

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA
DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. 17, No. 6

**MIGRATIONS OF YELLOWFIN TUNA
IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN AS
DETERMINED FROM TAGGING EXPERIMENTS
INITIATED DURING 1968-1974**

**MIGRACIONES DEL ATUN ALETA AMARILLA
EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL
SEGUAN HAN SIDO DETERMINADAS POR LOS
EXPERIMENTOS DE MARCADO
INICIADOS EN 1968-1974**

by — por
William H. Bayliff

La Jolla, California
1979

CONTENTS — INDICE
ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
ABSTRACT	447
INTRODUCTION	447
ACKNOWLEDGEMENTS	447
MATERIALS AND METHODS	448
DATA EMPLOYED	448
Tag releases and returns	448
Statistics of the fishery	448
RESULTS	449
Map method	450
Parallel-area method	450
Jones method	453
Lengths of the fish	456
<hr/>	
FIGURES — FIGURAS	457
TABLES — TABLAS	475

VERSION EN ESPAÑOL — SPANISH VERSION

	Página
EXTRACTO	495
INTRODUCCION	495
RECONOCIMIENTO	495
MATERIALES Y METODOS	496
DATOS EMPLEADOS	496
Liberaciones y devoluciones de marcas	496
Estadísticas de pesca	497
RESULTADOS	497
Método cartográfico	498
Método de zonas paralelas	498
Método de Jones	501
Longitud de los peces	505
<hr/>	
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA	506

MIGRATIONS OF YELLOWFIN TUNA IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN AS DETERMINED FROM TAGGING EXPERIMENTS INITIATED DURING 1968-1974

by

William H. Bayliff

ABSTRACT

Data from tagging experiments initiated during 1968-1974 in the eastern Pacific Ocean were used to study the migrations of yellowfin tuna in that area. The map method, the parallel-area method, and the Jones method were employed in the analyses. The map method gives a useful impression of the distances and directions traveled, but does not express these parameters in quantitative terms. The parallel-area method is particularly useful for determining whether or not there is net movement in particular directions, *i.e.* inshore-offshore, east-west, or north-south. The first of these is of particular interest, as the incidence of smaller fish is much higher in the catches made inshore than in those made offshore, and it is desirable to know whether this is due to relatively greater abundance or to relatively greater vulnerability of the smaller fish in the inshore areas. If the former were the case an offshore movement of the fish as they grew older would probably be detected. Such a movement was not detected, however, so it appears likely that the differences in the catches of smaller fish in the inshore and offshore areas are due mainly to differences in vulnerability. Few or no east-west or north-south tendencies in the movements of the fish were detected. The Jones method indicates that the movement is not random, but reveals no pronounced directional tendencies.

INTRODUCTION

The migrations of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean have been studied most recently by Bayliff and Rothschild (1974), who analyzed in detail the returns from three tagging experiments initiated off southern Mexico in 1960 and 1969. In this report the migrations of yellowfin of experiments initiated during 1968-1974 in the same area and in other areas (off Cape Corrientes, off Central America, and outside the Tuna Commission's yellowfin regulatory area (CYRA (Anonymous, 1975: Figure 1))) are analyzed. This period is of particular interest because of the fact that during the mid and late 1960's the purse-seine fleet extended its operations much further offshore than had previously been the case, and the vessels have continued to fish in these offshore areas during the 1970's (Calkins and Chatwin, 1971; Calkins, 1975).

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgement is extended to the many members of the Tuna Commission's staff who participated in the tagging of the fish. Appreciation is likewise expressed to the captains and crews of the vessels of the fishing fleet which were used in the tagging experiments. The indispensable cooperation of the fishermen, unloaders, and cannery workers in returning the tags when the fish were recovered, together with the pertinent information, is also acknowledged with gratitude. The manuscript was reviewed by Dr. Robin L. Allen.

MATERIALS AND METHODS

The methods of tagging the fish and handling the tag return data are described by Fink (1965), Fink and Bayliff (1970), and Bayliff (1973). The computer cards upon which are recorded the release and recapture data have recently been modified, however (Anonymous, 1975: 40-41). Now the areas of release and recapture are recorded to the nearest minute instead of by 1-degree areas, and the directions of movement are recorded to the nearest degree instead of in eight directions, each encompassing 45 degrees. Also, the lengths at release are recorded to the nearest centimeter instead of the nearest 5 centimeters. The methods of collecting and handling the catch and effort statistics are discussed by Shimada and Schaefer (1956) and Joseph and Calkins (1969).

Most of the calculations were performed on the Burroughs 6700 computer at the University of California at San Diego. Programs CIAT F04 and CIAT F08 (Psaropulos, 1966) were employed for this purpose.

DATA EMPLOYED

Tag releases and returns

The tag release and return data are shown in Figure 1 and Table 1. These do not necessarily include all the releases and returns for the tagging cruises in question, as the data for fish released in areas other than those under consideration are not listed. Some of the tag returns were not usable because the accompanying data were incomplete, and others were not used because the fish had been at liberty for more than 1 year. Since 1966 the fishery for yellowfin tuna has been regulated by an annual quota on the total catch of that species in the CYRA. Vessels which leave port prior to the date that regulation begins may fish without restriction until that fishing trip is completed; also, vessels which are in port on that date may fish without restriction on their next trips, provided they leave port within 30 days. Vessels which do not meet either of these requirements are subject to various restrictions after the date the regulation begins (until the next year or until they return to port, whichever occurs later). As a result, the vessels which are subject to regulation devote a considerable portion of their effort to the capture of species other than yellowfin and skipjack, and the data for many of these trips are not included in the Commission's catch and effort statistics, described in the next section. Accordingly, the tag return data for regulated trips are not used in this study. The table includes all the returns for the areas of release under evaluation, but only the returns which are used are shown in the figure.

Statistics of the fishery

The statistical data routinely collected by the Tuna Commission include the logged catches in short tons of yellowfin (and other species of tunas) by 1-degree and 5-degree areas, by months, quarters, and years, by types of gear (purse seine and baitboat), by size classes of vessels, and by regulation status, and the corresponding effort in days of fishing, both unstandardized and

standardized to Class-3 purse-seine (vessels of 101-200 short tons capacity) days and Class-4 baitboat (vessels of 201-300 short tons capacity) days (Shimada and Schaefer, 1956; Joseph and Calkins, 1969). Data for trips are not included in this system if: (1) the logbook is not available for preparation of an abstract by a Tuna Commission employee; (2) the estimate of the total catch in the logbook differs by more than 25 percent from the total weight of fish landed (making allowances for fish discarded at sea, transferred to other vessels, or received from other vessels); or (3) the catch of species other than yellowfin or skipjack makes up more than one third of the total catch. All pertinent unregulated effort data for vessels fishing inside the CYRA and all pertinent effort data for vessels fishing outside the CYRA and east of 150°W which are included in the system are used in this report. All of this effort is assumed to be directed toward yellowfin (and also toward skipjack). The effort data in the system represent about 90 percent of the total effort for the periods in question, and are assumed to have the same distribution by area and time as the total effort.

It is necessary to obtain estimates of the total effort by both purse seiners and baitboats in various area-month strata. Accordingly, the baitboat effort data were converted to Class-3 purse-seine units by the method of Bayliff (1971), using separate baitboat catch-per-unit-of-effort data for 0°-15°N and north of 15°N.

RESULTS

When there is no fishery in existence a certain portion of the fish which occur in Area A at Time 1 will occur later in Area B at Time 2. If a fishery then commences this portion can be estimated by releasing tagged fish in Area A and sampling the fish caught in Area B and in other areas for tags, and then dividing the number of tagged fish caught in Area B by the number of tagged fish caught in all areas combined. There are various biases which should be considered, however.

Some of the fish which are destined to migrate to Area B will be recaptured in Area A before they have a chance to do so, and others will be recaptured in the areas, if any, between Area A to Area B through which the fish must pass. If the fishery in all areas is light a greater portion of those destined to migrate to Area B will be recaptured there than if the fishery in all areas is heavy. If Areas B and C are equidistant from Area A the relative portions which migrate to each can be estimated without bias regardless of the intensity of the fishery, provided it is the same in all areas. If one is closer to Area A than the other, however the bias will be increasingly in favor of the closer area with increasing intensity of fishing.

This situation is further complicated by the fact that neither the fishing effort nor the vulnerability of the fish to capture is the same in all area-time strata. If the numbers of tagged fish occurring in two area-time strata are the same and one has greater fishing effort or greater vulnerability of the fish to capture than the other, more tagged fish are likely to be recaptured in the first

area than in the second. Estimates of the fishing effort are available for each area-time stratum, and these have been used to adjust the data for recaptures of tagged fish to compensate for the fact that the effort is not equal in the various strata. Essentially, comparisons are made of the number of tagged fish returned per unit of effort in the various area-time strata, rather than the numbers of tagged fish returned in those strata. In some cases a small number of tag returns is divided by a low number of units of effort to produce a relatively high adjusted number of tag returns. The variability of such estimates is high, of course. No estimates of the vulnerability of the fish in the various area-time strata are available, however, so no adjustments to compensate for such differences could be made, and it is implicitly assumed that the vulnerability was constant, although it is virtually certain that such was not the case.

The foregoing deficiencies should be borne in mind when reading the remainder of this section.

Map method

The locations of release and recapture of the fish of each group of releases (except those of Cruise 1055, which are shown by Bayliff and Rothschild (1974)) are shown in Figure 1. These maps give a useful impression of the distances and directions traveled, but do not express these parameters in quantitative terms. Furthermore, there is no provision for indicating the dates of recapture or times at liberty, and this could be done only by substituting several maps for each of the present maps.

Parallel-area method

The proportion of small fish in the catch is much higher in the areas near the coast than in those further offshore, so it is possible that the inshore area is a nursery area, and as the fish grow older they tend to move offshore. It is also possible, however, that the ratios of small to large fish are approximately equal in the inshore and offshore areas, but the small fish are less vulnerable to the fishery in the offshore areas. This can be tested by dividing the portion of the eastern Pacific Ocean from which usable tag returns were obtained into seven areas, as shown in Figure 2. Area B1 corresponds to Area A1 of Anonymous (1971) except that the five offshore regions of Area A1 (the Revillagigedo Islands, Hurricane Bank, Clipperton Island, Cocos Island-Cocos Bank, and the Galapagos Islands) are assigned to other areas. Area B1 represents the area fished prior to the offshore expansion of the fishery in the mid-1960's (with the exception of the five offshore regions), Areas B2-B6 the rest of the CYRA, and Area B7 the area outside the CYRA and east of 150°W. Areas B2-B5 are approximately the same width as is Area B1 south of 20°N.

For each experiment or group of experiments the releases for which returns with usable data were obtained were assigned to Areas B1, B2, . . . , or B7. Then in each case for which there were more than a few releases the returns

were assigned to Areas B1, . . . , or B7. These data are tabulated in Table 2. It can be seen, for example, how many fish released in Area B1 were recaptured in the same area and in each of the other areas in each month. It is highly desirable, however, to adjust the number of returns in each area-month stratum according to the amount of effort in that stratum. This was accomplished by:

$$p_{ijk} = \frac{r_{ijk}/f_{jk}}{\sum_{j=1}^7 r_{ijk}/f_{jk}} \quad (1)$$

where

- p_{ijk} = portion of fish released in area i occurring in area j during month k ,
- r_{ijk} = number of returns of fish released in area i and recaptured in area j during month k , and
- f_{jk} = effort in area j during month k .

These results are shown in Table 2 and Figure 3.

There is no effort exerted in Area B7 during the first four months of the year, and very little unregulated effort exerted in Areas B1 through B6 during the last six months of the year. (The latter effort is due mostly to chartered vessels of the Tuna Commission and the U.S. National Marine Fisheries Service.) Accordingly, it is difficult to evaluate the interchange of fish between Areas B1 through B6 and Area B7. It is somewhat easier to study the interchange of fish among Areas B1 through B6 during the first half of the year, however, as fishing takes place in all these areas during this period (though there is relatively little in Area B5 and almost none in Area B6).

The tagged fish released in Area B1 off Mexico in 1969 (Figure 3) appear to have moved gradually offshore from January to April 1970, except for a tendency to move back to Area B1 in late January or early February. That tendency was also mentioned by Bayliff and Rothschild (1974). In late April or early May, however, there appeared to be a movement back to Areas B1 and B2. The fish released off Cape Corrientes in 1970 moved gradually offshore from February to April of that year. The fish released off Central America in 1971 appeared mostly in Areas B2, B3, and B4 during the first four months of 1972. The fish released off Central America in 1974 exhibited some tendency to move offshore during April to June of that year. Overall, there is some evidence of offshore movement for all the experiments initiated in Area B1. This is inevitable, of course, unless there is no interchange of fish among areas, as it is not possible for the fish to move inshore from Area B1. In late January or early February and in late April or early May 1970, however, there is some evidence of inshore movement of fish which had previously moved offshore from Area B1.

The tagged fish released in Area B2 appear to have moved inshore from November 1969 to January 1970, and then tended to move gradually offshore from January to April. In May, however, the recaptures of these fish were all made in Areas B1 and B2.

The tagged fish released in Area B3 in 1969 appeared mostly inshore of the area of release in January and February 1970, but in March and April were encountered further offshore. In late April or early May, however, as was the case for the fish released in Areas B1 and B2 in 1969, the tendency was to move inshore. The fish released in 1971 seem to have moved offshore from November to January 1972, but from February to April there was a tendency to move inshore.

The tagged fish released in Area B4 in 1969 and 1971 tended to move inshore during the January-April periods of the years following tagging, but no great significance should be attached to this in view of the fact that there was relatively little fishing effort in Areas B5 and B6 during the years in question. A large portion of the recaptures in January 1975 of the fish released in Area B4 was made in Area B5; this was due to relatively heavy fishing effort in this area adjacent to the location where the tagged fish had been released 2 months previously. (This bias could be reduced by using many small area strata instead of a few large ones, but this would not be feasible unless many more tag returns were available.)

In summary, these data indicate that there is not a strong tendency for the fish to move offshore as they grow older. This could be better ascertained, however, if there were more tag return data available and if fishing were conducted in all areas during all months of the year.

A similar analysis was carried out to study the east-west movement of the fish. This was accomplished by dividing the portion of the eastern Pacific Ocean from which usable tag returns were obtained into nine areas, as shown in Figure 4. The results are shown in Table 3 and Figure 5. The fish released in Area C3 showed a slight tendency to migrate westward, those released in Area C4 tended to move about equally to the east and west, and those released in Areas C5 and C6, particularly the latter, showed tendencies to migrate to the eastward. These tendencies, in view of the fact that most of the effort occurs to the west of Area C3 and to the east of Areas C5 and C6, appear to indicate that the east-west migration is approximately random.

The north-south movement of the fish was studied similarly, dividing the portion of the eastern Pacific Ocean from which usable tag returns were obtained into the five areas shown in Figure 6. The results are shown in Table 4 and Figure 7. The fish released off Cape Corrientes in 1970 tended to move south from Area D1 to Areas D2 and D3 during the February-April period. This corresponds to the movement of the same group of fish from Area B1 to Area B2 during the same period. Slight tendencies for the fish released in Areas D2 and D3 to migrate to the south are also apparent. These results are similar to those of Bayliff and Rothschild (1974), who observed that most of the fish released in 1969 tended to migrate to the southeast during early 1970.

No north-south trends are evident for the fish released in Area D4.

Jones method

This method, devised by Jones (1959 and 1976), has been used previously for yellowfin in slightly different forms by Fink and Bayliff (1970) and Bayliff and Rothschild (1974). The data for the Cruise 1055 were analyzed in the latter report, so they are not considered here.

The dispersion of the fish is analyzed from data on the months of recapture, days at liberty, distances of movement, and directions of movement. Eight directions of movement, 0° - 44° true = 1, 45° - 89° true = 2, . . ., 315° - 359° true = 8, are used for presentation of the data in Figures 8 and 9, but the calculations were made with the actual directions, to the nearest degree.

All calculations in this section were made with weighting to compensate for differences in the amounts of fishing effort exerted in different area and time strata. This was accomplished by division of the numbers of fish, times at liberty, and distances of movement by the amounts of fishing effort expended in the corresponding 5-degree area-month strata, as shown below. The adjusted number of returns in each month-direction of movement stratum is calculated by

$$N_{jk} = \left(\sum_i \frac{n_{ijk}}{f_{ij}} \right) \left(\frac{\sum_{ijk} n_{ijk}}{\sum_{ijk} \frac{n_{ijk}}{f_{ij}}} \right) \quad (2)$$

where

N_{jk} = adjusted number of returns in month j for fish which had moved in direction k ,

n_{ijk} = actual number of returns in area i during month j for fish which had moved in direction k , and

f_{ij} = effort in area i during month j .

The following calculations were made by month of recapture, by all months of recapture combined, by direction of movement, and by all directions of movement combined.

$$\overline{T}_{jk} = \sum_i \left(\frac{t_{ijk}}{f_{ij}} \right) / \sum_i \left(\frac{1}{f_{ij}} \right) \quad (3)$$

where

\overline{T}_{jk} = adjusted average time at liberty for fish recaptured in month j which had moved in direction k and

t_{ijk} = time at liberty for fish recaptured in area i during month j which had moved in direction k ,

$$\overline{R}_{jk} = \frac{\sum_i \left(\frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{f_{ij}} \right)} \quad (4)$$

where

\overline{R}_{jk} = adjusted average distance of movement for fish recaptured in month j which had moved in direction k and
 r_{ijk} = distance of movement for fish recaptured in area i during month j which had moved in direction k ,

$$V_{jk} = \frac{\sqrt{\left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \sin \Theta_k \right)^2 + \left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \cos \Theta_k \right)^2}}{\sum_i \left(\frac{t_{ijk}}{f_{ij}} \right)} \quad (5)$$

where

V_{jk} = adjusted mean velocity of dislocation for fish recaptured in month j which had moved in direction k and
 Θ_k = angle corresponding to direction of movement k , and

$$A_{jk}^2 = \frac{1}{\sum_i (1/f_{ij})} \left[\sum_i \frac{r_{ijk}^2}{t_{ijk} f_{ij}} - \frac{\left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \sin \Theta_k \right)^2 + \left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \cos \Theta_k \right)^2}{\sum_i \left(\frac{t_{ijk}}{f_{ij}} \right)} \right] \quad (6)$$

where

A_{jk}^2 = adjusted mean square dispersion coefficient for fish recaptured in month j which had moved in direction k .

The significance of the mean velocity of dislocation and the mean square dispersion coefficient has been discussed by Jones (1959 and 1976). Briefly, the former pertains to directional movement and the latter to random movement. The latter is a measure of the average amount of deviation from the mean direction of movement. A high value of V_j and a low value of A_j would

indicate directional movement with little dispersion, while a low value of V_j and a high value of A_j would indicate the reverse. Even if the movement is entirely random, the values of V_j would not be expected to equal 0 for the groups of fish which were released close to shore, as the fish were restricted in their movements toward the shore.

The directions and average distances of movement are shown in Figure 8. One fish from the Central America releases of 1971 and five fish from the Central America releases of 1974 are deleted from these diagrams, these fish having been recaptured in the same locations in which they were released. (As explained by Schaefer, Chatwin, and Broadhead (1961), because of lack of precision in recording positions at sea, fish which moved 10 or 20 miles are often recorded as having been recaptured in the locations of release.) The numbers near the heads of the arrows indicate the adjusted numbers of fish which moved in each direction and the average distances of movement, respectively. The lengths of the lines are proportional to the average distances of movement.

The fish released off Cape Corrientes went mostly to the southeast and northwest, while those released outside the CYRA went mostly to the southeast. The fish released offshore off Mexico in 1970 and 1971 went mostly to the northwest and northeast, but those released in the same area in 1974 went mostly to the southwest and southeast. The fish released off Central America in 1971 went mostly to the southwest and southeast, but those released in the same area in 1974 went also to the northeast. The distances of movement were considerably less, on the average, for the fish released off Central America in 1974 than for those released in the same area in 1971. This is not surprising, however, due to the fact that most of the fish released in 1971 were at liberty considerably longer than most of those released in 1974. The fish released offshore off Mexico in 1974 also moved lesser distances than did those released in the same area in 1969 (Bayliff and Rothschild, 1974), 1970, and 1971. Most of the fish released in 1974 were at liberty somewhat less time than those released in the other years, a disproportionate number of the recaptures having been made before or during January 1975 (Figure 9). There is no provision in these diagrams for indicating the times at liberty or dates of recapture, and this could be done only by substituting several diagrams for each of the present ones.

The directions and average distances of movement by month of recapture are shown in Figure 9. The data for fish moving in different directions are shown in different panels of the graph. The points for consecutive months are joined by solid lines and those for non-consecutive months by dashed lines. The numbers near the points indicate the actual numbers of fish in each month. The values of V_x appear in all the panels, and the values of $V_{..}$ and $A_{..}$ in the bottom panels. The diagrams are useful for detecting seasonal migrations. For instance, if the fish were at the southern end of their range in January and at the northern end of it in July, and they were tagged in January, \bar{R}_j would increase for about 6 months and then decrease. Also, there would be many fish in the panels for Directions 1 and 8 and few in the panels

for Directions 4 and 5 during February-June, whereas the reverse would be true during August-December. During the first half of the year there is considerable fishing effort exerted inside the CYRA and relatively little outside the CYRA, whereas during the second half of the year the reverse is the case. Accordingly, tagged fish are much more likely to be recaptured inside the CYRA during the first half of the year and outside the CYRA during the second half of the year. This probably accounts for the higher values of \bar{R}_j for the middle months shown on the graphs for some of the experiments. Except for this artifact, no seasonal migrations are apparent.

The adjusted mean square dispersion coefficients by month of recapture are shown in Figure 10. The points are plotted only for the months which include at least four returns. The numbers near the points indicate the actual numbers of fish in each month. Except possibly for the fish released off Cape Corrientes, there is no tendency for the $A..^2$ values to increase with time after the first month at liberty. The value of $A..^2$ for May 1974 for the experiment initiated off Central America in that year exceeds any such value obtained by Bayliff and Rothschild (1974), as well as those in the present study. The reason for this high value is not apparent.

Lengths of the fish

The lengths at release of the fish of the eight experiments which are discussed in detail in this report and that of Bayliff and Rothschild (1974) are shown in Figure 11. In most cases the principal mode was in the vicinity of 80 centimeters, but for the Cape Corrientes experiment of 1970 and the Central America experiment of 1974 most of the fish were smaller and for the offshore off Mexico experiment of 1971 most of them were larger. Bayliff and Rothschild (1974) have shown that the fish which are tagged are considerably smaller, on the average, than the ones that are caught, so most of the data presented in this report are probably not representative of the entire population. The fish of the experiment initiated off Central America in 1974 were fairly representative of those caught in that area during the second quarter of that year, however (Anonymous, 1975: page 44 and Figure 12).

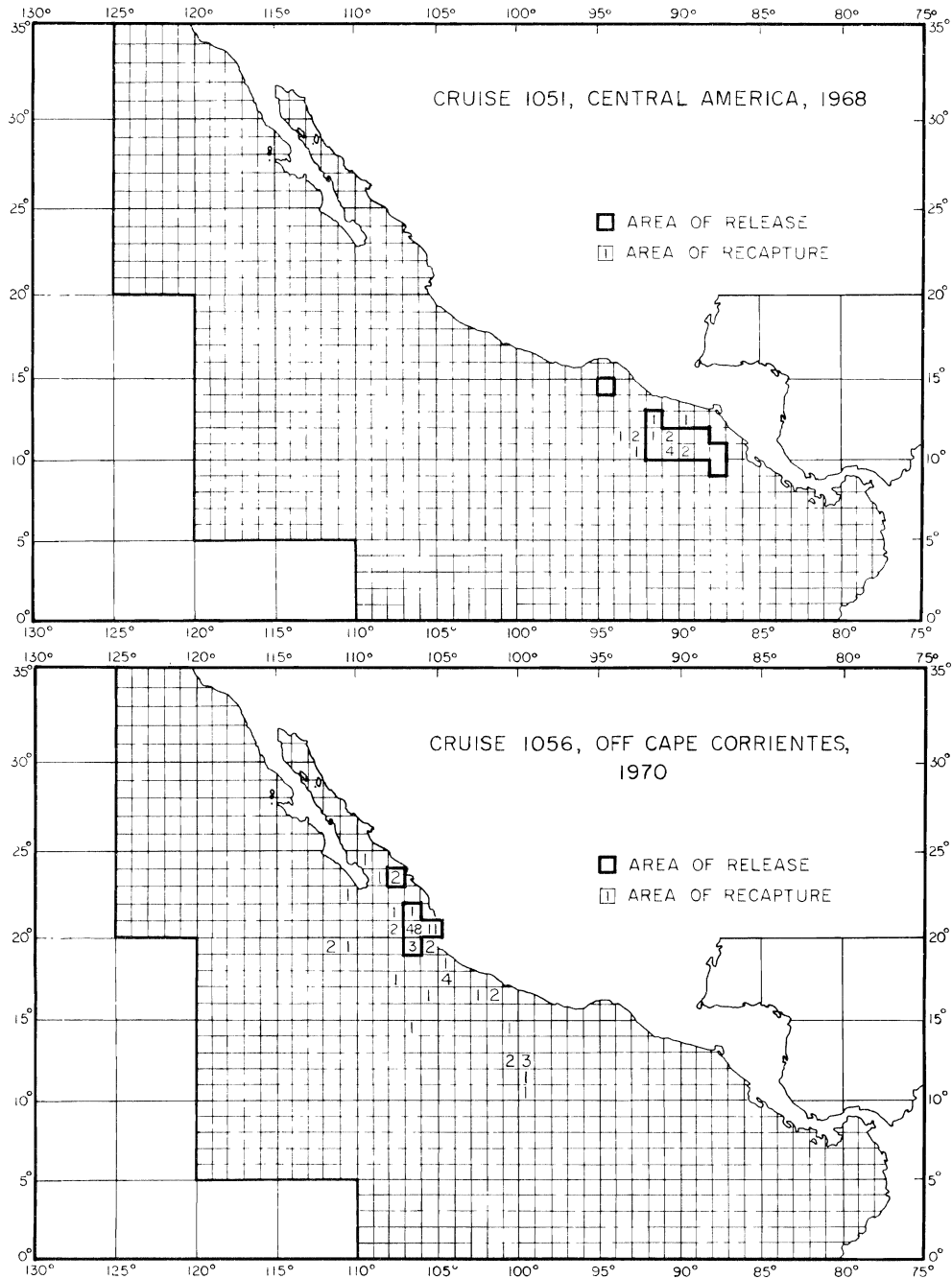


FIGURE 1. Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged yellowfin released in the eastern Pacific Ocean during 1968-1974.

FIGURA 1. Zonas de liberación (áreas delineadas por líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) del aleta amarilla marcado y liberado en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1974.

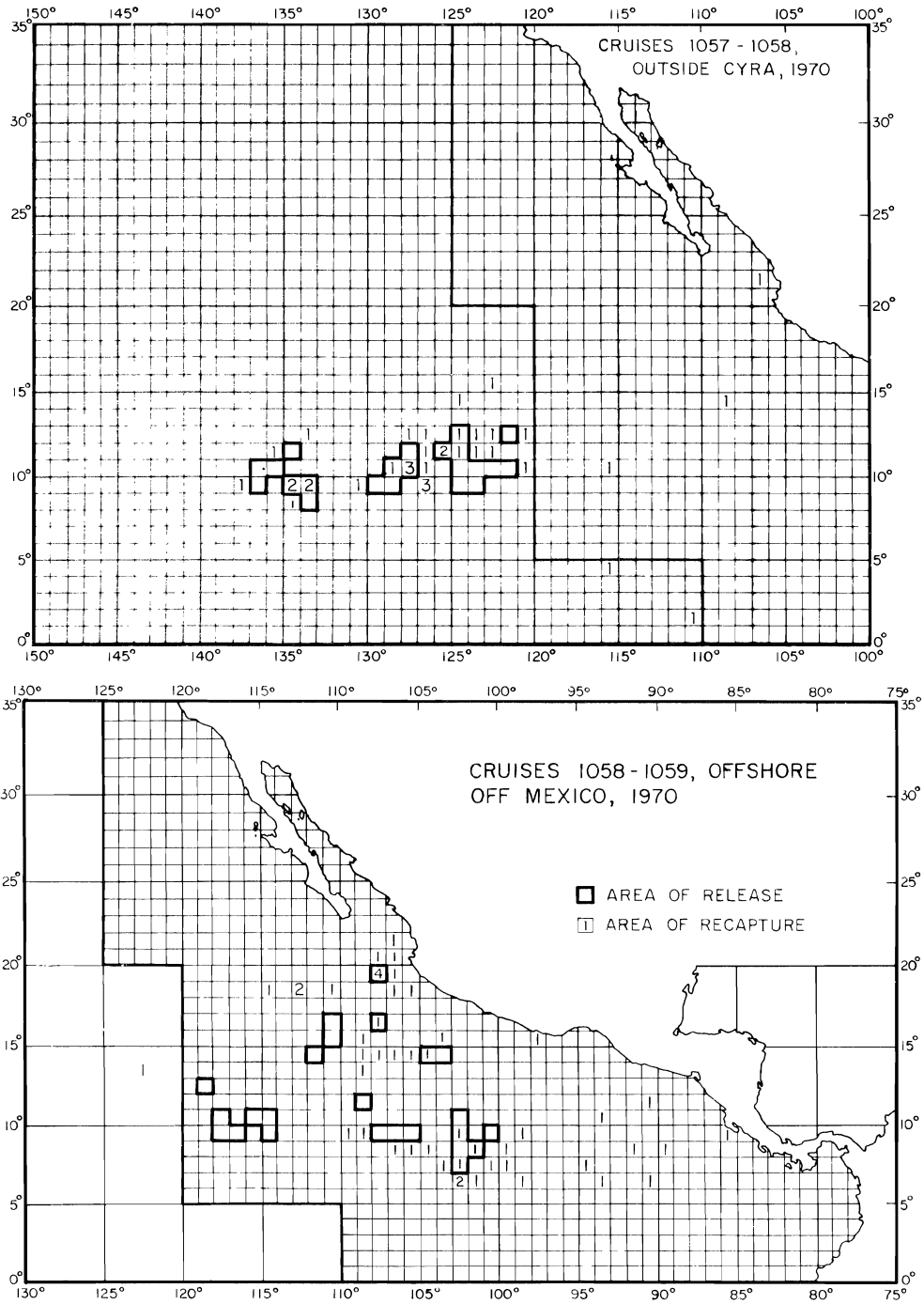


FIGURE 1. (Continued)

FIGURA 1. (Continuación)

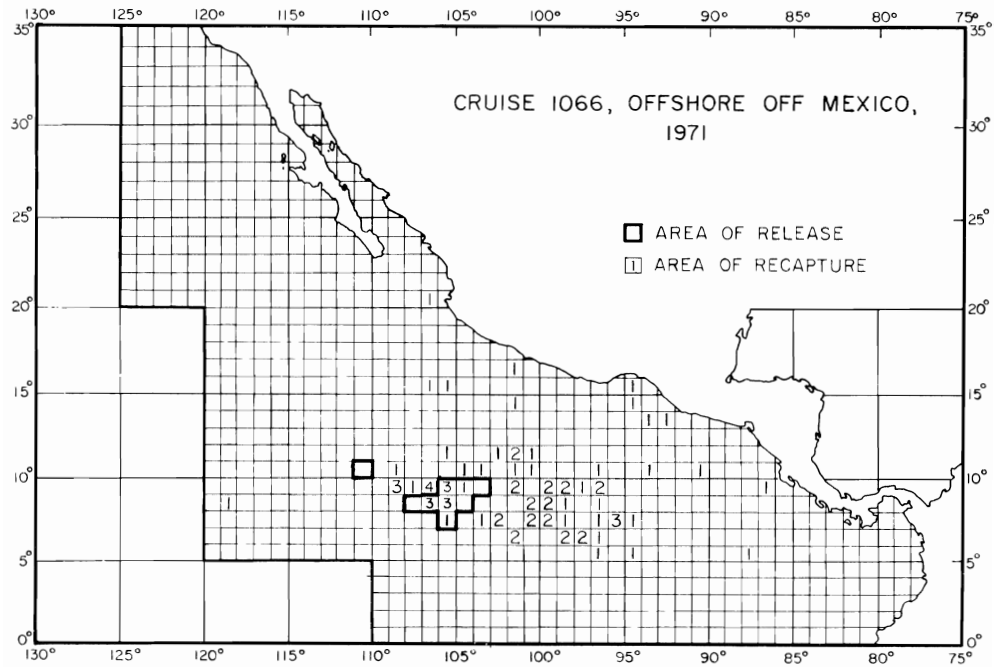
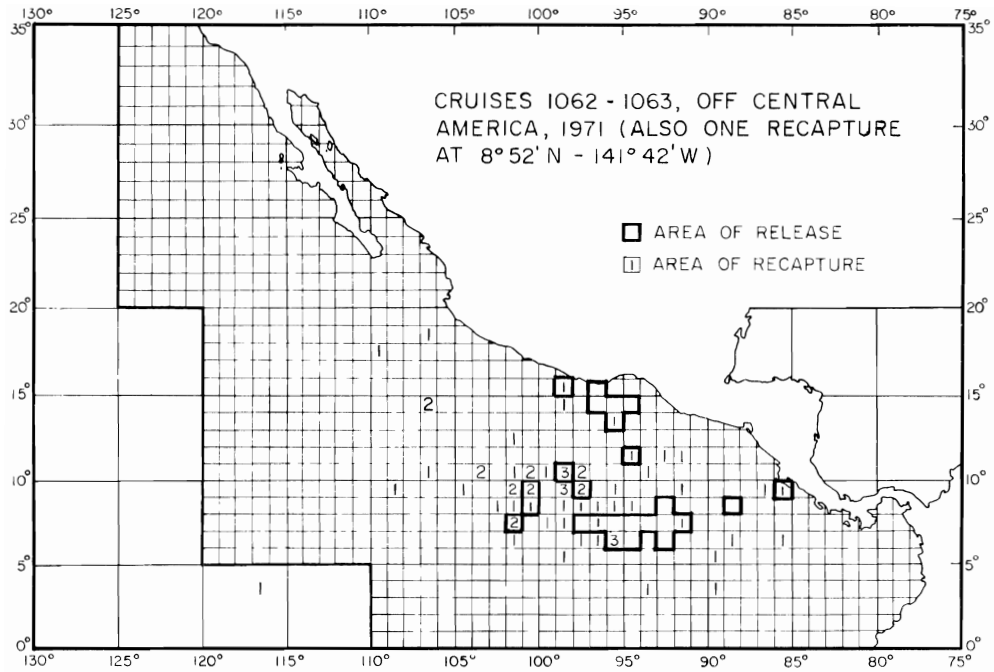


FIGURE 1. (Continued)

FIGURA 1. (Continuacion)

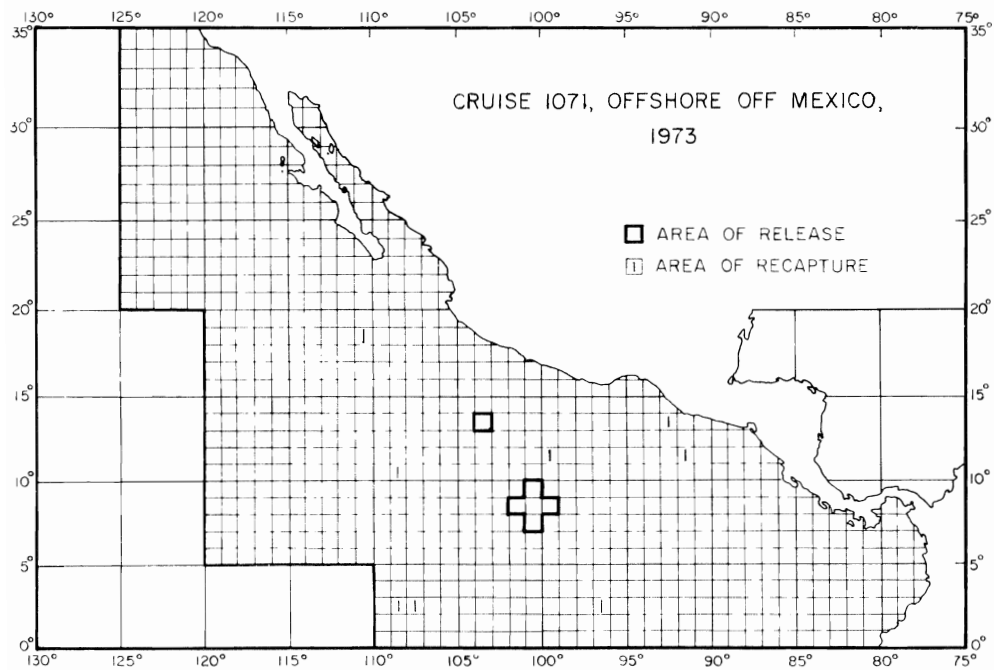
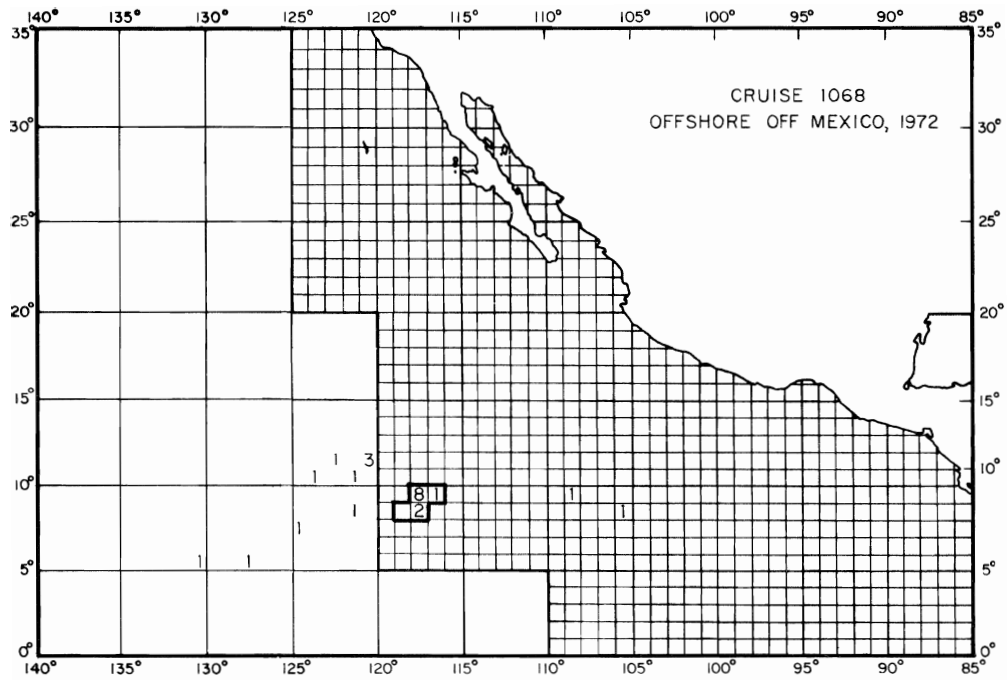


FIGURE 1. (Continued)

FIGURA 1. (Continuacion)

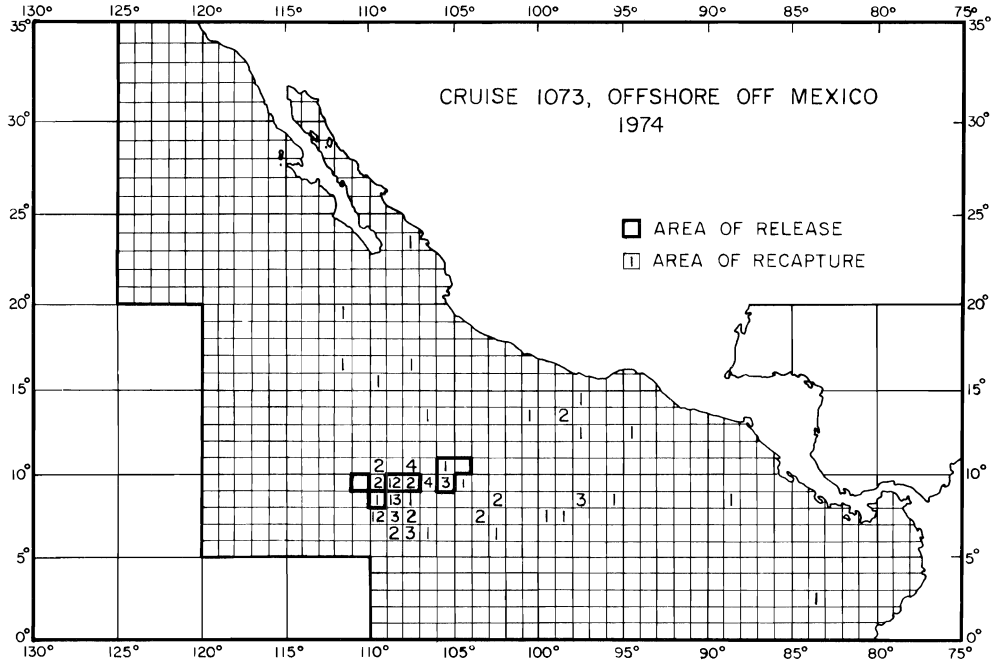
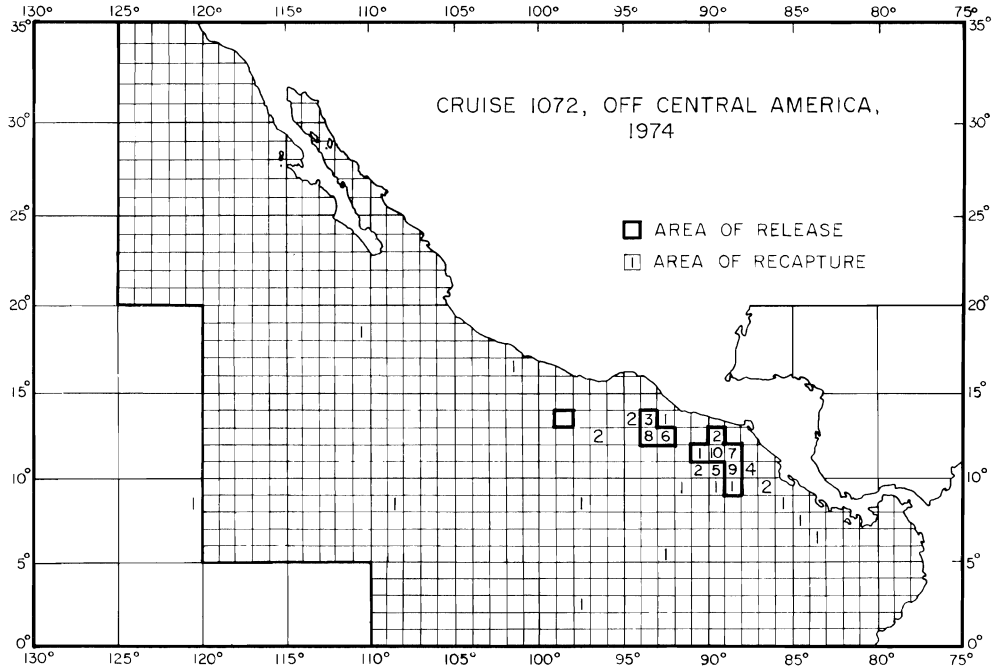


FIGURE 1. (Continued)

FIGURA 1. (Continuación)

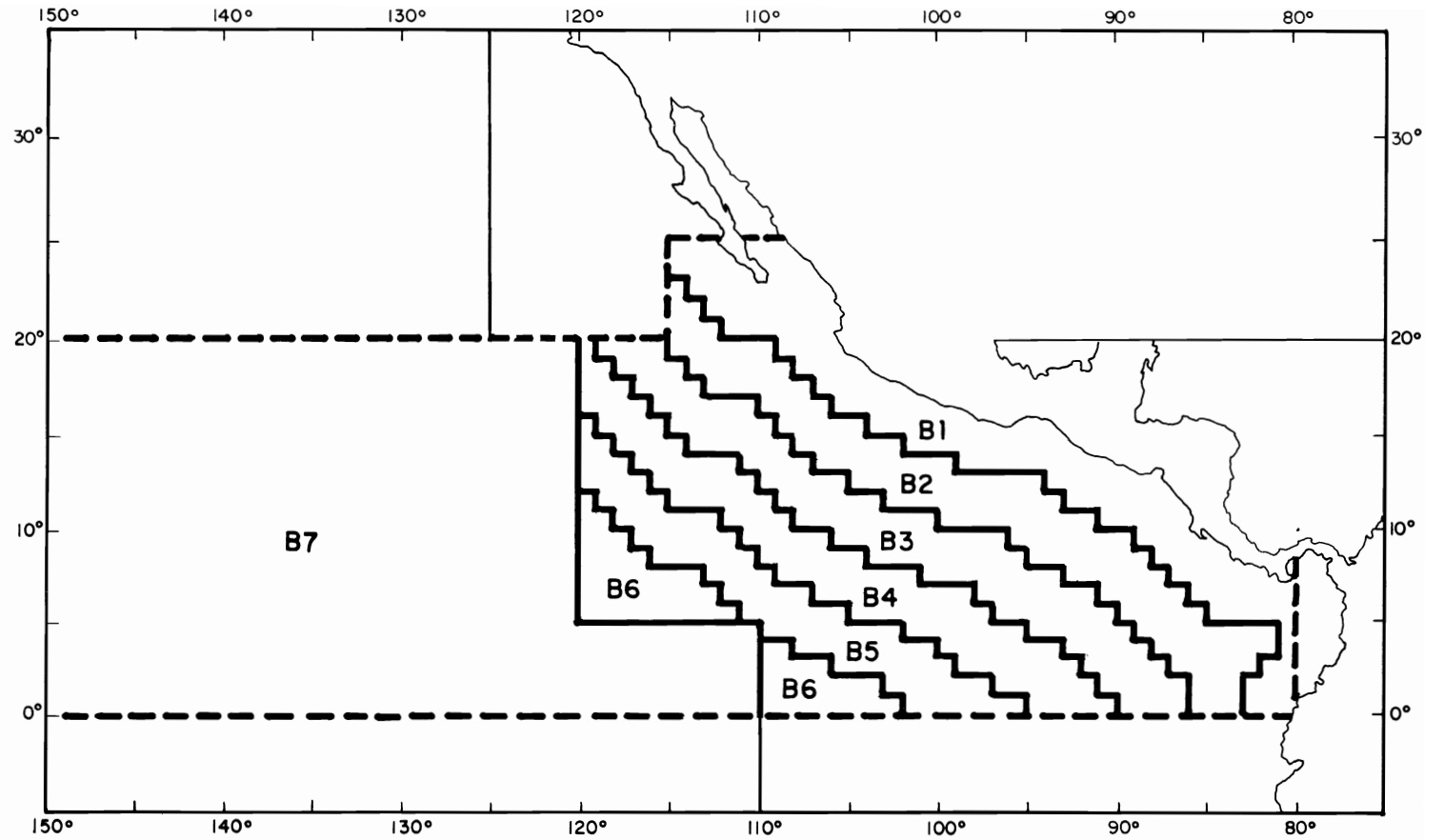


FIGURE 2. Areas used for studies of the onshore-offshore migration of yellowfin.

FIGURA 2. Zonas empleadas para estudiar los desplazamientos a la costa y fuera de la costa del aleta amarilla.

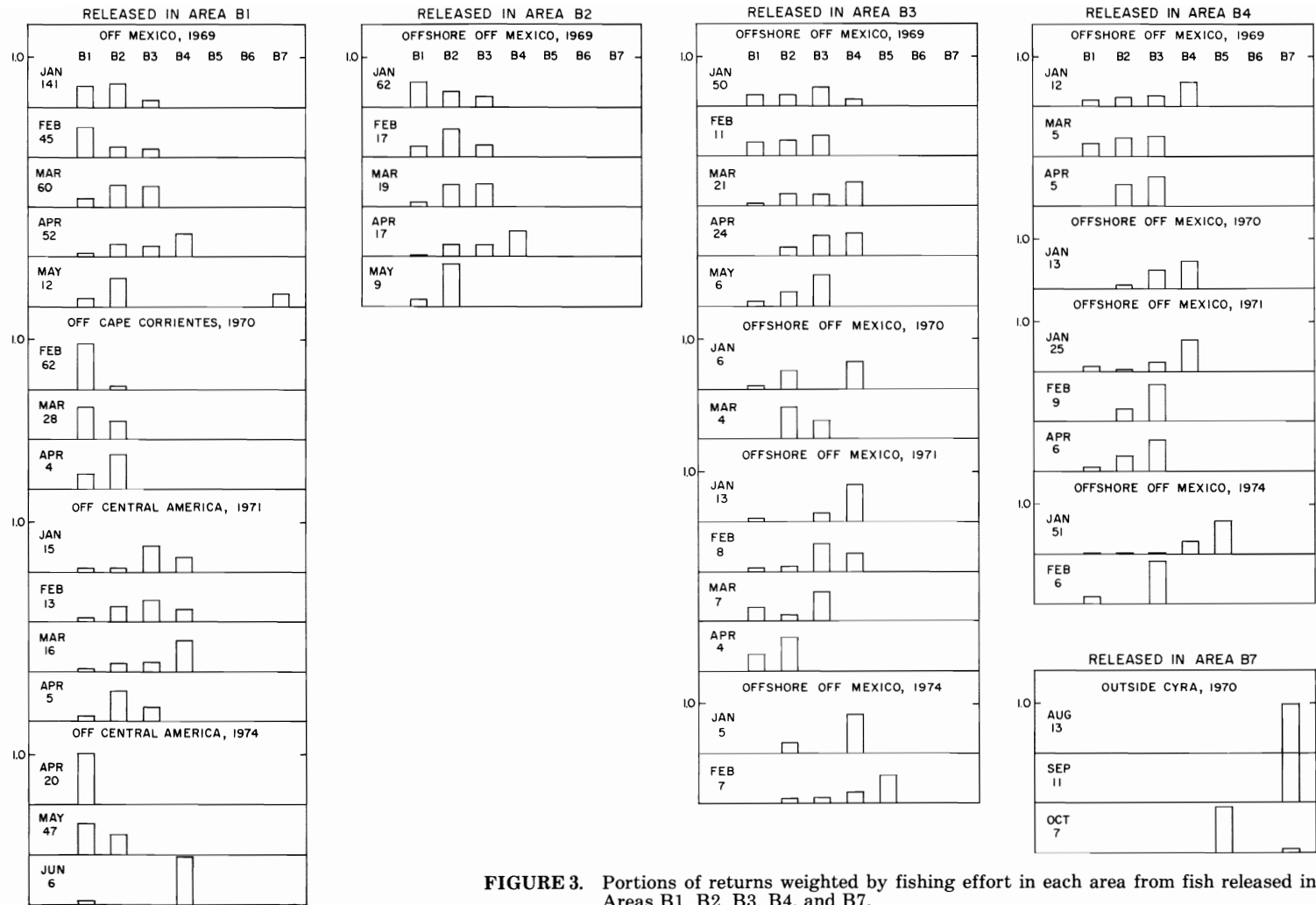


FIGURE 3. Portions of returns weighted by fishing effort in each area from fish released in Areas B1, B2, B3, B4, and B7.

FIGURA 3. Porciones de las devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca en cada zona de peces liberados en las Zonas B1, B2, B3, B4 y B7.

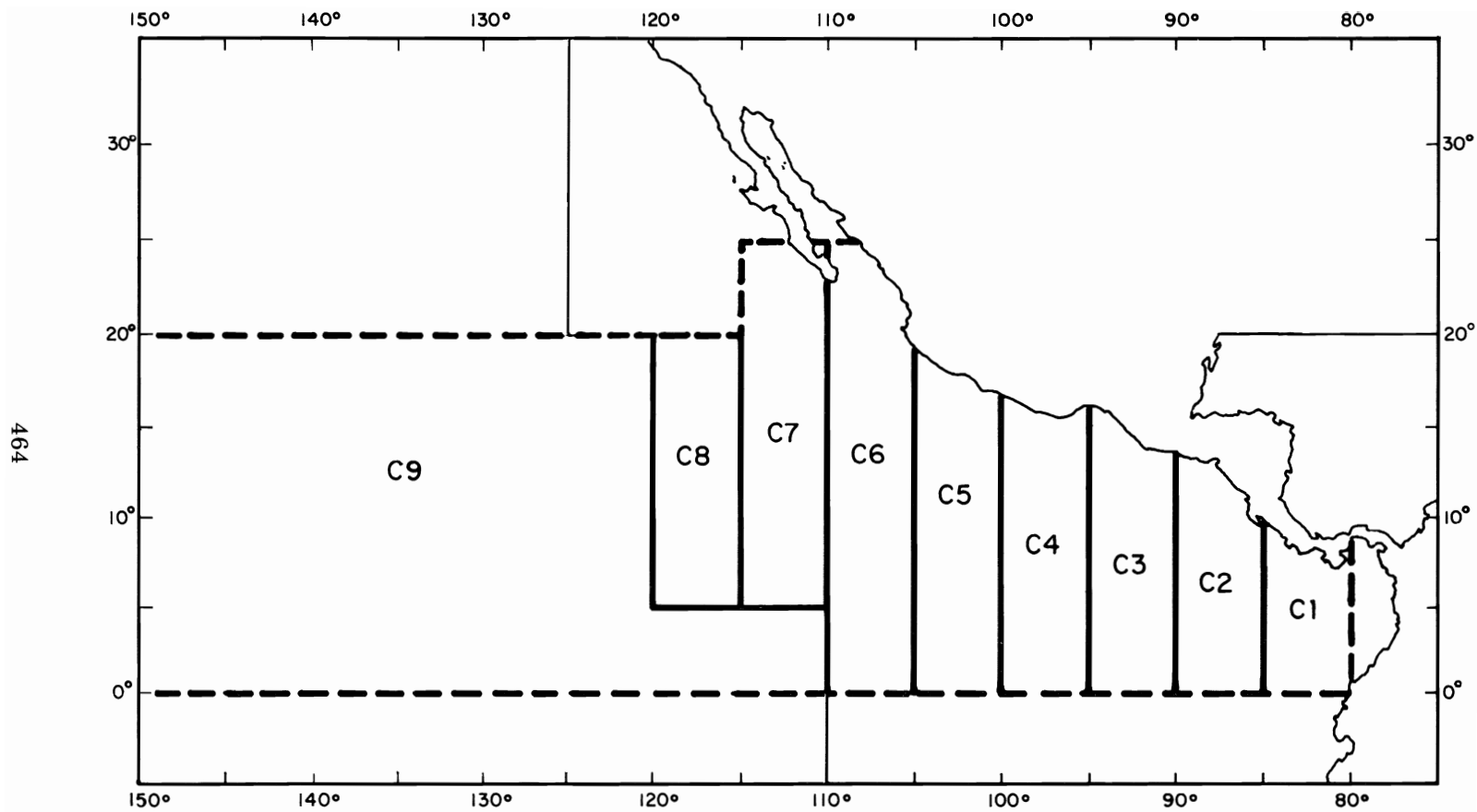


FIGURE 4. Areas used for studies of the east-west migration of yellowfin.

FIGURA 4. Zonas empleadas para estudiar los desplazamientos este-oeste del aleta amarilla.

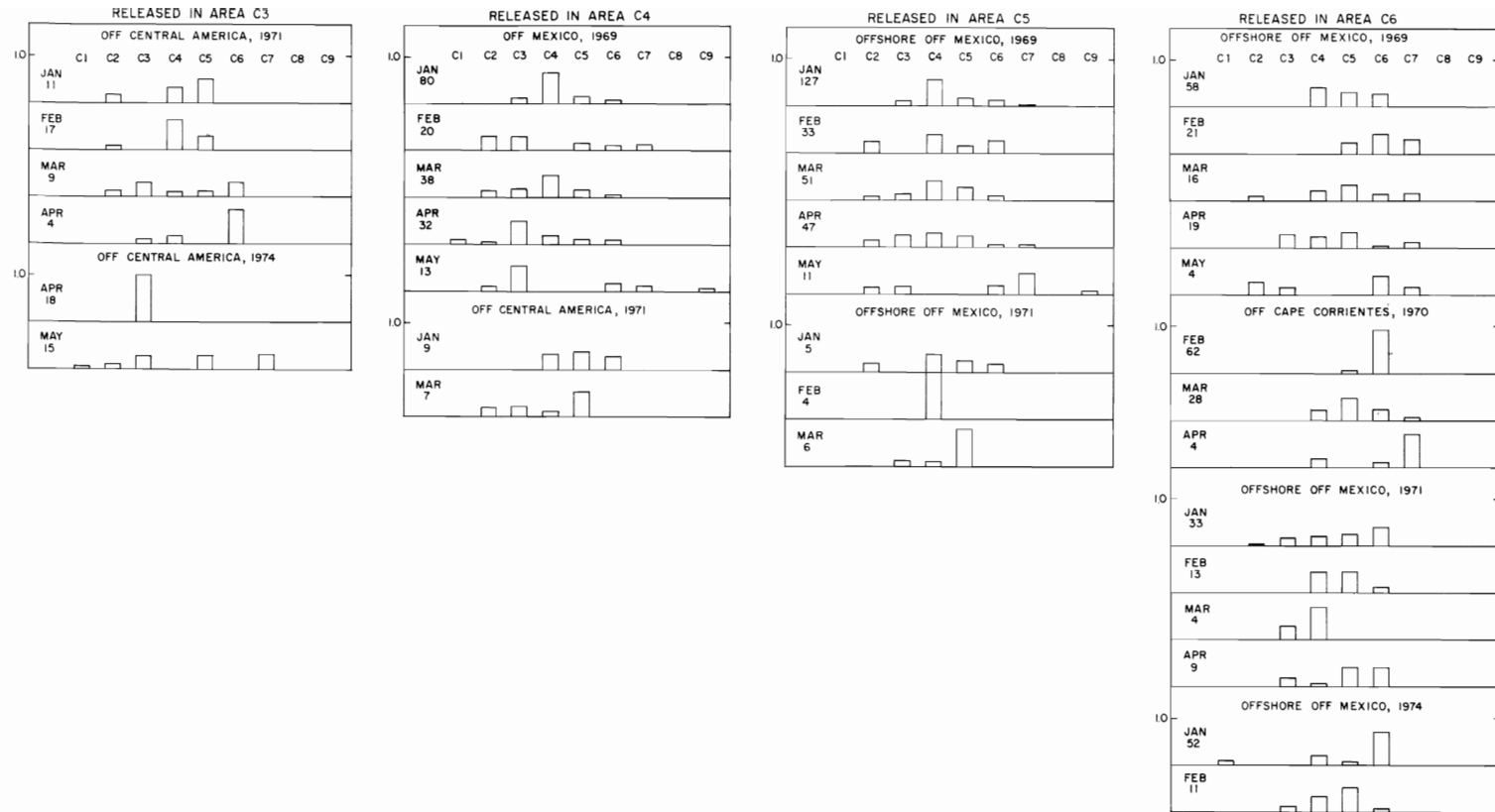


FIGURE 5. Portions of returns weighted by fishing effort in each area from fish released in Areas C3, C4, C5, and C6.

FIGURA 5. Porciones de las devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca en cada zona de peces liberados en las Zonas C3, C4, C5 y C6.

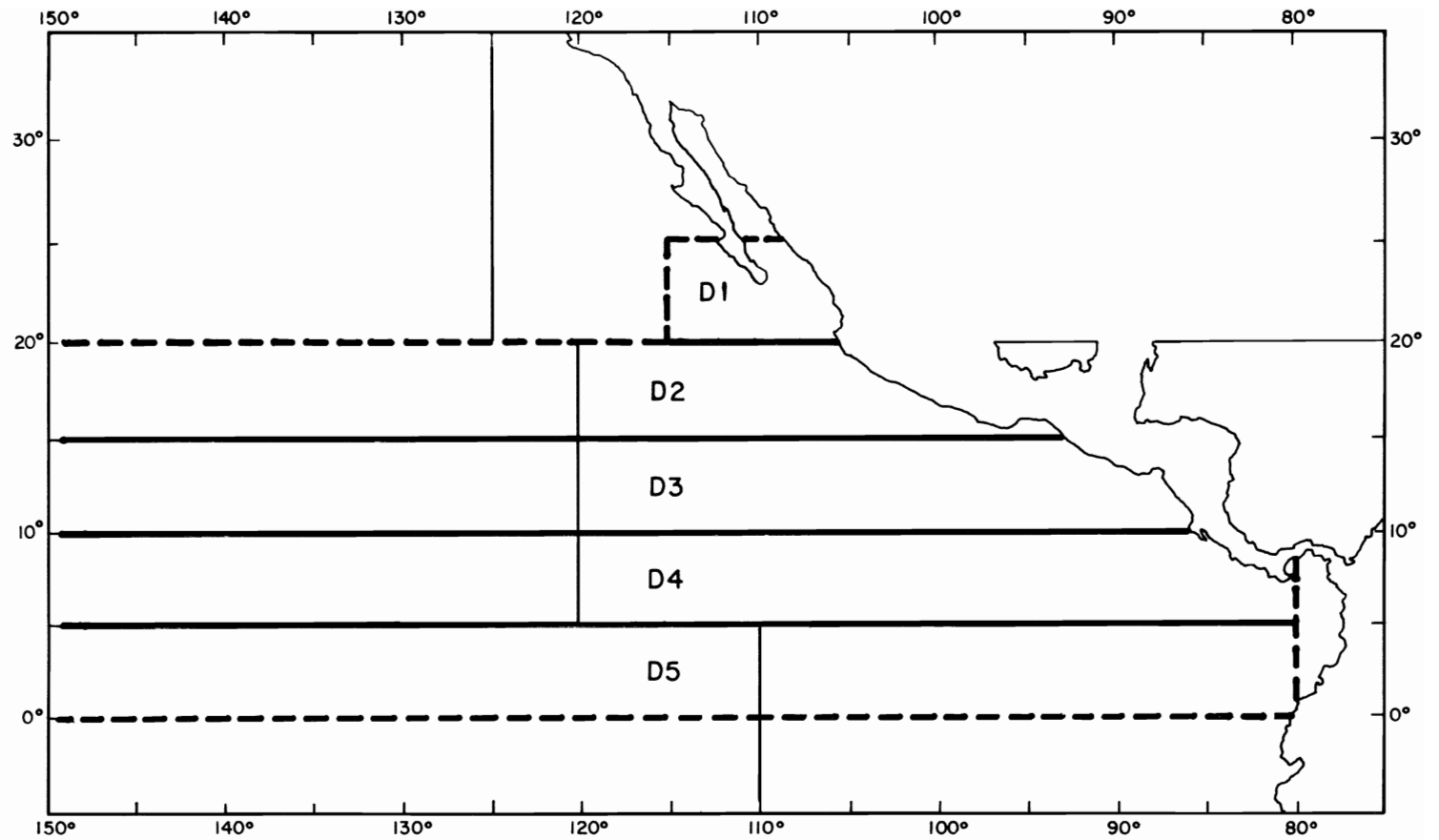


FIGURE 6. Areas used for studies of the north-south migration of yellowfin.

FIGURA 6. Zonas empleadas para estudiar los desplazamientos norte-sur del aleta amarilla.

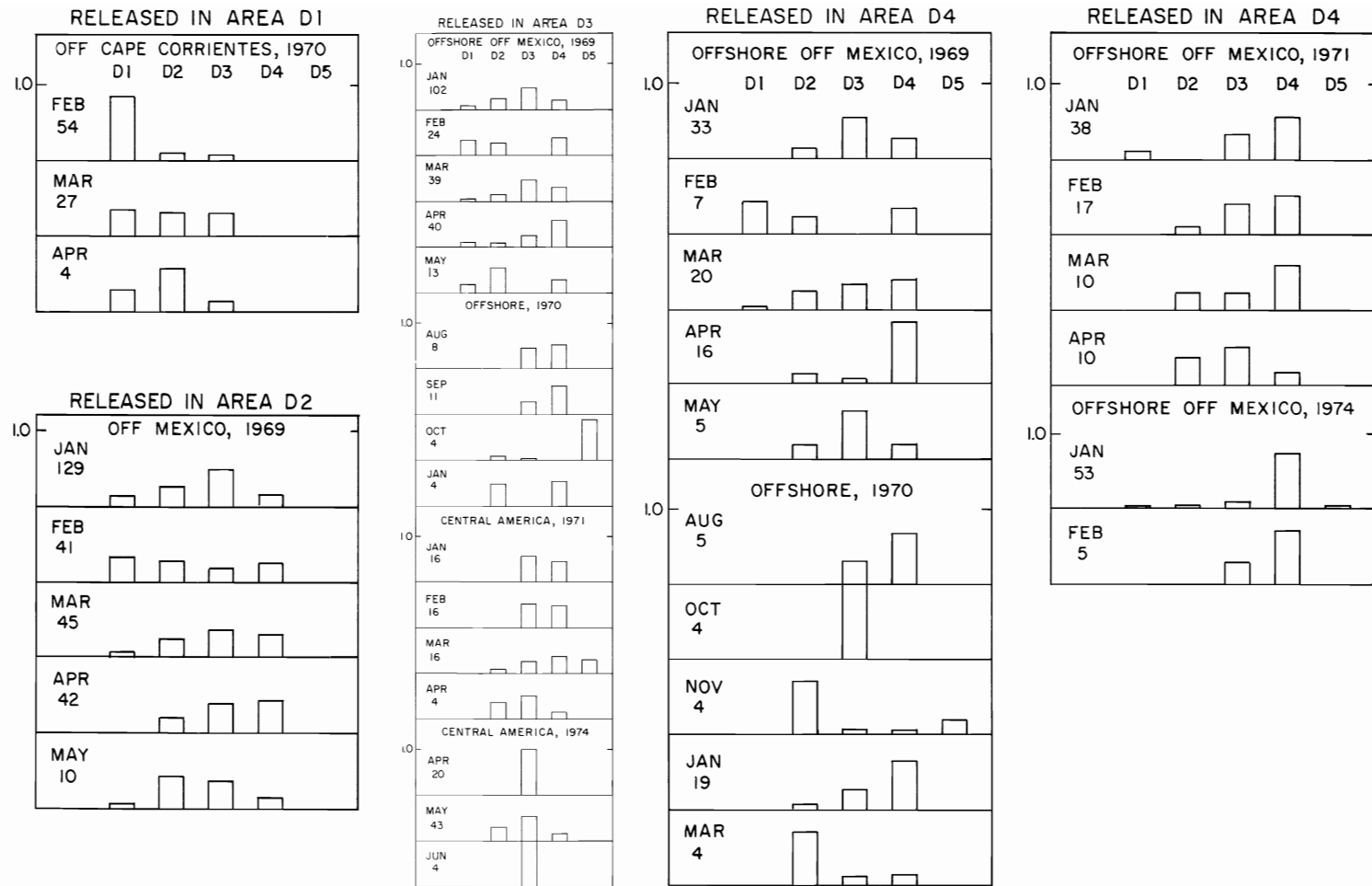


FIGURE 7. Portions of returns weighted by fishing effort in each area from fish released in Areas D1, D2, D3, and D4.

FIGURA 7. Porciones de las devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca en cada zona de peces liberados en las Zonas D1, D2, D3 y D4.

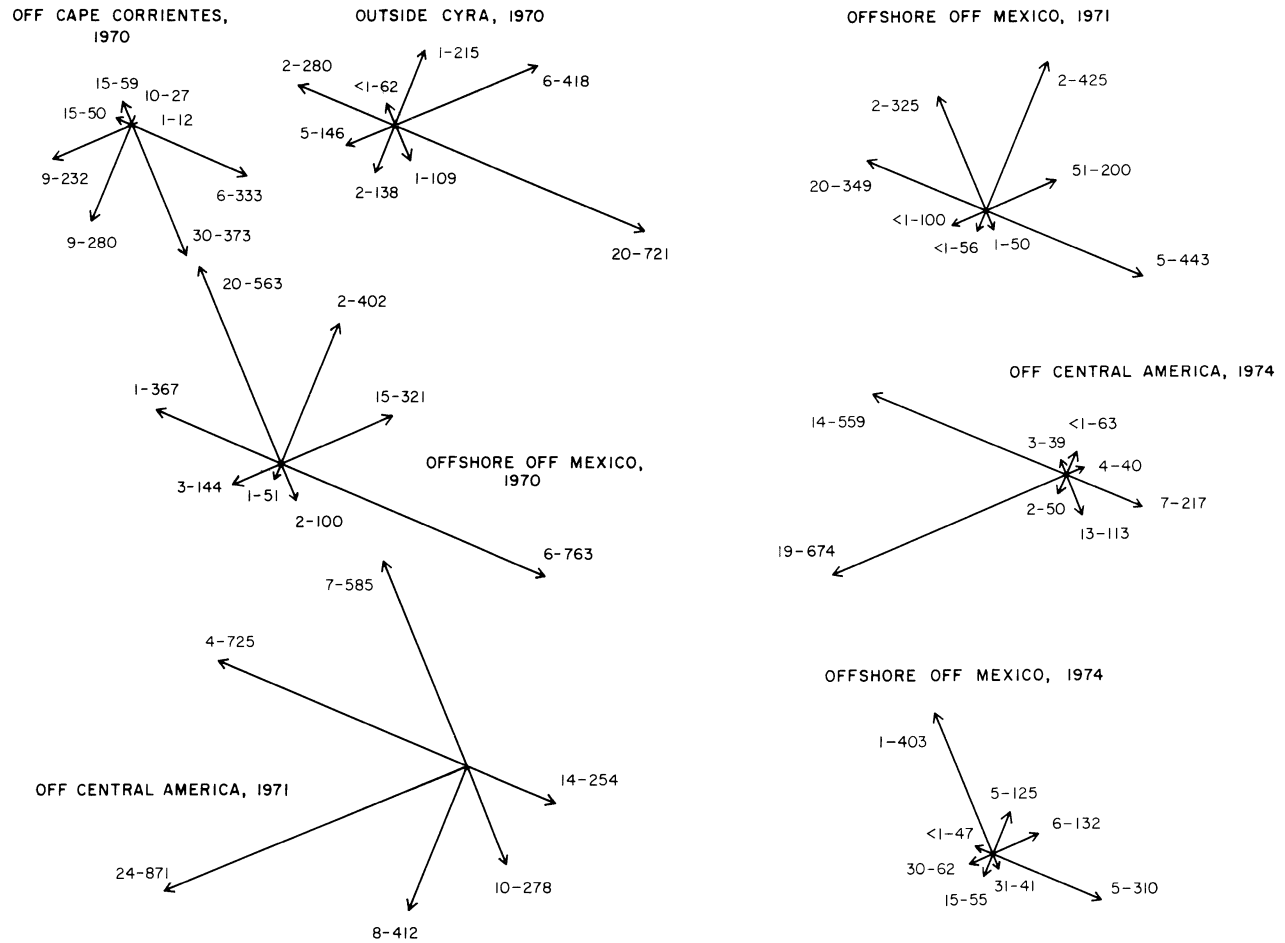


FIGURE 8. Adjusted directions and mean distances of movement. The diagrams are explained in the text.

FIGURA 8. Las direcciones ajustadas y las medias de las distancias de desplazamiento. En el texto se explican los diagramas.

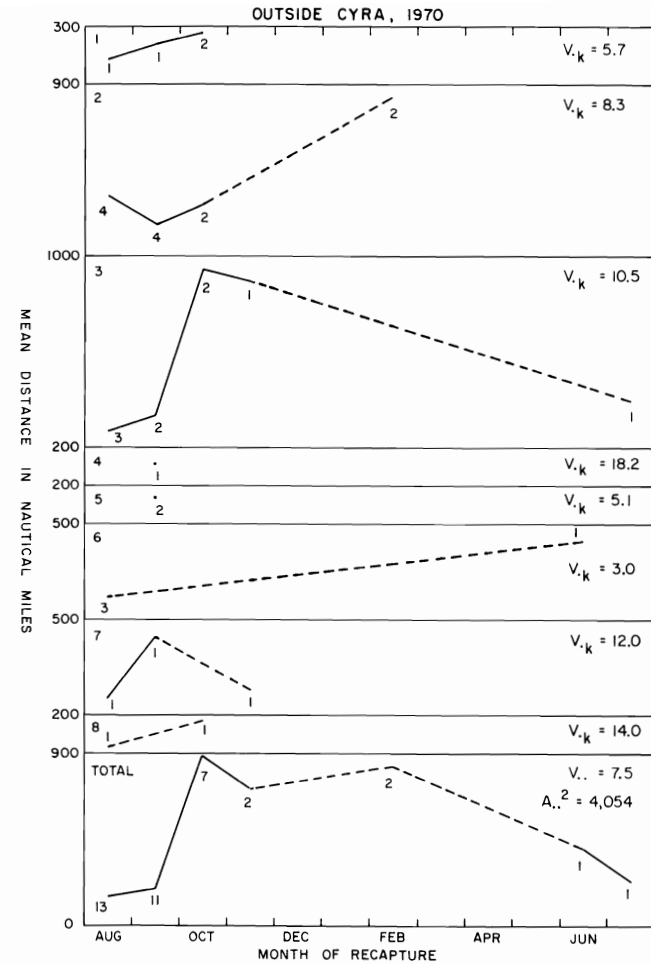
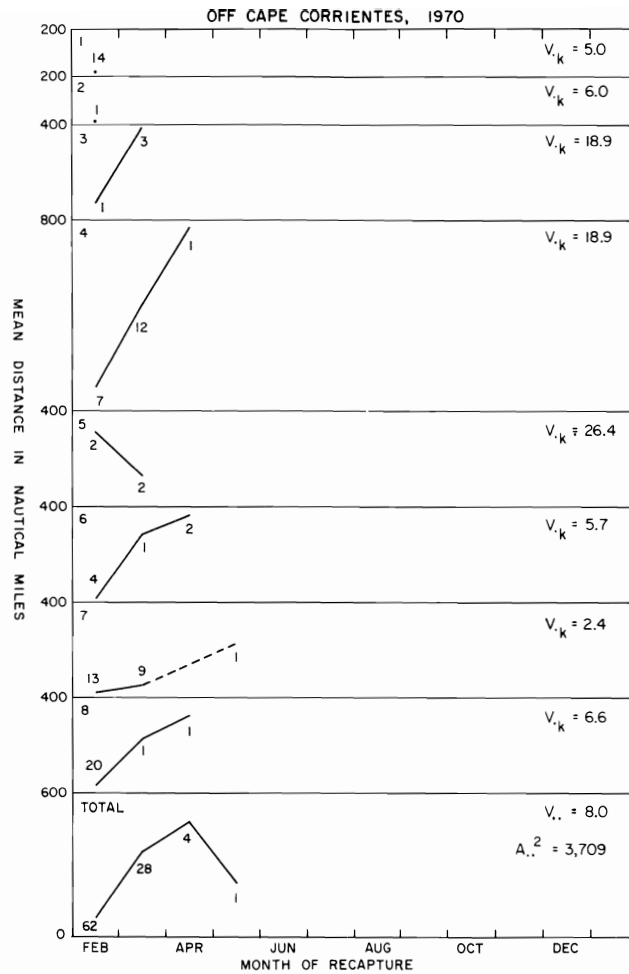


FIGURE 9. Adjusted dispersion, by directions and months of recapture. The numbers in the upper left corners of the panels indicate the directions of movement.

FIGURA 9. Dispersión ajustada por mes y dirección de recaptura. La cifra en la esquina izquierda superior de cada recuadro indica la dirección de desplazamiento.

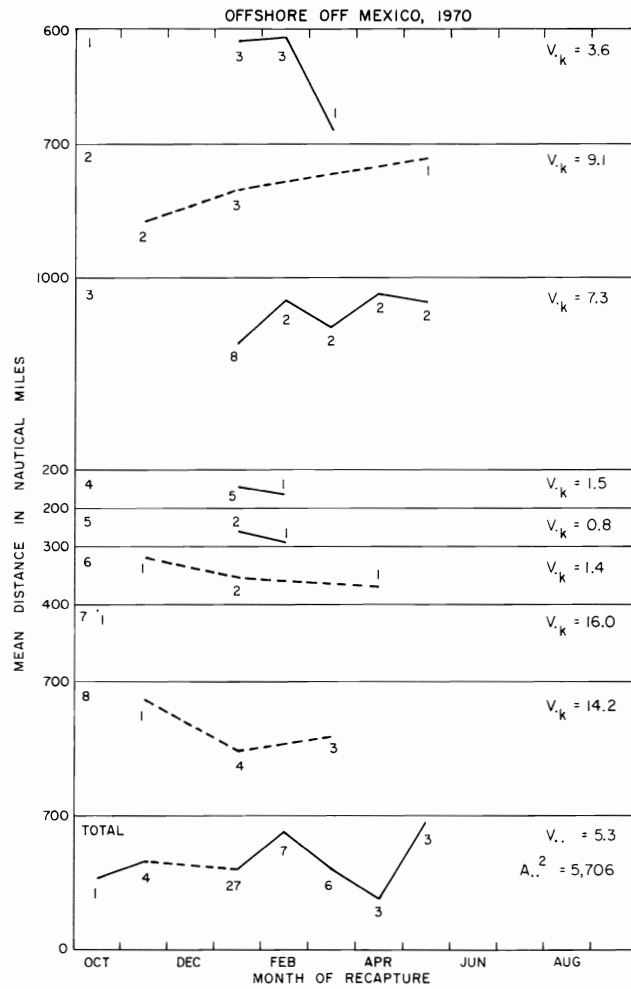
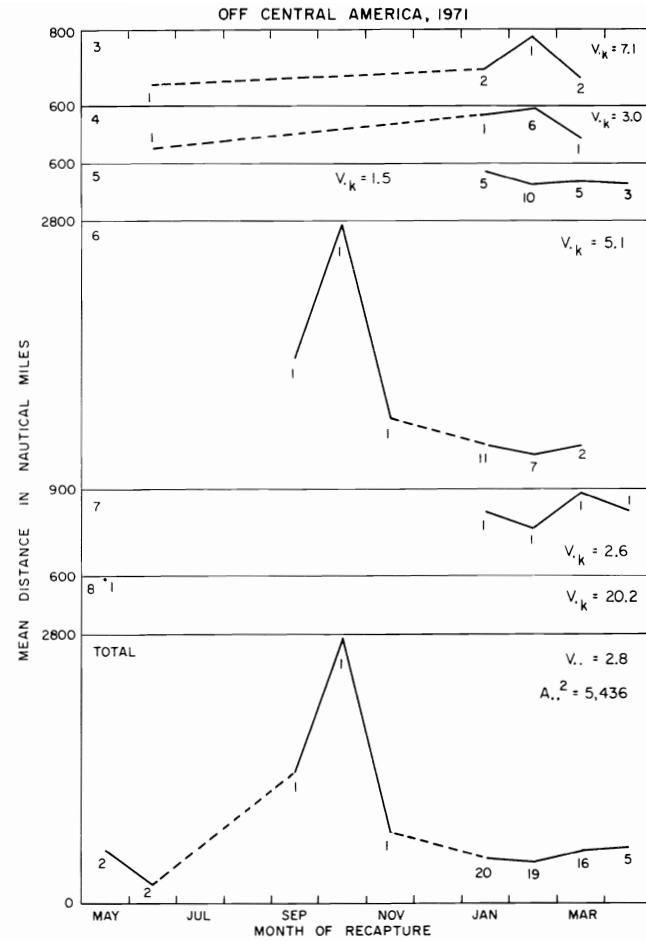


FIGURE 9. (Continued)

FIGURA 9. (Continuación)



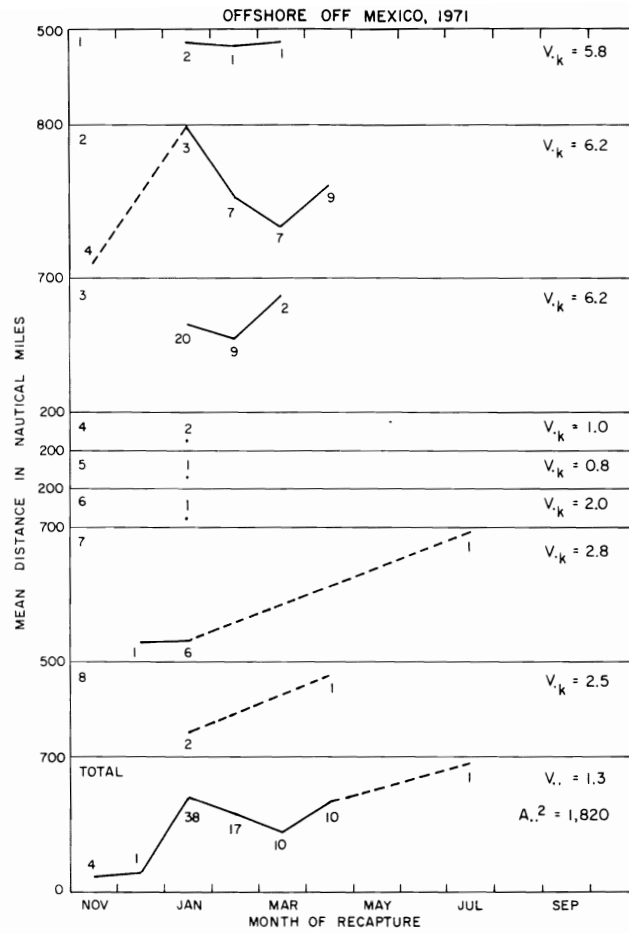
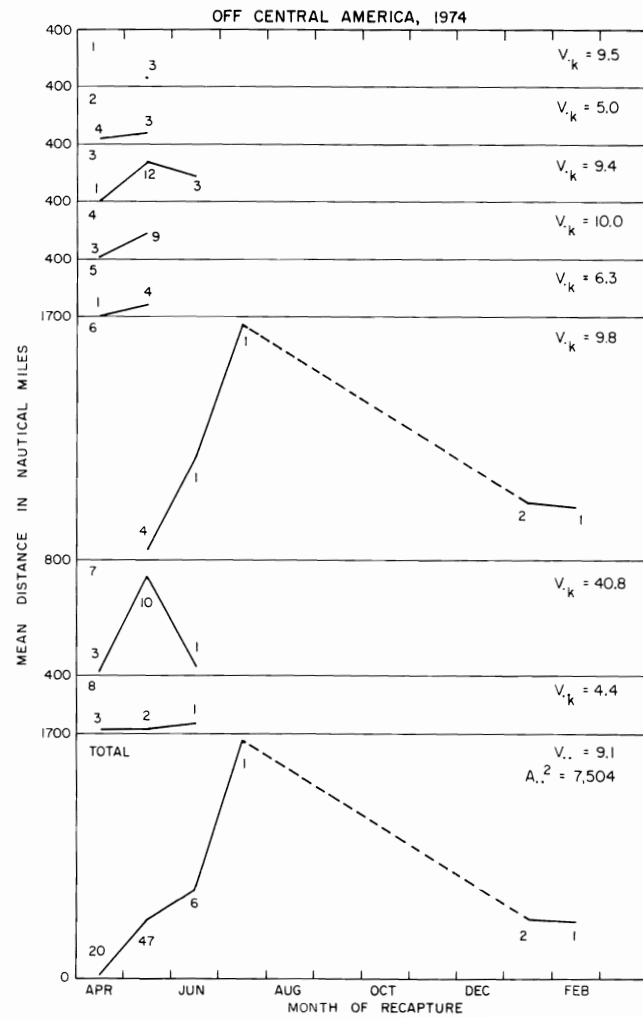


FIGURE 9. (Continued)

FIGURA 9. (Continuación)



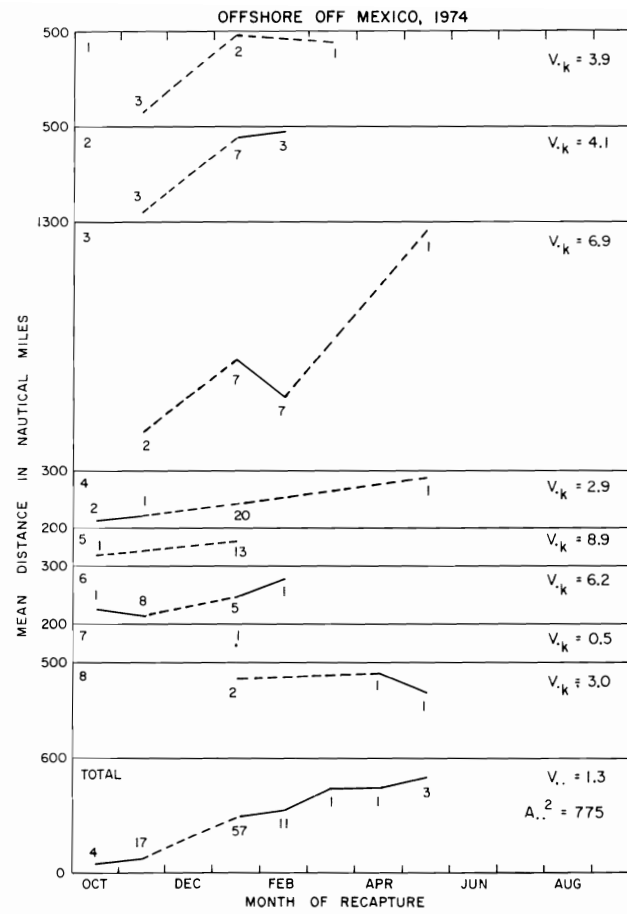


FIGURE 9. (Continued)

FIGURA 9. (Continuacion)

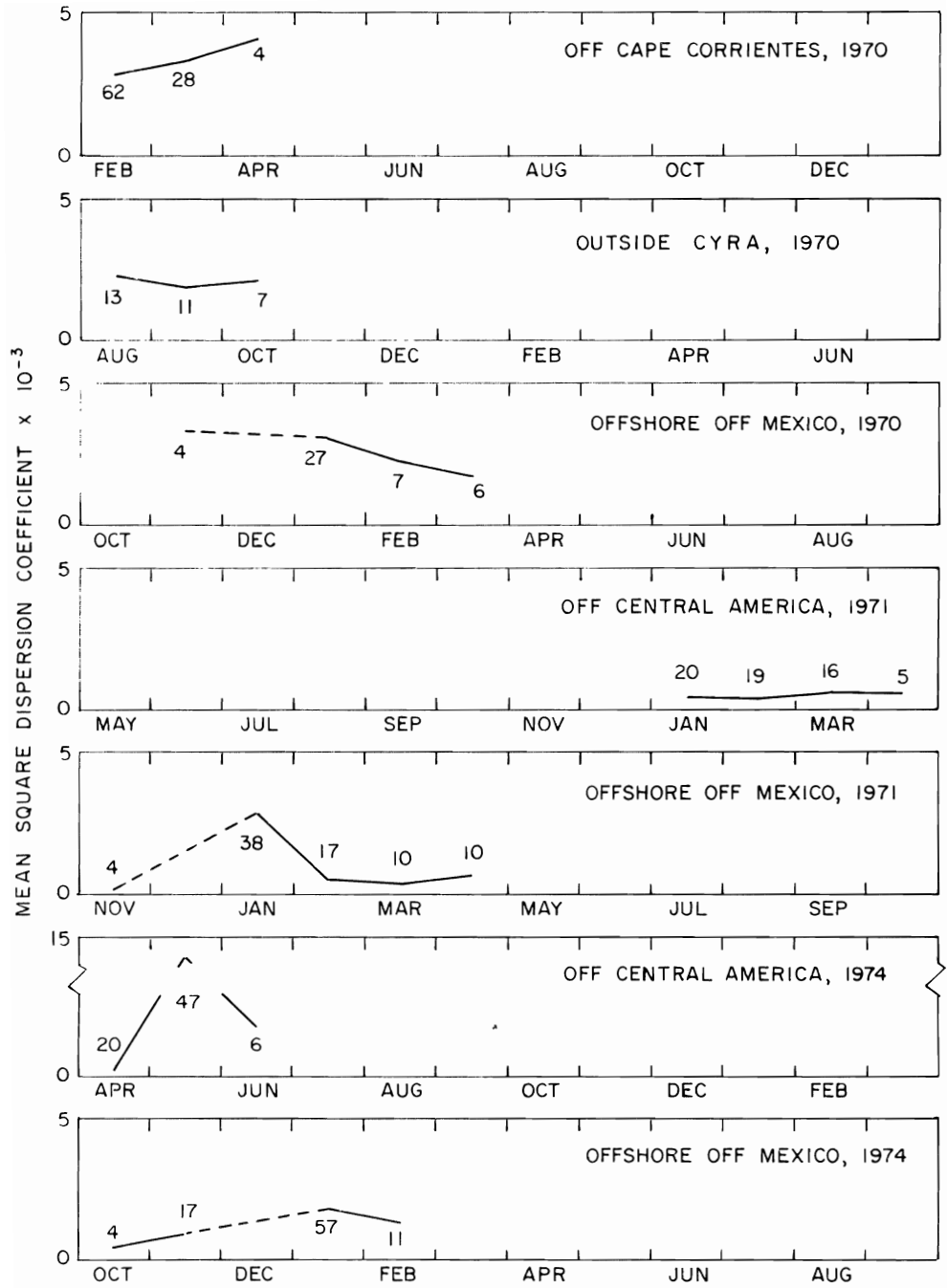


FIGURE 10. Adjusted mean square dispersion coefficients, by months of recapture.

FIGURA 10. Media cuadrada ajustada de los coeficientes de dispersión, por mes de recaptura.

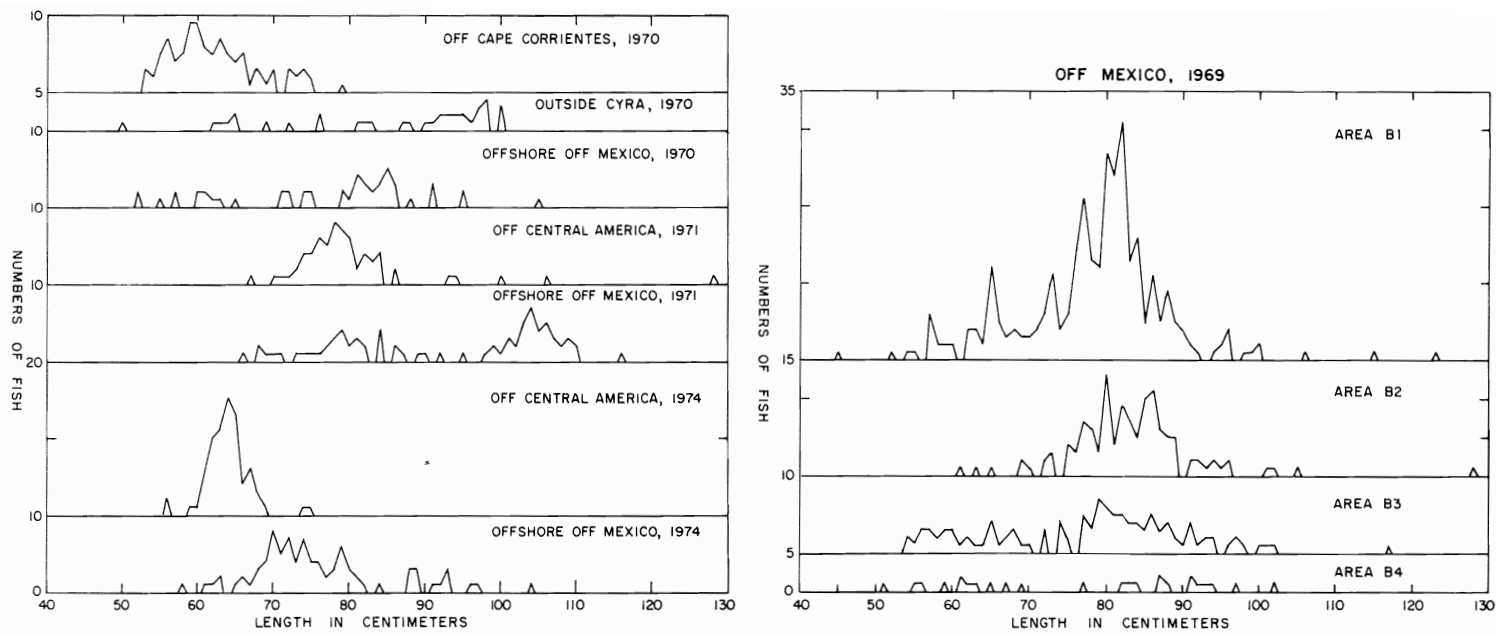


FIGURE 11. Length frequencies of tagged yellowfin.

FIGURA 11. Frecuencia-talla de atunes aleta amarilla marcados.

TABLE 1. Tagged fish release and return data used for studies of the migrations of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.
TABLA 1. Datos de liberación de peces marcados usados para estudiar las migraciones de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.

Cruise	Date of release	Vessel	Vessel type	Region	Number released	Number returned
Crucero	Fecha de liberación	Barco	Tipo de barco	Región	Cantidad liberada	Cantidad devuelta
1051	Jun.12-27, 1968	<i>Pacific Queen</i>	purse seiner cerquero	off Central America frente a América Central	540	18
1055	Oct.25-Nov. 19, 1969	<i>Connie Jean</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	inshore and off- shore off Mexico en la costa y mar afuera frente a México	8,520	691
1056	Feb.9-22, 1970	<i>Invader</i>	baitboat barco de carnada	off Cape Corrientes frente a Cabo Corrientes	776	128
1057	Aug.1-18, 1970	<i>Anne M.</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	outside CYRA fuera del ARCAA	870	49
1058	Sep.13-Oct.22, 1970	<i>Anne M.</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	outside CYRA fuera del ARCAA	395	8
1058	Sep.28-Nov.9, 1970	<i>Anne M.</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	offshore off Mexico mar afuera frente a México	796	36
1059	Oct.30-Nov.30, 1970	<i>Marietta</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	offshore off Mexico mar afuera frente a México	2,053	48

TABLE 1. (Continued)
 TABLA 1. (Continuación)

Cruise	Date of release	Vessel	Vessel type	Region	Number released	Number returned
Crucero	Fecha de liberación	Barco	Tipo de barco	Región	Cantidad liberada	Cantidad devuelta
1062	Apr.24-May 29, 1971	<i>Pacific Tradewinds</i>	purse seiner cerquero	off Central America frente a América Central	550	5
1063	Jun.10-23, 1971	<i>J.M. Martinac</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	off Central America frente a América Central	1,790	93
1066	Nov.7-23, 1971	<i>Marco Polo</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	offshore off Mexico mar afuera frente a México	2,968	105
1068	Jul.28-Aug.6, 1972	<i>Mary Antoinette</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	offshore off Mexico mar afuera frente a México	3,599	32
1071	Oct.12-Nov.13, 1973	<i>Marietta</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	offshore off Mexico mar afuera frente a México	1,079	18
1072	Apr.16-May 15, 1974	<i>Marco Polo</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	off Central America frente a América Central	3,664	138
1073	Oct.14-Nov.8, 1974	<i>Marco Polo</i>	chartered purse seiner cerquero fletado	offshore off Mexico mar afuera frente a México	5,006	226

TABLE 2a. (Continued)
 TABLA 2a. (Continuación)

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISES 1062-1063 — CRUCEROS 1062-1063														
1971														
May	1	1.000												
Jun.	1	0.199	1	0.801										
Jul.														
Aug.													1	1.000
Sep.													1	1.000
Oct.														
Nov.					1	1.000								
Dec.														
1972														
Jan.	1	0.078	1	0.099	10	0.526	3	0.319						
Feb.	1	0.072	4	0.289	7	0.411	1	0.228						
Mar.	2	0.052	6	0.138	7	0.191	1	0.619						
Apr.	1	0.100	3	0.615	1	0.285								
CRUISE 1072 — CRUCERO 1072														
1974														
Apr.	20	1.000												
May	42	0.604	5	0.396										
Jun.	5	0.037					1	0.963						
Jul.													1	1.000
Aug.														
Sep.														
Oct.														
Nov.														
Dec.														
1975														
Jan.					1	0.553	1	0.447						
Feb.					1	1.000								

TABLE 2b. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area B2.

TABLA 2b. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona B2.

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISE 1055 — CRUCERO 1055														
1969														
Nov.														
Dec.														
1970														
Jan.	34	0.489	19	0.309	9	0.204								
Feb.	10	0.207	6	0.550	1	0.243								
Mar.	3	0.090	11	0.445	5	0.465								
Apr.	1	0.037	9	0.238	4	0.219	3	0.506						
May	1	0.138	8	0.862										
Jun.			1	1.000										

TABLE 2c. (Continued)
 TABLA 2c. (Continuación)

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7	
	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción
CRUISE 1066 — CRUCERO 1066														
1971														
Nov.					1	1.000								
Dec.							1	1.000						
1972														
Jan.	1	0.068			4	0.185	8	0.747						
Feb.			1	0.111	6	0.539	1	0.350						
Mar.	2	0.282	1	0.126	4	0.592								
Apr.	2	0.328	2	0.672										
CRUISE 1073 — CRUCERO 1073														
1974														
Oct.					2	1.000								
Nov.					2	0.681	1	0.319						
Dec.														
1975														
Jan.			1	0.204			4	0.796						
Feb.			2	0.089	3	0.097	1	0.222	1	0.591				

TABLE 2d. (Continued)
 TABLA 2d. (Continuación)

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISE 1066 — CRUCERO 1066														
1971														
Nov.					3	1.000								
Dec.														
1972														
Jan.	3	0.110	1	0.037	8	0.199	13	0.654						
Feb.			2	0.260	7	0.740								
Mar.					3	1.000								
Apr.	1	0.073	2	0.300	3	0.627								
May														
Jun.														
Jul.										1	1.000			
CRUISE 1073 — CRUCERO 1073														
1974														
Oct.							2	1.000						
Nov.					4	0.299	10	0.701						
Dec.														
1975														
Jan.	3	0.022	3	0.029	2	0.024	28	0.265	15	0.660				
Feb.	1	0.144			4	0.856								
Mar.			1	1.000										
Apr.					1	1.000								
May			1	0.055	1	0.068			1	0.877				

TABLE 2e. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area B7.

TABLA 2e. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona B7.

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISES 1057-1058 — CRUCEROS 1057-1058														
1970														
Aug.													13	1.000
Sep.													11	1.000
Oct.									1	0.921			6	0.079
Nov.													2	1.000
Dec.														
1971														
Jan.														
Feb.	1	0.019			1	0.891								
Mar.														
Apr.														
May														
Jun.													1	1.000
Jul.													1	1.000

TABLE 3c. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area C5.

TABLA 3c. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona C5.

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISE 1055 — CRUCERO 1055																		
1969																		
Nov.									8	1.000								
Dec.																		
1970																		
Jan.					5	0.131	72	0.557	25	0.165	24	0.130	1	0.016				
Feb.			3	0.211			2	0.393	3	0.145	25	0.251						
Mar.			3	0.085	4	0.140	19	0.409	15	0.289	10	0.077						
Apr.			3	0.134	8	0.265	13	0.284	18	0.221	4	0.054	1	0.042				
May			1	0.135	2	0.157					1	0.186	6	0.446			1	0.076
Jun.																		
Jul.																		
Aug.																		
Sep.																		1 1.000
Oct.																		1 1.000
CRUISE 1066 — CRUCERO 1066																		
1972																		
Jan.			1	0.199			2	0.389	1	0.239	1	0.173						
Feb.							4	1.000										
Mar.					1	0.117	1	0.095	4	0.787								
Apr.					1	1.000												

TABLE 3d. (Continued)
 TABLA 3d. (Continuación)

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9	
	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción	Returns Devolu- ciones	Portion Porción
CRUISE 1066 — CRUCERO 1066																		
1971																		
Nov.									1	0.584		3	0.416					
Dec.												1	1.000					
1972																		
Jan.			1	0.028	2	0.165	7	0.190	7	0.232	16	0.385						
Feb.							7	0.449	5	0.437	1	0.114						
Mar.					1	0.292	3	0.708										
Apr.					3	0.156	1	0.045	4	0.397	1	0.403						
May																		
Jun.																		
Jul.																1	1.000	
CRUISE 1073 — CRUCERO 1073																		
1974																		
Oct.												4	1.000					
Nov.									2	0.234	15	0.766						
Dec.																		
1975																		
Jan.	1	0.068					4	0.191	1	0.053	46	0.688						
Feb.					1	0.104	6	0.324	3	0.503	1	0.068						
Mar.												1	1.000					
Apr.														1	1.000			
May			1	0.599							1	0.401						

TABLE 4a. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area D1.

TABLA 4a. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona D1.

	D1		D2		D3		D4		D5	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción
	ciones		ciones	ciones		ciones	ciones		ciones	
CRUISES 1056 — CRUCERO 1056										
1970										
Feb.	48	0.844	5	0.090	1	0.066				
Mar.	12	0.365	9	0.322	6	0.313				
Apr.	1	0.307	2	0.529	1	0.165				
May	1	1.000								

TABLE 4b. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area D2.

TABLA 4b. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona D2.

	D1		D2		D3		D4		D5	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción	Devolu-	Porción
	ciones		ciones	ciones		ciones	ciones		ciones	
CRUISE 1055 — CRUCERO 1055										
1969										
Nov.			1	1.000						
Dec.										
1970										
Jan.	6	0.131	26	0.229	83	0.482	14	0.159		
Feb.	19	0.325	15	0.262	3	0.193	4	0.220		
Mar.	5	0.087	12	0.247	12	0.360	16	0.305		
Apr.			5	0.197	16	0.392	21	0.411		
May	1	0.071	4	0.427	1	0.365	4	0.137		
Jun.										
Jul.										
Aug.							1	1.000		

TABLE 4c. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area D3.

TABLA 4c. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona D3.

	D1		D2		D3		D4		D5	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISE 1055 — CRUCERO 1055										
1969										
Nov.			4	0.944	1	0.056				
Dec.										
1970										
Jan.	3	0.083	21	0.235	63	0.465	15	0.216		
Feb.	11	0.333	9	0.278			4	0.389		
Mar.	3	0.058	7	0.160	14	0.465	15	0.317		
Apr.	2	0.100	2	0.086	9	0.240	27	0.575		
May	2	0.176	4	0.527			7	0.297		
Jun.							2	1.000		
Jul.										
Aug.					1	1.000				
Sep.										
Oct.			1	1.000						
CRUISES 1057-1059 — CRUCEROS 1057-1059										
1970										
Aug.					6	0.486	2	0.514		
Sep.					6	0.286	5	0.714		
Oct.			1	0.087	2	0.028			1	0.884
Nov.					1	0.466	1	0.534		
Dec.										
1971										
Jan.			2	0.448			2	0.552		
Feb.	1	0.467	1	0.167	1	0.365				
Mar.			1	1.000						
Apr.					1	1.000				
May										
Jun.							1	1.000		
Jul.					1	1.000				

TABLE 4c. (Continued)
 TABLA 4c. (Continuación)

	D1		D2		D3		D4		D5	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISES 1062-1063 — CRUCEROS 1062-1063										
1971										
Jun.					2	1.000				
Jul.										
Aug.										
Sep.									1	1.000
Oct.							1	1.000		
Nov.					1	1.000				
Dec.										
1972										
Jan.					4	0.565	12	0.435		
Feb.					5	0.520	11	0.480		
Mar.		1	0.116		4	0.227	9	0.374	2	0.283
Apr.		1	0.365		3	0.497	1	0.138		
CRUISE 1072 — CRUCERO 1072										
1974										
Apr.					20	1.000				
May		2	0.326		33	0.517	8	0.156		
Jun.					4	1.000				
Jul.							1	1.000		
Aug.										
Sep.										
Oct.										
Nov.										
Dec.										
1975										
Jan.							1	1.000		
Feb.							1	1.000		

TABLE 4d. Returns, and portions of returns weighted by fishing effort, in each area from fish released in Area D4.

TABLA 4d. Devoluciones, y porciones de devoluciones ponderadas por el esfuerzo de pesca, en cada zona de los peces liberados en la Zona D4.

	D1		D2		D3		D4		D5	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISE 1055 — CRUCERO 1055										
1969										
Nov.							5	1.000		
Dec.										
1970										
Jan.			4	0.149	23	0.564	6	0.287		
Feb.	4	0.432	2	0.221			1	0.347		
Mar.	1	0.040	5	0.233	5	0.339	9	0.389		
Apr.			1	0.117	1	0.073	14	0.811		
May			1	0.186	1	0.635	3	0.180		
Jun.										
Jul.							1	1.000		
Aug.										
Sep.					1	1.000				
Oct.					1	1.000				
CRUISES 1057-1059 — CRUCEROS 1057-1059										
1970										
Aug.					3	0.321	2	0.679		
Sep.										
Oct.					4	1.000				
Nov.			1	0.707	1	0.050	1	0.058	1	0.185
Dec.										
1971										
Jan.			2	0.076	3	0.269	14	0.654		
Feb.										
Mar.			2	0.670	1	0.154	1	0.156		
Apr.							1	1.000		
May			1	0.809			2	0.191		
CRUISE 1066 — CRUCERO 1066										
1971										
Nov.							4	1.000		
Dec.							1	1.000		
1972										
Jan.	1	0.107			5	0.338	32	0.550		
Feb.			1	0.094	4	0.401	12	0.505		
Mar.			1	0.223	2	0.218	7	0.559		
Apr.			2	0.366	6	0.496	2	0.138		
May										
Jun.										
Jul.							1	1.000		

TABLE 4d. (Continued)
 TABLA 4d. (Continuación)

	D1		D2		D3		D4		D5	
	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion	Returns	Portion
	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción	Devolu- ciones	Porción
CRUISE 1073 — CRUCERO 1073										
1974										
Oct.							2	1.000		
Nov.					4	0.296	10	0.704		
Dec.										
1975										
Jan.	1	0.047	1	0.060	4	0.095	46	0.730	1	0.068
Feb.					1	0.270	4	0.730		
Mar.			1	1.000						
Apr.			1	1.000						
May			1	0.477			2	0.523		

MIGRACIONES DEL ATUN ALETA AMARILLA EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL SEGUN HAN SIDO DETERMINADAS POR LOS EXPERIMENTOS DE MARCADO INICIADOS EN 1968-1974

por

William H. Bayliff

EXTRACTO

Se emplearon los datos de los experimentos de marcado, iniciados en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1974 para estudiar los desplazamientos del atún aleta amarilla en esa zona. En los análisis se emplearon los métodos cartográficos, de las zonas paralelas y de Jones. El método cartográfico ofrece una idea útil sobre la distancia y dirección de los desplazamientos, pero no expresa estos parámetros en términos cuantitativos. El método de las zonas paralelas es particularmente conveniente para determinar si existe o no un desplazamiento neto en una dirección especial, es decir, hacia la costa-fuera de la costa, este-oeste o norte-sur. El primero de éstos tiene un interés especial, ya que la incidencia de peces más pequeños es muy superior en las capturas realizadas cerca de la costa que en las de mar afuera, y se desea conocer si esto se debe a la abundancia relativamente superior o a la vulnerabilidad relativamente mayor de los pequeños peces en las zonas costeras. Si el caso fuera el primero, se podría descubrir probablemente un movimiento de los peces mar afuera a medida que crecen. Sin embargo, no se ha descubierto tal movimiento, así que es probable que las diferencias en las capturas de peces pequeños en las zonas costeras y mar afuera se deban principalmente a diferencias en la vulnerabilidad. Se descubrió poca o ninguna tendencia en los peces a desplazarse este-oeste o norte-sur. El método de Jones indica que el movimiento no es aleatorio, pero no revela una tendencia pronunciada a orientarse direccionalmente.

INTRODUCCION

Bayliff y Rothschild (1974) estudiaron más recientemente los desplazamientos del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico oriental, y analizaron detalladamente las devoluciones de tres experimentos de marcado iniciados a la altura del sur de México en 1960 y 1969. En este informe se analizan los desplazamientos del aleta amarilla según los experimentos iniciados durante 1968-1974 en la misma zona y en otras (frente a Cabo Corrientes, a la altura de la América Central y fuera del área reglamentaria del aleta amarilla de la Comisión del Atún (ARCAA (Anónimo, 1975: Figura 1))). Este período es especialmente interesante a causa de que a mediados y fines de los años sesenta la flota cerquera amplió sus maniobras mucho más lejos mar afuera de lo que había sido anteriormente, y las embarcaciones han seguido durante los años setenta pescando en estas zonas alejadas de la costa (Calkins y Chatwin, 1971; Calkins, 1975).

RECONOCIMIENTO

Se agradece a varios de los miembros del personal de la Comisión del Atún quienes participaron en el marcado de los peces. Asimismo se agradece a los capitanes y a las tripulaciones de los barcos de la flota pesquera empleados en los experimentos de marcado. Se reconoce y se agradece la indispensable colaboración de los pescadores, descargadores y de los trabajadores de las fábricas enlatadoras por la devolución de marcas junto con la información apropiada, cuando se recuperaron los peces. El manuscrito fue revisado por el Dr. Robin L. Allen.

MATERIALES Y METODOS

Los métodos del marcado de peces y la preparación de los datos de la devolución de marcas han sido descritos por Fink (1965), Fink y Bayliff (1970) y Bayliff (1973). Sin embargo, recientemente se han modificado las tarjetas de cómputo en las que se registran los datos de liberación y recaptura (Anónimo, 1975: 103). Ahora se registran las zonas de liberación y recaptura al minuto más cercano en lugar de zonas de 1 grado, y se registran las direcciones de los desplazamientos al grado más cercano en lugar de ocho direcciones, abarcando cada una 45 grados. Además, las longitudes de liberación se registran al centímetro más cercano en vez de los 5 centímetros más próximos. Los métodos de recolección y preparación de las estadísticas de captura y esfuerzo han sido discutidos por Shimada y Schaefer (1956) y Joseph y Calkins (1969).

La mayoría de los cálculos se realizaron con la computadora Burroughs 6700 de la Universidad de California en San Diego. Se emplearon con este propósito los programas CIAT F04 y CIAT F08 (Psaropulos, 1966).

DATOS EMPLEADOS

Liberaciones y devoluciones de marcas

En la Figura 1 y en la Tabla 1 se presentan los datos de liberación y devolución de marcas. Estos no incluyen necesariamente todas las liberaciones y devoluciones de los cruceros mencionados de marcado, ya que no se enumeran los datos de los peces liberados en otras zonas diferentes a las aquí consideradas. No fue posible usar algunas de las devoluciones de marcas porque los datos correspondientes estaban incompletos, y otros no se usaron porque los peces habían estado más de 1 año en libertad. Desde 1966 la pesca de atún aleta amarilla ha sido reglamentada en el ARCAA mediante una cuota anual sobre la captura total de esa especie. Las embarcaciones que salen del puerto antes de la fecha en que empieza la reglamentación pueden pescar sin restricción hasta terminar ese viaje pesquero; además, las embarcaciones que se encuentran en puerto en esa fecha pueden pescar sin restricción en su próximo viaje siempre que zarpen durante los 30 días después de que se haga vigente la reglamentación. Las embarcaciones que no llenan estos requisitos están sujetas a varias restricciones después de empezar la fecha de reglamentación (hasta el otro año o hasta que regresen a puerto, lo que suceda más tarde). Como resultado, los barcos que se encuentran sometidos a las reglamentaciones dedican una parte considerable del esfuerzo en capturar otras especies que no sean aleta amarilla y barrilete, y los datos de varios de estos viajes no se encuentran incluidos en las estadísticas de captura y esfuerzo de la Comisión, descritas en el próximo capítulo. Por consiguiente, no se emplean en este estudio los datos de la devolución de marcas de viajes reglamentados. La tabla incluye todas las devoluciones correspondientes a las zonas consideradas de liberación, pero en la figura se presentan solo las devoluciones utilizadas.

Estadísticas de pesca

Los datos estadísticos obtenidos rutinariamente por la Comisión del Atún incluyen las capturas registradas en toneladas americanas de aleta amarilla (y otras especies de atunes) por zonas de 1 grado y 5 grados, por meses, trimestres y años, por tipo de arte (cerquero y carnada), por clase de capacidad de los barcos y por condición de la reglamentación, además del esfuerzo correspondiente en días de pesca, tanto sin normalizar como normalizados a días de las clase 3 de arqueo de los cerqueros (barcos de 101-200 toneladas americanas de capacidad) y a días de la clase 4 de barcos de carnada (201-300 toneladas americanas de capacidad) (Shimada y Schaefer, 1956; Joseph y Calkins, 1969). No se incluyen en este sistema los datos de viajes si: 1) un empleado de la Comisión no dispone del cuaderno de bitácora para preparar un extracto; 2) la estimación de la captura total del cuaderno de bitácora difiere en más del 25 por ciento con relación al peso total de los peces descargados (teniendo en cuenta los peces desechados a bordo, transferidos a otros barcos o recibidos de otros barcos) o 3) la captura de otras especies que no sean aleta amarilla o barrilete forman más de un tercio de la captura total. En este informe se emplean todos los datos pertinentes incluidos en este sistema referentes al esfuerzo sin reglamentar de los barcos que pescan en el ARCAA y todos los datos pertinentes del esfuerzo referentes a barcos que pescan fuera del ARCAA y al este de los 150°W. Se supone que todo este esfuerzo ha sido dirigido al aleta amarilla (y también al barrilete). Los datos del esfuerzo en el sistema representan cerca del 90 por ciento del esfuerzo total de los períodos mencionados, y se supone que tengan la misma distribución por zona y tiempo que el esfuerzo total.

Es necesario obtener estimaciones del esfuerzo total de los cerqueros como de los barcos de carnada en varios estratos de zona-mes. Por consiguiente, mediante el método de Bayliff (1971), se convirtieron los datos del esfuerzo de los barcos de carnada a unidades de la clase 3 de arqueo de embarcaciones cerqueras, empleando separadamente los datos de los barcos de carnada de la captura por unidad de esfuerzo en los 0°-15°N y al norte de los 15°N.

RESULTADOS

Cuando no existe pesca cierta porción de los peces que aparece en la Zona A a Tiempo 1 aparecerán más tarde en la Zona B a Tiempo 2. Si comienza entonces la pesca esta porción puede estimarse al liberar peces marcados en la Zona A y al muestrear los peces capturados para buscar marcas en la Zona B y en otros lugares, y dividir entonces el número de peces marcados y capturados en la Zona B por el número de peces marcados en todas las zonas combinadas. Sin embargo, existen varios errores sistemáticos (sesgo) que deben considerarse.

Algunos de los peces que están destinados a desplazarse a la Zona B serán recapturados en la Zona A antes de que tengan la oportunidad de hacerlo, y otros serán recapturados en las zonas, si los hay, entre la Zona A y la Zona B por las que deben pasar los peces. Si hay poca pesca en todas las zonas, una

parte mayor de aquellos destinados a desplazarse a la Zona B serían recapturados allí, que si hubiera bastante pesca en todas las zonas. Si las Zonas B y C son equidistantes de la Zona A, podrían estimarse las porciones relativas que emigran a cada una sin error sistemático (sesgo), prescindiendo de la intensidad pesquera, a condición que sea igual en todas las zonas. Sin embargo, si una de estas zonas queda más cerca a la Zona A que la otra el error sistemático se encontraría cada vez más a favor de la zona más cercana, a medida que aumente la intensidad de pesca.

Esta situación se complica aún más por el hecho de que ni el esfuerzo de pesca ni la vulnerabilidad de los peces a la captura es igual en todos los estratos de zona-tiempo. Si las cantidades de peces marcados que aparecen en dos estratos de zona-tiempo son iguales y uno de los estratos recibe mayor esfuerzo de pesca o los peces son más vulnerables a la captura que en el otro estrato, es probable que se recapturen más peces marcados en la primera zona que en la segunda. Se tienen estimaciones del esfuerzo de pesca para cada estrato zona-tiempo, y éstas se han empleado para ajustar los datos de recaptura de los peces marcados a fin de compensar por el hecho de que el esfuerzo no es igual en los varios estratos. Se compara esencialmente la cantidad de peces marcados que se han devuelto por unidad de esfuerzo en los varios estratos zona-tiempo, en lugar de las cantidades de peces marcados que se han devuelto en esos estratos. En algunos casos se divide un pequeño número de marcas devueltas por un número bajo de unidades de esfuerzo para producir una cantidad ajustada relativamente alta de devoluciones de marcas. La variabilidad de dichas estimaciones, naturalmente, es alta. Sin embargo, no se tienen estimaciones de la vulnerabilidad de los peces en los varios estratos zona-tiempo, así que no se pudieron hacer los ajustes para compensar dichas diferencias, y se supone implícitamente que la vulnerabilidad fue constante, aunque es virtualmente real que éste no fue el caso.

Se deben considerar las deficiencias precedentes cuando se lea el resto de esta sección.

Método cartográfico

En la Figura 1 se presentan las localidades de liberación de los peces de cada grupo liberado (con excepción de los del crucero 1055, que fueron presentados por Bayliff y Rothschild (1974)). Estos mapas ofrecen una imagen conveniente de las distancias y direcciones de los viajes realizados, pero no expresan estos parámetros en términos cuantitativos. Además, no hay ninguna medida mediante la cual se indiquen las fechas de recaptura o el tiempo de libertad y esto solo se puede hacer al substituir varios mapas por cada uno de los actuales.

Método de zonas paralelas

La proporción de pequeños peces en la captura es muy superior en las zonas cerca a la costa que en aquellas mar afuera, así que es posible que la zona costera sea una zona de cría, y a medida que los peces crecen tienden a

desplazarse mar afuera. Sin embargo, es también posible que las proporciones de peces pequeños en relación a los grandes sean aproximadamente iguales en las zonas costeras y de mar afuera, pero los peces pequeños son menos vulnerables a la pesca en las zonas de altura. Esto puede probarse al dividir en siete zonas la parte del Océano Pacífico oriental de donde se obtuvieron devoluciones de marcas utilizables, como se indica en la Figura 2. La Zona B1 corresponde a la Zona A1 de Anónimo (1971) con excepción de las cinco regiones mar afuera de la Zona A1 (las Islas Revillagigedo, el Banco Huracán, la Isla Cliperton, Isla Cocos-Banco Cocos y las Islas Galápagos) las que asignan a otras zonas. La Zona B1 representa la zona de pesca anterior a la expansión mar afuera a mediados de los años sesenta (con excepción de las cinco regiones mar afuera), la Zona B2-B6 el resto del ARCAA y la Zona B7 la zona fuera del ARCAA y al este de los 150°W. Las Zonas B2-B5 tienen aproximadamente la misma amplitud que la Zona B1 al sur de los 20°N.

En cada experimento o grupo de experimentos las liberaciones de las cuales se obtuvieron devoluciones con datos utilizables fueron asignados a las Zonas B1, B2, . . . o B7. Luego en cada caso en el que se encontraban más de unas pocas liberaciones las devoluciones se asignaran a las Zonas B1, . . . o B7. Estos datos fueron tabulados en la Tabla 2. Puede verse, por ejemplo, cuantos peces liberados en la Zona B1 fueron recapturados en la misma zona y en cada una de las otras zonas en cada mes. Sin embargo, se preferiría ajustar el número de devoluciones en cada estrato de zona-mes de acuerdo a la cantidad de esfuerzo en ese estrato. Esto se realizó mediante

$$p_{ijk} = \frac{r_{ijk} / f_{jk}}{\sum_{j=1}^7 r_{ijk} / f_{jk}} \quad (1)$$

donde

- p_{ijk} = porción de peces liberados en la zona i apareciendo en la zona j durante el mes k ,
- r_{ijk} = número de devoluciones de peces liberados en la zona i y recuperados en la zona j durante el mes k y
- f_{jk} = esfuerzo en la zona j durante el mes k .

Estos resultados se presentan en la Tabla 2 y en la Figura 3.

Durante los primeros cuatro meses del año no se ejerce esfuerzo en la Zona B7, y se ejerce muy poco esfuerzo sin reglamentar en las Zonas B1 a B6 durante los últimos seis meses del año. (El último esfuerzo se debió en su mayoría a los barcos fletados por la Comisión del Atún y el U.S. National Marine Fisheries Service). Es difícil, por consiguiente, evaluar el intercambio de peces entre las Zonas B1 a B6 y la Zona B7. Sin embargo, es en cierta forma más fácil estudiar el intercambio de peces entre las Zonas B1 a la B6 durante el primer semestre, ya que en este período se pesca en todas estas zonas (aunque allí en la Zona B5 es relativamente poca la pesca y casi nula en la Zona B6).

Parece que los peces marcados y liberados en la Zona B1 frente a México en 1969 (Figura 3) se desplazaron gradualmente mar afuera en 1970, de enero a abril, excepto por una tendencia a regresar a la Zona B1 a fines de enero o principios de febrero. Esta tendencia fue mencionada también por Bayliff y Rothschild (1974). Sin embargo, parece que a fines de abril o principios de mayo hubo un desplazamiento de regreso a las Zonas B1 y B2. Los peces liberados a la altura de Cabo Corrientes en 1970 se desplazaron gradualmente mar afuera de febrero a abril de ese año. Los peces liberados frente a la América Central en 1971 aparecieron en su mayoría en las Zonas B2, B3 y B4 durante los primeros cuatro meses de 1972. Los peces liberados a la altura de la América Central en 1974 exhibieron cierta tendencia a desplazarse mar afuera de abril a junio de ese año. En general, existe cierta evidencia sobre el desplazamiento mar afuera en todos los experimentos iniciados en la Zona B1. Esto naturalmente es inevitable, a no ser que no exista intercambio de peces entre las zonas, ya que no es posible que los peces se muevan de la Zona B1 hacia la costa. Sin embargo, a fines de enero o principios de febrero y a fines de abril o principios de mayo de 1970, existe cierta evidencia de que los peces que anteriormente se habían desplazado de la Zona B1 a mar afuera se desplazaron hacia la costa.

Parece que los peces marcados y liberados en la Zona B2 se desplazaron hacia la costa desde noviembre 1969 a enero de 1970 y luego se desplazaron gradualmente mar afuera de enero a abril. Sin embargo, en mayo, se obtuvieron todas las recapturas de estos peces en las Zonas B1 y B2.

Los peces marcados y liberados en la Zona B3 en 1969 aparecieron en su mayoría entre la costa y la zona de liberación en enero y febrero 1970, pero en marzo y abril fueron encontrados más lejos mar afuera. Sin embargo, a fines de abril o principios de mayo, como fue el caso de los peces liberados en las Zonas B1 y B2 en 1969, la tendencia fue de desplazarse hacia la costa. Parece que los peces liberados en 1971 se desplazaron mar afuera de noviembre a enero de 1972, pero de febrero a abril hubo una tendencia a desplazarse hacia la costa.

Los peces marcados y liberados en la Zona B4 en 1969 y 1971 tuvieron la propensión a moverse hacia la costa durante los períodos de enero-abril en los años después del marcado, pero no se debe prestar mucha importancia a esto en vista a que hubo relativamente poco esfuerzo de pesca en las Zonas B5 y B6 durante los años mencionados. Una gran parte de las recapturas en enero de 1975 de los peces liberados en la Zona B4 se obtuvo en la Zona B5; esto se debió al esfuerzo relativamente fuerte de pesca ejercido en esa zona adyacente a la localidad donde 2 meses antes se habían liberado los peces marcados. (Este error puede reducirse al usar varios estratos zonales pequeños en vez de unos pocos grandes, pero esto no sería posible al menos que se tuvieran muchas devoluciones de marcas).

En resumen, estos datos indican que no existe una fuerte inclinación de los peces a moverse mar afuera a medida que crecen. Sin embargo, esto podría averiguarse mejor si se tuvieran más datos sobre las devoluciones de marcas y si la pesca se realizara en todas las zonas durante todos los meses del año.

Se hizo un análisis similar para estudiar el desplazamiento este-oeste de los peces. Esto se realizó al dividir en nueve zonas, como se indica en la Figura 4, la parte del Océano Pacífico oriental de la que se había obtenido devoluciones utilizables de marcas. Los resultados se presentan en la Tabla 3 y en la Figura 5. Los peces liberados en la Zona C3 muestran una ligera inclinación a desplazarse al oeste, los liberados en la Zona C4 tienden a desplazarse casi igualmente hacia el este como al oeste y aquellos liberados en las Zonas C5 y C6, especialmente los de esta última, demostraron tendencia a desplazarse hacia el este. Estas tendencias parecen indicar que las migraciones este-oeste son aproximadamente aleatorias, en vista al hecho de que la mayoría del esfuerzo ocurre al oeste de la Zona C3 y al este de las Zonas C5 y C6.

Se estudió similarmente el desplazamiento norte-sur de los peces, dividiendo la parte del Océano Pacífico oriental de la que se tenían devoluciones utilizables de marcas en las cinco zonas presentadas en la Figura 6. Los resultados se presentan en la Tabla 4 y la Figura 7. Los peces liberados frente a Cabo Corrientes en 1970 tendieron a moverse de la Zona D1 hacia el sur a las Zonas D2 y D3 durante el período febrero-abril. Este desplazamiento corresponde al de la Zona B1 a la Zona B2 del mismo grupo de peces durante el mismo período. Es además aparente que los peces liberados en las Zonas D2 y D3 tienen una pequeña inclinación a desplazarse al sur. Estos resultados son similares a los de Bayliff y Rothschild (1974), quienes observaron que la mayoría de los peces liberados en 1969 tendieron a desplazarse hacia el sudeste a principios de 1970. No se encuentran tendencias evidentes norte-sur de los peces liberados en la Zona D4.

Método de Jones

Este método, ideado por Jones (1959 y 1976), fue empleado anteriormente para el aleta amarilla por Fink y Bayliff (1970) y Bayliff y Rothschild (1974) variando algo su formato. Los datos del Crucero 1055 fueron analizados en el último informe, así que no se consideran aquí.

Se analiza la dispersión de los peces según los datos de los meses de recaptura, días en libertad, distancias de desplazamiento y direcciones de desplazamiento. Se emplean ocho direcciones de desplazamiento, 0° - 44° reales = 1, 45° - 89° reales = 2, . . . , 315° - 359° reales = 8, para la presentación de los datos en las Figuras 8 y 9, pero los cálculos se hicieron con las direcciones actuales al grado más cercano.

Todos los cálculos en esta sección se realizaron mediante la ponderación para compensar las diferencias en la cantidad del esfuerzo de pesca ejercido en estratos diferentes de zona-tiempo. Esto se logró al dividir las cantidades de peces, el tiempo en libertad y las distancias de los desplazamientos por la cantidad del esfuerzo de pesca ejercido en los estratos correspondientes de mes y zona de 5 grados, como se indica más adelante. El número ajustado de devoluciones para cada estrato de mes-dirección de desplazamiento se calcula mediante

$$N_{jk} = \left(\sum_i \frac{n_{ijk}}{f_{ij}} \right) \left(\frac{\sum_{ijk} n_{ijk}}{\sum_{ijk} \frac{n_{ijk}}{f_{ij}}} \right) \quad (2)$$

donde

- N_{jk} = número ajustado de devoluciones en el mes j de peces que se desplazaron en dirección k ,
 n_{ijk} = número actual de devoluciones en la zona i durante el mes j de peces que se desplazaron en dirección k y
 f_{ij} = esfuerzo en la zona i durante el mes j .

Se realizaron los siguientes cálculos por mes de recaptura, todos los meses combinados de recaptura, dirección de desplazamiento y todas las direcciones combinadas de desplazamiento.

$$\overline{T}_{jk} = \sum_i \left(\frac{t_{ijk}}{f_{ij}} \right) / \sum_i \left(\frac{1}{f_{ij}} \right) \quad (3)$$

donde

- \overline{T}_{jk} = promedio ajustado del tiempo en libertad de peces recapturados en el mes j que se desplazaron en dirección k y
 t_{ijk} = tiempo en libertad de peces recapturados en la zona i durante el mes j que se desplazaron en dirección k ,

$$\overline{R}_{jk} = \sum_i \left(\frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \right) / \sum_i \left(\frac{1}{f_{ij}} \right) \quad (4)$$

donde

- \overline{R}_{jk} = promedio ajustado de la distancia de desplazamiento de peces recapturados en el mes j que se desplazaron en dirección k y
 r_{ijk} = distancia de desplazamiento de peces recapturados en la zona i durante el mes j que se desplazaron en dirección k ,

$$V_{jk} = \frac{\sqrt{\left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \sin \Theta_k \right)^2 + \left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \cos \Theta_k \right)^2}}{\sum_i \left(\frac{t_{ijk}}{f_{ij}} \right)} \quad (5)$$

donde

V_{jk} = media ajustada de la velocidad de dislocación de los peces recapturados en el mes j que se desplazaron en dirección k y
 Θ_k = ángulo correspondiente a la dirección del desplazamiento k , y

$$A_{jk}^2 = \frac{1}{\sum_i (1/f_{ij})} \left[\sum_i \frac{r_{ijk}^2}{t_{ijk} f_{ij}} - \frac{\left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \sin \Theta_k \right)^2 + \left(\sum_i \frac{r_{ijk}}{f_{ij}} \cos \Theta_k \right)^2}{\sum_i \left(\frac{t_{ijk}}{f_{ij}} \right)} \right] \quad (6)$$

donde

A_{jk}^2 = media cuadrada ajustada del coeficiente de dispersión para peces recapturados en el mes j que se desplazaron en dirección k .

La importancia de la velocidad media de dislocación y la media cuadrada del coeficiente de dispersión ha sido examinada por Jones (1959 y 1976). En breve la primera pertenece al movimiento direccional y el último al movimiento aleatorio. Este último es una medida del promedio del grado de desviación de la dirección media del desplazamiento. Un alto valor de V_j y un valor bajo de A_j indicarían desplazamiento direccional con poca dispersión, mientras que un valor bajo de V_j y un alto valor de A_j indicarían lo contrario. Aún si el movimiento es enteramente aleatorio, no se esperaría que los valores de V_j fueran iguales a 0 para los grupos de peces que se liberaron cerca a la costa, ya que los peces se encontraban limitados en su movimiento hacia la costa.

Las direcciones y los promedios de las distancias de desplazamiento se presentan en la Figura 8. Un pez de los liberados en la América Central en 1971 y cinco peces de los liberados en la América Central en 1974 han sido borrados de estos diagramas, habiéndose recuperado estos peces en las mismas localidades en las que se liberaron. (Como explicaron Schaefer, Chatwin y Broadhead (1961), debido a la falta de precisión al anotar las posiciones en el mar, los peces que se desplazaron 10 o 20 millas se registran frecuentemente como si hubieran sido recuperados en las localidades de liberación). Las cifras cerca a la cabeza de cada flecha indican, respectivamente, las cantidades ajustadas de peces que se desplazaron en cada dirección y los promedios de las distancias del desplazamiento. La longitud de las líneas es proporcional a los promedios de las distancias de desplazamiento.

Los peces liberados frente a Cabo Corrientes se dirigieron principalmente al sudeste y noroeste, mientras los liberados fuera del ARCAA se dirigieron en

su mayoría al sudeste. Los peces liberados a la altura de México en 1970 y 1971 se dirigieron en su mayoría al noroeste y nordeste, pero aquellos liberados en la misma zona en 1974 se dirigieron en su mayoría al sudoeste y sudeste. Los peces liberados frente a la América Central en 1971 se dirigieron en su mayoría al sudoeste y sudeste, pero los liberados en la misma zona en 1974 se dirigieron también al noroeste. Las distancias de desplazamiento fueron considerablemente inferiores, en promedio, para los peces liberados a la altura de la América Central en 1974 que para los peces liberados en la misma zona en 1971. Esto no es sorprendente, sin embargo, ya que la mayoría de los peces liberados en 1971 estuvieron en libertad mucho más tiempo que la mayoría de los liberados en 1974. Los peces liberados a la altura de México en 1974 se desplazaron también a distancias más cortas que los liberados en 1969 (Bayliff y Rothschild, 1974), 1970 y 1971 en la misma zona. La mayoría de los peces liberados en 1974 estuvieron, hasta cierto punto, menos tiempo en libertad que los liberados en otros años, habiéndose obtenido una cantidad desproporcionada de recapturas antes o durante enero de 1975 (Figura 9). No existe ninguna norma en estos diagramas que sirva para indicar el tiempo en libertad o las fechas de recaptura, y esto solo podría hacerse substituyendo varios diagramas por cada uno de los actuales.

Las direcciones y los promedios de las distancias de desplazamiento por mes de recaptura se presentan en la Figura 9. Los datos de los peces que se desplazan en diferentes direcciones se presentan en diferentes recuadros del gráfico. Los puntos de los meses consecutivos están unidos mediante líneas sólidas y los de los meses que no son consecutivos por líneas a puntos. Las cifras cerca de los puntos indican la cantidad actual de peces en cada mes. Los valores de V_x aparecen en todos los recuadros y los valores de V_x y A_x en los recuadros que se encuentran al pie de la página. Los diagramas son convenientes para descubrir las migraciones estacionales. Por ejemplo, si los peces se encontraban en el extremo meridional de su distribución en enero y en el extremo norte de ella en julio, y fueron marcados en enero, R_j aumentaría por unos 6 meses y luego se reduciría. Además, habría muchos peces en los recuadros para las direcciones 1 y 8 y pocos en los recuadros que corresponden a las direcciones 4 y 5 durante febrero-junio, siendo que lo contrario sería cierto durante agosto-diciembre. Durante el primer semestre existe un esfuerzo considerable de pesca en el ARCAA y relativamente poco fuera de esta zona, mientras que durante el segundo semestre sucede lo contrario. Por consiguiente, es mucho más probable que se recapturen los peces marcados en el ARCAA durante el primer semestre y fuera del ARCAA durante el segundo semestre. Esto probablemente explica los altos valores de R_j en los meses del medio presentados en los gráficos con relación a algunos de los experimentos. Excepto por este fenómeno fortuito no son aparentes los desplazamientos estacionales.

La media cuadrada ajustada de los coeficientes de dispersión por mes de recaptura se presenta en la Figura 10. Se grafican los puntos solo en los meses que incluyen por lo menos cuatro devoluciones. Las cifras cerca de los puntos indican las cantidades actuales de peces en cada mes. Con excepción

posiblemente de los peces liberados frente a Cabo Corrientes, no existe una inclinación de los valores $A..^2$ de aumentar con el tiempo después del primer mes en libertad. El valor de $A..^2$ en mayo de 1974 correspondiente al experimento iniciada a la altura de la América Central en ese año, excede cualquier valor semejante obtenido por Bayliff y Rothschild (1974), como también los de este estudio. La razón de este alto valor no es aparente.

Longitud de los peces

La longitud de los peces en el momento de liberación en los ocho experimentos estudiados detalladamente en este informe y en el de Bayliff y Rothschild (1974) se presentan en la Figura 11. En la mayoría de los casos la moda principal fue aproximadamente de 80 centímetros, pero en el experimento de Cabo Corrientes en 1970 y en el de la América Central en 1974 la mayoría de los peces fueron más pequeños y para los del experimento de 1971, mar afuera frente a México la mayoría eran más grandes. Bayliff y Rothschild (1974) han indicado que los peces marcados son, en promedio, considerablemente más pequeños que los que se capturan, así que la mayoría de los datos presentados en este informe no representan probablemente toda la población. Sin embargo, los peces del experimento iniciado frente a la América Central en 1974 representaron bastante bien a los capturados en esa zona durante el segundo trimestre de ese año (Anónimo, 1975: página 107 y Figura 12).

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

- Anonymous. 1971. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1970 (in English and Spanish): 127 pp.
- . 1975. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1974 (in English and Spanish): 169 pp.
- Bayliff, W.H. 1971. Estimates of the rates of mortality of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean derived from tagging experiments (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15(4): 379-436.
- . 1973. Materials and methods for tagging purse seine- and baitboat-caught tunas (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15(6): 463-503.
- Bayliff, W.H., and B.J. Rothschild. 1974. Migrations of yellowfin tuna tagged off the southern coast of Mexico in 1960 and 1969 (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 16(1): 1-64.
- Calkins, T.P. 1975. Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1971-1974 (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17(1): 1-116.
- Calkins, T.P., and B.M. Chatwin. 1971. Geographical catch distribution of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970, and fleet and total catch statistics, 1962-1970 (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15(3): 283-377.
- Fink, B.D. 1965. A technique, and the equipment used, for tagging tunas caught by the pole and line method (summary in Spanish). Cons. Perm. Inter. Explor. Mer, Jour., 29(3): 335-339.
- Fink, B.D., and W.H. Bayliff. 1970. Migrations of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean as determined by tagging experiments, 1952-1964 (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15(1): 1-227.
- Jones, R. 1959. A method of analysis of some tagged haddock returns. Cons. Perm. Inter. Explor. Mer, Jour., 25(1): 58-72.
- . 1976. The use of marking data in fish population analysis. FAO, Fish. Tech. Pap., 153: v, 42 pp.
- Joseph J., and T.P. Calkins. 1969. Population dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the eastern Pacific Ocean (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 13(1): 1-273.
- Psaropoulos, C.T. (editor). 1966. Computer program manual. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Internal Rep., 1.
- Shimada, B.M., and M.B. Schaefer. 1956. A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean (in English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 1(7): 347-469.