

# STATUS OF ALBACORE TUNA IN THE PACIFIC OCEAN

## CONTENTS

1. Executive summary.....	255
2. Data.....	256
3. Assumptions and parameters .....	257
4. Stock assessment.....	260
5. Stock status .....	262
6. Future directions .....	262
Figure .....	263
Tables.....	264
References.....	280

There are apparently two stocks of albacore, *Thunnus alalunga*, in the Pacific Ocean, one occurring in the northern hemisphere and the other in the southern hemisphere (Section 3.1.5). Accordingly, data for all parts of the Pacific Ocean are included in this report, but in many cases albacore of the North and South Pacific Oceans are discussed separately.

### 1. EXECUTIVE SUMMARY

There are apparently two stocks of albacore in the Pacific Ocean, one occurring in the northern hemisphere and the other in the southern hemisphere. Albacore are caught by longliners in most of the North and South Pacific, but not often between about 10°N and 5°S, by trollers in the eastern and central North Pacific and the central South Pacific, and by baitboats in the western North Pacific. During the 1980s and 1990s the catches have ranged between about 45 thousand and 75 thousand metric tons in the North Pacific and between about 25 thousand and 55 thousand metric tons in the South Pacific.

The adults live mostly in the Kuroshio Current, the North Pacific Transition Zone, and the California Current in the North Pacific and the Subtropical Convergence Zone in the South Pacific, but spawning occurs in tropical and subtropical waters.

There appear to be two subgroups of albacore in the North Pacific Ocean. The fish of the northern subgroup occur mostly north of 40°N when they are in the eastern Pacific Ocean. There is considerable exchange of fish of this subgroup between the troll fishery of the eastern Pacific Ocean and the baitboat and longline fisheries of the western Pacific Ocean. The fish of the southern subgroup occur mostly south of 40°N in the eastern Pacific, and relatively few of them are caught in the western Pacific. Fish which were tagged in offshore waters of the eastern Pacific and recaptured in the coastal fishery of the eastern Pacific exhibited different movements, depending on the latitude of release. Most of the recaptures of those released north of 35°N were made north of 40°N, and most of the recaptures of those released south of 35°N were made south of 40°N.

Much less is known about the movements of albacore in the South Pacific Ocean. The juveniles move southward from the tropics when they are about 35 cm long, and then eastward along the Subtropical Convergence Zone. When the fish approach maturity they return to the tropics, where they spawn. Recoveries of tagged fish released in areas east of 155°W were usually made at locations to the east and north of the release site, whereas those of fish released west of 155°W were usually made at locations to the west and north of the release site.

Production modeling indicates that the average maximum sustainable yields of albacore in the North and South Pacific are about 90 thousand and 30 to 35 thousand metric tons, respectively. It should be noted, however, that in the South Pacific the catches have exceeded 30 thousand metric tons in each of the last 14 years and 35 thousand metric tons in 8 of the last 14 years. The results of age-structured modeling in the North Pacific indicate that the exploitation rates have declined from about 40 percent during

the mid-1970s to less than 10 percent since the early 1980s. There does not seem to be any need to restrict the fisheries for albacore in either the North Pacific or the South Pacific.

## **2. DATA**

### **2.1. Definitions of the fisheries**

#### **2.1.1. Longline fisheries**

Longline vessels of Australia, the Cook Islands, Fiji, French Polynesia, Japan, New Caledonia, New Zealand, Papua New Guinea, the Peoples Republic of China, the Republic of Korea, the Solomon Islands, Taiwan, Tonga, the United States, Vanuatu, and Western Samoa fish for tunas, including albacore, and billfishes in the Pacific Ocean between about 50°N and 50°S (Kume, 1974; Yoshida, 1975; Bartoo and Foreman, 1994; Murray, 1994; Park *et al.*, 1994; Caton *et al.*, 1998; Ito *et al.*, 1998; Childers and Miller, 1999).

#### **2.1.2. Troll fisheries**

Albacore are caught in the Pacific Ocean by trolling by vessels of Australia, Canada, French Polynesia, New Zealand, and the United States (Bartoo and Foreman, 1994; Murray, 1994; Childers and Miller, 1999).

#### **2.1.3. Baitboat fisheries**

Albacore are caught in the Pacific Ocean by baitboats of Japan and the United States (Shiohama, 1973; Kume, 1974; Bartoo and Foreman, 1994; Childers and Miller, 1999).

#### **2.1.4. Gillnet fisheries**

From the mid-1970s until the end of 1992 there was a high-seas fishery for tunas and billfishes carried out with large-meshed gillnets by vessels of Japan, the Republic of Korea, and Taiwan (Bartoo *et al.*, 1993; Bartoo and Foreman, 1994; Murray, 1994). In addition, small amounts of albacore are caught in coastal waters of Chile with gill nets which are deployed to catch swordfish (Childers and Miller, 1999).

#### **2.1.5. Purse-seine fisheries**

Small amounts of albacore are caught in the North Pacific Ocean by Japanese purse-seine vessels (Childers and Miller, 1999).

#### **2.1.6. Recreational fisheries**

There is an important recreational fishery directed at albacore in California (Clemens and Craig, 1965; Laurs and Dotson, 1992; Childers and Miller, 1999). No information is available on recreational fisheries for albacore in other parts of the Pacific Ocean.

### **2.2. Catch and effort data**

#### **2.2.1. Commercial fisheries**

Data on the commercial catches of albacore are shown in Tables 2.2.1a and 2.2.1b. (The data were taken from Childers and Miller (1999: Tables 1 and 2). Those tables have numerous footnotes concerning the completeness and accuracy of the data, so anyone who uses these data should examine the footnotes in that report.) The catches in the North Pacific have exceeded those of the South Pacific, and have varied more from year to year than those of the South Pacific. The catches by Japanese baitboats in the North Pacific were greatest from about 1965 through 1980. Large amounts of fish were caught by the gillnet fisheries of Japan, Korea, and Taiwan from about 1978 through 1992, but, as noted above, the high-seas gillnet fishery ceased after that.

Longline fishing takes place throughout most of the Pacific Ocean between about 50°N and 50°S, but albacore are caught mostly between about 25°N and 45°N and between about 5°S and 45°S (Figure 2.2.1). Information on the distributions of the catches of albacore by U.S. trollers is given by Childers and Miller (1999: Figures 1 and 3a). Substantial amounts of albacore are caught at the surface near the coasts of North America and northeastern Asia by trollers and baitboats, respectively, but important equivalent fisheries do not exist near the coasts of South America and Australia.

### **2.2.2. Recreational fisheries**

Data on the recreational catches of albacore by U.S. vessels are shown in Table 2.2.2. There are no data available on the recreational catches of albacore by vessels of other nations. Most of the recreational catches by U.S. vessels are taken off Southern California (Clemens and Craig, 1965: Figures 122-174).

## **2.3. Size composition data**

### **2.3.1. Longline fisheries**

Length-frequency data for albacore caught by longliners in the Pacific Ocean are given by Honma and Kamimura (1957: Figures 4, 5, and 9), Otsu and Hansen (1962: Figures 3 and 9-11), Otsu and Sumida (1968: Figures 15 and 16), Shiohama (1973: Figures 1 and 2), Yoneta and Saito (1973: Figure 2), Kume (1974: Figures 10 and 14), Yoshida (1975: Figures 12-13), Kleiber and Baker (1987: Figures 2 and 4-6), and Uosaki and Bayliff (1999: Figures 59-61).

### **2.3.2. Troll fisheries**

Length-frequency data for albacore caught by trollers in the Pacific Ocean are given by Clemens and Craig (1965: Figures 10-16), Kume (1974: Figure 8), Kleiber and Baker (1987: Figures 2 and 4-6), Bartoo and Holts (1993: Figure 8), Bartoo *et al.* (1993: Figures 3-7), and Childers and Miller (1999: Figures 7 and 8).

### **2.3.3. Baitboat fisheries**

Length-frequency data for albacore caught by baitboats in the Pacific Ocean are given by Kume (1974: Figure 9) and Kleiber and Baker (1987: Figures 2 and 4-6).

### **2.3.4. Gillnet fisheries**

Length-frequency data for albacore caught by gillnetters in the Pacific Ocean are given by Bartoo and Holts (1993: Figures 2 and 7-11). The sizes of the fish caught are positively correlated with the mesh sizes of the nets.

### **2.3.5. Recreational fisheries**

No comprehensive data on the sizes of albacore caught by recreational fishermen are available.

## **3. ASSUMPTIONS AND PARAMETERS**

### **3.1. Biological and demographic information**

#### **3.1.1. Growth**

Laurs and Wetherall (1981) estimated the growth rates of North Pacific albacore from tagging and recapture data, and Labelle *et al.* (1993) estimated the growth of South Pacific albacore from analysis of counts of vertebral rings. Their estimates of the parameters of the von Bertalanffy growth equation are shown in Tables 3.1.1a and 3.1.1b, and estimates of the lengths at age obtained from these equations are shown in Tables 3.1.1c and 3.1.1d.

Three weight-length equations for Pacific albacore are shown in Table 3.1.1e.

### 3.1.2. Reproduction

The reproduction of albacore in the Pacific Ocean has been studied by Partlo (1955), Ueyanagi (1957 and 1969), Otsu and Uchida (1959), Otsu and Hansen (1962), Yoneta and Saito (1973), Kume (1974), Shingu *et al.* (1974), Nishikawa *et al.* (1985), Ratty *et al.* (1990), and Ramón and Bailey (1996). Albacore larvae appear to be scarce east of 140°W, and most abundant west of 180° (Nishikawa *et al.*, 1985), although this could be an artifact of sampling. Partlo (1955) found what he considered to be mature males and females in the “eastern Pacific,” presumably caught off Canada and/or the United States. Otsu and Uchida (1959), however, said that albacore “supporting the American west coast summer fishery are non-spawning fish,” and stated that spawning occurs only in tropical and subtropical waters. Ratty *et al.* (1990) found mature males, but not mature females, in the South Pacific Subtropical Convergence Zone, between about 35° to 40°S. They said that spawning occurs mostly in Southern Tropical Convergence waters, between about 10° and 20°S. Spawning occurs in the North Pacific mostly or entirely during the northern summer (Otsu and Uchida, 1959) and in the South Pacific mostly or entirely during the southern summer (Ramón and Bailey, 1996).

The minimum lengths at first maturity found by various workers are shown in Table 3.1.2.

Otsu and Sumida (1968) found the percentages of males among albacore caught by the longline fishery of American Samoa during 1954-1965 to be as follows: all fish, about 50 to 70 percent; fish over 90 cm in length, about 50 to 90 percent. About 62 percent of the fish caught by that fishery during 1962-1965 were males. Yoneta and Saito (1973) found the percentages of males to range from about 66 to 77 percent for “large” albacore caught in the western South Pacific during 1964-1969.

Ueyanagi (1957) estimated the range of the number of eggs per spawning in the northwestern Pacific to be about 0.8 to 2.6 million, and Otsu and Uchida (1959) obtained estimates of 0.9 to 1.8 million for fish from Hawaii.

### 3.1.3. Movement

Information on the movements of albacore in the North Pacific Ocean is given by Clemens (1961), Otsu and Uchida (1963), Rothschild and Yong (1970), Kume (1974), Kikawa *et al.* (1977), Laurs and Lynn (1977 and 1991), and Kimura *et al.* (1997). According to Laurs and Lynn (1977 and 1991), there appear to be two subgroups of albacore in the North Pacific Ocean (Section 3.1.5). The fish of the northern subgroup, when in the eastern Pacific Ocean, occur mostly north of 40°N. There is considerable exchange of fish of this subgroup between the troll fishery of the eastern Pacific and the baitboat and longline fisheries of the western Pacific. The fish of the southern subgroup occur mostly south of 40°N in the eastern Pacific, and relatively few of them are caught in the western Pacific. Fish that were tagged in offshore waters of the eastern Pacific and recaptured in the coastal fishery of the eastern Pacific exhibited different movements, depending on the latitude of release. Most of the recaptures of those released north of 35°N were made north of 40°N, and most of the recaptures of those released south of 35°N were made south of 40°N. Kimura *et al.* (1997) state that “the annual migration route for mature albacore is described as a closed ellipse with a centre at 20°N and 170°E, and is wider in El Niño years than in non-El Niño years associated with an appearance of a cold-water region in the central and south-western North Pacific. Immature albacore also have an anticlockwise migration route in winter which extends from 25°N to 35°N and from 130°E to 180°, when the Kuroshio has a relatively straight path. However, the migration does not persist when the Kuroshio takes a large meander path.”

Much less is known about the movements of albacore in the South Pacific Ocean. According to Jones (1991) and Murray (1994), the juveniles move southward from the tropics when they are about 35 cm long, and then eastward along the Subtropical Convergence Zone. When the fish approach maturity they return to the tropics, where they spawn. According to Labelle (1993), recoveries of tagged fish released in areas east of 155°W were usually made at locations to the east and north of the release site,

whereas those of fish released west of 155°W were usually made at locations to the west and north of the release site.

#### **3.1.4. Natural mortality**

Suda (1963 and 1966) estimated the coefficient of annual natural mortality,  $M$ , for North Pacific albacore to be 0.2. Suda (1966) estimated  $M$  to be 0.2 for 6-year-olds and 0.4, 0.6, and 0.8 for fish at the end of their sixth, seventh, and eighth years of life, respectively. Bertignac *et al.* (1999), however, estimated the average  $M$  for North Pacific albacore after recruitment to the fishery to be about 0.6, assuming that about 90 percent of the tagged fish which are recaptured are reported. They performed a sensitivity analysis which showed that the estimate of  $M$  would be about 0.4 if only about 30 percent of the recaptures were reported and about 0.2 if only about 15 percent were reported. Estimates of 0.32 to 0.67 for  $M$  were obtained for this report with the method of Pauly (1980), using growth data (Table 3.1.1a) and an assumed average temperature 17.5°C (Section 3.2).

Fournier *et al.* (1998: Figure 7) estimated  $M$  for South Pacific albacore to be about 0.2 for 1- to 5-year-old fish and to increase to about 0.35 for 9-year-old fish. Estimates of 0.17 to 0.30 were obtained for this report from growth data (Table 3.1.1b) and an assumed average temperature 17.5°C (Section 3.2) with the method of Pauly (1980). The fact that there are more males than females among the older fish (Section 3.1.2) may indicate that  $M$  is greater for females than for males.

#### **3.1.5. Stock structure**

The albacore of the North Pacific Ocean and the South Pacific Ocean have usually been considered to be separate stocks (Nakamura, 1969; Kume, 1974; Bartoo and Foreman, 1994, Murray, 1994; Uosaki and Bayliff, 1999). Nakamura (1969) stated that "(1) there is no evidence that the albacore migrate across the Equator in any season, and (2) the population structures of the albacore in the two hemispheres are roughly symmetrical, [which] would indicate that it is reasonable to consider the two populations as discrete." Chow and Ushiyama (1995) analyzed the mitochondrial DNA of albacore caught in the North and South Pacific, and concluded that there is gene flow between the two areas. However, even limited exchange of genetic material between two areas is sufficient to maintain genetic homogeneity.

Laurs and Lynn (1977 and 1991) stated that tagging data indicate that there are probably two "subgroups" of albacore in the North Pacific Ocean, and that the fish of the two subgroups have different "migratory patterns, modal sizes, growth rates, and spawning periods, although they do not appear to be genetically distinct." Off North America the boundary between the two subgroups is located at about 40°N. Labelle (1993) noted that tagging data for the South Pacific suggest "the existence of different migration patterns, as has been hypothesized for the North Pacific population."

### **3.2. Environmental influences**

In the North Pacific Ocean surface-dwelling albacore inhabit the Kuroshio Current, the North Pacific Transition Zone (NPTZ), and the California Current. Information on the oceanography of these regions is given by Reid *et al.* (1958), Marr (1970), Stommel and Yoshida (1972), Sugawara (1972), Takenouti (1980), Laurs (1983), Reid (1988), Laurs and Lynn (1991), and Roden (1991). Albacore are most abundant at 200 to 260 m below the surface, but they have been caught at depths as great as 380 m with experimental vertical longlines. The greatest catches of albacore are made in areas with sea-surface temperatures (SSTs) of about 16° to 19°C, but acoustic tracking experiments have revealed that 3- to 5-year-old fish spend most of their time in or near the thermocline, where the temperatures can be as low as 10°C (Laurs and Lynn, 1991). Albacore, like the other tunas, have countercurrent heat exchangers which enable them to spend significant amounts of time in deeper, colder water. They are apparently restricted to waters with dissolved oxygen saturations greater than 60 percent (Graham and Laurs, 1982). Also, there is evidence that albacore tend to remain in waters with greater clarity than adjacent waters, possibly because they are better able to see their prey in clearer water (Laurs, 1983). Laurs *et al.* (1984) found ag-

gregations of albacore in “pockets of warm, blue oceanic water intruding into the boundary between oceanic and cooler greenish coastal waters” off California.

In the South Pacific Ocean albacore inhabit the Subtropical Convergence Zone, which is analogous to the NPTZ (Labelle, 1993). Information on the oceanography of the South Pacific Ocean is given by Knox (1970). Fournier *et al.* (1998) noted that “the spawning seasons corresponding to low recruitments match well with the occurrence of El Niño episodes (negative values of the Southern Oscillation Index) in the Pacific Ocean,” and *vice versa*.

## **4. STOCK ASSESSMENT**

### **4.1. Indices of abundance**

Indices of abundance of albacore in the North Pacific Ocean have been calculated by Laurs *et al.* (1976: troll fishery), Bartoo and Weber (1979: longline, troll, and baitboat fisheries), Kleiber and Perrin (1991: troll fishery), and Uosaki and Bayliff (1999: Figure 25, longline fishery east of 150°W). The longline data of Bartoo and Weber (1979: Figure 5) indicate that the abundance of albacore decreased from 1952 to 1963, and then remained at about the same level from 1963 to 1976. Their troll (their Figure 3) and baitboat (their Figure 4) data do not show clearcut upward or downward trends from 1961 to 1976. Kleiber and Perrin (1991) showed that the distribution of surface-dwelling albacore is patchy, and that during the period of their study, 1961-1988, the ability of the fishermen to locate high concentrations of fish had increased. The unadjusted data indicate that the abundance of albacore had neither increased nor declined during the 1961-1988 period, whereas the adjusted data indicate that the abundance of albacore had declined during that period (their Figure 2).

Indices of abundance of albacore in the South Pacific Ocean have been calculated by Otsu and Sumida (1968: Figure 9), Skillman (1975: Figure 10), Yoshida (1975: Figures 2 and 5), Yeh and Wang (1996: Figures 5 and 6), Uosaki and Bayliff (1999: Figure 25, east of 150°W), and Wang (1999: Figure 4), all of whom used longline data. In every case the data show declines in the abundance of the fish.

### **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 (2000: 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 3.1.5, there appear to be two stocks of albacore in the Pacific Ocean, the North Pacific stock and the South Pacific stock.

#### **4.2.1. North Pacific albacore**

Assessment of the North Pacific stock of albacore has been conducted by Bartoo and Weber (1979), Bartoo and Shiohama (1984), Kleiber and Baker (1987), Kleiber and Perrin (1991), and Bertignac *et al.* (1999).

Age-structured modeling of albacore in the North Pacific has been carried out by Bartoo and Weber (1979), Kleiber and Baker (1987), and Bertignac *et al.* (1999). Bartoo and Weber (1979) estimated that the yields per recruitment of North Pacific albacore during the 1955-1970 and 1971-1976 periods were approximately as follows: northeastern Pacific troll fishery, 2.6 and 1.6 kg; northwestern Pacific baitboat fishery, 3.0 and 4.3 kg; North Pacific longline fishery, 2.5 and 0.4 kg; three fisheries combined, 8.0 and 6.0 kg. They stated that decreases in effort and increases in age at first capture would benefit both the longline fishery and the fishery as a whole. They noted, however, that increases in effort would benefit the troll fishery of the northeastern Pacific. The results of Kleiber and Baker (1987) and Bertignac *et al.* (1999) indicate that the fishing mortality rate for North Pacific albacore is relatively low. Kleiber and Baker (1987) conducted a simulation study to estimate the interactions among the three fisheries, using Suda's (1966) estimate of  $M = 0.2$ . Their estimates of the effects of doubling and halving the fishing effort for each fishery are presented in Table 4.2.1. Doubling the effort for a fishery would increase the

catch by that fishery by 85 to 98 percent and decrease those of the other two fisheries by 0.1 to 7.5 percent, and halving the effort for a fishery would decrease the catch by that fishery by 48 to 50 percent and increase those of the other two fisheries by 0.1 to 4.1 percent. Obviously, the interaction among the three fisheries is minimal, which means, of course, that the fishing mortality rates are low relative to the value of  $M$  used in their simulations. If they had used a higher value of  $M$  the effects of the various fisheries on the other fisheries would have been even less. Bertignac *et al.* (1999) used tagging data to estimate the exploitation rates of North Pacific albacore, and concluded that these had been about 40 percent ( $F = 0.51$ ) during the mid-1970s, but have been less than 10 percent ( $F = 0.11$ ) since the early 1980s.

Bartoo and Weber (1979), who discussed spawner-recruit relationships of North Pacific albacore, said that their data, “although variable, indicate some depression in both spawning stock and recruitment from virgin levels.”

Bartoo and Shiohama (1984) carried out a production model analysis, with estimates of the sensitivity of the results to measurement errors in the data. They used catch and standardized catch-per-unit-of-effort (CPUE) data for the North Pacific longline, northeastern Pacific troll, and northwestern Pacific baitboat fisheries for 1961-1981 to calculate standardized effort data for that period. The average maximum sustainable yield (AMSY) for the North Pacific was estimated to be about 89 thousand tons, with possible errors of plus or minus 20 percent, which would result in a range of about 71 to 108 thousand tons. The optimum effort was estimated to be about 134 thousand units, with a range of 107 thousand to 162 thousand units. The estimates of AMSY are insensitive to errors in the estimates of effort, but sensitive to errors in the estimates of catch. The estimates of optimum effort are insensitive to errors in catch, but sensitive to errors in the estimates of effort. The optimum effort was nearly reached in 1976, when the catch was 121,106 tons, and in 1978, when the catch was 90,300 tons. It should be noted that the fit of the catch and effort data to the dome-shaped curve (their Figure 1) was poor. Kleiber and Perrin (1991) showed that during the 1961-1988 period the ability of the troll fishermen to locate high concentrations of fish had been increasing, which would create a bias in Bartoo and Shiohama's (1984) estimates of fishing effort.

#### **4.2.2. South Pacific albacore**

Stock assessment of the South Pacific stock of albacore has been conducted by Skillman (1975), Yeh and Wang (1996), Fournier *et al.* (1998), and Wang (1999).

Fournier *et al.* (1998) used catch and effort data and length composition data in an age-structured model, MULTIFAN-CL, which estimates selectivity and catchability coefficients, growth parameters and age composition of the catch, natural and fishing mortality rates, movement parameters, and population biomass and recruitment. They showed that the relative biomass of albacore reached a maximum during the 1970s, and subsequently declined. They did not make any statements regarding whether the stock was over- or underfished.

Skillman (1975), Yeh and Wang (1996), and Wang (1999) all used catch and CPUE data for the longline fishery and production models to assess the status of the stock of albacore in the South Pacific Ocean. Skillman estimated the average maximum sustainable yield (AMSY) to be about 33,000 to 35,000 metric tons. Yeh and Wang (1996) used the method of Honma (1974) and a general linear model to standardize catch and effort data for the Japanese, Korean, and Taiwanese fisheries, and then used these data to estimate the parameters of the symmetrical production model. The data from the Honma and general linear models produced estimates of 31,320 and 31,620 metric tons, respectively, for the AMSY. Wang (1999), using the method of Schnute (1977), estimated the AMSY to be 30,806 metric tons. It should be noted that the fits of the catch and effort data to the various dome-shaped curves were poor (Skillman, 1975: Figure 11; Yeh and Wang, 1996: Figure 8).

#### **4.3. Comparison to external data sources**

Fournier *et al.* (1998) stated that, “although further questions concerning the albacore analysis need exploration, the consistency of the model results with various exogenous data sets is encouraging. These include the consistency of MULTIFAN-CL length-at-age estimates with those previously derived from vertebral ring counts [Labelle *et al.*, 1993], the consistency of age-dependent natural mortality rate estimates with changes in albacore sex ratio with size and with the onset of female reproductive maturity [Ramón and Bailey, 1996], and the apparent relationship between variation in estimated recruitment and variation in the Southern Oscillation Index.”

#### **4.4. Sensitivity to assumptions**

Bartoo and Shiohama’s (1984) production model analysis, summarized in Section 4.2.1, included estimates of the sensitivity of the results to measurement errors in the data. Analyses to determine the sensitivity of estimates of the natural mortality rates to assumptions regarding tag reporting rates were carried out by Bertignac *et al.* (1999). These are summarized in Section 3.1.4.

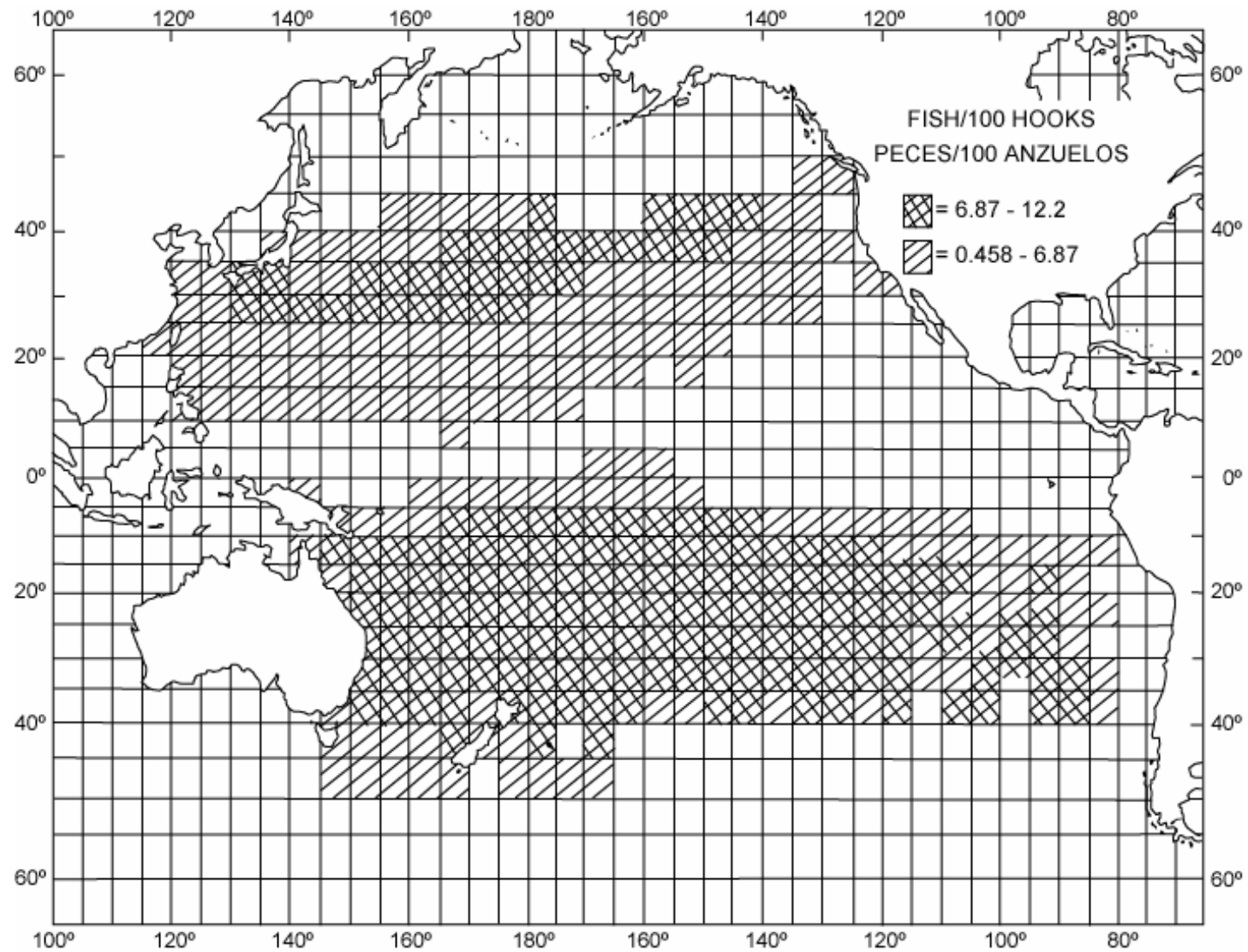
### **5. STOCK STATUS**

Albacore are apparently not overfished in either the North Pacific or the South Pacific.

### **6. FUTURE DIRECTIONS**

#### **6.3. Specification of management objectives**

Fournier *et al.* (1998) made two suggestions for future research. “First, the results of the model could be cast in a form suitable for comparison with limit or target reference points., as envisaged by the recent United Nations agreement on straddling and highly migratory fish stocks... Second, forward projections could be a useful short-term forecasting tool for both the surface and longline fisheries, particularly if the predictability of recruitment from environmental variables is confirmed.”



**FIGURE 2.2.1.** Distributions of the catches per hook of albacore by Japanese longliners, averaged over the 1952-1976 period (after Foreman, 1980: Figure 14).

**FIGURA 2.2.1.** Distribución de las capturas por anzuelo de albacora por palangreros japoneses, promediada sobre el período de 1952-1976 (de Foreman, 1980: Figura 14).

**TABLE 2.3.1a.** Commercial catches of albacore in the North Pacific Ocean, by gear type and flag of vessel (after Childers and Miller, 1999: Table 1). The country codes are listed at the bottom of the table.  
**TABLA 2.3.1a.** Capturas comerciales de albacora en el Océano Pacífico norte, por arte de pesca y pabellón de buque (de Childers y Miller, 1999: Tabla 1). Al pie de la tabla se explican los códigos de países.

	Longline--Palangre					Baitboat--Carnada			Troll-Curricán		
	JPN	KOR	TWN	USA	Total	JPN	USA	Total	CAN	USA	Total
1952	26,687			46	26,733	41,786		41,786	71	23,843	23,914
1953	27,777			22	27,799	32,921		32,921	5	15,740	15,745
1954	20,958			14	20,972	28,069		28,069		12,246	12,246
1955	16,277			7	16,284	24,236		24,236		13,264	13,264
1956	14,341			6	14,347	42,810		42,810	17	18,751	18,768
1957	21,053			4	21,057	49,500		49,500	8	21,165	21,173
1958	18,432			7	18,439	22,175		22,175	74	14,855	14,929
1959	15,802			5	15,807	14,252		14,252	212	20,990	21,202
1960	17,369			4	17,373	25,156		25,156	5	20,100	20,105
1961	17,437			6	17,443	18,636	2,837	21,473	4	12,055	12,059
1962	15,764			8	15,772	8,729	1,085	9,814	1	19,752	19,753
1963	13,464			7	13,471	26,420	2,432	28,852	5	25,140	25,145
1964	15,458		26	4	15,488	23,858	3,411	27,269	3	18,388	18,391
1965	13,701		261	3	13,965	41,491	417	41,908	15	16,542	16,557
1966	25,050		271	9	25,330	22,830	1,600	24,430	44	15,333	15,377
1967	28,869		635	12	29,516	30,481	4,113	34,594	161	17,814	17,975
1968	23,961		698	10	24,669	16,597	4,906	21,503	1,028	20,434	21,462
1969	18,006		634	12	18,652	32,107	2,996	35,103	1,365	18,827	20,192
1970	15,372		1,516	9	16,897	24,376	4,416	28,792	390	21,032	21,422
1971	11,035		1,759	11	12,805	53,198	2,071	55,269	1,746	20,526	22,272
1972	12,649		3,091	8	15,748	60,762	3,750	64,512	3,921	23,600	27,521
1973	16,059		128	14	16,201	69,811	2,236	72,047	1,400	15,653	17,053
1974	13,053		570	8	13,631	73,576	4,777	78,353	1,331	20,178	21,509
1975	10,060	2,463	1,494	29	14,046	52,157	3,243	55,400	111	18,932	19,043
1976	15,896	859	1,251	18	18,024	85,336	2,700	88,036	278	15,905	16,183
1977	15,737	792	873	23	17,425	31,934	1,497	33,431	53	9,969	10,022
1978	13,061	228	284	54	13,627	59,877	950	60,827	23	16,613	16,636
1979	14,249	259	187	27	14,722	44,662	303	44,965	521	6,781	7,302
1980	14,743	597	318	9	15,667	46,743	382	47,125	212	7,556	7,768
1981	18,020	459	339	4	18,822	27,426	748	28,174	200	12,637	12,837
1982	16,762	387	559	40	17,748	29,615	425	30,040	104	6,609	6,713
1983	15,103	454	520	95	16,172	21,098	607	21,705	225	9,359	9,584
1984	15,111	136	471	113	15,831	26,015	1,030	27,045	50	9,304	9,354
1985	14,320	291	109	130	14,850	20,714	1,498	22,212	56	6,415	6,471
1986	12,945	241		148	13,334	16,096	432	16,528	30	4,708	4,738
1987	14,642	182		150	14,974	19,091	158	19,249	104	2,766	2,870
1988	13,904	109	38	308	14,359	6,216	598	6,814	155	4,212	4,367
1989	13,194	81	544	249	14,068	8,629	54	8,683	140	1,860	2,000
1990	15,928	20	287	177	16,412	8,532	115	8,647	302	2,603	2,905
1991	10,379	3	353	312	11,047	7,103		7,103	139	1,845	1,984
1992	19,149	43	300	335	19,827	13,888		13,888	363	4,572	4,935
1993	29,616	43	1,494	439	31,592	12,809		12,809	494	6,254	6,748
1994	29,612	43	1,586	546	31,787	26,391		26,391	836	10,978	11,814
1995	28,677	43	3,789	873	33,382	20,981		20,981	1,415	8,200	9,615
1996	28,677	43	4,596	1,188	34,504	23,383		23,383	544	16,346	16,890
1997	28,677	43	4,596	1,648	34,964	23,383		23,383	477	14,151	14,628
1998	28,677	43	4,596	1,121	34,437	23,383	6	23,389	680	14,682	15,362

**TABLE 2.3.1a.** (continued)  
**TABLA 2.3.1a.** (continuación)

	Gillnet – Red agallera					Purse seine - Cerco			Other - Otros				Total
	JPN	KOR	TWN	USA	Total	JPN	USA	Total	JPN	MEX	USA	Total	
1952						154		154	237			237	92,824
1953						38		38	132			132	76,635
1954						23		23	38			38	61,348
1955						8		8	136			136	53,928
1956									57			57	75,982
1957						83		83	151			151	91,964
1958						8		8	124			124	55,675
1959									67		5	72	51,333
1960									76		4	80	62,714
1961						7		7	268		6	274	51,256
1962						53		53	191		8	199	45,591
1963						59		59	218		7	225	67,752
1964						128		128	319		4	323	61,599
1965						11		11	121		3	124	72,565
1966						111		111	585		9	594	65,842
1967						89		89	520		12	532	82,706
1968						267		267	1,109		10	1,119	69,020
1969						521		521	1,480		12	1,492	75,960
1970						317		317	794		9	803	68,231
1971						902		902	367		11	378	91,626
1972	1				1	277		277	646	100	8	754	108,813
1973	39				39	1,353		1,353	533		14	547	107,240
1974	224				224	161		161	959	1	9	969	114,847
1975	166				166	159		159	254	1	43	298	89,112
1976	1,070				1,070	1,109		1,109	285	36	27	348	124,770
1977	688				688	669		669	379		36	415	62,650
1978	4,029				4,029	1,115		1,115	2,097	1	69	2,167	98,401
1979	2,856				2,856	125		125	1,158	1	31	1,190	71,160
1980	2,986	6			2,992	329		329	1,209	31	24	1,264	75,145
1981	10,348	16			10,364	252		252	904	8	60	972	71,421
1982	12,511	113			12,624	561		561	732	7	84	823	68,509
1983	6,852	233			7,085	350		350	125	33	213	371	55,267
1984	8,988	516			9,504	3,380	3,728	7,108	518	113	138	769	69,611
1985	11,204	576		2	11,782	1,533		1,533	407	49	83	539	57,387
1986	7,813	726		3	8,542	1,542		1,542	650	3	106	759	45,443
1987	6,698	817	2,514	5	10,034	1,205		1,205	189	7	136	332	48,664
1988	9,074	1,016	7,389	15	17,494	1,208		1,208	177	15	318	510	44,752
1989	7,437	1,023	8,350	4	16,814	2,521		2,521	466	2	272	740	44,826
1990	6,064	1,016	16,701	29	23,810	1,995	71	2,066	253	2	181	436	54,276
1991	3,401	852	3,398	17	7,668	2,652		2,652	399		384	783	31,237
1992	2,721	271	7,866		10,858	4,104		4,104	1,534		408	1,942	55,554
1993	287				287	2,889		2,889	867		331	1,198	55,523
1994	263			38	301	2,026		2,026	799		712	1,511	73,830
1995	282			40	322	1,177		1,177	937		1,096	2,033	67,510
1996	282			38	320	240	11	251	937			937	76,285
1997	282			38	320	240	2	242	937			937	74,474
1998	282			58	340		39	279	937		1	938	74,745

CAN: Canada-Canadá; JPN: Japan-Japón; KOR: Republic of Korea-República de Corea; MEX: Mexico-México; TWN: Taiwan; USA: United States-Estados Unidos

**TABLE 2.3.1b.** Commercial catches of albacore in the South Pacific Ocean, by gear type and flag of vessel (after Childers and Miller, 1999: Table 2). ). The country codes are listed at the bottom of the table.

**TABLA 2.3.1b.** Capturas comerciales de albacora en el Océano Pacífico sur, por arte de pesca y pabellón de buque (de Childers y Miller, 1999: Tabla 1). Al pie de la tabla se explican los códigos de los países.

	Longline—Palangre														Total
	AUS	FJI	JPN	KOR	NCL	NZL	PYF	SLB	TON	TWN	USA	VUT	WSM	Other	
1952			154												154
1953			803												803
1954			9,578												9,578
1955			8,625												8,625
1956			7,281												7,281
1957			8,757												8,757
1958			18,490	146											18,636
1959			17,385	456											17,841
1960			21,638	610											22,248
1961			23,412	330											23,742
1962			34,620	599											35,219
1963			29,120	1,367						608					31,095
1964			19,390	2,911						629					22,930
1965			17,793	6,405						1,640					25,838
1966			21,627	10,817						6,669					39,113
1967			15,104	13,717						11,497					40,318
1968			6,659	10,138						12,254					29,051
1969			4,894	9,963						9,503					24,360
1970			5,297	11,599						14,484					31,380
1971			3,472	14,482						15,871					33,825
1972			3,027	14,439						16,674					34,140
1973			2,550	17,452				4		17,741					37,747
1974			1,868	12,194						16,857					30,919
1975			1,333	9,015						16,056					26,404
1976			2,054	9,058				6		13,206					24,324
1977			2,328	11,229				9		21,429					34,995
1978			2,845	11,658				9		20,702					35,214
1979			2,274	11,411				21		14,987					28,693
1980			2,216	10,449				25		17,998					30,688
1981			4,203	13,342				2		14,390					31,937
1982			4,899	10,769				8	106	12,634					28,416
1983			5,723	7,069	12			19	143	12,069	5				25,040
1984			3,804	5,321	112			19	135	11,155	9				20,555
1985			3,868	13,544	131			12	174	9,601	11				27,341
1986			4,426	15,877	179				206	11,913					32,601
1987	129		4,490	6,821	563				252	15,009					27,264
1988	107		7,469	6,563	584				242	17,120	1				32,086
1989	93	3	5,828	5,151	566	19			195	10,867					22,722
1990	51	68	6,573	3,947	1,053	249	20		152	11,619				4	23,736
1991	213	208	4,468	1,866	909	325	100		171	16,508	1				24,769
1992	192	243	3,814	2,271	692	706	195		199	20,956					29,268
1993	226	463	8,381	1,083	755	221	714		231	17,701			228	1	30,004
1994	351	586	7,151		840	474	913		343	19,731	35		641	29	31,094
1995	401	665	6,326	8	332	427	772	204	379	12,775	52	112	1,883	43	24,379
1996	408	1,024	3,847	215	414	480	1,462	1,154	494	11,909	99	287	2,470	49	24,312
1997	302	1,197	4,625	845	267	323	2,587	608	494	15,662	271	17	4,387	101	31,686
1998	480	1,207	4,625	2,680	860	323	2,587	370	494	15,101	326	17	6,508	36	35,614

**TABLE 2.3.1b.** (continued)  
**TABLA 2.3.1b.** (continuación)

	Troll--Curricán					Gillnet—Red agallera					Baitboat— Carnada	Total
	AUS	NZL	PYF	USA	Total	CHL	JPN	KOR	TWN	Total	JPN	
1952												154
1953												803
1954												9,578
1955												8,625
1956												7,281
1957												8,757
1958												18,636
1959												17,841
1960											45	22,293
1961												23,742
1962												35,219
1963											16	31,111
1964												22,930
1965												25,838
1966												39,113
1967		5			5							40,323
1968		14			14							29,065
1969												24,360
1970	100	50			150							31,530
1971	100				100							33,925
1972	100	268			368							34,508
1973	100	484			584							38,331
1974	100	898			998							31,917
1975	100	646			746							27,150
1976	100	25			125							24,449
1977	100	621			721							35,716
1978	100	1,686			1,786							37,000
1979	100	814			914							29,607
1980	100	1,468			1,568						19	32,275
1981	5	2,085			2,090						8	34,035
1982	6	2,434			2,440						1	30,857
1983	7	744			751		32			32	2	25,825
1984	8	2,773			2,781		1,581			1,581		24,917
1985	9	3,253			3,262		1,928			1,928		32,531
1986	10	1,911		92	2,013		1,936			1,936		36,550
1987	11	1,227		751	1,989		919			919		30,172
1988	12	330		3,253	3,595		4,271		1,000	5,271		40,952
1989	13	5,161	102	3,280	8,556		13,263	172	8,520	21,955		53,233
1990	15	2,143	299	3,922	6,379		5,667		1,859	7,526		37,641
1991	20	2,236	326	5,540	8,122				1,394	1,394		34,285
1992	70	3,708	72	3,055	6,905						49	36,222
1993	55	3,282	45	1,036	4,418						5	34,427
1994	70	5,094		530	5,694						2	36,790
1995	25	5,760	184	2,092	8,061	15				15		32,455
1996	25	5,157	69	2,186	7,437	21				21		31,770
1997	25	3,303	24	1,403	4,755							36,441
1998	35	3,303	24	1,764	5,126							40,740

AUS: Australia; CHL: Chile; FJI: Fiji; JPN: Japan-Japón; KOR: Republic of Korea-República de Corea; NZL: New Zealand-Nueva Zelanda; PYF: French Polynesia-Polinesia Francesa; SLB, Solomon Islands-Islas Salomón; TON; Tonga; TWN: Taiwan; USA: United States-Estados Unidos; VUT: Vanuatu; WSM: Western Samoa-Samoa Occidental

**TABLE 2.3.1c.** Recreational catches of albacore by U.S. vessels (after Childers and Miller, 1999: Table 1).

**TABLA 2.3.1c.** Capturas deportivas de albacora por barcos de EE.UU. (de Childers y Miller, 1999: Tabla 1).

Year--Año	Catch--Captura	Year--Año	Catch--Captura	Year--Año	Catch--Captura
1952	1,373	1968	951	1984	1,427
1953	171	1969	358	1985	1,176
1954	147	1970	822	1986	196
1955	577	1971	1,175	1987	74
1956	482	1972	637	1988	64
1957	304	1973	84	1989	160
1958	48	1974	94	1990	24
1959	0	1975	640	1991	6
1960	557	1976	713	1992	2
1961	1,355	1977	537	1993	25
1962	1,681	1978	810	1994	106
1963	1,161	1979	74	1995	102
1964	824	1980	168	1996	51
1965	731	1981	195	1997	744
1966	588	1982	257	1998	1,153
1967	707	1983	87	1999	

**TABLE 3.1.1a.** Growth parameters of North Pacific albacore estimated by Laurs and Wetherall (1981: Table 3), and natural mortality parameters estimated for this report by the method of Pauly (1980). Method BGC4 involved the use of a computer program by that name. The sequential method, for which  $L_{\infty}$  is set at 125 cm, is described by Laurs and Wetherall (1981). Group A: all fish recaptured inshore south of 40°N except those released inshore north of 40°N; Group B: all fish recaptured inshore north of 40°N except those released inshore south of 40°N; Group C: all fish recaptured west of 180°.

**TABLA 3.1.1a.** Parámetros de crecimiento de albacora del Pacífico norte estimados por Laurs y Wetherall (1981: Tabla 3), y parámetros de mortalidad natural estimados par este informe con el método de Pauly (1980). En el método BGC4 se usó un programa de computadora del mismo nombre. El método secuencial, para el cual se fija  $L_{\infty}$  en 125 cm, es descrito por Laurs y Wetherall (1981). Grupo A: todos los peces recapturados cerca de la costa al sur de 40°N excepto aquéllos liberados cerca de la costa al norte de 40°N; Grupo B: todos los peces recapturados cerca de la costa al norte de 40°N excepto aquéllos liberados cerca de la costa al sur de 40°N; Grupo C: todos los peces recapturados al oeste de 180°.

Method	Recapture group	Sample size	$L_{\infty}$ (cm)	$K$ (annual)	Mortality
Método	Grupo de recaptura	Tamaño muestra	$L_{\infty}$ (cm)	$K$ (anual)	Mortalidad
1	A	221	94.5	0.505	0.67
2	B	75	107.5	0.272	0.43
3	C	114	98.5	0.345	0.52
4	B + C	189	102.1	0.310	0.48
5	A + B + C	410	100.9	0.342	0.51
6	A	221	125.0	0.231	0.37
7	B	75	125.0	0.193	0.33
8	C	114	125.0	0.184	0.32
9	B + C	189	125.0	0.185	0.32
10	A + B + C	410	125.0	0.199	0.34

**TABLE 3.1.1b.** Growth parameters of South Pacific albacore estimated by Labelle *et al.* (1993: Table 3), and natural mortality parameters estimated for this report by the method of Pauly (1980).

**TABLA 3.1.1b.** Parámetros de crecimiento de albacora del Pacífico sur estimados por Labelle *et al.* (1993: Tabla 3), y parámetros de mortalidad natural estimados para este informe con el método de Pauly (1980).

	Sex	Sample size	Ages	$L_{\infty}$ (cm)	$K$ (annual)	$t_0$	Mortality
	Sexo	Tamaño muestra	Edad	$L_{\infty}$ (cm)	$K$ (anual)	$t_0$	Mortalidad
1	male macho	70	2-10	122.0	0.168	-0.907	0.30
2	female hembra	58	2-9	169.3	0.077	-2.573	0.17
3	both ambos	484	2-11	121.0	0.134	-1.922	0.26

**TABLE 3.1.1c.** Estimated lengths, in centimeters, at age of North Pacific albacore, calculated from the data in Table 3.1.1a.

**TABLA 3.1.1c.** Talla estimada (cm) a edad para albacora del Pacífico norte, calculadas a partir de los datos en la Tabla 3.1.1a.

	Age in years – Edad en años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	37	60	74	82	87	90	92	93	93	94
2	26	45	60	71	80	86	91	95	98	100
3	29	49	64	74	81	86	90	92	94	95
4	27	47	62	73	80	86	90	94	96	98
5	29	50	65	75	83	88	92	94	96	98
6	26	46	62	75	86	94	100	105	109	113
7	22	40	55	67	77	86	93	98	103	107
8	21	38	53	65	75	84	91	96	101	105
9	21	39	53	65	75	84	91	97	101	105
10	37	60	74	82	87	90	92	93	93	94

**TABLE 3.1.1d.** Estimated lengths, in centimeters, at age of South Pacific albacore, calculated from the data in Table 3.1.1b.

**TABLA 3.1.1d.** Tallas estimadas (cm) a edad para albacora del Pacífico norte, calculadas a partir de los datos en la Tabla 3.1.1b.

	Age in years – Edad en años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	47	59	69	77	84	90	95	99	103
2	41	50	59	67	75	82	88	94	100	105
3	39	49	58	66	73	79	84	89	93	97

**TABLE 3.1.1e.** Equations for converting lengths, in centimeters, to weights, in kilograms, for albacore.  
**TABLA 3.1.1e.** Ecuaciones para convertir tallas, en cm, a pesos, en kg, para albacora.

Area	Sample size	Length range (cm)	Equations	Reference
Zona	Tamaño muestra	Rango de talla (cm)	Ecuaciones	Referencia
Eastern Pacific -- Pacífico oriental	1,073	38-100	$w = (2.1875 \times 10^{-5})l^{2.99}$ $\log w = 2.99\log l - 4.6601$	Clemens, 1961
Hawaii and northern Pacific – Hawaii y Pacífico norte	200	50-128	$w = (2.5955 \times 10^{-5})l^{2.9495}$ $\log w = 2.9495\log l - 4.5858$	Nakamura and Uchiyama, 1966
American Samoa (landed) – Samoa Americana (descargado)	887	78-108	$w = (8.8405 \times 10^{-5})l^{2.6822}$ $\log w = 2.6822\log l - 4.0535$	Nakamura and Uchiyama, 1966

**TABLE 3.1.2.** Minimum lengths at first maturity of albacore found by various workers.  
**TABLA 3.1.2.** Tallas mínimas de primera madurez encontradas por varios investigadores.

Area	Sex	Length in centimeters at first maturity	Reference
Area	Sexo	Talla en centímetros de madurez primera	Referencia
northeastern Pacific	male	70	Partlo, 1955
	female	69	
Northwestern Pacific	male	97	Ueyanagi, 1957: Figure 6
	female	90	
Hawaii	female	90	Otsu and Uchida, 1959: Figure 11
South Pacific	male	90	Otsu and Hansen, 1962: Figure 7
	female	84	
South Pacific	male	71	Ratty <i>et al.</i> , 1990: Figure 9
South Pacific	female	82	Ramón and Bailey, 1996: 730

**TABLE 4.2.1.** Interactions among the troll, baitboat, and longline fisheries for North Pacific albacore when the fishing effort for one fishery is doubled or halved and those for the other two fisheries are not changed (after Kleiber and Baker, 1987: Table 3).

**TABLA 4.2.1.** Interacciones entre las pesquerías con curricán, carnada, y palangre de albacora del Pacífico norte al multiplicar o dividir por dos el esfuerzo de pesca de una pesquería y no cambiar el esfuerzo de las otras dos (de Kleiber y Baker, 1987: Tabla 3).

Effort	Multiplier of effort	Changes in weights (thousands of tons) and percentages							
		Troll		Baitboat		Longline		All gears	
		Weight	Percent	Weight	Percent	Weight	Percent	Weight	Percent
		Cambios en peso (miles de toneladas) y porcentajes							
		Curricán		Carnada		Palangre		Todas artes	
		Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%
Troll -	2.0	+17.09	+93.3	-0.69	-1.3	-0.24	-2.5	+16.16	+18.4
Curricán	0.5	-9.00	-49.1	+0.37	+0.7	+0.12	+1.3	-8.51	-9.4
Baitboat -	2.0	-0.27	-1.5	+46.88	+85.1	-0.71	-7.5	+45.90	+50.8
Carnada	0.5	+0.14	+0.8	-26.43	-47.8	+0.39	+4.1	-25.90	-28.7
Longline -	2.0	-0.02	-0.1	-0.21	-0.4	+9.32	+98.4	+9.09	+10.1
Palangre	0.5	+0.01	+0.1	+0.11	+0.2	-4.72	-49.8	-4.60	-5.1

# CONDICION DEL ATUN ALBACORA EN EL OCEANO PACIFICO

## INDICE

1. Resumen ejecutivo .....	272
2. Datos .....	273
3. Supuestos y parámetros.....	274
4. Evaluación de stocks.....	277
5. Condición de stocks .....	279
6. Direcciones futuras .....	279
Figura .....	263
Tablas.....	264
Referencias.....	280

Hay aparentemente dos stocks de albacora, *Thunnus alalunga*, en el Océano Pacífico, uno en el hemisferio norte y el otro en el hemisferio sur (Sección 3.1.5). Se incluyen en este informe datos correspondientes a todas partes del Océano Pacífico, pero en muchos casos se comentan la albacora del Pacífico norte y sur por separado.

### 1. RESUMEN EJECUTIVO

Hay aparentemente dos stocks de albacora en el Océano Pacífico, uno en el hemisferio norte y el otro en el hemisferio sur. La especie es capturada por palangreros en la mayor parte del Pacífico norte y sur, pero rara vez entre aproximadamente 10°N y 5°S, por curricaneros en el Pacífico oriental, central norte y central sur, y por barcos de carnada en el Pacífico occidental norte. Durante los años 1980 y 1990 las capturas variaron entre unas 45 mil y 75 mil toneladas en el Pacífico norte y unas 25 mil y 55 mil toneladas en el Pacífico sur.

Los adultos viven principalmente en la Corriente de Kuroshio, la Zona de Transición del Pacífico Norte, y la Corriente de California en el Pacífico norte y la Zona de Convergencia Subtropical en el Pacífico sur, pero el desove ocurre en aguas tropicales y subtropicales.

Parecen haber dos subgrupos de albacora en el Océano Pacífico norte. Los peces en el subgrupo norteño ocurren principalmente al norte de 40°N cuando están en el Pacífico oriental. Ocurre un intercambio considerable de peces de este subgrupo entre la pesquería curricanera del Pacífico oriental y las pesquerías con carnada y palangre del Pacífico occidental. Los peces del subgrupo sureño ocurren principalmente al sur de 40°N en el Pacífico oriental, y se capturan relativamente pocos de éstos en el Pacífico occidental. Peces marcados en alta mar en el Pacífico oriental y recapturados en la pesquería costera del Pacífico oriental mostraron desplazamientos distintos, según la latitud en la que fueron marcados. La mayoría de los peces recapturados al norte de 40°N fueron marcados al norte de 35°N, y la mayoría de aquéllos recapturados al sur de 40°N fueron marcados al sur de 35°N.

Se sabe mucho menos acerca de los desplazamientos de albacora en el Pacífico sur. Los juveniles se desplazan de los trópicos hacia el sur cuando miden unos 35 cm, y luego hacia el este por la Zona de Convergencia Subtropical. Poco antes de alcanzar la madurez vuelven a los trópicos, donde desovan. Marcas fijadas en peces liberados al este de 155°O fueron recuperadas generalmente en lugares al este y norte del punto de liberación, mientras que aquéllas fijadas al oeste de 155°O fueron recuperadas generalmente en lugares al oeste y norte del punto de liberación.

Los modelos de producción indican que el rendimiento promedio máximo sostenible de albacora en el Pacífico norte y sur es de unas 90 mil y 30 a 35 mil toneladas, respectivamente. Cabe destacar, sin embargo, que en el Pacífico sur las capturas han rebasado las 30 mil toneladas en cada uno de los últimos 14 años y las 35 mil toneladas en 8 de éstos. Los resultados del modelo con estructura de edades en el Pacífico norte indican que las tasas de explotación han disminuido de un 40% a mediados de los años 1970 a menos de 10% desde principios de la década de los 1980. No parece haber ninguna necesidad de

limitar la pesca de albacora en el Pacífico norte ni sur.

## **2. DATOS**

### **2.1. Definiciones de las pesquerías**

#### **2.1.1. Pesquerías palangreras**

Buques palangreros de Australia, Estados Unidos, Fiji, las Islas Cook, las Islas Salomón, Japón, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Polinesia Francesa, la República Popular de China, la República de Corea, Samoa Occidental, Taiwan, Tonga y Vanuatu pescan atunes, inclusive albacora, y peces picudos en el Océano Pacífico entre 50°N y 50°S (Kume, 1974; Yoshida, 1975; Bartoo y Foreman, 1994; Murray, 1994; Park *et al.*, 1994; Caton *et al.*, 1998; Ito *et al.*, 1998; Childers y Miller, 1999).

#### **2.1.2 Pesquerías con curricán**

La albacora es capturada en el Océano Pacífico con curricán por buques de Australia, Canadá, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Polinesia Francesa (Bartoo y Foreman, 1994; Murray, 1994; Childers y Miller, 1999).

#### **2.1.3. Pesquerías con carnada**

Barcos de carnada de Estados Unidos y Japón capturan albacora en el Océano Pacífico (Shiohama, 1973; Kume, 1974; Bartoo y Foreman, 1994; Childers y Miller, 1999).

#### **2.1.4. Pesquerías con red agallera**

Desde mediados de la década de los 1970 hasta el fin de 1992 hubo una pesquería en alta mar de atunes y peces picudos con redes agalleras de malla grande realizada por buques de Japón, la República de Corea, y Taiwan (Bartoo *et al.*, 1993; Bartoo y Foreman, 1994; Murray, 1994). Además, se capturan pequeñas cantidades de albacora en aguas costeras de Chile con redes agalleras dirigidas hacia peces espada (Childers y Miller, 1999).

#### **2.1.5. Pesquerías con red de cerco**

Buques cerqueros japoneses capturan pequeñas cantidades de albacora en el Pacífico norte (Childers y Miller, 1999).

#### **2.1.6. Pesquerías deportivas**

Existe una pesquería deportiva importante dirigida hacia albacora en California (Clemens y Craig, 1965; Laurs y Dotson, 1992; Childers y Miller, 1999). No se dispone de información sobre pesquerías deportivas de albacora en otras partes del Océano Pacífico.

### **2.2. Datos de captura y esfuerzo**

#### **2.2.1. Pesquerías comerciales**

En las Tablas 2.2.1a y 2.2.1b se presentan datos sobre las capturas comerciales de albacora. (Los datos provienen de Childers y Miller (1999: Tablas 1 y 2). Las tablas contienen muchas notas sobre la integridad y precisión de los datos, y se debería consultar las notas en ese informe antes de usar estos datos.) Las capturas en el Pacífico norte han sido superiores a, y han variado más entre años que, las del Pacífico sur. Las capturas de barcos de carnada japoneses en el Pacífico norte fueron mínimas entre aproximadamente 1965 y 1980. Las pesquerías con redes agalleras de Corea, Japón y Taiwan capturaron grandes cantidades de pescado entre aproximadamente 1978 y 1992, pero, tal como se notó anteriormente, la pesca en alta mar con este tipo de red cesó a partir de ese último año.

Se pesca con palangre en casi todo el Océano Pacífico entre 50°N y 50°S, pero se captura albacora principalmente entre 25°N y 45°N y entre 5°S y 45°S (Figura 2.2.1). Childers y Miller (1999; Figuras 1

y 3a) presentan información sobre las distribuciones de las capturas de albacora por curricaneros de EE.UU. Curricaneros y barcos de carnada capturan cantidades sustanciales de albacora en la superficie cerca del litoral de Norteamérica y el noreste de Asia, respectivamente, pero no existen pesquerías importantes equivalentes cerca de las costas de América del Sur y Australia.

### **2.2.2. Pesquerías deportivas**

En la Tabla 2.2.2 se presentan datos sobre las capturas deportivas de albacora por buques de EE.UU. No se dispone de datos sobre las capturas deportivas de albacora por buques de otras naciones. La mayor parte de la captura deportiva de buques de EE.UU. proviene de aguas frente al sur de California (Clemens y Craig, 1965; Figuras 122-174).

## **2.3. Datos de composición por tamaño**

### **2.3.1. Pesquerías palangreras**

Datos de frecuencia de talla de albacora capturada por palangreros en el Océano Pacífico son presentados por Honma y Kamimura (1957: Figuras 4, 5 y 9), Otsu y Hansen (1962: Figuras 3 y 9-11), Otsu y Sumida (1968: Figuras 15 y 16), Shiohama (1973: Figuras 1 y 2), Yoneta y Saito (1973: Figura 2), Kume (1974: Figuras 10 y 14), Yoshida (1975: Figuras 12 y 13), Kleiber y Baker (1987: Figuras 2 y 4-6), y Uosaki y Bayliff (1999: Figuras 59-61).

### **2.3.2. Pesquerías con curricán**

Datos de frecuencia de talla de albacora capturada por curricaneros en el Océano Pacífico son presentados por Clemens y Craig (1965: Figuras 10-16), Kume (1974: Figura 8), Kleiber y Baker (1987: Figuras 2 y 4-6), Bartoo *et al.* (1993: Figuras 3-7), y Childers y Miller (1999: Figuras 7 y 8).

### **2.3.3. Pesquerías de carnada**

Datos de frecuencia de talla de albacora capturada por barcos de carnada en el Océano Pacífico son presentados por Kume (1974: Figura 9), y Kleiber y Baker (1987: Figuras 2 y 4-6).

### **2.3.4. Pesquerías con red agallera**

Datos de frecuencia de talla de albacora capturada por con red agallera en el Océano Pacífico son presentados por Bartoo y Holts (1993: Figuras 2 y 7-11). El tamaño de los peces capturados está correlacionado positivamente con la luz de malla de las redes.

### **2.3.5. Pesquerías deportivas**

No se dispone de datos completos sobre los tamaños de albacora capturada por pescadores deportivos.

## **3. SUPUESTOS Y PARÁMETROS**

### **3.1. Información biológica y demográfica**

#### **3.1.1. Crecimiento**

Lauris y Wetherall (1981) estimaron las tasas de crecimiento de albacora del Pacífico norte a partir de datos de marcado y recaptura, y Labelle *et al.* (1993) estimaron el crecimiento de albacora del Pacífico sur mediante análisis del número de anillos vertebrales. En las Tablas 3.1.1a y 3.1.1b se presentan sus estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, y en las Tablas 3.1.1c y 3.1.1d estimaciones de las tallas a edad obtenidas de estas ecuaciones.

En la Tabla 3.1.1e se presentan tres ecuaciones peso-talla para la albacora del Pacífico.

#### **3.1.2. Reproducción**

La reproducción de albacora en el Océano Pacífico ha sido estudiada por Partlo (1955), Ueyanagi

(1957 y 1969), Otsu y Uchida (1959), Otsu y Hansen (1962), Yoneta y Saito (1973), Kume (1974), Shingu *et al.* (1974), Nishikawa *et al.* (1985), Ratty *et al.* (1990), y Ramón y Bailey (1996). Las larvas de albacora parecen escasear al este de 140°O, y ser más abundantes al oeste de 180° (Nishikawa *et al.*, 1985), aunque esto podría ser un artefacto del muestreo. Partlo (1955) descubrió lo que él consideraba ser machos y hembras maduros en el "Pacífico oriental," capturados presuntamente frente a Canadá y/o Estados Unidos. Otsu y Uchida (1959), en cambio, dijeron que las albacoras "que sostienen la pesquería veraniega en la costa occidental de América son peces que no desovan," y manifestaron que el desove ocurre en aguas tropicales y subtropicales solamente. Ratty *et al.* (1990) encontraron machos maduros, pero no hembras maduras, en la Zona de Convergencia Subtropical del Pacífico Sur, entre 35° y 40°S. Dijeron que el desove ocurre principalmente en aguas de la Convergencia Tropical del Sur, entre 10° y 20°S. El desove ocurre en el Pacífico norte principalmente o exclusivamente durante el verano septentrional (Otsu y Uchida, 1959) y en el Pacífico sur principalmente o exclusivamente durante el verano meridional (Ramón y Bailey, 1996).

En la Tabla 3.1.2 se presentan las tallas mínimas de primera madurez encontradas por varios investigadores.

Otsu y Sumida (1968) descubrieron que los porcentajes de machos entre albacoras capturadas por la pesquería palangrera de Samoa Americana durante 1954-1965 fueron los siguientes: todos peces, aproximadamente 50 a 70%; peces de más de 90 cm de talla, aproximadamente 50 a 90%. Un 62% de los peces capturados por dicha pesquería durante 1962-1965 fueron machos. Según Yoneta y Saito (1973), el porcentaje de machos varió entre un 66 y 77% para albacora "grande" capturada en el Pacífico Sur occidental durante 1964-1969.

Ueyanagi (1957) estimó que el número de huevos por desove en el Pacífico noroeste varió de unos 0,8 a 2,6 millones, y Otsu y Uchida (1959) obtuvieron estimaciones de 0,9 a 1,8 millones para peces de Hawaii.

### 3.1.3. Desplazamientos

Clemens (1961), Otsu y Uchida (1963), Rothschild y Yong (1970), Kume (1974), Kikawa *et al.* (1977), Laurs y Lynn (1977 y 1991), y Kimura (1997) presentan información sobre los desplazamientos de albacora en el Océano Pacífico norte. Según Laurs y Lynn (1977 y 1991) parece haber dos subgrupos de albacora en el Pacífico norte (Sección 3.1.5). Los peces del subgrupo norteño, cuando están en el Pacífico oriental, ocurren principalmente al norte de 40°N. Ocurre un intercambio considerable de peces de este subgrupo entre la pesquería con curricán del Pacífico oriental y las pesquerías de carnada y palangrera del Pacífico occidental. Los peces del subgrupo sureño ocurren principalmente al sur de 40°N en el Pacífico oriental, y relativamente pocos de los mismos son capturados en el Pacífico occidental. Peces marcados en aguas de altura del Pacífico oriental y recapturados en la pesquería costera del Pacífico oriental mostraron desplazamientos diferentes, según la latitud de liberación. La mayoría de las recapturas de aquéllos liberados al norte de 35°N ocurrieron al norte de 40°N, y la mayoría de las recapturas de aquéllos liberados al sur de 35°N ocurrieron al sur de 40°N. Kimura *et al.* (1997) manifiestan que "la ruta de migración anual para albacoras maduras forma una elipse cerrada con el centro en 20°N y 170°E, y es más ancha en años de un Niño que en aquellos sin asociados con la aparición de una región de agua fría en el Pacífico norte central y suroeste. Las albacoras inmaduras tienen también una ruta de migración en sentido contrario al de las agujas del reloj en invierno que se extiende de 25°N a 35°N y de 130°E a 180°, cuando el Kuroshio sigue un rumbo relativamente recto. Sin embargo, la migración no persiste cuando el Kuroshio toma un desvío grande."

Se sabe mucho menos acerca de los desplazamientos de albacora en el Océano Pacífico sur. Según Jones (1991) y Murray (1994), los juveniles se desplazan de los trópicos hacia el sur cuando miden unos 35 cm, y luego hacia el este por la Zona de Convergencia Subtropical. Poco antes de alcanzar la madurez los peces vuelven a los trópicos, donde desovan. Según Labelle (1993), marcas fijadas en peces liberados al este de 155°O fueron recuperadas generalmente en lugares al este y norte del punto de libera-

ción, mientras que aquéllas fijadas al oeste de 155°O fueron recuperadas generalmente en lugares al oeste y norte del punto de liberación.

#### 3.1.4. Mortalidad natural

Suda (1963 y 1966) estimó que el coeficiente de mortalidad natural anual ( $M$ ) para la albacora del Pacífico norte era 0,2. Suda (1966) estimó  $M$  en 0,2 para peces de 6 años y 0,4, 0,6, y 0,8 para peces al fin de su sexto, séptimo, y octavo año de vida, respectivamente. Bertignac *et al.* (1999), empero, estimaron que el  $M$  promedio para la albacora del Pacífico norte después de su reclutamiento a la pesquería era aproximadamente 0,6, suponiendo que se reporte un 90% de los peces marcados recapturados. Realizaron un análisis de sensibilidad que demostró que la estimación de  $M$  sería solamente 0,4 si se reportara sólo el 30% de las recapturas y 0,2 si se reportara sólo el 15%. Se obtuvieron estimaciones de  $M$  de entre 0,32 y 0,67 para este informe con el método de Pauly (1980), usando datos de crecimiento (Tabla 3.1.1a) y suponiendo una temperatura media de 17,5°C (Sección 3.2).

Fournier *et al.* (1998: Figura 7) estimaron  $M$  para la albacora del Pacífico sur en 0,2 para peces de entre 1 y 5 años, aumentando a 0,35 para peces de 9 años. Se obtuvieron estimaciones de  $M$  de entre 0,17 y 0,30 para este informe con el método de Pauly (1980), usando datos de crecimiento (Tabla 3.1.1b) y suponiendo una temperatura media de 17,5°C (Sección 3.2). La presencia de más machos que hembras entre los peces de mayor edad (Sección 3.1.2) podría indicar que  $M$  sea mayor para hembras que para machos.

#### 3.1.5. Estructura de stocks

Las albacoras del Océano Pacífico norte y el Océano Pacífico sur son consideradas generalmente stocks separados (Nakamura, 1969; Kume, 1974; Bartoo y Foreman, 1994, Murray, 1994; Uosaki y Bayliff, 1999). Nakamura (1969) declaró que "(1) no hay evidencia de que las albacoras migren a través del ecuador en ninguna época del año, y (2) las estructuras de las poblaciones de albacora en los dos hemisferios son más o menos simétricas, lo cual indica que es razonable suponer que las dos poblaciones son discretas." Chow y Ushiyama (1995) analizaron el ADN mitocondrial de albacoras capturadas en el Pacífico norte y sur, y concluyeron que existe flujo de genes entre las dos zonas. Sin embargo, hasta un intercambio limitado de material genético entre dos zonas basta para mantener la homogeneidad genética.

Laurs y Lynn (1977 y 1991) declararon que datos de marcado indican que hay probablemente dos "subgrupos" de albacora en el Océano Pacífico norte, y que los peces de los dos subgrupos tienen "patrones de migración, tamaños modales, tasas de crecimiento, y períodos de desove diferentes, aunque no parecen ser genéticamente distintos." Frente a Norteamérica la división entre los dos subgrupos está en aproximadamente 40°N. Labelle (1993) notó que datos de marcado para el Pacífico sur sugieren "la existencia de diferentes patrones de migración, hipótesis postulada para la población del Pacífico norte."

### 3.2. Influencias ambientales

En el Océano Pacífico norte albacoras que viven en la superficie ocupan la Corriente de Kuroshio, la Zona de Transición del Pacífico Norte (ZTPN), y la Corriente de California. Reid *et al.* (1958), Marr (1970), Stommel y Yoshida (1972), Sugawara (1972), Takenouti (1980), Laurs (1983), Reid (1988), Laurs y Lynn (1991), y Roden (1991) presentan información sobre la oceanografía de estas regiones. La abundancia de la especie es máxima a profundidades de entre 200 y 260 m, pero ha sido capturada a 380 m con palangres verticales experimentales. Se realizan las mayores capturas de albacora en zonas con temperaturas de superficie del mar (TSM) de entre unos 16° y 19°C, pero experimentos de rastreo acústico demostraron que peces de entre 3 y 5 años de edad viven principalmente en o cerca de la termoclina, donde la temperatura puede descender hasta 10°C (Laurs y Lynn, 1991). Las albacoras, al igual que los demás atunes, poseen multiplicadores de contracorrientes que les permiten pasar períodos considerables en aguas más profundas y frías. Están aparentemente limitadas a aguas con saturaciones de oxígeno disuelto de más de 60% (Graham y Laurs, 1982). Además, existen evidencias de que las albacoras suelen permanecer en aguas de mayor claridad que aguas adyacentes, posiblemente porque pueden ver sus presas

mejor en agua más clara (Laurs, 1983). Laurs *et al.* (1984) encontraron agregaciones de albacoras en “bolsas de agua oceánica azul y cálida en el límite entre aguas oceánicas y aguas costeras más frías y verdosas” frente a California.

En el Océano Pacífico sur la albacora ocupa la Zona de Convergencia Subtropical, análoga a la ZTPN (Labelle, 1993). Knox (1970) presenta información sobre la oceanografía del Pacífico sur. Fournier *et al.* (1998) notaron que “las temporadas de desove correspondientes a reclutamientos bajos corresponden bien con la ocurrencia de episodios de El Niño (valores negativos del Índice de Oscilación del Sur) en el Océano Pacífico,” y viceversa.

## **4. EVALUACIÓN DE STOCKS**

### **4.1. Índices de abundancia**

Índices de abundancia de albacora en el Océano Pacífico norte han sido calculados por Laurs *et al.* (1976: pesquería con curricán), Bartoo y Weber (1979: pesquerías con palangre, curricán, y carnada), Kleiber y Perrin (1991: pesquería con curricán), y Uosaki y Bayliff (1999: Figura 25, pesquería palangrera al este de 150°O). Los datos de palangre de Bartoo y Weber (1979: Figura 5) indican que la abundancia de albacora disminuyó desde 1952 hasta 1963, y luego permaneció a más o menos el mismo nivel desde 1963 hasta 1976. Sus datos de curricán (su Figura 3) y carnada (su Figura 4) no señalan tendencias claras positivas ni negativas desde 1961 hasta 1976. Kleiber y Perrin (1991) mostraron que la distribución de albacoras que viven en la superficie es esporádica, y que durante el período de su estudio, 1961-1988, mejoró la capacidad de los pescadores de localizar grandes concentraciones de peces. Los datos no ajustados indican que la abundancia de albacora no aumentó ni disminuyó durante 1961-1988, mientras que los datos ajustados indican que disminuyó durante dicho período (su Figura 2).

Índices de abundancia de albacora en el Océano Pacífico sur han sido calculados por Otsu y Sumida (1968: Figura 9), Skillman (1975: Figura 10), Yoshida (1975: Figuras 2 y 5), Yeh y Wang (1996: Figuras 5 y 6), Uosaki y Bayliff (1999: Figura 25, al este de 150°O), y Wang (1999), todos a partir de datos de palangre. En cada caso los datos indican disminuciones en la abundancia de los peces.

### **4.2. Modelos de evaluación**

Se usan tres tipos generales de modelos para evaluar la condición de los stocks de peces: modelos con estructura de edades, reproductor-recluta, y de producción, todos descritos por Anónimo (2000: 257-272). Todos requieren que el modelado sea llevado a cabo con un stock de peces separado. Tal como se comenta en la Sección 3.1.5, parece haber dos stocks de albacora en el Océano Pacífico, uno en el Pacífico norte y el otro en el Pacífico sur.

#### **4.2.1. Albacora del Pacífico norte**

Bartoo y Weber (1979), Bartoo y Shiohama (1984), Kleiber y Baker (1987), Kleiber y Perrin (1991), y Bertignac *et al.* (1999) realizaron evaluaciones del stock de albacora del Pacífico norte.

Bartoo y Weber (1979), Kleiber y Baker (1987), y Bertignac *et al.* (1999) realizaron modelado con estructura de edades para la albacora en el Pacífico norte. Bartoo y Weber (1979) estimaron que los rendimientos por reclutamiento de dicho stock durante los períodos de 1955-1970 y 1971-1976 fueron aproximadamente como sigue: pesquería con curricán del Pacífico noreste, 2,6 y 1,6 kg; pesquería con carnada del Pacífico noroeste, 3,0 y 4,3 kg; pesquería palangrera del Pacífico norte, 2,5 y 0,4 kg; tres pesquerías combinadas, 8,0 y 6,0 kg. Manifestaron que reducciones del esfuerzo y aumentos en la edad de primera captura serían de beneficio tanto para la pesquería palangrera como para la pesquería en general. Notaron, sin embargo, que aumentos en el esfuerzo beneficiarían a la pesquería con curricán del Pacífico noreste. Los resultados de Kleiber y Baker (1987) y Bertignac *et al.* (1999) indican que la tasa de mortalidad por pesca para la albacora del Pacífico norte es relativamente baja. Kleiber y Baker (1987) realizaron un estudio de simulación para estimar las interacciones entre las tres pesquerías, usando la estimación de Suda (1966) de  $M = 0,2$ . En la Tabla 4.2.1 se presentan sus estimaciones de los efectos de aplicar el

doble y la mitad del esfuerzo de pesca para cada pesquería. Doblar el esfuerzo en una pesquería aumentaría la captura de esa pesquería en un 85 a 98% y reduciría aquéllas de las otras dos pesquerías en un 0,1 a 7,5%, y reducirla en un 50% reduciría la captura de esa pesquería en un 48 a 50% y aumentaría aquéllas de las otras dos pesquerías en un 0,1 a 4,1%. Claro que la interacción entre las tres pesquerías es mínima, lo cual significa, por supuesto, que las tasas de mortalidad por pesca son bajas en relación con el valor de  $M$  usado en sus simulaciones. Si hubieran usado un valor de  $M$  más alto los efectos de las varias pesquerías sobre las otras pesquerías hubieran sido todavía menores. Bertignac *et al.* (1999) usaron datos de marcado para estimar las tasas de explotación de la albacora del Pacífico norte, y concluyeron que estuvieron alrededor de 40% ( $F = 0,51$ ) a mediados de la década de los 1970, pero que han sido menos de 10% ( $F = 0,11$ ) desde principios de los años 1980.

Bartoo y Weber (1979), en su discusión de las relaciones reproductor-recluta de la albacora del Pacífico norte, dijeron que sus datos, “aunque variables, indican cierta depresión en el stock reproductor y el reclutamiento también con respecto a niveles virgen.”

Bartoo y Shiohama (1984) realizaron un análisis de modelo de producción, con estimaciones de la sensibilidad de los resultados a errores de medición en los datos. Usaron datos de captura y datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizados para las pesquerías con palangre del Pacífico norte, curricán del Pacífico noreste, y carnada del Pacífico noroeste durante 1961-1981 para calcular datos de esfuerzo estandarizados para ese período. Se estimó el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) para el Pacífico norte en unas 89 mil toneladas, con errores posibles de  $\pm 20\%$ , lo cual resultaría en un rango de unas 71 a 108 mil toneladas. Se estimó el esfuerzo óptimo en unas 134 mil unidades, con un rango de 107 mil a 162 mil unidades. Las estimaciones de RPMS no son sensibles a errores en las estimaciones de esfuerzo, pero sí a errores en las estimaciones de captura. Las estimaciones de esfuerzo óptimo no son sensibles a errores en las estimaciones de captura, pero sí a errores en las estimaciones de esfuerzo. Casi se alcanzó el esfuerzo óptimo en 1976, cuando la captura fue 121.106 toneladas, y en 1978, cuando la captura fue 90.300 toneladas. Cabe destacar que el ajuste de los datos de captura y esfuerzo a la curva en forma de domo (su Figura 1) fue malo. Kleiber y Perrin (1991) demostraron que durante 1961-1988 mejoró la capacidad de los pescadores con curricán de localizar grandes concentraciones de peces, lo cual crearía un sesgo en las estimaciones de Bartoo y Shiohama (1984) del esfuerzo de pesca.

#### 4.2.2. Albacora del Pacífico sur

Skillman (1975), Yeh y Wang (1996), Fournier *et al.* (1998), y Wang (1999) realizaron evaluaciones del stock de albacora del Pacífico sur.

Fournier *et al.* (1998) usaron datos de captura y esfuerzo y datos de composición por talla en un modelo con estructura de edades, MULTIFAN-CL, que estima coeficientes de selectividad y capturabilidad, parámetros de crecimiento y composición por edad de la captura, tasas de mortalidad natural y por pesca, parámetros de desplazamiento, y biomasa y reclutamiento de la población. Mostraron que la biomasa relativa de albacora alcanzó una máxima durante la década de los 1970, y luego disminuyó. No expresaron ninguna opinión sobre si el stock estaba sobre o subexplotado.

Skillman (1975), Yeh y Wang (1996), y Wang (1999) usaron datos de captura y de CPUE para la pesquería palangrera y modelos de producción para evaluar la condición del stock de albacora en el Pacífico sur. Skillman estimó el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) en unas 33.000 a 35.000 toneladas. Yeh y Wang (1996) usaron el método de Honma (1974) y un modelo general lineal para estandarizar datos de captura y esfuerzo de las flotas de Japón, Corea, y Taiwan, y usaron entonces esos datos para estimar los parámetros del modelo de producción simétrico. Los datos de los modelos de Honma y lineal general arrojaron estimaciones del RPMS de 31.320 y 31.620 toneladas, respectivamente. Wang (1999), usando el método de Schnute (1977), estimó el RPMS en 30.806 toneladas. Cabe destacar que los ajustes de los datos de captura y esfuerzo a las varias curvas en forma de domo fueron pobres (Skillman, 1975: Figura 11; Yeh y Wang, 1996: Figura 8).

### **4.3. Comparación con fuentes externas de datos**

Fournier *et al.* (1998) manifestaron que, “aunque hace falta explorar otras cuestiones acerca del análisis de la albacora, la consistencia de los resultados de los modelos con varios conjuntos de datos externos es alentador. Incluyen la consistencia de las estimaciones de talla a edad de MULTIFAN-CL con aquéllas previamente derivadas de conteos de anillos vertebrales [Labelle *et al.*, 1993], la consistencia de los cambios en las estimaciones de la tasa de mortalidad natural con la edad en las proporciones de sexos de albacora con tamaño y con el comienzo de la madurez sexual en las hembras [Ramón y Bailey, 1996], y la relación aparente entre variación en el reclutamiento estimado y variación en el Índice de Oscilación del Sur.”

### **4.4. Sensibilidad a supuestos**

El análisis de los modelos de producción por Bartoo y Shiohama (1984), resumido en la Sección 4.2.1, incluyó estimaciones de la sensibilidad de los resultados a errores de medición en los datos. Bertignac *et al.* (1999) realizaron análisis para determinar la sensibilidad de estimaciones de las tasas de mortalidad natural a supuestos sobre las tasas de marcas reportadas. Se resumen éstos en la Sección 3.1.4.

## **5. CONDICIÓN DE STOCKS**

Aparentemente la albacora no se encuentra sobreexplotada en el Pacífico norte ni el Pacífico sur.

## **6. DIRECCIONES FUTURAS**

### **6.3. Determinación de objetivos de administración**

Fournier *et al.* (1998) hicieron dos sugerencias con respecto a investigaciones futuras. “En primer lugar, se podría organizar los datos de forma adecuada para compararlos con puntos de referencia límite u objetivo, tal como se contempla en el acuerdo reciente de las Naciones Unidas sobre las poblaciones de peces transzonales y altamente migratorios ... En segundo lugar, proyecciones a futuro podrían ser un instrumento útil para pronósticos a corto plazo en las pesquerías de superficie y palangrera, particularmente si se confirma que se puede predecir el reclutamiento a partir de variables ambientales.”

## REFERENCES--REFERENCIAS

- Anonymous. 2000. Annual Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1998: 357 pp.
- Bartoo, Norman, and Terry J. Foreman. 1994. A review of the biology and fisheries for North Pacific albacore (*Thunnus alalunga*). FAO Fish. Tech. Pap., 336 (2): 173-187.
- Bartoo, Norman, and David Holts. 1993. Estimated drift gillnet selectivity for albacore, *Thunnus alalunga*. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (2): 371-378.
- Bartoo, Norman, David Holts, and Cheryl Brown. 1993. Evidence of interactions between high seas driftnet fisheries and the North American troll fishery for albacore. Inter. North Pacif. Fish. Comm., Bull., 53 (3): 367-380.
- Bartoo, Norman, and Toshio Shiohama. 1985. A production model analysis of the North Pacific albacore population including estimates of the sensitivity of results to measurement errors in input data. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 22: 109-117.
- Bartoo, Norman W., and Earl C. Weber. 1979. Status of the North Pacific albacore stock from the yield-per-recruit and recruitment standpoints. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Southwest Fish. Center, Admin. Rep., LJ-79-15.
- Bertignac, Michel, John Hampton, and Atilio L. Coan, Jr. 1999. Estimates of exploitation rates for North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, from tagging data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 97 (3): 421-433.
- Caton, Albert, Kathy Colgan, Phil Sahlquist, Peter Ward, Cesar Ramirez, and Martin Scott. 1998. Swordfish, *Xiphias gladius*, and the fisheries for tunas and billfishes in the Australian fishing zone. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS, 142: 11-35.
- Childers, John, and Forrest R. Miller. 1999. Summary of the 1998 U.S. North and South Pacific albacore troll fisheries. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep. LJ-99-09: iii, 44 pp.
- Chow, S., and H. Ushiyama. 1995. Global population structure of albacore (*Thunnus alalunga*) inferred by RFLP analysis of the mitochondrial ATPase gene. Mar. Biol., 123 (1): 39-45.
- Clemens, Harold B. 1961. The migration, age, and growth of Pacific albacore (*Thunnus germon*). 1951-1958. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 115: 128 pp.
- Clemens, Harold B., and William L. Craig. 1965. An analysis of California's albacore fishery. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 128: 301 pp.
- Foreman, Terry J. 1980. Synopsis of biological data on the albacore tuna, *Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788), in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep., 2: 17-70.
- 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.
- Graham, J. B., and R. M. Laurs. 1982. Metabolic rate of the albacore tuna *Thunnus alalunga*. Mar. Biol., 72 (1): 1-6.
- Honma, Misao. 1974. Estimation of overall effective fishing intensity of tuna longline fishery--yellowfin tuna in the Atlantic Ocean as an example of seasonally fluctuating stocks--. Far Seas Fish. Res. Lab, Bull., 10: 63-86.
- Honma, Misao, and Tadao Kamimura. 1957. Studies of the albacore--V: The fishing condition and size of albacore taken in the South Pacific Ocean. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 6: 84-90.
- 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.
- Jones, J. B. 1991. Movements of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the South Pacific: evidence from parasites. Mar. Biol., 111 (1): 1-9.

- Kikawa, Shoji, Toshio Shiohama, Yasuo Morita, and Susumu Kume. 1977. Preliminary study of the movement of the North Pacific albacore based on tagging. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 15: 101-113.
- Kimura, Shingo, Munenori Nakai, and Takashige Sugimoto. 1997. Migration of albacore, *Thunnus alalunga*, in the North Pacific Ocean in relation to large oceanic phenomena. *Fish. Ocean.*, 6 (2): 51-57.
- Kleiber, P., and B. Baker. 1987. Assessment of interaction between North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, fisheries by use of a simulation model. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 85 (4): 703-711.
- Kleiber, Pierre, and Christina Perrin. 1991. Catch-per-effort and stock status in the U.S. North Pacific albacore fishery: a reappraisal of both. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 89 (3): 379-386.
- Knox, George A. 1970. Biological oceanography of the South Pacific. *In* Wooster, Warren S. (editor), *Scientific Exploration of the South Pacific*, National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA: 155-182.
- Kume, Susumu. 1974. Tuna fisheries and their resources in the Pacific Ocean. *Indo-Pacif. Fish. Coun., Proc.*, 15 (3): 390-423.
- Labelle, Marc. 1993. A review of albacore tagging in the South Pacific. *South Pacif. Comm., Tuna and Billfish Assessment Programme, Tech. Rep.*, 33: v, 17 pp.
- Labelle, Marc, John Hampton, Kevin Bailey, Talbot Murray, David A. Fournier, and John R. Sibert. 1993. Determination of age and growth of South Pacific albacore (*Thunnus alalunga*) using three methodologies. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 91 (4): 649-663.
- Laurs, R. Michael. 1983. The North Pacific albacore—an important visitor to California Current waters. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inves., Rep.*, 24: 99-106.
- Laurs, R. Michael, Harold B. Clemens, and Larry H. Hreha. 1976. Nominal catch-per-unit effort of albacore, *Thunnus alalunga* (Bonaterre), caught by U.S. jig vessels during 1961-70. *Mar. Fish. Rev.*, 38 (5): 1-32.
- Laurs, R. Michael, and Ronald C. Dotson. 1992. Albacore. *In* Leet, William S., Christopher M. Dewees, and Charles M. Haugen (editors), *California's Living Marine Resources and their Utilization*, California Sea Grant Extension Program, Davis, California: 136-138.
- Laurs, R. Michael, Paul C. Fiedler, and Donald R. Montgomery. 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep Sea Res.*, 31 (9):1085-1099.
- Laurs, R. Michael, and Ronald J. Lynn. 1977. Seasonal migration of North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, into North American coastal waters: distribution, relative abundance, and association with Transition Zone waters. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 75 (4): 795-822.
- Laurs, R. Michael, and Ronald J. Lynn. 1991. North Pacific albacore ecology and oceanography. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS* 105: 69-87.
- Laurs, R. Michael, and Jerry A. Wetherall. 1981. Growth rates of North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, based on tag returns. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 79 (2): 293-302.
- Marr, John C. (editor). 1970. *The Kuroshio: a Symposium on the Japan Current*. East-West Center Press, Honolulu: x, 614 pp.
- Murray, Talbot. 1994. A review of the biology and fisheries for albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 336 (2): 188-206.
- Nakamura, Eugene L., and James H. Uchiyama. 1966. Length-weight relations of Pacific tunas. *Proceedings of the Governor's [Hawaii] Conference on Pacific Fishery Resources*: 197-201.
- Nakamura, Hiroshi. 1969. *Tuna Distribution and Migration*. Fishing News (Books) Ltd., London: 76 pp.

- Nishikawa, Yasuo, Misao Honma, Shoji Ueyanagi, and Shoji Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956-1981. Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 12: 99 pp.
- Otsu, Tamio, and Richard J. Hansen. 1962. Sexual spawning and maturity of albacore in the central South Pacific Ocean. U.S. Fish Wildlife Serv., Fish. Bull., 62 (204): 151-161.
- Otsu, Tamio, and Ray F. Sumida. 1968. Distribution, apparent abundance, and size composition of albacore (*Thunnus alalunga*) taken in the longline fishery based in American Samoa, 1954-65. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 67 (1): 47-69.
- Otsu, Tamio, and Richard N. Uchida. 1959. Sexual maturity and spawning of albacore in the Pacific Ocean. U.S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull., 59 (148): 287-305.
- Otsu, Tamio, and Richard N. Uchida. 1963. Model of the migration of albacore in the North Pacific Ocean. U.S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull., 63 (1): 33-44.
- Park, Yeong Chull, Won Seok Yang, and Tae Ik Kim. 1994. Status of Korean tuna longline and purse-seine fisheries in the Pacific Ocean. FAO Fish. Tech. Pap., 336 (2): 153-162.
- Partlo, J. M. 1955. Histological studies on albacore (*Thunnus alalunga*) gonads from the eastern Pacific. Fish. Res. Bd. Canada, Jour., 12 (1): 61-67.
- 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.
- Ramón, Darlene, and Kevin Bailey. 1996. Spawning seasonality of albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 94 (4): 725-733.
- Ratty, Frank J., R. Michael Laurs, and Raymond M. Kelly. 1990. Gonad morphology, histology, and spermatogenesis in South Pacific albacore tuna *Thunnus alalunga* (Scombridae). U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 88 (1): 207-216.
- Reid, Joseph L. 1988. Physical oceanography, 1947-1987. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inves., Rep., 29: 42-65.
- Reid, Joseph L., Gunnar I. Roden, and John G. Wyllie. 1958. Studies of the California Current system. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inves., Prog. Rep., Jul. 1, 1956-Jan. 1, 1958: 27-57.
- Roden, Gunnar I. 1991. Subarctic-subtropical transition zone of the North Pacific: large-scale aspects and mesoscale structure. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS 105: 1-38.
- Rothschild, Brian J., and Marian Y. Y. Yong. 1970. Apparent abundance, distribution, and migrations of albacore, *Thunnus alalunga*, on the North Pacific longline grounds. U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 623: 37 pp.
- Schnute, J. 1977. Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations. Fish. Res. Board Canada, Jour., 34 (5): 583-603.
- 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. 1973. Studies on the albacore--XV: Length frequency distribution of albacore in the northwestern Pacific Ocean, 1965-1971, and considerations on the treatment of the data. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 9: 143-176.
- Skillman, Robert A. 1975. An assessment of the South Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, fishery, 1953-72. Mar. Fish. Rev., 37 (3): 9-17.
- Stommel, Henry, and Kozo Yoshida (editors). 1972. Kuroshio: Physical Aspects of the Japan Current. University of Washington Press, Seattle and London: x, 517 pp.
- Suda, Akira. 1963. Catch variations in the North Pacific albacore-IV. The survival-rate in the fishing ground of the north west Pacific. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep. 17: 103-110.

- Suda, Akira. 1966. Catch variations in the North Pacific albacore-VI. The speculations about the influences of fisheries on the catch and abundance of the albacore in the North Pacific by use of some simplified mathematical models. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep. 24: 1-14.
- Sugawara, K. (editor). 1972. The Kuroshio II. Proceedings of the Second Symposium on the Results of the Cooperative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions. Saikon Publishing Company Limited, Tokyo: xii, 562 pp.
- Takenouti, A. Y. (editor). 1980. The Kuroshio IV: Proceedings of the Fourth Symposium for the Cooperative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions. Saikon Publishing Company Limited, Tokyo: 1029 pp.
- Ueyanagi, Shoji. 1957. Spawning of the albacore in the western Pacific. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 6: 113-124.
- Ueyanagi, Shoji. 1969. Observations on the distribution of tuna larvae in the Indo-Pacific Ocean with emphasis on the delineation of the spawning areas of albacore, *Thunnus alalunga*. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 2: 177-256.
- 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.
- Wang, Chien-Hsiung. 1999. Reconsideration of assessing South Pacific albacore stocks (*Thunnus alalunga*). Acta Oceanica Taiwanica, 37 (3): 251-266.
- Yeh, Yu-Min, and Chien-Hsiung Wang. 1996. Stock assessment of the South Pacific albacore by using generalized production model, 1967-1991. Acta Oceanica Taiwanica, 35 (2): 125-139.
- Yoneta, Kanisaburo, and Shoji Saito. 1973. Studies on the large-sized albacore and its vertical distribution in the western South Pacific Ocean. Japan. Soc. Sci. Fish., Bull., 39 (6): 617-624.
- Yoshida, Howard O. 1975. The American Samoa longline fishery, 1966-71. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 73 (4): 747-765.