

STATUS OF BLUE MARLIN IN THE PACIFIC OCEAN

by

Michael G. Hinton

CONTENTS

1. Executive summary.....	284
2. Data.....	284
3. Assumptions and parameters	286
4. Stock assessment.....	287
5. Stock status	289
6. Future directions	289
Figures	290
Tables.....	303
References.....	317

The best knowledge currently available (Section 3.3) indicates that blue marlin constitutes a single world-wide species, and that there is a single stock of blue marlin in the Pacific Ocean. Accordingly, when available, information on blue marlin for all parts of the Pacific Ocean is presented in this report.

1. EXECUTIVE SUMMARY

The best knowledge currently available indicates that blue marlin constitutes a single world-wide species and that there is a single stock of blue marlin in the Pacific Ocean.

Blue marlin are taken by longline vessels of many nations which fish for tunas and billfishes between about 50°N and 50°S. Lesser amounts are taken by recreational fisheries and by various commercial surface fisheries.

Small numbers of blue marlin have been tagged, mostly by recreational fishermen, with conventional tags. A few of these fish have been recaptured long distances from the locations of release. In addition, blue marlin have been tagged with acoustical tags and their activities monitored for short periods.

Blue marlin usually inhabit regions where the sea-surface temperatures (SSTs) are greater than 24°C, and they spend about 90 percent of their time at depths in which the temperatures are within 1° to 2° of the SSTs.

The Deriso-Schnute delay-difference population dynamics model, a form of the production model, was used to assess the status of the blue marlin stock in the Pacific Ocean. Data for the estimated annual total catches (in metric tons) for 1951-1997 and standardized catch rates developed from catch and nominal fishing effort data for the Japanese longline fishery for 1955-1997 were used. It was concluded that the blue marlin stock in the Pacific is in a healthy condition, with the current level of biomass and fishing effort near the levels required to maintain the average maximum sustained yield.

2. DATA

2.1. Definitions of the fisheries

2.1.1. Longline fisheries

Longline vessels of Australia, Chile, China, the Cook Islands, the Federated States of Micronesia, Fiji, French Polynesia, Indonesia, Japan, the Philippines, Mexico, New Caledonia, New Zealand, Papua New Guinea, the Republic of Korea, Samoa, the Solomon Islands, Taiwan, Tonga, the United States (including its territories), and Vanuatu fish for tunas and billfishes in the Pacific Ocean (Sakagawa, 1989; Ueyanagi *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1994; Barbieri *et al.*, 1998; Caton *et al.*, 1998; Holts and Sosa-Nishizaki, 1998; Ito *et al.*, 1998; Uozumi and Uosaki, 1998; Lawson, 1998) between about 50°N and 50°S.

2.1.2. Harpoon fisheries

Harpoon fisheries, which take various species of billfishes, including blue marlin, operate in coastal waters of Japan (Ueyanagi *et al.*, 1989; Uozumi and Uosaki, 1998), Taiwan (Sakagawa 1989), and the United States (Coan *et al.*, 1998). Marlins caught by harpooning cannot be legally landed in California, however.

2.1.3. Recreational fisheries

Recreational fisheries for billfishes are pursued relatively close to shore in various areas, notably the United States (Hawaii, Southern California, and territories in the western Pacific), Mexico, Central America, the Society Islands, New Zealand, and Australia (de Sylva, 1974; Anonymous, 2000a).

2.1.4. Other surface fisheries

Few billfishes have been observed in the catches of the baitboat fisheries of the western Pacific Ocean (WPO) (Bailey *et al.*, 1996) or the EPO. Billfishes, particularly marlins, are occasionally taken by purse-seine vessels fishing for tunas in the WPO (Bailey *et al.*, 1996) and the EPO (Anonymous, 2000b: Table 40).

Billfishes, including marlins, are also taken in gillnet fisheries in the WPO (Ueyanagi *et al.*, 1989) and in the EPO off Mexico and California, USA. Marlins caught by commercial gear cannot be legally landed in California, however.

2.2. Catch and effort data

2.2.1. Commercial fisheries

Most catch of blue marlin is made by longline fisheries which direct their effort primarily at bigeye and yellowfin tuna. Lesser amounts of blue marlin are or have been caught by the other fisheries described in Section 2.1. Data on the total commercial catches of blue marlin in the Pacific Ocean are shown in Table 2.2.1a. The estimated annual catches of blue marlin by purse seines in the EPO are given in Table 2.2.1b.

The distributions of total nominal fishing effort by longline vessels of French Polynesia, Japan, the Republic of Korea, and Taiwan are shown in Figures 2.2.1.a-2.2.1d.

2.2.2. Recreational fisheries

Comprehensive data on the recreational fishing effort for billfishes and the recreational catches of blue marlin are not available, though some information is obtained on a voluntary basis from fishermen participating in the International Billfish Angler Survey (Anonymous, 2000a). Locations of recreational fisheries for which blue marlin is identified as the principal species in the catch, and the reported effort and catch rates of billfishes, are shown in Table 2.2.2.

2.3. Size composition data

2.3.1. Longline fisheries

Length-frequency data, as proportions of the total numbers of fish sampled, for blue marlin caught by Japanese longline vessels in the Pacific Ocean during 1970-1997 are shown in Figure 2.3.1.

2.3.2. Purse-seine fisheries

Length-frequency data, as proportions of the total numbers of fish sampled, for blue marlin caught by purse-seine gear in the EPO are shown in Figure 2.3.2.

3. ASSUMPTIONS AND PARAMETERS

3.1. Biological and demographic information

3.1.1. Growth

The growth of blue marlin in the Pacific Ocean was studied by Skillman and Yong (1976), who used length-frequency data and two different models to estimate the von Bertalanffy growth parameters for this species. The first model fits the data for lengths of fish of assumed ages, whereas no assumptions about age are made in fitting the second model. Their estimates of the parameters of the von Bertalanffy growth equation are shown in Table 3.1.1a, and estimates of the lengths at age obtained from these equations are shown in Table 3.1.1b.

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

3.1.2. Reproduction

Information on the reproduction of blue marlin in the Pacific Ocean is given by Nishikawa *et al.* (1985), Hopper (1990), Nakano and Bayliff (1992) and the references cited therein, and Uosaki and Bayliff (1999). Blue marlin larvae appear to be scarce east of 140°W, and most abundant west of 150°W (Nishikawa *et al.* 1985), although this could be an artifact of sampling. Gonad indices of female blue marlin plotted against their lengths are shown in Figure 3.1.2. (Females with gonad indices of 3.1 or greater were considered to be mature by Shiohama (1969) and Kume and Joseph (1969), and that convention was followed by Miyabe and Bayliff (1987), Nakano and Bayliff (1992), and Uosaki and Bayliff (1999).)

3.1.3. Movement

There has been insufficient tagging of blue marlin to determine its patterns of movement in the Pacific, though some data are available. The principal source of data on movements of blue marlin tagged with conventional tags is the cooperative International Game Fish Tagging Program (Anonymous, 2000a). Most of the recaptures of tagged fish have been made near the release location, though trans-basin and trans-oceanic (Pacific Ocean to Indian Ocean) movements have been documented (Figures 3.1.3a and 3.1.3b). In addition, there have been studies of movements on small spatial and temporal scales using acoustic tags (Holland *et al.*, 1990; Block *et al.*, 1992), and it is anticipated that archival and/or pop-up tag technology will provide valuable information in the future. Movements consistent with the limited data from tag returns have also been described using various indicators of relative abundance (Anraku and Yabuta, 1959; Howard and Ueyanagi, 1965; Hinton and Nakano, 1996).

3.1.4. Natural mortality

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

3.2. Environmental influences

Nakamura (1985) stated that blue marlin inhabit surface and sub-surface waters of the open ocean, most often where the sea-surface temperatures (SSTs) are greater than 24°C. Hinton and Nakano (1996: Table 1), who used acoustic tagging data, found that blue marlin spend about 90 percent of their time in waters with temperatures within 1° to 2°C of the SSTs. After examining distributions of SSTs and catches of blue marlin, Hinton and Uozumi (1999) and Anonymous (2000b) included 5° latitude by 5° longitude areas with average SSTs equal to or greater than 20°C in analyses to estimate the effective fishing effort for blue marlin.

3.3. Stock structure

Biological (Graves and McDowell, 1995) and fishery data indicate that there is a single stock of blue marlin in the Pacific Ocean.

4. STOCK ASSESSMENT

4.1. Indices of abundance

Indices of abundance of the blue marlin population in the Pacific Ocean, or parts of it, have been calculated by Ueyanagi *et al.* (1989), Suzuki (1989), Skillman (1989), Hinton and Nakano (1996), Uosaki and Bayliff (1999), and Hinton and Uozumi (1999) (Figures 4.1a-4.1g). The data of Ueyanagi *et al.* (1989) show considerable variation in the catches per 100 boat hours for the Hawaiian International Billfish Tournament, with an increasing trend from 1962 to 1985. The data of Suzuki (1989), Skillman (1989), and Uosaki and Bayliff (1999) show sharply decreasing catches per nominal hook for the longline fishery after the mid-1950s. Using the method of Hinton and Nakano (1996), they and Hinton and Uozumi (1999) found that the standardized catch rates of blue marlin decreased from the mid-1950s to the mid-1970s, but have generally increased from the mid-1970s to 1997.

4.2. Assessment models

Three general types of models, age-structured models, spawner-recruit models, and production models, all of which are described by Anonymous (2000b: 51-65), are used to assess the condition of stocks of fish. All three types of models require that the analyses be done with a discrete stock of fish. As stated in Section 3.3, the blue marlin of the Pacific Ocean appear to belong to a single stock.

It was concluded from production model analysis of data for 1952-1975 (Yuen and Miyake, 1980) that blue marlin in the Pacific Ocean were being overfished, and that the fishing effort in 1975 was about twice that which would maintain the stock at the level which would produce the average maximum sustainable yield (AMSY). A subsequent analysis (Suzuki, 1989), based on data for 1952-1985, indicated that, in contrast to the earlier report, determination of the status of the stock with respect to an arbitrary level, such as AMSY, was not possible. He concluded, however, that because the nominal catch rates showed further declines during the 1975-1985 period, an increase in fishing effort beyond the earlier levels "would not be favorable to the blue marlin stock."

The data required to estimate the status of a species of fish with respect to the effects of fishing should span several generations. In the case of blue marlin, which may live relatively long periods, data should be collected over a period of decades. This introduces complications to stock assessment because the fisheries from which the data are obtained undergo changes as the fishermen change their vessels, gear, and strategies in attempts to maximize the net value of their catches.

The principal targets of the longline fisheries are bigeye and yellowfin tuna, particularly the former. During the 1970s deep longlines, which may be more effective for catching bigeye, were introduced into the western equatorial Pacific, and by 1980 were the predominant type of longline gear throughout the equatorial Pacific Ocean (Miyabe and Bayliff, 1987: 17-20). Blue marlin spend the majority of their time near the surface in waters within 1° to 2°C of the local sea-surface temperature (Section 3.2). The use of deep longlines results in relatively fewer hooks being in the warmer, shallower portion of the water column where blue marlin are found.

Data for the offshore and distant-water longline fisheries of Japan were used to create nominal and standardized fishing effort series for 1955-1997. The data were tabulated by years, bimonthly periods within years, and 5-degree by 5-degree areas. Data for year-bimonthly period-5-degree area strata with less than 20,000 hooks of nominal fishing effort were not used. In addition, since the longline fishery is more widely distributed than are blue marlin, it is important to exclude data for fishing effort which occurs outside the range of that species; therefore areas for inclusion in the analyses were restricted based

on average SSTs (Section 3.2). Estimates of the total effective fishing effort by year were calculated from the nominal effort data by the method described by Hinton and Nakano (1996).

Estimates of the annual catches, in metric tons, of blue marlin taken by the Japanese offshore and distant-water longline fisheries are available for 1971-1997. For the 1955-1970 period, however, the catches by these fisheries are available only in numbers of fish. The standardized catch rates for these two fisheries for the 1971-1997 period, in weight of fish caught per hook, were estimated by dividing the catches by the standardized effort. Then the total catches (all fisheries of all nations) were divided by the standardized catch rates for the Japanese vessels to obtain estimates of the total standardized effort. It was necessary to examine several possible relationships between the catches of the Japanese offshore and distant-water fisheries and those of all Japanese fisheries to estimate the standardized fishing effort for the 1955-1970 period. Three scenarios for the relationship between the weight of the catches made by these longline fisheries and the total weight of the catches of blue marlin by the Japanese fisheries were considered in modeling the catch rates for the 1955-1970 period. It should be noted that by 1955 the longline fisheries of Japan were widely distributed over the western and central Pacific, and by 1961 had extended as far eastward as 84°W in the eastern Pacific Ocean (Suda and Schaefer, 1965: Figure 1). During the 1971-1997 period there was no significant trend in the relationship between the catches of the offshore and distant-water longline fisheries and those of all Japanese fisheries, with the catches by the offshore and distant-water fisheries averaging about 75 to 80 percent of the catches of all Japanese fisheries. For the first scenario, therefore, it was assumed that the percentage of the total Japanese catch taken by these two fisheries increased linearly from 40 percent of the total catch in 1955 to 75 percent of the total catch in 1970. In the second scenario it was assumed that the percentage of the total Japanese catch taken by the two fisheries remained constant over the 1955-1970 period. In the third scenario, which provides the lower bound for the total standardized effort during the period, it was assumed that all of the catch by the Japanese fisheries during 1955-1970 was made by the offshore and distant-water longline fisheries. In each of the scenarios the total standardized effort and the catch rates for the 1971-1997 period were based on the known weights of the catches by the longline fisheries.

The Deriso-Schnute delay-difference population model (Quinn and Deriso, 1999: 212-218), a form of production model, was used with the total catch data for 1951-1997 and the estimated total annual effort for 1955-1997, developed from the total catch data and the catch rates obtained with the three scenarios described above. Blue marlin exhibit significant sexual dimorphism, and it is believed that the natural mortality rates for males and females are different (Boggs, 1989). Data on the catches by sex are not available, so the Deriso-Schnute model growth-in-weight parameter (ρ) was estimated for both males and females by linear approximations to weights at age obtained with length-at-age estimates (Skillman and Yong, 1976) and a weight-length relationship for the central Pacific (Table 3.1.1c). ρ ranged from 0.95 for males to 0.99 for females, so values across this range were used in fitting the model. The model was also fit across a range of expected natural survival rates ($S = 0.57-0.81$; Boggs, 1989).

Representative results obtained from the Deriso-Schnute model, with and without process error, which is error arising from the modeling of biological processes such as growth and survival within the model, are presented in Table 4.2a, and estimates and 95-percent confidence limits of AMSY, AMSY-Effort, and B-ratio are shown in Table 4.2b.

4.3. Sensitivity to assumptions

It can be seen in Table 4.2a that the results of AMSY and associated effective effort, and the ratio of current biomass to biomass expected at AMSY, are sensitive to the natural survival rates used in the calculations. They are also sensitive to the scenario used to estimate the relationship between the catches of the offshore and distant-water longline fisheries to those of all Japanese fisheries (Section 4.2). However, the results are relatively insensitive to values of ρ in the range of 0.93 to 1.0, and a value of $\rho = 0.965$ was used in the final analyses.

5. STOCK STATUS

In 1951-1952 the annual catch of blue marlin in the Pacific Ocean was about 11,000 metric tons (mt). As the fisheries for tunas expanded during the following years, the catches of blue marlin rapidly increased, reaching about 23,000 mt by 1956-1957 and 38,000 mt by 1962-1963. This period of rapid increase was followed by a period of rapid decrease, to about 11,000 mt by 1971. During the 1951-1971 period the configuration of the longlines remained relatively unchanged, making what are now considered to be relatively shallow sets. Beginning in the 1970s, however, vessels of Japan began deploying longlines in which many of the hooks fished deeper in the water column, out of the habitat range of blue marlin. During the 1971-1975 period the average annual catch of blue marlin was about 12,300 mt. The catches then began to increase slowly, reaching about 19,000 mt in 1980, and then averaging about 18,400 mt annually during the 1980s. Under scenario 1, considered most likely to represent the changes in the distribution of total catch in the fishery during 1955-1970, the total annual standardized effort averaged about 41 million standardized hooks during 1955-1956. By 1959 it had reached about 60 million standardized hooks, and during the 1959-1963 period it averaged about 61 million standardized hooks annually. During the 1964-1969 period the average annual standardized effort dropped to about 49 million standardized hooks, which was still about 18 percent greater than that during 1955-1956. The annual standardized effort during the 1970s and the 1980s averaged about 44 and 37 million standardized hooks, respectively.

During the last five years the average total catch of blue marlin has been about 21,000 mt (range: 17,300 to 24,000 mt), and the annual average effort 30.2 million standardized hooks (range: 22.5 to 38.5 million). The averages of the estimates of the AMSY from fitting the full model ranged from about 17,400 mt for scenario 2 to 19,100 mt for scenario 1, with AMSY-Efforts of about 34.5 to 65.0 million standardized hooks, respectively. The ratio of the estimated 1997 biomass to the biomass expected at AMSY from fitting the full model with process error ranged from about 1.0 to 1.3 for scenario 2 and about 1.6 to 1.9 for scenario 1.

Finally, considering scenario 3, which provides the lower bound on total annual standardized effort during 1955-1970, the estimated AMSY from fitting the model with and without process error was about 18,000 mt with AMSY-Effort between about 26 and 30 million standardized hooks. The ratio of the estimated 1997 biomass to the biomass expected at AMSY was between about 0.7 and 0.8. This scenario is included, not as a realistic alternative, but as a lower bound to what would be the case if the offshore and distant-water fisheries accounted for a greater percentage of the total catch than considered reasonable.

The estimates and 95-percent confidence limits of AMSY and associated effective effort, and of the biomass ratios, for scenarios 1 and 2 are shown in Table 4.2b. These limits were obtained by conditioning the likelihood function on AMSY. The results obtained under scenario 2 provided a significantly better fit than did those obtained under scenario 1 at both levels of S (for each level, $\chi^2(1), p = 0.02$).

Based on these analyses, it is considered that the blue marlin stock in the Pacific is in a healthy condition, with the current levels of biomass and fishing effort near the levels required to maintain the AMSY.

6. FUTURE DIRECTIONS

6.1. Collection of new and/or updated information

As more data become available these analyses should be updated.

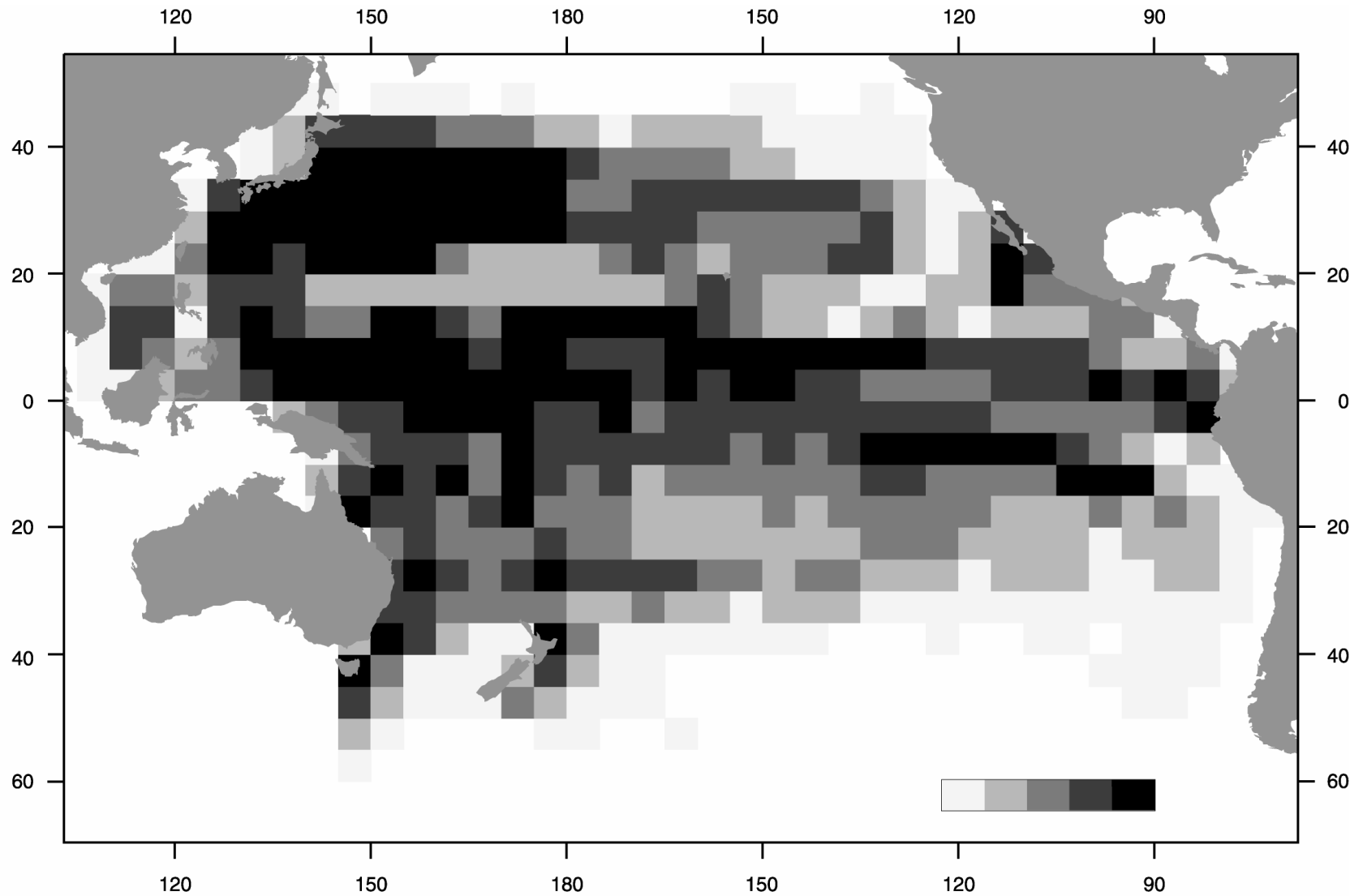


FIGURE 2.2.1a. Distribution of the nominal numbers of hooks fished by longline vessels of French Polynesia, Japan, the Republic of Korea, and Taiwan during the 1960s. The five shades indicate values in the first through fifth quintiles.

FIGURA. 2.2.1a. Distribución del número nominal de anzuelos calados por buques palangreros de Polinesia Francesa, Japón, Corea, y Taiwan durante la década de 1960. Los cinco sombreados indican valores en los quintales 1 a 5.

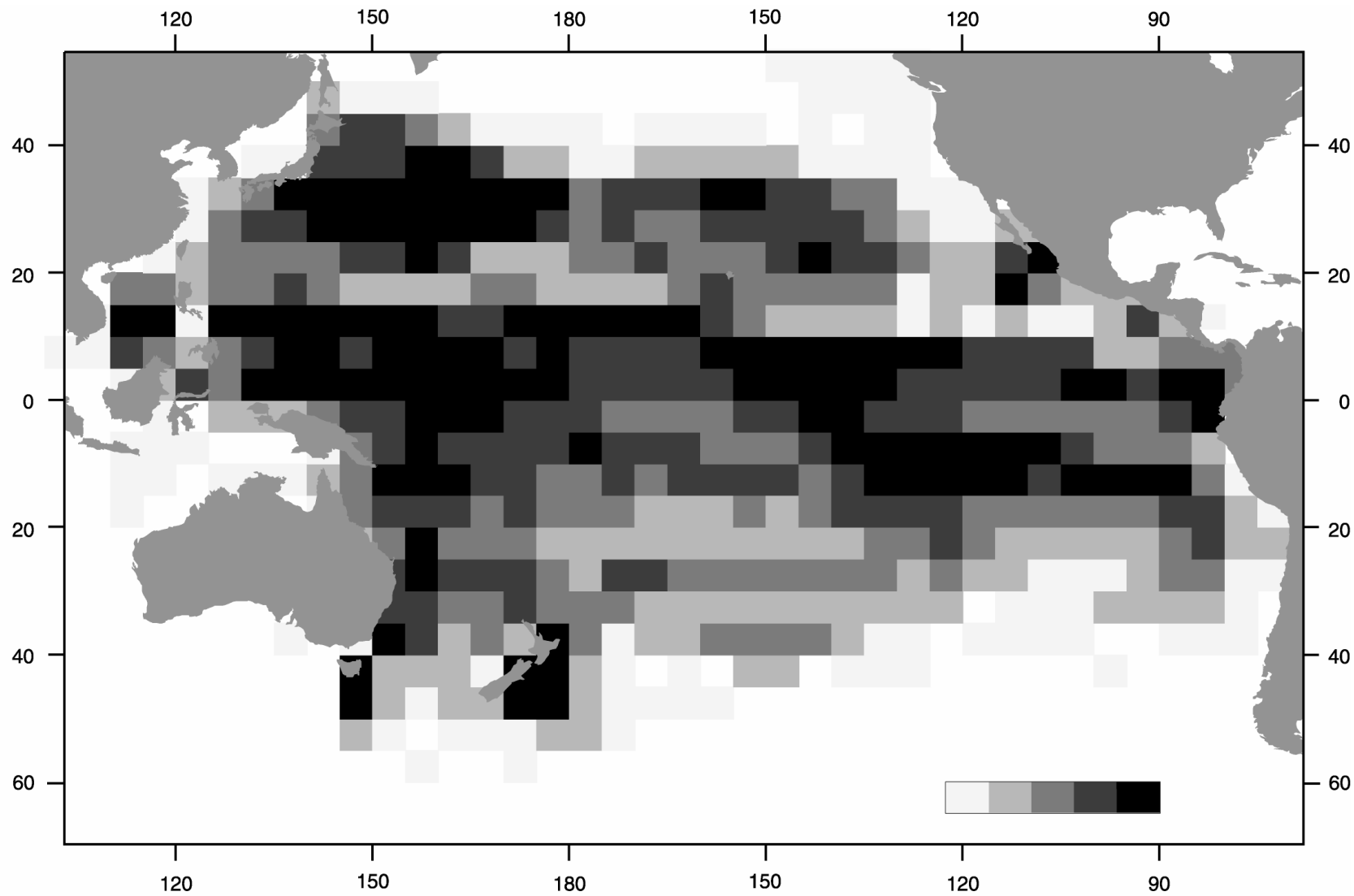


FIGURE 2.2.1b. Distribution of the nominal numbers of hooks fished by longline vessels of French Polynesia, Japan, the Republic of Korea, and Taiwan during the 1970s. The five shades indicate values in the first through fifth quintiles.

FIGURA. 2.2.1b. Distribución del número nominal de anzuelos calados por buques palangreros de Polinesia Francesa, Japón, Corea, y Taiwan durante la década de 1970. Los cinco sombreados indican valores en los quintales 1 a 5.

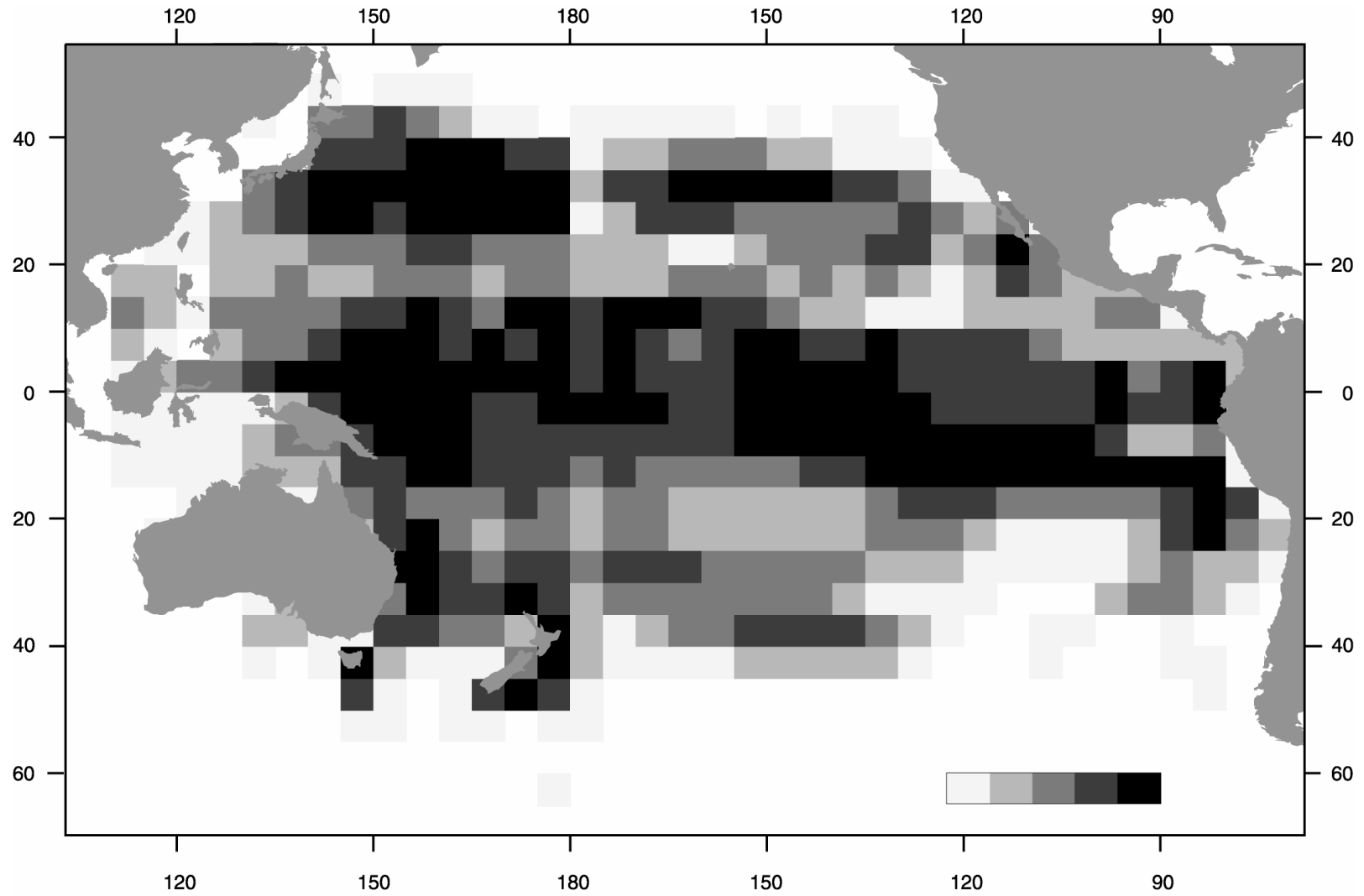


FIGURE 2.2.1c. Distribution of the nominal numbers of hooks fished by longline vessels of French Polynesia, Japan, the Republic of Korea, and Taiwan during the 1980s. The five shades indicate values in the first through fifth quintiles.

FIGURA. 2.2.1c. Distribución del número nominal de anzuelos calados por buques palangreros de Polinesia Francesa, Japón, Corea, y Taiwan durante la década de 1980. Los cinco sombreados indican valores en los quintales 1 a 5.

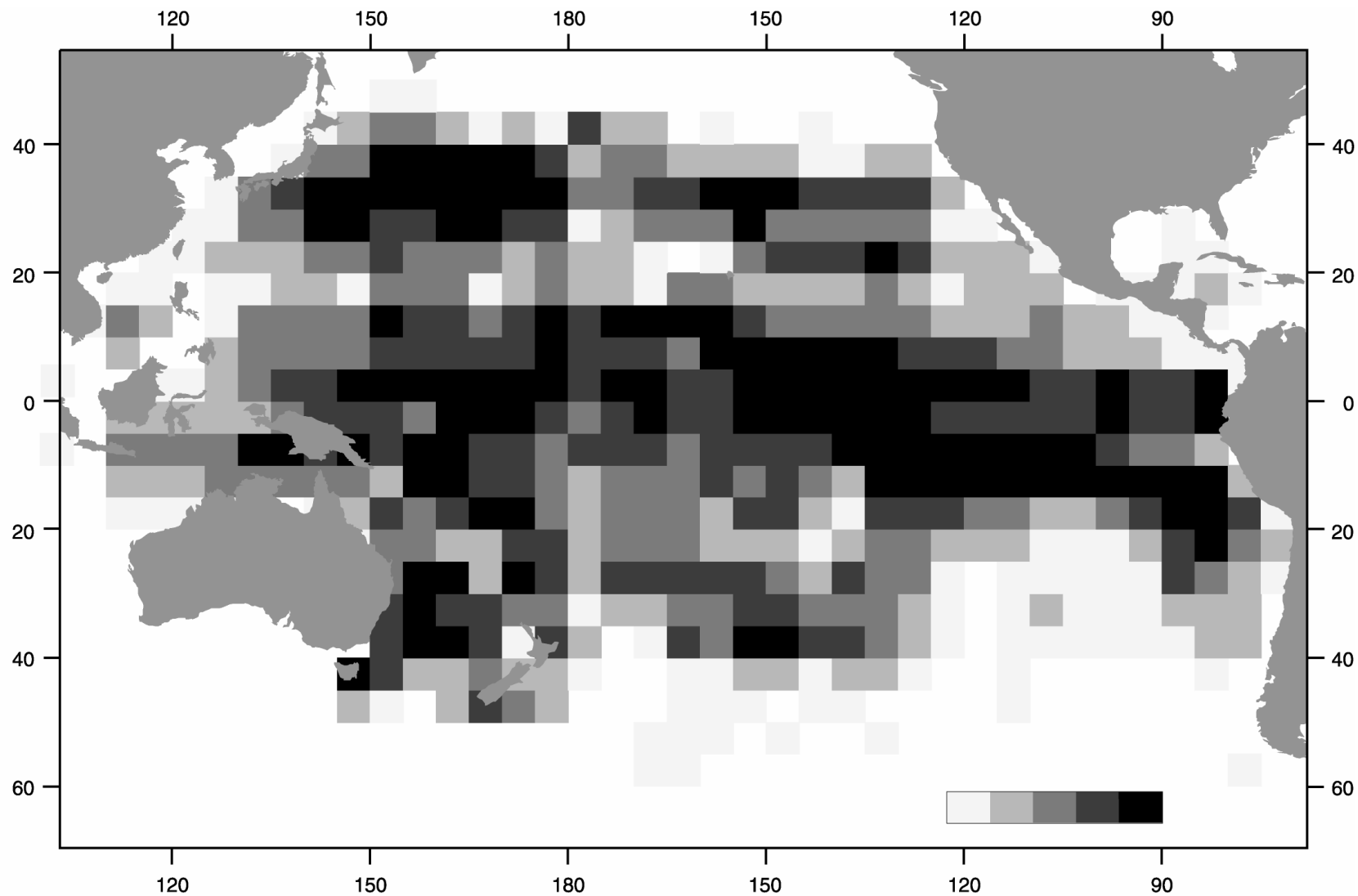


FIGURE 2.2.1d. Distribution of the nominal numbers of hooks fished by longline vessels of French Polynesia, Japan, the Republic of Korea, and Taiwan during the 1990s. The five shades indicate values in the first through fifth quintiles.

FIGURA. 2.2.1d. Distribución del número nominal de anzuelos calados por buques palangreros de Polinesia Francesa, Japón, Corea, y Taiwan durante la década de 1990. Los cinco sombreados indican valores en los quintales 1 a 5.

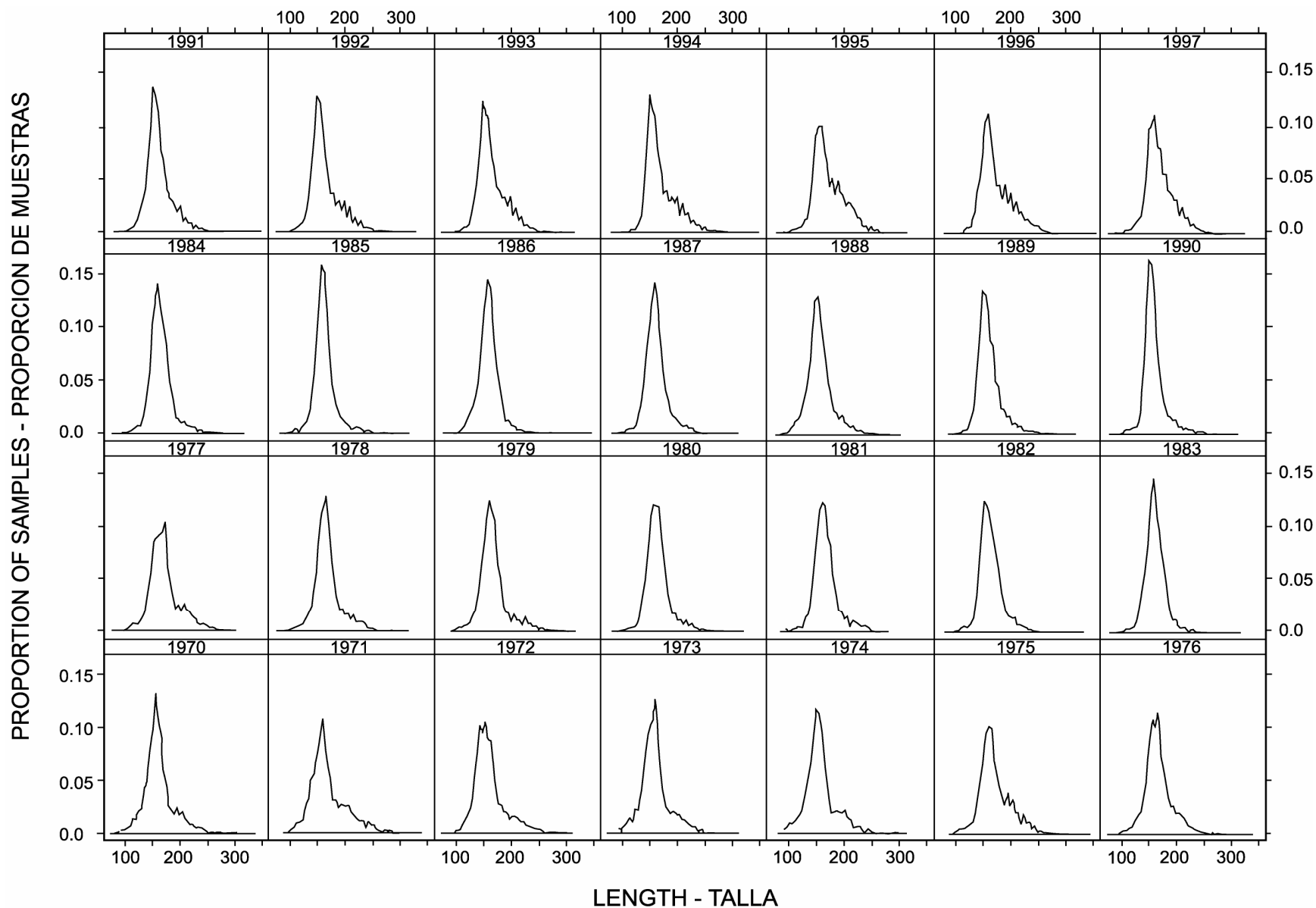


FIGURE 2.3.1. Length frequencies of blue marlin caught in the Pacific Ocean by Japanese longliners (obtained from the National Research Institute of Far Seas Fisheries). The fish were measured from the posterior margin of the orbit to the fork of the tail.

FIGURA 2.3.1. Frecuencias de talla de marlines azules capturados en el Océano Pacífico por palangreros japonesas (obtenidas del National Research Institute of Far Seas Fisheries). Se midieron los peces del margen posterior de la órbita a la cauda furcal.

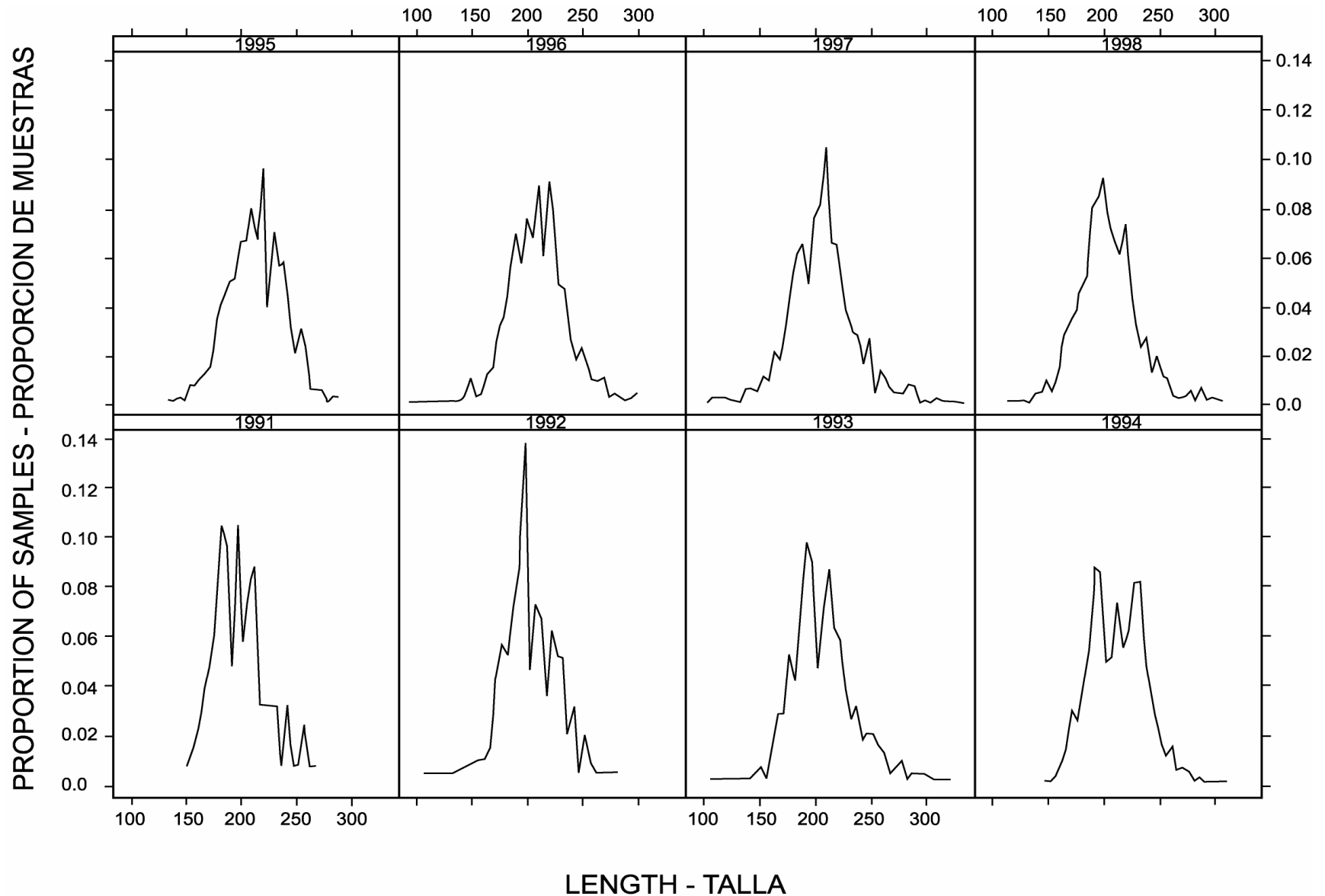


FIGURE 2.3.2. Length frequencies of blue marlin caught in the eastern Pacific Ocean by purse seiners. The fish were measured from the posterior margin of the orbit to the fork of the tail.

FIGURA 2.3.2. Frecuencias de talla de marlines azules capturados en el Océano Pacífico oriental por buques cerqueros. Se midieron los peces del margen posterior de la órbita a la cauda furcal.

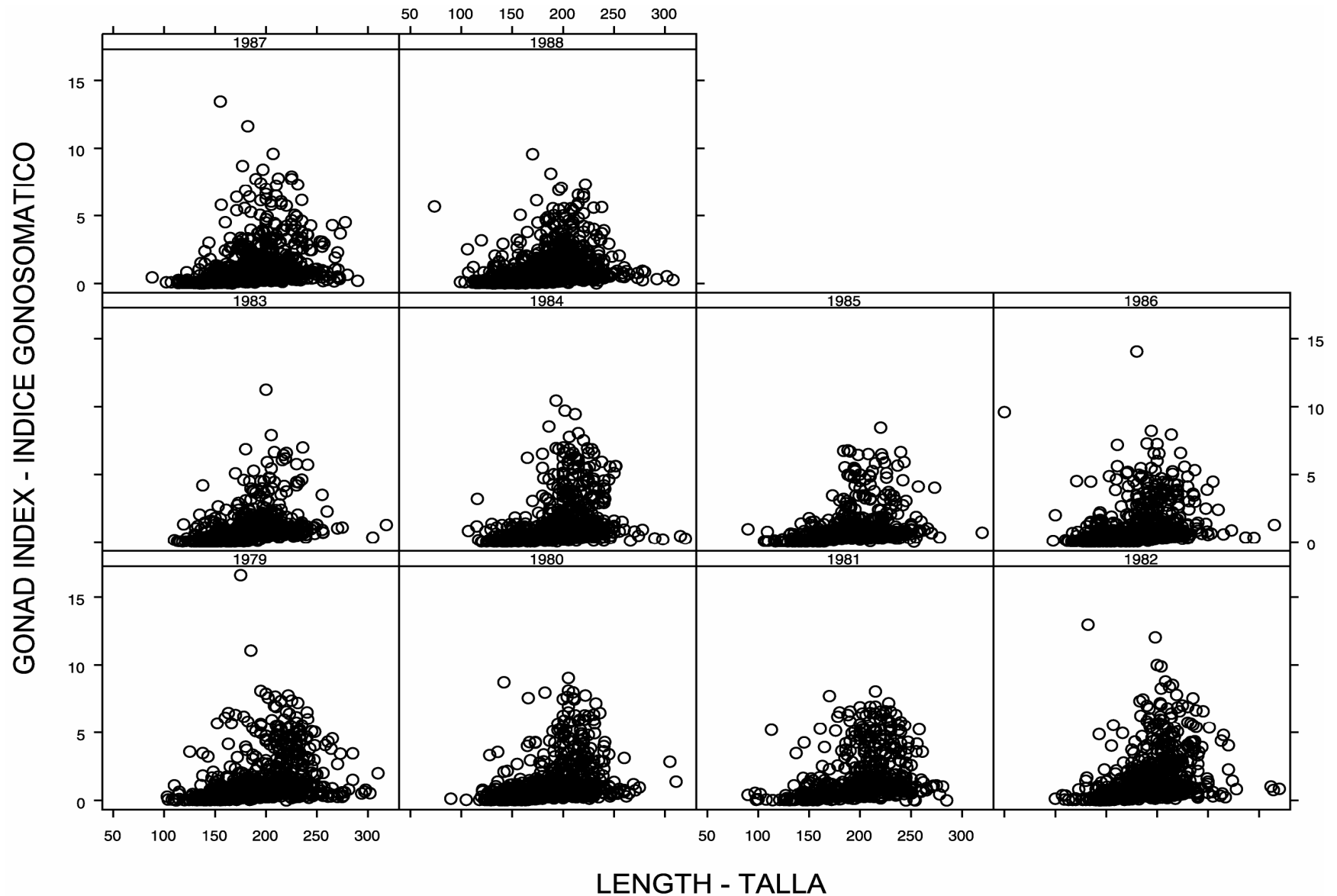


FIGURE 3.1.2. Relationships between gonad index and length for female blue marlin (obtained from the National Research Institute of Far Seas Fisheries).

FIGURA 3.1.2. Relaciones entre índice de gónadas y talla para marlines azules hembra, 1971-1980 (obtenidas del Nacional Research Institute of Far Seas Fisheries).

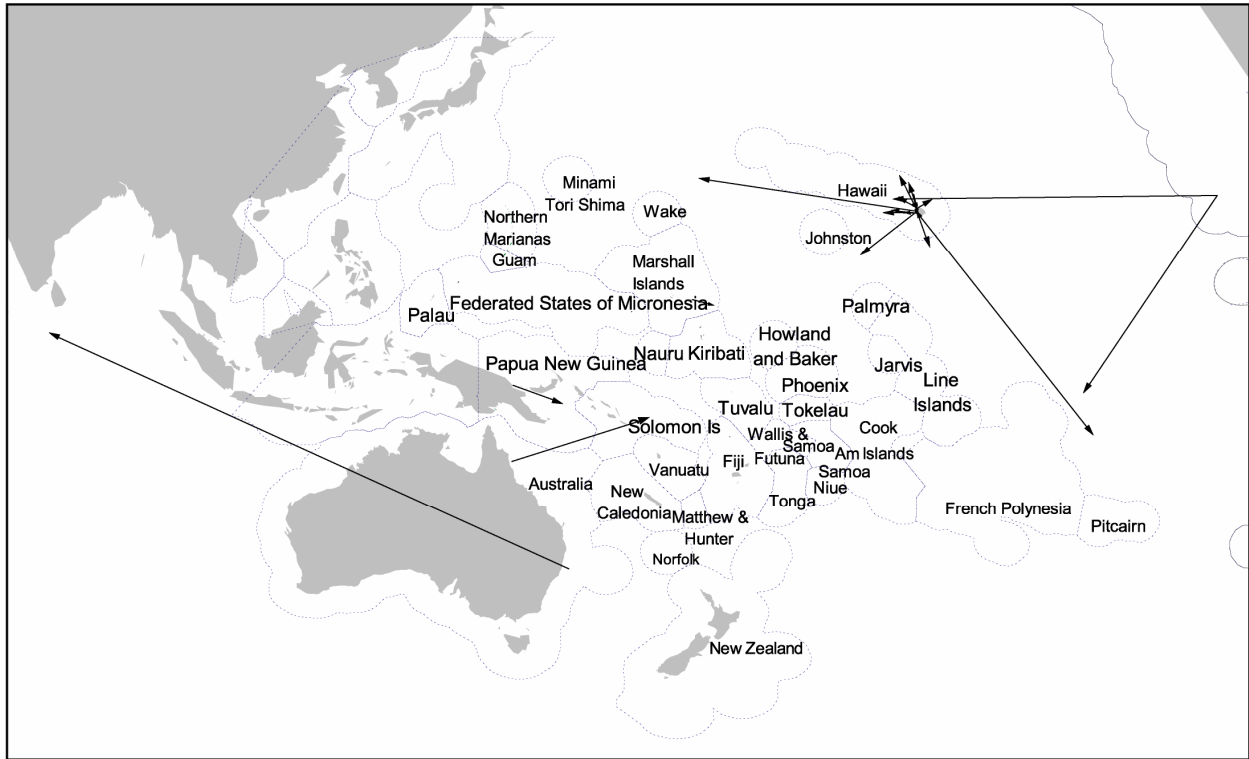


FIGURE 3.1.3a. Movements of blue marlin based on tag returns (personal communication, Nick Davies, National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand).

FIGURA 3.1.3a. Desplazamientos de marlines azules basados en devoluciones de marcas (comunicación personal, Nick Davies, National Institute of Water and Atmospheric Research, Nueva Zelanda).

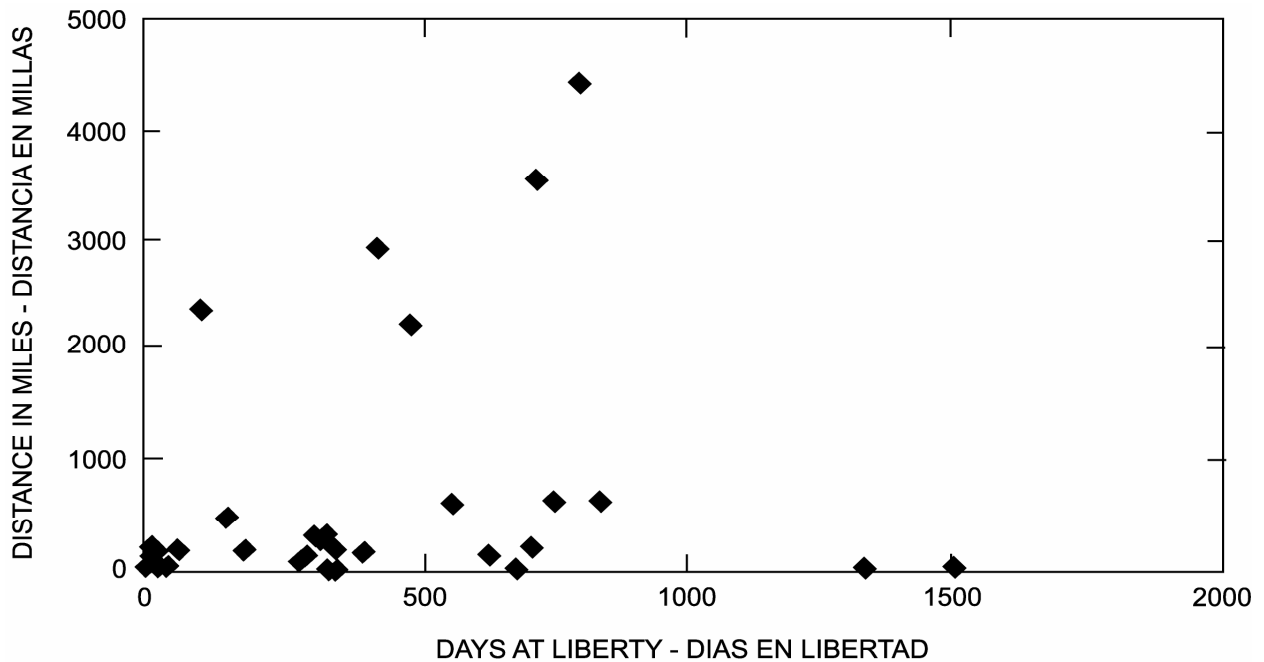


FIGURE 3.1.3b. Days at liberty and distance (miles) between tagging and recapture locations of blue marlin (from data furnished by David Holts, U.S. National Marine Fisheries Service).

FIGURA 3.1.3b. Días en libertad y distancia (millas) entre puntos de marcado y recaptura de marlines azules (de datos proporcionados por David Holts, U.S. National Marine Fisheries Service).

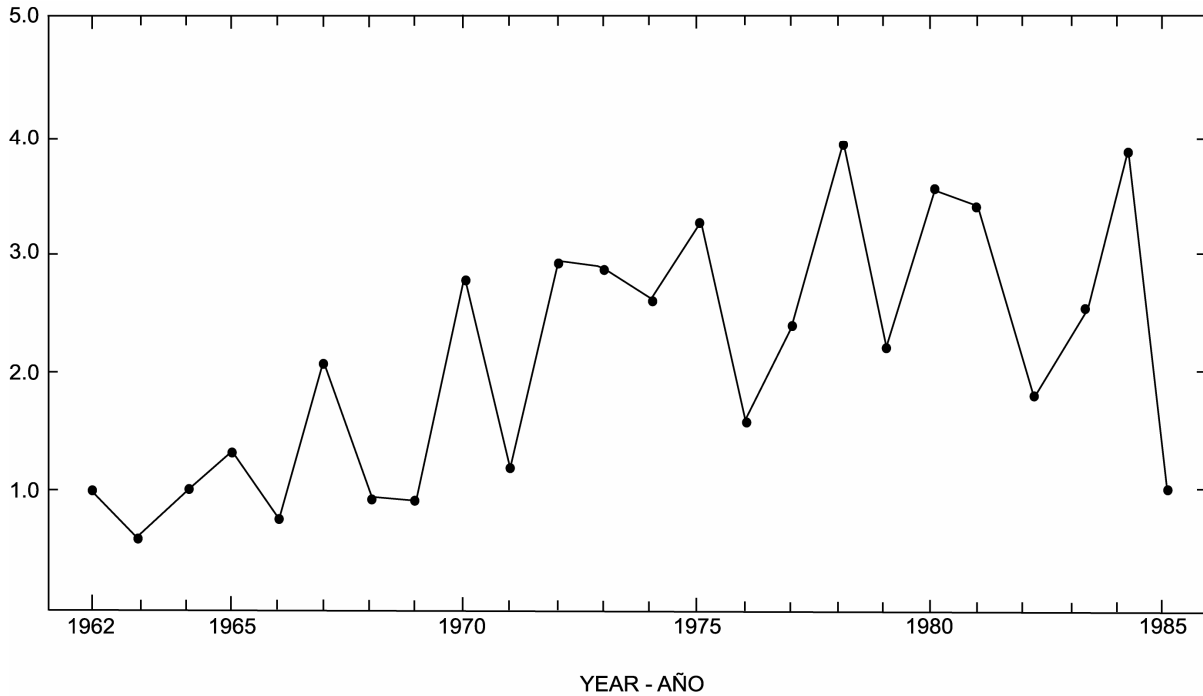


FIGURE 4.1a. Catches of blue marlin per 100 boat hours for the Hawaiian International Billfish Tournament (after Ueyanagi *et al.*, 1989: Figure 12).

FIGURA 4.1a. Capturas de marlines azules por 100 horas de barco para el Torneo Internacional de Picudos de Hawaii (de Ueyanagi *et al.*, 1989: Figura 12).

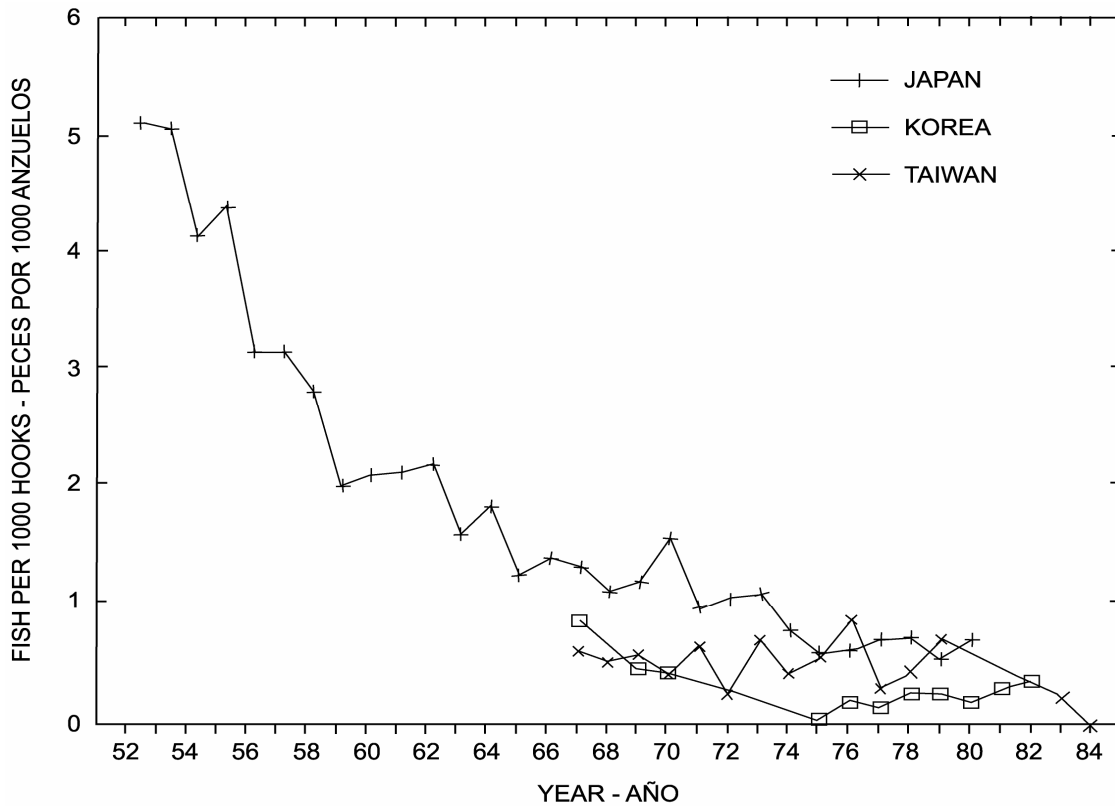


FIGURE 4.1b. Catch rates of blue marlin in the area east of Japan (shown in Skillman, 1989: Figure 1) (after Skillman, 1989: Figure 2).

FIGURA 4.1b. Tasas de captura de marlín azul en la zona al este de Japón (ilustrada en Skillman, 1989: Figura 1) (de Skillman, 1989: Figura 2).

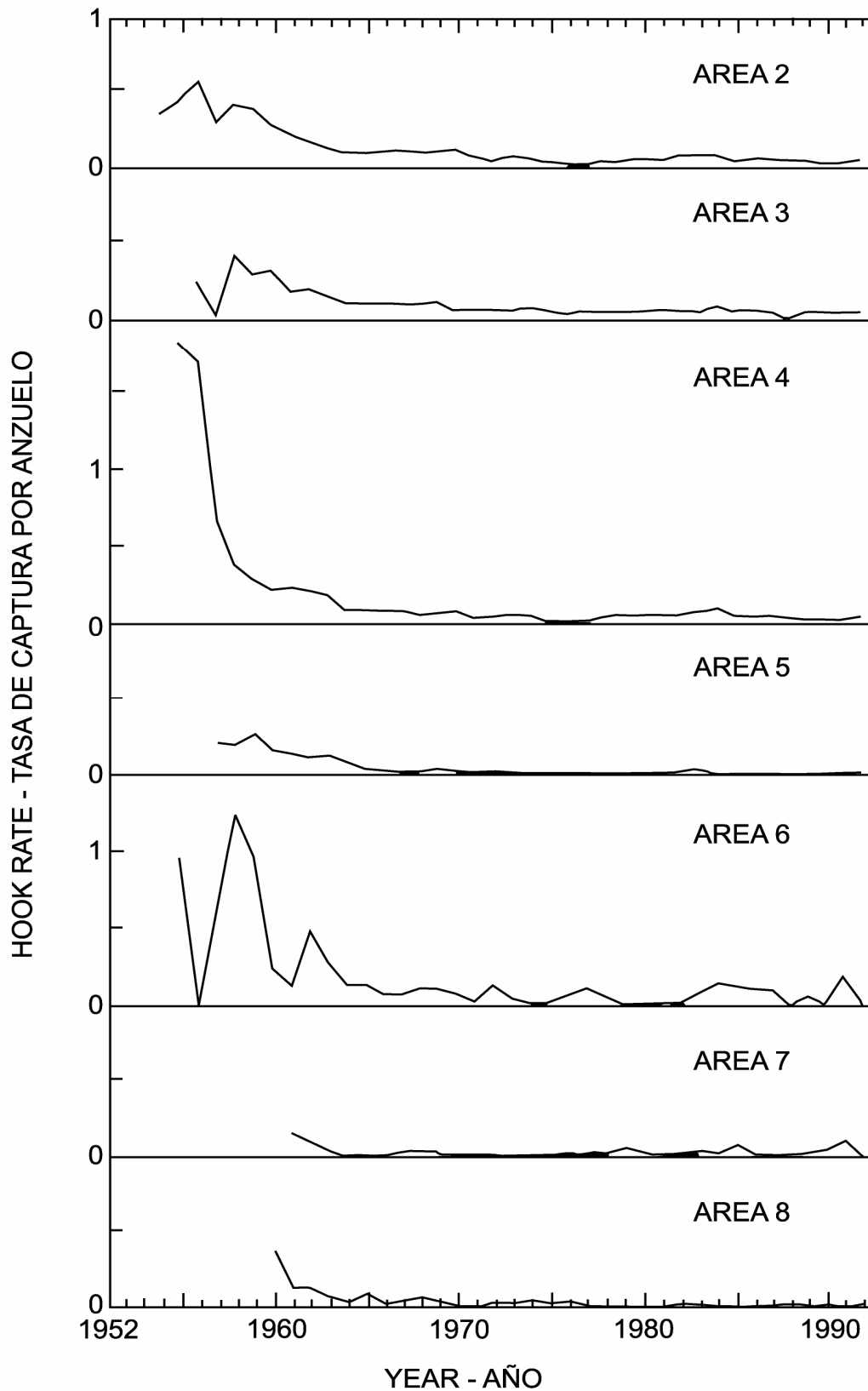


FIGURE 4.1c. Catch rates of blue marlin in areas in selected areas of the eastern Pacific Ocean (from Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 35). The areas are shown in Figure 4.1d.

FIGURA 4.1c. Tasas de captura de marlín azul en en zonas seleccionadas del Océano Pacífico oriental (de Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 35). En la Figura 4.1d se ilustran las zonas.

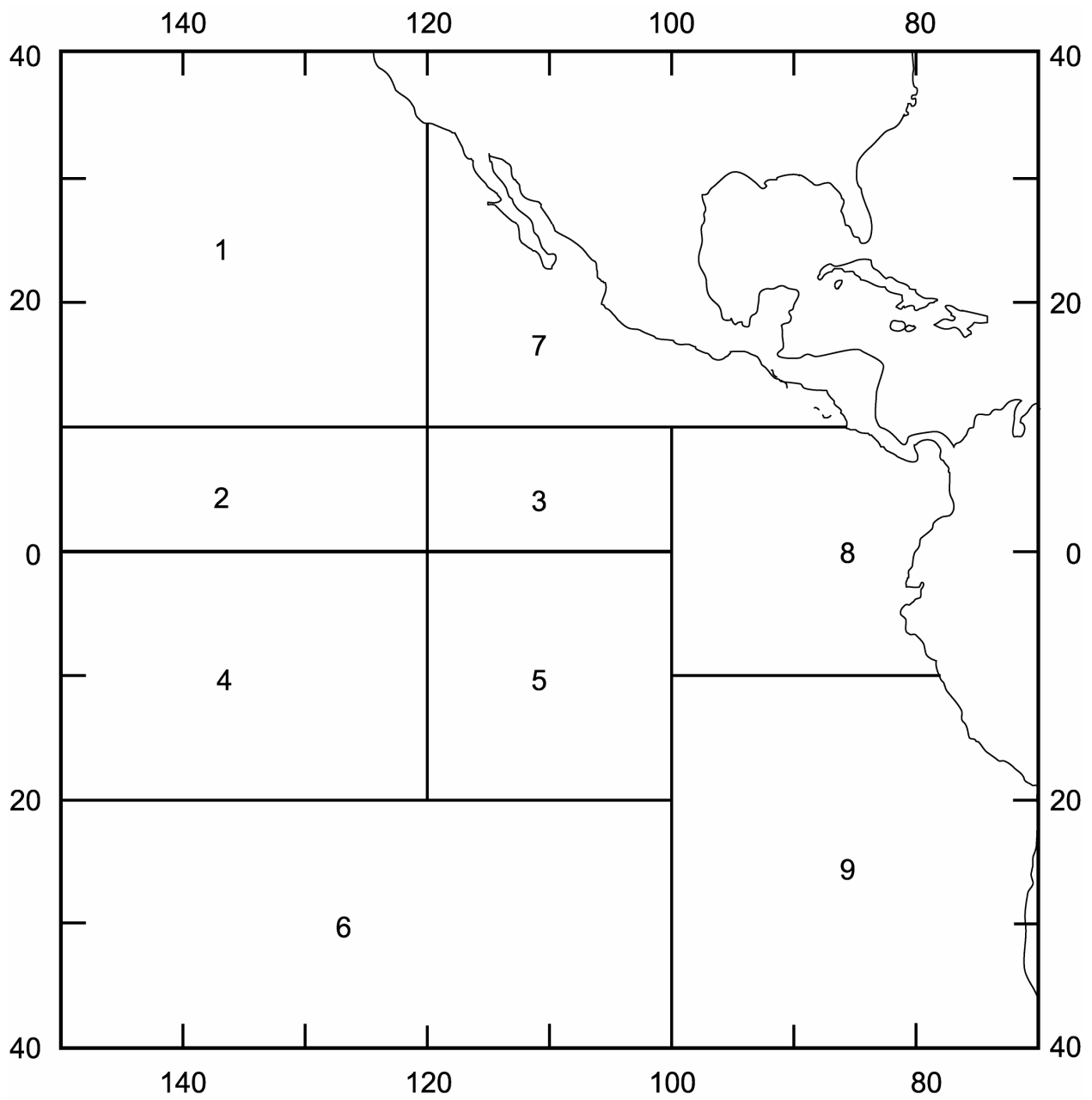


FIGURE 4.1d. Areas of the eastern Pacific Ocean designated for Figure 4.1c (from Uosaki and Bayliff, 1999: Figure 1).

FIGURA 4.1d. Zonas del Océano Pacífico oriental designadas para la Figura 4.1c (de Uosaki y Bayliff, 1999: Figura 1).

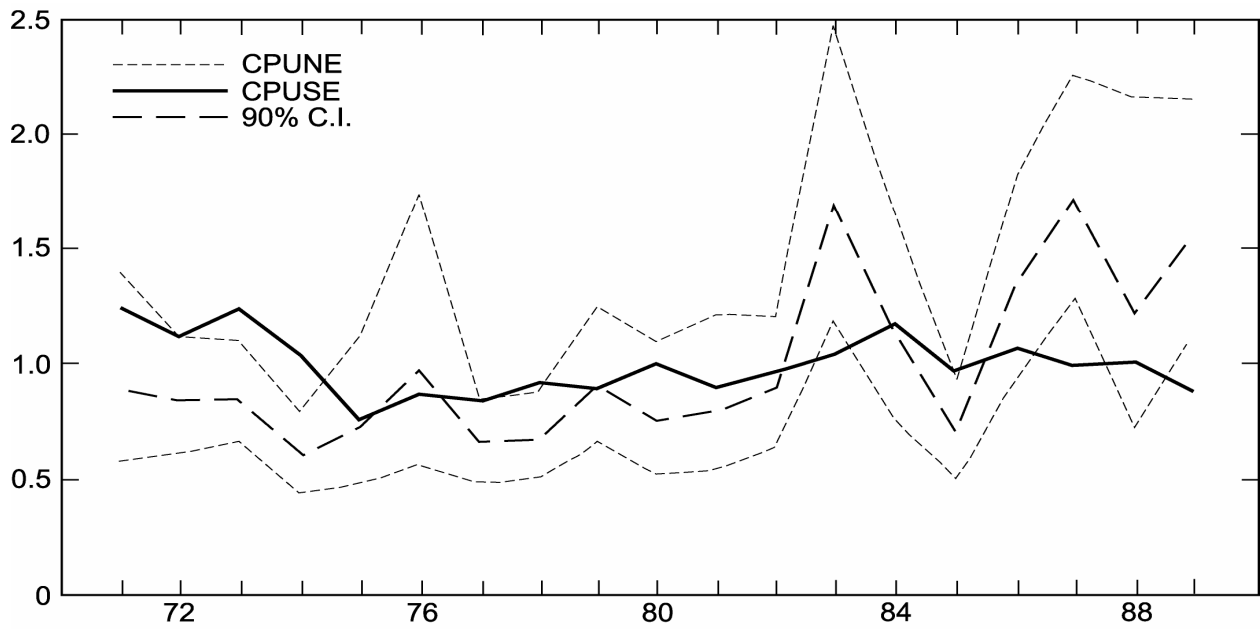


FIGURE 4.1e. Annual indices of abundance of blue marlin, as determined by using nominal (CPUNE) and standardized (CPUSE) longline fishing effort. Area weighting was used to combine the estimates of the catch rates from 2° latitude by 5° longitude areas by bimonthly periods within years (after Hinton and Nakano, 1996: Figure 6).

FIGURA 4.1e. Índices anuales de abundancia de marlín azul, determinados usando esfuerzo de pesca palangrero nominal (CPUNE) y estandarizado (CPUSE). Se usó ponderación por área para combinar las estimaciones de las tasas de captura por área de 2° de latitud por 5° de longitud por bimestre dentro de año (de Hinton y Nakano, 1996: Figura 6).

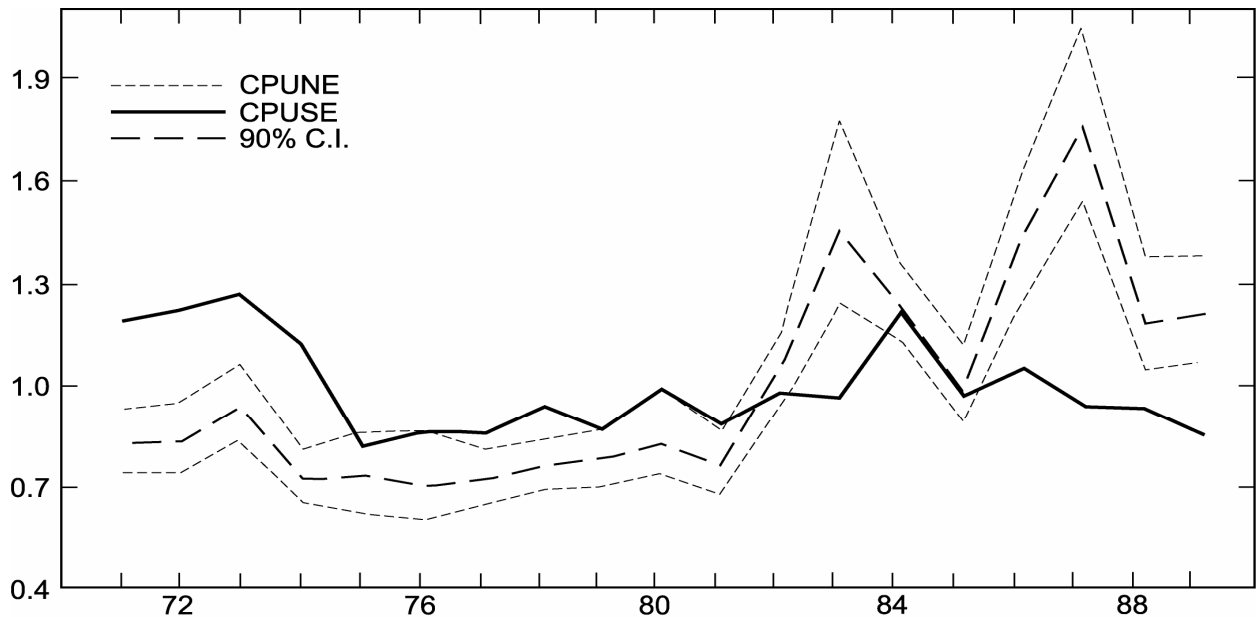


FIGURE 4.1f. Annual indices of abundance of blue marlin, as determined by using nominal (CPUNE) and standardized (CPUSE) longline fishing effort. Effort weighting was used to combine the estimates of the catch rates from 2° latitude by 5° longitude areas by bimonthly periods within years (after Hinton and Nakano, 1996: Figure 7).

FIGURA 4.1f. Índices anuales de abundancia de marlín azul, determinados usando esfuerzo de pesca palangrero nominal (CPUNE) y estandarizado (CPUSE). Se usó ponderación por esfuerzo para combinar las estimaciones de las tasas de captura por área de 2° de latitud por 5° de longitud por bimestre dentro de año (de Hinton y Nakano, 1996: Figura 6).

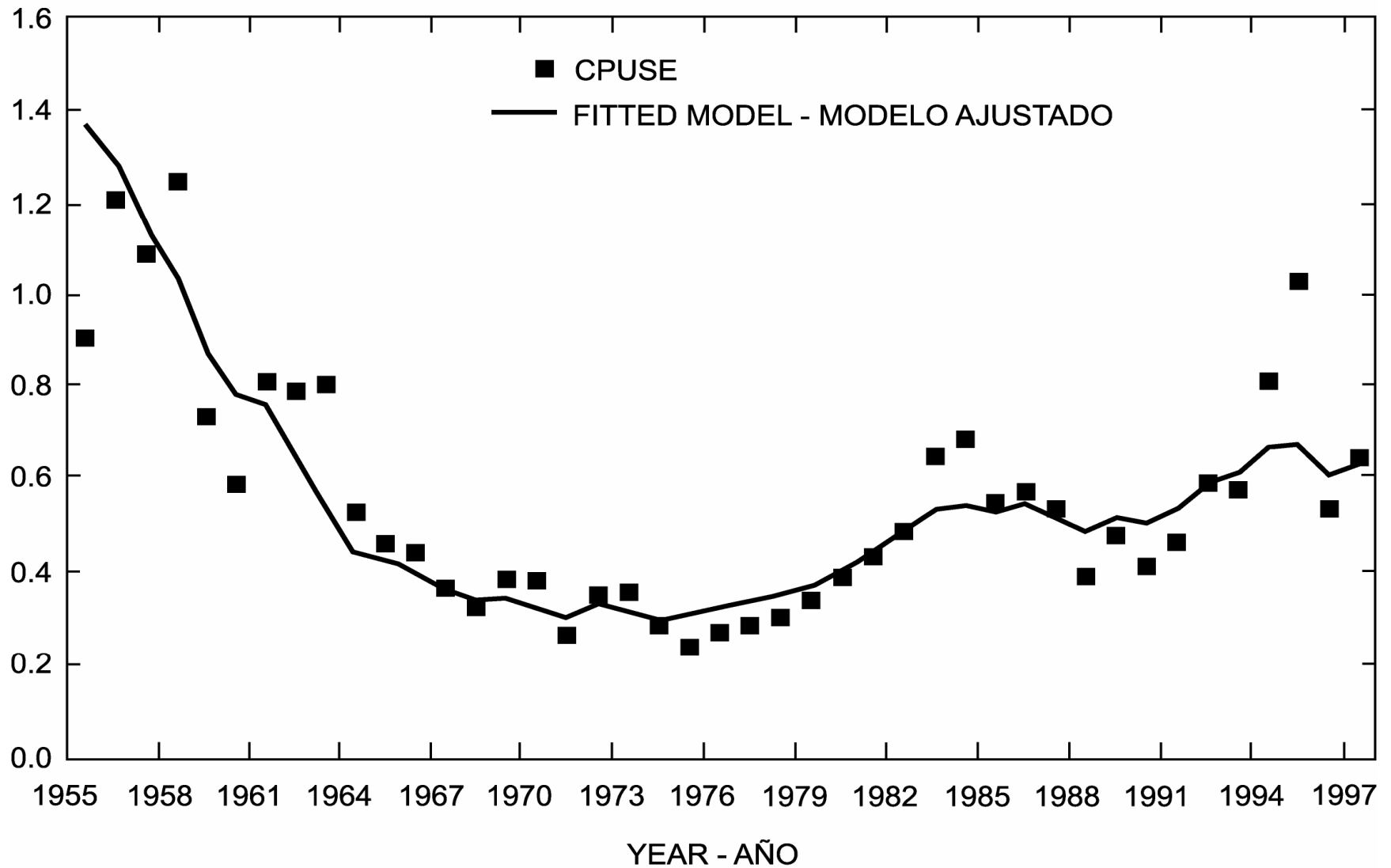


FIGURE 4.1g. Catch per unit of standardized effort (CPUSE) and predicted CPUSE from the fitted model with $S = 0.57$ (from Hinton and Uozumi, 1999).
FIGURA 4.1g. Captura por unidad de esfuerzo estandarizado (CPUSE) y CPUSE predicha del modelo ajustado con $S = 0.57$ (de Hinton y Uozumi, 1999).

TABLE 2.2.1a. Estimated commercial catches of blue marlin, in metric tons, in the Pacific Ocean. The data were obtained from the FAO yearbooks of fisheries statistics and other sources. "Other" includes Australia, Cook Islands, Federated States of Micronesia, Fiji, French Polynesia, Kiribati, Marshall Islands, New Caledonia, New Zealand, Papua New Guinea, People's Republic of China, Solomon Islands, Tonga, and Vanuatu.

TABLA 2.2.1a. Capturas comerciales estimadas de marlín azul, en toneladas métricas, en el Océano Pacífico. Los datos provienen de compendios anuales de la FAO de estadísticas de pesca y de otras fuentes. "Otros" incluye: Australia, Estados Federados de Micronesia, Fiji, Islas Cook, Islas Marshall, Islas Salomón, Kiribati, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Polinesia Francesa, República Popular de China, Tonga, y Vanuatu.

Year-- Año	Indonesia	Japan--Japón	Korea--Corea	México	Philippines	Taiwan	U.S.A— EE.UU.	Other--Otros	Total
1951	---	12,800	---	---	---	---	---	---	12,800
1952	---	8,800	---	---	---	---	---	---	8,800
1953	---	16,000	---	---	---	---	---	---	16,000
1954	---	18,400	---	---	---	---	---	---	18,400
1955	---	21,300	---	---	---	---	42	---	21,342
1956	---	24,400	---	---	---	1,100	41	---	25,541
1957	---	29,800	---	---	---	1,400	37	---	31,237
1958	---	30,300	---	---	---	1,400	27	---	31,727
1959	---	27,100	---	---	---	1,600	184	---	28,884
1960	---	25,600	---	---	---	1,700	127	---	27,427
1961	---	28,800	---	---	---	1,400	109	---	30,309
1962	---	36,200	---	---	---	1,200	72	---	37,472
1963	---	37,200	---	---	---	1,400	76	---	38,676
1964	---	20,000	---	---	---	1,800	60	---	21,860
1965	---	16,100	---	---	---	2,100	57	---	18,257
1966	---	16,200	---	---	---	2,000	52	---	18,252
1967	---	13,100	---	---	---	2,700	40	---	15,840
1968	---	11,600	---	---	---	4,400	31	---	16,031
1969	---	12,100	---	---	---	4,500	36	---	16,636
1970	---	13,800	---	---	76	689	36	---	14,601
1971	---	8,700	---	---	85	2,142	10	---	10,937
1972	---	10,500	---	---	88	1,873	5	---	12,466
1973	---	11,000	---	---	104	3,937	7	---	15,049
1974	---	9,466	---	---	122	1,868	11	---	11,467
1975	---	8,225	---	---	124	3,293	9	---	11,651
1976	---	9,620	1,058	---	104	2,017	16	---	12,816
1977	---	10,423	784	---	149	1,985	38	---	13,379
1978	156	12,421	556	---	88	2,313	47	---	15,581
1979	164	12,238	854	---	116	2,472	23	---	15,866
1980	189	13,375	824	---	150	4,477	15	---	19,030
1981	231	13,628	964	---	207	2,582	18	11	17,642
1982	462	13,803	710	---	243	2,919	15	28	18,179
1983	134	13,189	270	8	362	3,725	14	32	17,734
1984	214	15,214	375	---	164	3,591	31	49	19,638
1985	316	11,764	199	---	232	3,698	36	33	16,279
1986	312	13,915	192	23	308	3,513	28	11	18,302
1987	1,185	14,464	210	56	484	4,405	338	55	21,197
1988	1,245	11,753	518	13	406	3,775	408	35	18,152
1989	656	11,165	82	---	442	5,875	746	26	18,992
1990	706	9,875	86	---	283	6,294	719	37	17,999
1991	776	10,275	165	---	333	6,228	729	34	18,540
1992	799	11,170	110	---	156	6,499	685	108	19,528
1993	799	12,251	84	---	134	4,634	679	438	19,019
1994	589	13,936	5	---	180	7,569	724	1,045	24,049
1995	600	11,991	1	---	170	9,802	965	1,111	24,639
1996	600	6,559	23	---	171	7,328	895	621	16,196
1997	600	6,008	323	---	171	8,056	878	449	16,486

TABLE 2.2.1b. Estimated catches of blue marlin, in numbers of fish, in the eastern Pacific Ocean by purse-seine vessels.

TABLA 2.2.1b. Capturas estimadas de marlín azul, en número de peces, en el Océano Pacífico oriental por buques cerqueros.

	Year--Año							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Observed catch—Captura observada	328	319	514	625	685	673	1,086	1,182
Estimated catch from trips without observers—Captura estimada de viajes sin observadores	327	143	146	187	207	387	607	
Estimated total catch—Captura total estimada	655	462	660	812	892	1,060	1,693	

TABLE 2.2.2. Angler fishing days (Effort) and billfish catch per fishing day (CPFD) for 1997-1998 for locations with blue marlin identified as the major species in the catch (after Anonymous, 2000a: Table 1).

TABLA 2.2.2. Días de pesca deportiva (Esfuerzo) y captura de peces picudos por día de pesca (CPDP) en 1997-1998 en lugares donde se identificó marlín azul como la especie principal en la captura (de Anónimo, 2000a: Tabla 1).

Location--Lugar	Effort--Esfuerzo		CPFD--CPDP	
	1997	1998	1997	1998
Hawaii, USA	5,410	3,429	0.38	0.29
Japan—Japón	24	75	0.37	0.09
Guam, USA	2	15	1.50	0.13
Papua New Guinea	29	50	0.21	0.04
Marshall Islands—Islas Marshall	83	115	0.29	0.12
Tahiti, French Polynesia—Tahiti, Polinesia Francesa	45	56	0.42	0.57
New Caledonia and Solomon Islands—Nueva Caledonia y Islas Salomón	0	150	0.00	0.44

TABLE 3.1.1a. Growth parameters (from Skillman and Yong, 1976: Table 6) and natural mortality rates (estimated by Boggs (1989) and estimated for this report by the method of Pauly (1980)) for blue marlin. The models are described by Skillman and Yong (1976). Case 1 includes all age groups, Case 2 all age groups with more than two individuals, and Case 3 the same age groups as for Case 2 for males.

TABLA 3.1.1a. Parámetros de crecimiento (de Skillman y Yong, 1976: Tabla 6) y tasas de mortalidad natural (estimadas por Boggs (1989) y estimadas para este informe con el método de Pauly (1980)) para el marlín azul. Los modelos son descritos por Skillman y Yong (1976). El Caso 1 incluye todos los grupos de edad, el Caso 2 todos los grupos de edad con más de dos individuos, y el Caso 3 los mismos grupos de edad que el Caso 2 para machos.

	Sex	Model	Case	L_{∞} (cm)	K (an- nual)	t_0 (years)	Standard error of estimate	Natural mortality rate	
								Boggs	Pauly
	Sexo	Modelo	Caso	L_{∞} (cm)	K (an- nual)	t_0 (años)	Error estándar de la estimación	Tasa de mortalidad natural	
								Boggs	Pauly
1	M	1	1	371.1	0.285	0.106	12.7	0.53	0.38
2		2	1	282.3	0.815		18.6		0.81
3		1	2	368.0	0.315	0.390	9.9		0.41
4		2	2	298.8	0.560		15.0		0.63
5	F	1	1	659.1	0.116	-0.161	10.2	0.21	0.18
6		2	1	807.8	0.091		13.8		0.14
7		1	2	626.6	0.123	-0.202	9.1		0.19
8		2	2	540.2	0.175		14.0		0.25
9		1	3	1248.1	0.048	-0.674	4.0		0.08
10		2	3	875.2	0.086		5.2		0.14

TABLE 3.1.1b. Estimated lengths, in centimeters, at age of blue marlin, calculated from the data in Table 3.1.1a.

TABLA 3.1.1b. Tallas estimadas, en centímetros, de marlines azules a distintas edades, calculadas a partir de los datos en la Tabla 3.1.1a.

	Sex-- Sexo	Age in years—Edad en años									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	M	83	155	208	249	279	302	319	332	342	349
2		157	227	258	271	278	280	281	282	282	282
3		64	146	206	250	282	305	322	335	344	350
4		128	201	243	267	281	288	293	295	297	298
5	F	83	146	202	252	297	337	372	403	431	456
6		70	134	193	246	295	340	381	418	452	483
7		86	149	204	253	296	334	368	398	425	448
8		87	160	221	272	315	351	382	407	428	446
9		96	150	202	251	298	342	385	425	464	500
10		72	138	199	255	306	353	396	435	472	505

TABLE 3.1.1c. Equations for converting lengths, in centimeters, to weights, in kilograms, for blue 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, en centímetros, a pesos, en kilogramos, para el marlin azul. OPO, Océano Pacífico oriental; CPO, Océano Pacífico central; EFL, borde posterior de la órbita a la furca caudal; SFL, punta anterior del pico a la furca caudal; round = entero; GG, desagallado y e viscerado.

Area	Sample size	Length range (cm)	Type of length measurement	Type of weight measurement	Equations	Reference
Zona	Tamaño muestra	Rango de tallas (cm)	Medida de talla	Medida de peso	Ecuaciones	Referencia
EPO	11	167-270	EFL	round	$w = (5.5565 \times 10^{-6})l^{3.0888}$ $\log w = 3.0888 \log l - 5.2552$	Kume and Joseph, 1969: Table 3
EPO	24	98-234	EFL	GG	$w = (1.0242 \times 10^{-5})l^{2.9749}$ $\log w = 2.9749 \log l - 4.9896$	Kume and Joseph, 1969: Table 3
EPO	57	154-265	EFL	round	$w = (2.0417 \times 10^{-6})l^{3.318}$ $\log w = 3.318 \log l - 5.690$	Wares and Sakagawa, 1974: Table 4
EPO	20	221-347	SFL	round	$w = (2.8642 \times 10^{-8})l^{3.905}$ $\log w = 3.905 \log l - 7.543$	Wares and Sakagawa, 1974: Table 4
CPO	453	135-457	SFL	round	$w = (5.0048 \times 10^{-6})l^{3.0214}$ $\log w = 3.0214 \log l - 5.3006$	Skillman and Yong, 1974: Table 2

TABLE 4.2a. Estimates of the average maximum sustainable yield (AMSY), in metric tons, of blue marlin in the Pacific Ocean, associated standardized fishing effort (AMSY-Effort), in thousands of standardized hooks, and ratios of estimated population biomass to biomass at AMSY (B-ratio). The results are presented for three scenarios of the pre-1971 catch by the Japanese longline fisheries (see text for details), using the Deriso-Schnute model with a growth-in-weight parameter (ρ) = 0.965 and various values of the annual survival rate (S).

TABLA 4.2a. Estimaciones del rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS), en toneladas métricas, de marlín azul en el Océano Pacífico, el esfuerzo de pesca estandarizado asociado (RPMD-Esfuerzo), en miles de anzuelos estandarizados, y razones de biomasa esimada de la población a biomasa en RPMS (razón B). Se presentan los resultados para tres hipótesis de la captura antes de 1971 por la pesquería palangrera joponesa (ver detalles en texto), usando el modelo de Deriso-Schnute con un parámetro de crecimiento en peso (ρ) = 0.965 y varios valores de la tasa de supervivencia anual (S).

Scenario 1: The longline catch increases linearly from 40 to 75 percent of the total catch made by the Japanese fisheries during 1955-1970

Hipótesis 1: La captura palengrera aumenta de forma lineal del 40 al 75% de la captura total de las pesquerías japonesas durante 1955-1970

With process error—Con error de proceso				
S	AMSY— RPMS	AMSY-Effort— RPMS-Esfuerzo	B-ratio— Razón B	Log-likelihood—Logaritmo de la verosimilitud
0.57	18,488	52,500	1.58	159.6
0.65	18,622	55,000	1.60	154.8
0.70	18,823	57,500	1.62	151.6
0.75	19,138	65,000	1.73	148.1
0.80	20,075	77,500	1.87	144.2
0.81	20,479	82,500	1.94	143.7
Without process error—Sin error de proceso				
S	AMSY— RPMS	AMSY-Effort— RPMS-Esfuerzo	B-ratio— Razón B	Log-likelihood—Logaritmo de la verosimilitud
0.57	18,438	42,500	0.97	100.9
0.65	18,813	55,000	1.16	98.8
0.70	20,104	70,000	1.37	98.3
0.75	21,820	85,000	1.54	98.0
0.80	24,540	115,000	1.84	98.1
0.81	25,372	127,500	1.96	98.1

TABLE 4.2a. (continued)
TABLA 4.2a. (continuación)

Scenario 2: The longline catch is a constant proportion of the total catch made by Japanese fisheries during 1955-1970

Hipótesis 2: La captura palengrera es un proporción constante de la captura total de las pesquerías japonesas durante 1955-1970

With process error—Con error de proceso				
<i>S</i>	AMSY— RPMS	AMSY-Effort— RPMS-Esfuerzo	B-ratio— Razón B	Log-likelihood—Logaritmo de la verosimilitud
0.57	18,398	31,000	1.03	164.9
0.65	17,881	31,000	1.03	161.5
0.70	17,563	30,000	1.05	160.1
0.75	17,373	34,000	1.11	149.4
0.80	17,167	40,000	1.21	148.2
0.81	16,964	41,000	1.25	143.9
Without process error—Sin error de proceso				
<i>S</i>	AMSY— RPMS	AMSY-Effort— RPMS-Esfuerzo	B-ratio— Razón B	Log-likelihood—Logaritmo de la verosimilitud
0.57	18,889	29,000	0.72	109.0
0.65	18,514	31,000	0.74	104.4
0.70	18,190	32,000	0.73	100.3
0.75	17,622	38,000	0.82	95.3
0.80	17,723	50,000	1.05	92.7
0.81	17,883	54,000	1.12	92.4

Scenario 3: The longline catch equals the total catch made by the Japanese fisheries during 1955-1970

Hipótesis 3: La captura palengrera equivale la captura total de las pesquerías japonesas durante 1955-1970

With process error—Con error de proceso				
<i>S</i>	AMSY— RPMS	AMSY-Effort— RPMS-Esfuerzo	B-ratio— Razón B	Log-likelihood—Logaritmo de la verosimilitud
0.57	17,572	24,000	0.85	152.2
0.65	19,966	24,000	0.80	144.5
0.70	18,742	25,000	0.79	145.0
0.75	17,478	26,000	0.86	142.2
0.80	16,678	28,000	0.91	138.6
0.81	16,542	29,000	0.94	137.6
Without process error—Sin error de proceso				
<i>S</i>	AMSY— RPMS	AMSY-Effort— RPMS-Esfuerzo	B-ratio— Razón B	Log-likelihood—Logaritmo de la verosimilitud
0.57	19,169	23,250	0.59	99.8
0.65	18,788	24,000	0.58	95.4
0.70	18,259	25,500	0.58	90.6
0.75	17,527	29,250	0.63	84.9
0.80	16,911	37,500	0.82	82.4
0.81	16,907	39,750	0.87	82.3

TABLE 4.2b. Estimates and 95-percent confidence limits of AMSY, AMSY-Effort, and B-ratio for scenarios 1 and 2 (see text and Table 4.2a. for details) for $S = 0.57$ and $S = 0.80$.

TABLA 4.2b. Estimaciones y límites de confianza de 95% de RPMS, RPMS-Esfuerzo, y razón B para hipótesis 1 y 2 (vea texto y la Table 4.2a para detalles) para $S = 0.57$ y $S = 0.80$.

Scenario 1 -- Hipótesis 1				
S	AMSY	AMSY-Effort	B-ratio	Log-likelihood
	RPMS	RPMS-Esfuerzo	Razón B	Logaritmo de la verosimilitud
0.57	18,408	52,500	1.58	159.6
Lower bound	15,210	42,500	1.55	157.1
Upper bound	23,000	80,000	1.91	157.1
0.80	20,202	77,500	1.86	144.3
Lower bound	16,575	52,500	1.53	141.8
Upper bound	28,500	132,500	2.23	141.8
Scenario 2 -- Hipótesis 2				
S	AMSY	AMSY-Effort	B-ratio	Log-likelihood
	RPMS	RPMS-Esfuerzo	Razón B	Logaritmo de la verosimilitud
0.57	18,398	31,000	1.03	164.9
Lower bound	16,825	29,000	1.03	162.4
Upper bound	19,724	34,000	1.06	162.4
0.80	17,167	40,000	1.21	148.2
Lower bound	15,965	35,000	1.10	145.7
Upper bound	18,435	50,000	1.42	145.7

CONDICION DEL MARLIN AZUL EN EL OCEANO PACIFICO

por

Michael G. Hinton

INDICE

1. Resumen ejecutivo	310
2. Datos	310
3. Supuestos y parámetros.....	312
4. Evaluación del stock	313
5. Condición del stock.....	315
6. Direcciones futuras	316
Figuras	290
Tablas.....	303
Referencias.....	317

La mejor información ahora disponible (Sección 3.3) indica que el marlín azul constituye una sola especie a nivel mundial, y que existe un solo stock de la especie en el Océano Pacífico. Por lo tanto, en este informe se presenta la información disponible sobre la especie para todas partes del Océano Pacífico.

1. RESUMEN EJECUTIVO

La mejor información ahora disponible indica que el marlín azul constituye una sola especie a nivel mundial, y que existe un solo stock de la especie en el Océano Pacífico.

El marlín azul es capturado por buques palangreros de muchas naciones que pescan atunes y peces picudos entre aproximadamente 50°N y 50°S. Pesquerías deportivas y varias pesquerías comerciales de superficie capturan cantidades menores.

Pequeñas cantidades de marlines azules han sido marcadas con marcas convencionales, principalmente por pescadores deportivos. Algunos de estos peces han sido recapturados a grandes distancias del punto de liberación. Además, se han marcado marlines azules con marcas acústicas y se han seguido sus actividades durante períodos cortos.

El marlín azul vive generalmente en regiones con temperaturas superficiales del mar (TSM) de más de 24°C, y pasan un 90% del tiempo a profundidades donde la temperatura es de 1° a 2° diferente a la TSM.

Se usó el modelo de poblaciones con retardos temporales de Deriso y Schnute, una forma de modelo de producción, para evaluar la condición del stock de marlín azul en el Océano Pacífico. Se usaron datos de las capturas anuales totales estimadas para 1951-1997, en toneladas métricas, y tasas de captura estandarizadas elaboradas de datos de captura y esfuerzo de pesca nominal de la pesquería palangrera japonesa de 1955-1997. Se concluyó que el stock de marlín azul en el Pacífico está en condición sana, con los niveles actuales de biomasa y esfuerzo de pesca cercanos a los necesarios para mantener el rendimiento máximo sostenible.

2. DATOS

2.1. Definiciones de las pesquerías

2.1.1. Pesquerías palangreras

Buques palangreros de Australia, Chile, China, Estados Federados de Micronesia, Estados Unidos (inclusive sus territorios), Fiji, Indonesia, las Islas Cook, las Islas Salomón, Japón, Filipinas, México, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Polinesia Francesa, la República de Corea, Samoa, Taiwan, Tonga, y Vanuatu pescan atunes y peces picudos en el Océano Pacífico (Sakagawa, 1989;

Ueyanagi *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1994; Barbieri *et al.*, 1998; Caton *et al.*, 1998; Holts y Sosa-Nishizaki, 1998; Ito *et al.*, 1998; Uozumi y Uosaki, 1998; Lawson, 1998) entre aproximadamente 50°N y 50°S.

2.1.2. Pesquerías con arpón

Pesquerías con arpón, que capturan varias especies de picudos, inclusive el marlín azul, operan en aguas costeras de Estados Unidos (Coan *et al.*, 1998), Japón (Ueyanagi *et al.*, 1989; Uozumi y Uosaki, 1998) y Taiwan (Sakagawa, 1989). Marlines capturados con arpón no pueden ser descargados legalmente en California.

2.1.3. Pesquerías deportivas

Pesquerías deportivas de picudos tienen lugar relativamente cerca de la costa en varias zonas, notablemente Estados Unidos (Hawaii, California del Sur, y territorios del Pacífico occidental), México, Centroamérica, las Islas de la Sociedad, Nueva Zelanda, y Australia (de Sylva, 1974, Anónimo, 2000a).

2.1.4. Otras pesquerías de superficie

Se observan pocos peces picudos en las capturas de las pesquerías de carnada del Pacífico occidental (Bailey *et al.*, 1996) y del OPO. De vez en cuando son capturados peces picudos, particularmente marlines, por buques cerqueros pescando atunes en el Pacífico occidental (Bailey *et al.*, 1996) y el OPO (Anónimo, 2000b: Tabla 40).

Se capturan también peces picudos, inclusive marlines, en las pesquerías con redes agalleras en el Pacífico occidental (Ueyanagi *et al.*, 1989) y en el OPO frente a México y California. Marlines capturados con artes comerciales no pueden ser descargados legalmente en California.

2.2. Datos de captura y esfuerzo

2.2.1. Pesquerías comerciales

La mayoría de la captura de marlín azul es tomada por pesquerías palangreras que dirigen su esfuerzo principalmente hacia atunes patudo y aleta amarilla. Cantidades menores de la especie son o han sido capturadas por las otras pesquerías descritas en la Sección 2.1. En la Tabla 2.2.1a se presentan datos sobre las capturas comerciales totales de marlín azul en el Océano Pacífico. En la Tabla 2.2.1b se detallan las cantidades anuales estimadas de la especie capturadas con red de cerco en el OPO.

En las Figuras 2.2.1a-d se ilustran las distribuciones del esfuerzo nominal de pesca de buques palangreros de Polinesia Francesa, Japón, la República de Corea, y Taiwan.

2.2.2. Pesquerías deportivas

No hay datos completos disponibles sobre el esfuerzo de pesca deportivo de peces picudos ni las capturas deportivas de marlín azul, pero pescadores que participan en el *International Billfish Angler Survey* proporcionan voluntariamente cierta información (Anónimo, 2000a). En la Tabla 2.2.2 se detallan las pesquerías deportivas en cuya captura el marlín azul es la especie principal, y el esfuerzo y las tasas de captura de peces picudos reportadas.

2.3. Datos de composición por tamaño

2.3.1. Pesquerías palangreras

En la Figura 2.3.1. se presentan datos de frecuencia de talla, en proporciones del número total de peces muestreados, de marlín azul capturado por palangreros japoneses en el Océano Pacífico durante 1970-1997.

2.3.2. Pesquerías cerqueras

En la Figura 2.3.2 se presentan datos de frecuencia de talla, en proporciones del número total de peces muestreados, de marlín azul capturado con red de cerco en el OPO.

3. SUPUESTOS Y PARÁMETROS

3.1. Información biológica y demográfica

3.1.1. Crecimiento

El crecimiento del marlín azul en el Océano Pacífico fue estudiado por Skillman y Yong (1976), que usaron datos de frecuencia de talla y dos modelos diferentes para estimar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para esta especie. El primer modelo ajusta los datos de tallas de peces de edades supuestas, mientras que no se hacen supuestos sobre la edad al ajustar el segundo. En la Tabla 3.1.1a se presentan sus estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, y en la Tabla 3.1.1b las estimaciones de las tallas a edad obtenidas de dichas ecuaciones.

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

3.1.2. Reproducción

Nishikawa *et al.* (1985), Hopper (1990), Nakano y Bayliff (1992) y las referencias que citan, y Uosaki y Bayliff (1999) presentan información sobre la reproducción de marlín azul en el Océano Pacífico. Las larvas de marlín azul parecen escasear al este de 140°O, y su abundancia es máxima al oeste de 150°O (Nishikawa *et al.* 1985), aunque esto podría ser un artefacto del muestreo. En la Figura 3.1.2a se presentan índices de gónadas de marlines azules hembra graficados contra su talla. (Shiohama (1969) y Kume y Joseph (1969) consideraron madura a cualquier hembra con un índice de gónadas de 3,1 o más, y Miyabe y Bayliff (1987), Nakano y Bayliff (1992), y Uosaki y Bayliff (1999) siguieron esa convención.)

3.1.3. Desplazamientos

No se ha realizado suficiente marcado de marlines azules para permitir determinar los patrones de sus desplazamientos en el Pacífico, pero se dispone de ciertos datos. La fuente principal de datos sobre los desplazamientos de marlines azules marcados con marcas convencionales es el Programa Internacional de Marcado de Captura Deportiva (*International Game Fish Tagging Program*) (Anónimo, 2000a). La mayoría de las recapturas de peces marcados tuvieron lugar cerca del punto de liberación, aunque se han documentado desplazamientos transoceánicos e interoceanicos (Pacífico al Indico) (Figuras 3.1.3a y 3.1.3b). Se han realizado también estudios de desplazamientos a escala espacial y temporal pequeña, usando marcas acústicas (Holland *et al.*, 1990; Block *et al.*, 1992), y se espera que marcas archivadoras y/o desprendibles proporcionen información valiosa en el futuro. Se han descrito desplazamientos consistentes con los datos limitados provenientes de devoluciones de marcas usando varios indicadores de abundancia relativa (Anraku y Yabuta, 1959; Howard y Ueyanagi, 1965; Hinton y Nakano, 1996).

3.1.4. Mortalidad natural

Boggs (1989) usó el método de Murphy y Sakagawa (1977) y algunas de las estimaciones de parámetros de crecimiento de Skillman y Yong (1976) para calcular estimaciones de la mortalidad natural del marlín azul. Para este informe (Tabla 3.1.1a) se usó el método de Pauly (1980) con las estimaciones de parámetros de crecimiento de Skillman y Yong (1976) y una estimación de la temperatura media de 26°C (ver Sección 3.2) para calcular estimaciones de la mortalidad natural de esta especie.

3.2. Influencias ambientales

Nakamura (1985) dijo que el marlín azul vive en las aguas superficiales y subsuperficiales del océano abierto, con mayor frecuencia en zonas donde la temperatura superficial del mar (TSM) supera los 24°C. Hinton y Nakano (1996: Tabla 1), usando datos de marcado acústico, descubrieron que el marlín azul pasa un 90% del tiempo en aguas con temperaturas entre 1° y 2°C diferentes de la temperatura superficial. Tras examinar datos de TSM y capturas de marlín azul, Anónimo (2000b) incluyó zonas de 5° de latitud por 5° de longitud con TSM medias de 20° o más en análisis para estimar el esfuerzo efectivo de pesca de esta especie.

3.3. Estructura del stock

Datos biológicos (Graves y McDowell, 1995) y de pesca indican que existe un solo stock de marlín azul en el Océano Pacífico.

4. EVALUACIÓN DEL STOCK

4.1. Índices de abundancia

Ueyanagi *et al.* (1989), Suzuki (1989), Skillman (1989), Hinton y Nakano (1996), Uosaki y Bayliff (1999), y Hinton y Uozumi (1999) calcularon índices de abundancia de la población de marlín azul en el Océano Pacífico, o partes del mismo. Los datos de Ueyanagi *et al.* (1989) muestran una variación considerable en las capturas por 100 horas de barco en el Torneo Internacional de Peces Picudos de Hawaii, con una tendencia ascendiente desde 1962 hasta 1985. Los datos de Suzuki (1989), Skillman (1989), y Uosaki y Bayliff (1999) muestran una reducción marcada en las capturas por anzuelo nominal para la pesquería palangrera a partir de mediados de la década de los 1950. Usando el método de Hinton y Nakano (1996), dichos autores y Hinton y Uozumi (1999) descubrieron que las tasas estandarizadas de captura de marlín azul disminuyeron desde mediados de los años 1950 hasta mediados de los años 1970, peor que en general aumentaron desde esos últimos años hasta 1997 (Figura 4.1).

4.2. Modelos de evaluación

Se usan tres tipos generales de modelos, con estructura de edades, reproductor-recluta, y de producción, descritos por Anónimo (2000b: 257-272), para evaluar la condición de stocks de peces. Todos requieren que se realicen los análisis con un stock de peces discreto. Tal como se comenta en la Sección 3.3, el marlín azul del Pacífico parece formar un solo stock.

Se concluyó de un análisis de datos de 1952-1975 con el modelo de producción (Yuen y Miyake, 1980) que la explotación del marlín azul en el Pacífico era excesiva, y que el esfuerzo de pesca en 1975 era aproximadamente el doble del nivel necesario para mantener el stock al nivel que produciría el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS). Un análisis posterior (Suzuki, 1989) basado en datos de 1952-1985, indicó, por contraste con el informe anterior, que no era posible determinar la condición del stock con respecto a un nivel arbitrario, tal como el RPMS. Concluyó, sin embargo, que ya que las tasas nominales de captura siguieron disminuyendo durante 1975-1985, un aumento en el esfuerzo más allá de los niveles anteriores “no sería favorable para el stock de marlín azul.”

Los datos necesarios para estimar la condición de una especie de pez con respecto a los efectos de la pesca deberían abarcar varias generaciones. En el caso del marlín azul, especie de vida relativamente larga, se deberían reunir los datos a lo largo de décadas. Esto introduce complicaciones en la evaluación de stocks porque las pesquerías de las que se consiguen los datos cambian a medida que los pescadores cambian sus buques, aparejo, y estrategias de pesca para procurar aumentar al máximo el valor neto de sus capturas.

Los blancos principales de las pesquerías palangreras son los atunes patudo y aleta amarilla, particularmente el primero. Durante los años 1970 se introdujeron palangres profundos, posiblemente más eficaces para el patudo, en el Pacífico occidental ecuatorial, y para 1980 eran el arte palangrero predominante en todo el Océano Pacífico ecuatorial (Miyabe y Bayliff, 1987: 17-20). El marlín azul pasa la mayoría del tiempo cerca de la superficie en aguas con temperaturas de 1° a 2°C diferentes a la temperatura en la superficie local (Sección 3.2). El uso de palangres profundos resulta en un número de anzuelos relativamente menor en la parte más cálida de la columna de agua cerca de la superficie donde se encuentra el marlín azul.

Se usaron datos de las pesquerías japonesas de alta mar y aguas lejanas para crear series de esfuerzo de pesca nominal y estandarizado para 1955-1997. Se tabularon los datos por año, bimestre dentro de año, y zonas de 5° por 5°. No se usaron los datos de estratos de año-bimestre-zona de 5° con menos de 20.000 anzuelos de esfuerzo de pesca nominal. Además, ya que la pesquería palangrera está

más ampliamente distribuida que el marlín azul, es importante excluir datos de esfuerzo de pesca de afuera de la zona de distribución de la especie, y por lo tanto se restringieron las zonas incluidas en los análisis con base en las TSM medias (Sección 3.2). Se calcularon estimaciones anuales del esfuerzo de pesca efectivo total a partir de datos de esfuerzo nominal con el método descrito por Hinton y Nakano (1996).

Se dispone de estimaciones de las capturas anuales de marlines azules por las pesquerías palangreras japonesas de alta mar y de aguas lejanas durante 1971-1997 en toneladas métricas, pero para el período de 1955-1970 solamente en número de peces. Se estimaron las tasas de captura estandarizadas para estas dos pesquerías para 1971-1997, en peso de pescado capturado por anzuelo, dividiendo las capturas por el esfuerzo estandarizado. Entonces se dividieron las capturas totales (todas pesquerías de todas naciones) por las tasas de captura estandarizadas de los buques japoneses para obtener estimaciones del esfuerzo total estandarizado. Fue necesario examinar varias relaciones posibles entre las capturas de las pesquerías japonesas de alta mar y de aguas lejanas y las de todas las pesquerías japonesas para estimar el esfuerzo de pesca estandarizado para el período de 1955-1970. Se consideraron tres hipótesis para la relación entre el peso de las capturas de estas pesquerías palangreras y el peso total de las capturas de marlín azul por las pesquerías japonesas al modelar las tasas de captura para el período de 1955-1970. Se consideraron tres hipótesis para la relación entre el peso de las capturas de estas pesquerías palangreras y el peso total de las capturas de marlín azul por las pesquerías japonesas al modelar las tasas de captura del período de 1955-1970. Cabe destacar que para 1955 las pesquerías palangreras de Japón estaban ampliamente distribuidas por el Pacífico occidental y central, y para 1961 alcanzaban hasta 84°O en el Océano Pacífico oriental (Suda y Schaefer, 1965: Figura 1). Durante el período de 1971-1997 no hubo ninguna tendencia significativa en la relación entre las capturas de las pesquerías palangreras de alta mar y de aguas lejanas y las de todas las pesquerías japonesas, con las capturas de las primeras en promedio un 75 a 80% de las últimas. Para la primera hipótesis se supuso por tanto que el porcentaje de la captura total japonesa tomada por estas dos pesquerías aumentó de forma lineal de 40% de la captura total en 1955 a 75% de la captura total en 1970. En la segunda hipótesis se supuso que el porcentaje de la captura total japonesa tomada por las dos pesquerías permaneció constante durante el período de 1955-1970. En la tercera hipótesis, que establece el límite inferior para el esfuerzo estandarizado total durante el período, se supuso que las pesquerías palangreras de alta mar y de aguas lejanas fueron responsables de toda la captura de las pesquerías japonesas durante 1955-1970. En cada una de las hipótesis el esfuerzo estandarizado total y las tasas de captura del período de 1971-1997 se basaban en el peso conocido de las capturas de las pesquerías palangreras.

Se usó el modelo de poblaciones con retardos temporales de Deriso y Schnute (Quinn y Deriso, 1999: 212-218), una forma de modelo de producción, con los datos de captura total para 1951-1997 y el esfuerzo anual total estimado para 1955-1997, desarrollados de los datos de captura total y las tasas de captura obtenidos con las tres hipótesis arriba descritas. El marlín azul muestra un dimorfismo sexual marcado, y se cree que las tasas de mortalidad natural son distintas para machos y hembras (Boggs, 1989). Ya que no hay datos disponibles sobre las capturas por sexo, se estimó el parámetro de crecimiento en peso (ρ) del modelo de Deriso y Schnute para machos y hembras mediante aproximaciones lineales a pesos por edad obtenidos con estimaciones de talla por edad (Skillman y Yong, 1976) y una relación peso-talla para el Pacífico central (Tabla 3.1.1c). ρ varió de 0,95 para machos a 0,99 para hembras, y se usaron valores en ese rango al ajustar el modelo. Se ajustó el modelo también a un rango de tasas de supervivencia natural esperada ($S = 0,57-0,81$; Boggs, 1989).

En la Tabla 4.2a se presentan resultados representativos obtenidos del modelo de Deriso y Schnute, con y sin error de proceso, el error que resulta de modelar procesos biológicos como crecimiento y supervivencia en el modelo, y en la Tabla 4.2b estimaciones y límites de confianza de 95% del RPMS, RPMS-esfuerzo, y cociente B.

4.3. Sensibilidad a supuestos

Se puede ver en la Tabla 4.2a que los resultados del RPMS y el esfuerzo efectivo asociado, y el cociente de biomasa actual a biomasa esperada en el RPMS, son sensibles a las tasas de supervivencia natural usadas en los cálculos. Son asimismo sensibles a la hipótesis usada para estimar la relación entre las capturas de las pesquerías palangreras de alta mar y de aguas lejanas y las de todas las pesquerías japonesas (Sección 4.2). Sin embargo, los resultados no son sensibles a valores de ρ en el rango de 0,93 a 1,0, y se usó un valor de $\rho = 0,965$ en los análisis finales.

5. CONDICIÓN DEL STOCK

En 1951-1952 la captura anual de marlín azul en el Océano Pacífico fue aproximadamente 11.000 toneladas. A medida que crecieron las pesquerías de atunes en los años subsiguientes, las capturas de marlín azul se incrementaron con rapidez, alcanzando unas 23.000 toneladas en 1956-1957 y 38.000 toneladas en 1962-1963. Este período de aumento rápido fue seguido por un período de disminución rápida, a unas 11.000 toneladas en 1971. Durante 1951-1971 la configuración de los palangres permaneció relativamente igual, pescando a lo que ahora se considera relativamente poca profundidad. A partir de la década de los 70, los buques japoneses comenzaron a usar palangres en los que muchos de los anzuelos pescaban a mayor profundidad en la columna de agua, fuera del hábitat del marlín azul. Durante 1971-1975 la captura anual media de marlín azul fue alrededor de 12.300 toneladas. Posteriormente las capturas comenzaron a aumentar lentamente, alcanzando unas 19.000 toneladas en 1980, y un promedio de unas 18.400 toneladas anuales durante la década de los 80. Bajo la hipótesis 1, considerada la más representativa de los cambios en la distribución de la captura total en la pesquería durante 1955-1970, el esfuerzo estandarizado anual total fue en promedio unos 41 millones de anzuelos estandarizados durante 1955-1956. Para 1959 había alcanzado unos 60 millones de anzuelos estandarizados, y durante 1959-1963 fue en promedio unos 61 millones anuales. Durante 1964-1969 el esfuerzo estandarizado anual medio disminuyó a unos 49 millones de anzuelos estandarizados, un 18% más que durante 1955-1956. El esfuerzo estandarizado anual durante los años 70 y 80 fue en promedio unos 44 y 37 millones de anzuelos estandarizados, respectivamente.

Durante los cinco últimos años la captura total media de marlín azul ha sido unas 21.000 toneladas (rango: 17.300 a 24.000), y el esfuerzo anual medio unos 30.2 millones de anzuelos estandarizados (rango: 22,5 a 38,5 millones). Los promedios de las estimaciones del RPMS del ajuste del modelo completo variaron de unas 17.400 toneladas en el caso de la hipótesis 2 a 19.100 toneladas en el caso de la hipótesis 1, con esfuerzo de RPMS de unos 34,5 a 65,0 millones de anzuelos estandarizados, respectivamente. La razón de la biomasa de 1997 estimada a la biomasa esperada a RPMS del ajuste del modelo completo con error de proceso varió entre 1,0 y 1,3 para la hipótesis 2 y entre 1,6 y 1,9 para la hipótesis 1.

Por último, en el caso de la hipótesis 3, que establece el límite inferior para el esfuerzo estandarizado total durante 1955-1970, el RPMS estimado del ajuste del modelo con y sin error de proceso fue de unas 18.000 toneladas con esfuerzo de RPMS entre unos 26 y 30 millones de anzuelos estandarizados. La razón de la biomasa de 1997 estimada a la biomasa esperada a RPMS fue entre 0,7 y 0,8. Se incluye esta hipótesis no como alternativa verosímil, sino como límite inferior de lo que sería el caso si las pesquerías de alta mar y de aguas lejanas respondieran de un mayor porcentaje de la captura total de lo que se considera razonable.

En la Tabla 4.3 se presentan las estimaciones y límites de confianza de 95% del RPMS y el esfuerzo efectivo asociado, y de los cocientes de biomasa, para los hipótesis 1 y 2. Se obtuvieron estos límites condicionando la función de verosimilitud en el RPMS. El ajuste de los resultados obtenidos bajo la hipótesis 2 fue significativamente mejor que aquél obtenido bajo la hipótesis 1 en ambos niveles de S (para cada nivel, $\chi^2(1), p = 0,02$).

Con base en estos análisis, se considera que el stock de marlín azul en el Pacífico está en buena condición, con los niveles actuales de biomasa y esfuerzo de pesca cerca de los necesarios para sostener el RPMS.

6. DIRECCIONES FUTURAS

6.1. Colección de información nueva y/o actualizada

Se debería actualizar estos análisis a medida que se obtengan más datos.

REFERENCES--REFERENCIAS

- Anonymous. 2000a. 1999 billfish newsletter. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Southwest Fisheries Science Center: 12 pp.
- Anonymous. 2000b. Annual Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1998: 357 pp.
- Anraku, Noburu, and Yoichi Yabuta. 1959. Seasonal migration of [blue] marlin. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 10: 63-71.
- Bailey, Kevin, Peter G. Williams, and David Itano. 1996. By-catch and discards in western Pacific tuna fisheries: A review of SPC data holdings and literature. South Pacif. Comm., Tech. Rep., 34.
- 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: 1-10.
- Block, B. A., D. T. Booth, and F. G. Carey. 1992. Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira nigricans*, observed by acoustic telemetry. Mar. Biol., 114 (2): 175-183.
- 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.
- Caton, Albert, Cathy Colgan, Phil Sahlqvist, Peter Ward, Cesar Ramirez, and Martin Scott. 1998. Swordfish, *Xiphias gladius*, and the fisheries for tunas and billfishes in the Australia fishing zone. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 11-35.
- Coan, Atilio, L., Jr., Marija Vojkovich, and Doug Prescott. 1998. The California harpoon fishery for swordfish, *Xiphias gladius*. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 37-49.
- Graves, John E., and Jan R. McDowell. 1995. Inter-ocean genetic divergence of istiophorid billfishes. Mar. Biol. 122 (2):193-203.
- 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.
- Hinton, Michael G., and Yuji Uozumi. 1999. Assessment of blue marlin in the Pacific Ocean. Unpublished manuscript, 5 pp.
- Holland, Kim, Richard Brill, and Randolph K. C. Chang. 1990. Horizontal and vertical movements of Pacific blue marlin captured and released using sportfishing gear. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 88 (2) 397-402.
- Holts, David, and Oscar Sosa-Nishizaki. 1998. Swordfish, *Xiphias gladius*, fisheries of the eastern North Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 65-76.
- Hopper, Carol N. 1990. Patterns of blue marlin reproduction in Hawaiian waters. In Stroud, Richard H. (editor), Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 2: Research and Management in the 90s and Beyond, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 29-39.
- 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.
- Kume, Susumu, and James Joseph. 1969. 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.
- Lawson, T.A. 1998. Tuna fishery yearbook, 1997. Secretariat of the Pacific Community, Oceanic Fisheries Programme, Noumea, New Caledonia. 132 pp.
- 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.
- 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., 125 (5): iv, 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.
- Nishikawa, Yasuo, Misao Honma, Shoji Ueyanagi, and Shoji Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of scombroid fishes, 1956-1981. Far Seas Fish. Res. Lab., S Series: 12: 99 pp.
- Park, Yeong Chull, Wan Seok Yang, and Tae Ik Kim. 1994. Status of Koeran longline and purse-seine fisheries in the Pacific Ocean. FAO, Fish. Tech. Pap., 336 (2) 153-162.
- 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.
- Quinn, Terrance J., II, and Richard B. Deriso. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press, New York: xv, 542 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.
- 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.
- Skillman, Robert 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.
- Suda, Akira, and Milner B. Schaefer. 1965. General review of the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific, 1956-1962. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 9 (6): 305-462.
- 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 Interna-

- tional 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.
- 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.
- Ueyanagi, Shoji, Richard S. Shomura, Yoh Watanabe, and James L. Squire. 1989. Trends in the 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, 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.
- Wares, Paul G., and Gary T. Sakagawa. 1974. Some morphometrics of billfishes from the eastern Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2): 107-120.
- Yuen, Heeny S. H., and Peter M. Miyake (rapporteurs). 1980. Blue marlin, *Makaira nigricans*. In Shomura, Richard S. (editor). 1980. Summary report of the billfish stock assessment workshop Pacific resources. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA-TM-NMFS-SWFC-5: 13-19.