéticos publicados sugieren una población en el Pacífico suroccidental (Australia) pero no revelan la estructura de la población en la región central-oriental del Pacífico.

Los datos de marcado sugieren que ocurre cierto desplazamiento de individuos entrando y saliendo del OPO. Un análisis de tasas de captura estandarizadas para subáreas potenciales de poblaciones del OPO basado en el enfoque más sencillo, el de delineación estacionaria de los límites de las poblaciones, indica tendencias similares por toda la región, lo cual apoya la hipótesis de una sola población usada en este documento.

Sería de beneficio considerable para los análisis de evaluación mejor información sobre las tasas de crecimiento y mortalidad natural del marlín rayado. El crecimiento de la especie es sexualmente dimórfico, y estimaciones más precisas del tamaño a edad por sexo, con estimaciones de la captura retenida por sexo, incrementarían probablemente la confianza en los resultados. Estas mejoras precisarían un muestreo a bordo más amplio de datos biológicos, y mejoras de las técnicas para determinar la edad del marlín rayado.

Las estimaciones de extracciones totales de peces de una población son críticas para la evaluación de poblaciones. Existen capturas no documentadas y no reportadas de marlín rayado del OPO. Se han emprendido esfuerzos para incrementar el nivel de informes sobre la captura retenida realizada por pesquerías artesanales y comerciales a escala pequeña, y se está intentando obtener estimaciones de los componentes de las pesquerías palangreras a gran escala para los que no se dispone de datos en la actualidad. Se deberían proseguir enérgicamente estos esfuerzos. Se deberían también recabar datos mejores para las pesquerías deportivas. Una porción desconocida de los peces capturados por estas pesquerías es liberada, y una porción desconocida de los mismos muere.

6.2. Desarrollo del modelo de evaluación

El modelo basado en hábitat usado en las evaluaciones de atunes y peces picudos requiere información sobre la distribución de la población en el hábitat. Se ha establecido un proyecto de investigación, en el que colaboran científicos de la CIAT, el Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), NMFS, y NRIFS, para examinar la posibilidad de usar datos de grabadoras de hora y profundidad y horarios de anzuelos en conjunto con datos ambientales para estimar la distribución de las poblaciones de marlines rayado y azul, y de los atunes aleta amarilla y patudo, para usar en los modelos basados en hábitat para estandarizar el esfuerzo de pesca. Los resultados podrían brindar alternativas al uso de modelos fisiológicos para las distribuciones de las especies en las estandarizaciones. En casos posibles, se examinarán análisis de condición de poblaciones que incorporen información de modelos basados en grabadoras de temperatura y profundidad (*temperature-depth recorder*; TDR).

Los resultados preliminares de un modelo completamente integrado para la estandarización de tasas de captura y estimación de la dinámica de poblaciones son consistentes con los resultados presentados en este documento. Este modelo integrado incorpora una estandarización del esfuerzo que usa el modelo basado en hábitat de Hinton y Nakano (1996). Sin embargo, a diferencia de la aplicación del modelo de Hinton y Nakano (1996), el modelo de arte de pesca en el modelo integrado incorpora efectos de corrientes oceánicas y corte y efectos del cobrado de los anzuelos a través de la columna de agua. El modelo permite tratar las distribuciones de especies, artes de pesca, y hábitat como distribuciones previas, lo cual permite comprobar la sensibilidad de la estandarización a los distintos insumos al modelo. Además, el modelo integrado puede ser ajustado para permitir la incorporación de datos biológicos de las poblaciones estratificados espacial y temporalmente, y para parámetros de crecimiento dimórfico. Se prosiguen el desarrollo y pruebas de este modelo, y se espera poder aplicarlo al marlín rayado y otras especies.

Una vez terminados los proyectos colaborativos de investigación del uso de distribuciones de preferencia de hábitat y estructura de la población de marlín rayado basados en TDR, otro proyecto colaborativo entre la CIAT, NMFS, y NRIFS examinará la condición del marlín rayado usando MULTIFAN-CL (Fournier, *et al.*, 1998).

6.3. General

A medida que se disponga de más datos, se deberían actualizar estos análisis para asegurar que, si se desarrollan indicaciones que la condición de la población o poblaciones de marlín rayado ha deteriorado, se podría considerar y tomar acción de forma oportuna.

REFERENCES—REFERENCIAS

- Abitia, Leonardo A., Felipe Galván, and Arturo Muhlia. 1998. Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 33 (2): 277-290.
- Anonymous. 2002. Annual Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 2000: 171 pp.
- Barbieri, María Angela, Cristian Canales, Victor Correa, Miguel Donoso, Antonio González Casanga, Bernardo Leiva, Alejandra Montiel, and Eleuterio Yáñez. 1998. Development and present state of the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in Chile. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 77-88.
- Bedford, Dennis W., and Frederick B. Hagerman. 1983. The billfish fishery resource of the California Current. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Inves.*, 24: 70-78.
- Bigelow, Keith A., John Hampton, and Naozumi Miyabe. 1999. Effective longline effort within the yellowfin habitat and standardized CPUE. Secretariat of the Pacific Community, OFP, SCTB12 Working Paper YFT-3: 9 pp.
- Bigelow, Keith A., John Hampton, and Naozumi Miyabe. 2002. Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Fish. Oceanogr.* 11 (3): 143-155.
- Boggs, Christofer H. 1989. Vital rate statistics for billfish stock assessment. In Stroud, Richard H. (editor), *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond*. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 225-233.
- Boggs, Christofer H. 1992. Depth, capture time, and hook longevity of longline-caught pelagic fish: timing bites of fish with chips. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 90 (4): 643-658.
- Brill, R. W., D. B. Holts, R. K. C. Chang, S. Sullivan, H. Dewar, and F. G. Carey. 1993. Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands, determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents. *Mar. Biol.*, 117 (4): 567-574.
- Eldridge, Maxwell B., and Paul G. Wares. 1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 89-101.
- Fournier, David A., John Hampton, and John R. Sibert. 1998. MULTIFAN-CL: a length-based, age-structured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore, *Thunnus alalunga*. *Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci.*, 55 (9): 2105-2116.
- González Armas, Rogelio, Oscar Sosa-Nishikawa, René Funes Rodríguez, and Victor Andrés Levy Pérez. 1999. Confirmation of the spawning area of the striped marlin, *Tetrapturus audax*, in the so-called core area of the eastern tropical Pacific off Mexico. *Fish. Ocean.*, 8 (3): 238-242.
- Graves, John E., and Jan R. McDowell. 1994. Genetic analysis of striped marlin (*Tetrapturus audax*) population structure in the Pacific Ocean. *Canad. Jour. Fish. Aqua. Sci.*, 51 (8): 1762-1768.
- Hampton, John, Keith Bigelow, and Mark Labelle. 1998. A summary of current information on the biology, fisheries and stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Pacific Ocean, with recommendations for data requirements and future research. Secretariat of the Pacific Community, OFP Tech. Rep. 36: 46 pp.
- Hanamoto, Eiji. 1974. Fishery-oceanographic studies of the striped marlin, *Tetrapturus audax*, in waters off Baja California. I. Fishing conditions in relation to the thermocline. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 302-308.

- Hanamoto, Eiji. 1977a. Fishery oceanography of striped marlin—I. Fishing season, fishing ground and movement pattern of the fish in the southern Coral Sea. *Japan. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 43 (6): 649-657.
- Hanamoto, Eiji. 1977b. Fishery oceanography of striped marlin—II. Spawning activity of the fish in the southern Coral Sea. *Japan. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 43 (11): 1279-1286.
- Hanamoto, Eiji. 1978. Fishery oceanography of striped marlin—III. Relation between fishing ground of striped marlin and submarine topography in the southern Coral Sea. *Kanagawa Pref. Fish. Exper. Sta., Bull.*, 258: 19-26.
- Hanamoto, Eiji. 1979. Fishery oceanography of striped marlin—IV. Swimming layer in the tuna longline fishing grounds. *Japan. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 45 (6): 687-690.
- Hanan, Doyle A., David B. Holts, and Atilio L. Coan, Jr. 1993. The California drift gill net fishery for sharks and swordfish, 1981-82 through 1990-91. *Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull.*, 175: 95 pp.
- Hinton, Michael G. 2001. Status of blue marlin in the Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep.* 1: 284-319.
- Hinton, Michael G., and Richard B. Deriso. 1998. Distribution and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the eastern Pacific Ocean from catch and effort data standardized on biological and environmental parameters. *U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS* 142: 161-179.
- Hinton, Michael G., and Hideki Nakano. 1996. Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological, or behavioral constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 21 (4): 169-200.
- Holts, David. 2001. Striped marlin. *In* Leet, William S., Christopher M. Dewees, Richard Klingbeil, and Eric J. Larson (editors), *California's Living Marine Resources: a Status Report*, Calif. Dept. Fish Game: 334-335.
- Holts, David, and Dennis Bedford. 1990. Activity patterns of striped marlin in the Southern California Bight. *In* Stroud, Richard H. (editor), *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond*. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 225-233.
- Holts, David B., and Douglas W. Prescott. 2001. 2001 Billfish newsletter. Southwest Fisheries Science Center, NOAA/NMFS.
- Holts, David, and Oscar Sosa-Nishikawa. 1998. Swordfish, *Xiphias gladius*, fisheries of the eastern North Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS* 142: 65-76.
- Honma, Misao, and Tadao Kamimura. 1958. A population study of the so-called Makajiki (striped marlin) of both northern and southern hemispheres of the Pacific. II. Fishing conditions in the southern hemisphere. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.* 8: 12-21.
- Howard, John K., and Shoji Ueyanagi. 1965. Distribution and relative abundance of billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean. *Univ. Miami, Inst. Mar. Sci., Studies in Tropical Oceanography*, 2: 134 pp.
- Ito, Russell, Y., Robert A. Dollar, and Kurt E. Kawamoto. 1998. The Hawaii-based longline fishery for swordfish, *Xiphias gladius*. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS* 142: 77-88.
- Joseph, James, Witold L. Klawe, and Craig J. Orange. 1974. A review of the longline fishery for billfishes in the eastern Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675* (2): 309-331.
- Kamimura, Tadao, and Misao Honma. 1958. A population study of the so-called Makajiki (striped marlin) of both northern and southern hemispheres of the Pacific. I. Comparison of external

- characters. Rep. Nankai Reg. Fish. Lab. 8: 1-11.
- Kleiber, Pierre, Michael G. Hinton, and Yuji Uozumi. (In Press). Stock assessment of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the Pacific with Multifan-CL. Mar. Freshwat. Res.
- Koto, Tsutomu. 1963. Some considerations on the growth of marlins, using size frequencies in commercial catches. III. Attempts to estimate the growth of striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi) in the western north Pacific Ocean. Nankai Rep. Fish. Res. Lab., Rep., 17: 63-85.
- Kume, Susumu, and James Joseph. 1969a. The Japanese longline fishery for tunas and billfish in the eastern Pacific Ocean east of 130°W, 1964-1966. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 13 (2): 275-418.
- Kume, Susumu, and James Joseph. 1969b. Size composition and sexual maturity of billfishes caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 2: 115-162.
- Kume, Susumu, and Milner B. Schaefer. 1966. Studies of the Japanese long-line fishery for tuna and marlin in the eastern tropical Pacific Ocean during 1963. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 11 (3): 101-170.
- Matsumoto, Walter M., and Thomas K. Kazama. 1974. Occurrence of young billfishes in the central Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 238-251.
- McKinnell, Skip, and Brenda Waddell. 1993. Associations of species caught in the Japanese large scale pelagic squid driftnet fishery in the central North Pacific Ocean: 1988-1990. Inter. North Pacif. Fish. Comm., Bull., 53 (1): 91-109.
- Miyabe, Naozumi, and William H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 19 (1): 1-163.
- Mizuno, Keisuke, Makoto Okazaki, and Naozumi Miyabe. 1998. Fluctuation of longline shortening rate and its effect on underwater longline shape. Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish. 35: 155-164.
- Mizuno, Keisuke, Makoto Okazaki, Hideki Nakano, and Hiroshi Okamura. 1997. Estimation of underwater shape of tuna longline by using micro-BTs. Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish. 34: 1-24.
- Murphy, T. C., and G. T. Sakagawa. 1977. A review and evaluation of natural mortality rates of tunas. Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 6 (1): 117-123.
- Nakamura, Izumi. 1985. Billfishes of the world. FAO Fish. Synop. 5(125): 65 pp.
- Nakano, Hideki, and William H. Bayliff. 1992. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (5): 183-355.
- Nakano, Hideki, Keisuke Okada, Yoh Watanabe, and Koji Uosaki. 1993. Outline of the large-mesh driftnet fishery of Japan. Inter. North Pacif. Fish. Comm., Bull., 53 (1): 25-37.
- Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi, and S. Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956-1981. Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 12: 99 pp.
- Nishikawa, Y., S. Kikawa, M. Honma, and S. Ueyanagi. 1978. Distribution atlas of larval tunas, billfishes, and selected species--results of larval surveys by R/V Shunyo Maru and Shoyo Maru (1956-1975). Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 9: 99 pp.
- Pauly, Daniel. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperatures in 175 fish. Cons. Inter. Explor. Mer, Jour., 39 (2): 175-192.
- Pennington, Michael. 1996. Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 94: 498-505.
- Ponce Díaz, Germán, Sofía Ortega García, and Pedro G. González Ramírez. 1991. Analysis of sizes and

- weight-length relation of the striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) in Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 17 (4): 69-82.
- Quinn, Terrance J., and Richard B. Deriso. 1999. *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press, New York: 542 pp.
- Ricker, William E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 382 pp.
- Sakagawa, Gary T. 1989. Trends in fisheries for swordfish in the Pacific Ocean. In Stroud, Richard H. (editor), *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond*. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 61-79.
- Schwing, F. B., T. Murphree, and P. Green. (In Press) A climate index for the Northeast Pacific. *Progress in Oceanography*.
- Shingu, Chiomi, Patrick K. Tomlinson, and Clifford L. Peterson. 1974. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 16 (2): 65-230.
- Shiohama, Toshio. 1969. A note on the marlins caught by the tuna longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 1: 5-34.
- Shomura, Richard S. (ed). 1980. Summary report of the billfish stock assessment workshop Pacific resources, Honolulu Laboratory, Southwest Fisheries Center, Honolulu, Hawaii, 5-14 December, 1977. U.S. Dept. Commerce, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-5: 58 pp.
- Skillman, R. A. 1989. Status of Pacific billfish stocks. In Stroud, Richard H. (editor), *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond*. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 179-195.
- Skillman, Robert A., and Marian Y. Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2): 126-137.
- Skillman, Robert A., and Marian Y. Y. Yong. 1976. von Bertalanffy growth curves for striped marlin, *Tetrapturus audax*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, in the central North Pacific Ocean. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., *Fish. Bull.*, 74 (3): 553-566.
- Squire, James L., Jr. 1974a. Catch distribution and related sea surface temperature for striped marlin (*Tetrapturus audax*) caught off San Diego, California. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 188-193.
- Squire, James L., Jr. 1974b. Migration patterns of Istiophoridae in the Pacific Ocean as determined by cooperative tagging programs. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 226-237.
- Squire, James L., Jr. 1983. Weight frequencies for striped marlin, *Tetrapturus audax*, caught off Southern California. *Mar. Fish. Rev.*, 45 (7-9): 63-67.
- Squire, James L., Jr. 1985. Relationship of sea surface temperature isotherm patterns off northwestern Mexico to the catch of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off Southern California. *Mar. Fish. Rev.*, 47 (3): 43-47.
- Squire, James L. 1987a. Striped marlin, *Tetrapturus audax*, migration patterns and rates in the northeast Pacific Ocean as determined by a cooperative tagging program: its relation to resource management. *Mar. Fish. Rev.*, 49 (2): 26-43.
- Squire, James L. 1987b. Relation of sea surface temperature changes during the 1983 El Niño to the

- geographical distribution of some important recreational pelagic species and their catch temperature parameters. *Mar. Fish. Rev.*, 49 (2): 44-57.
- Squire, James L., and Ziro Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific Ocean. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 67-80.
- Suzuki, Ziro. 1989. Catch and fishing effort relationships for striped marlin, blue marlin and black marlin in the Pacific Ocean, 1952 to 1985. In Stroud, Richard H. (editor), Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 165-177.
- Suzuki, Ziro, Yukio Warashina, and Masamichi Kishida. 1977. The comparison of catches y regular and deep longline gears in the western and central equatorial Pacific. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 15: 51-89.
- de Sylva, Donald P. 1974. A review of the world sport fishery for billfishes (Istiophoridae and Xiphiidae). *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2)*: 12-33.
- Talbot, Gerald B., and Paul G. Wares. 1975. Fishery for billfish off southern California and Mexico. *Amer. Fish. Soc., Trans.*, 104 (1): 1-12.
- Ueyanagi, Shoji, Richard S. Shomura, Yoh Watanabe, and James L. Squire. 1989. Trends in he fisheries for billfishes in the Pacific. In Stroud, Richard H. (editor), Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 31-45.
- Uosaki, Koji. 1998. Standardized CPUE of North Pacific swordfish, *Xiphias gladius*, in the Japanese large-mesh driftnet fishery. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142*: 125-131.
- Uosaki, Koji, and William H. Bayliff. 1999. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 21 (6): 273-488.
- Uozumi, Yuji, and Koji Uosaki. 1998. Review of the Japanese swordfish, *Xiphias gladius*, fisheries in the Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142*: 133-146.
- Vojkovich, Marija, and Kristine Barsky. 1998. The California-based longline fishery for swordfish, *Xiphias gladius*, beyond the U.S. exclusive economic zone. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142*: 147-152.
- Yoshida, Howard O. 1981. Status report: striped, blue, and black marlin. In: Status Reports on World Tuna and Billfish Stocks. Rep. of the Tuna Research Workshop, Dec. 15-17, 1980, San Clemente California, USA. *NOAA-TM-NMFS-SWFC-15*: 277-300.