

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

"ZONAS DE REPRODUCCION DEL ATUN ALETA AMARILLA Thunnus albacares
EN EL PACIFICO MEXICANO".

Tesis que presenta:

PEDRO GILBERTO GONZALEZ RAMIREZ
como un requisito para obtener
el grado de Maestro en Ciencias.

INDICE

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

RÉSUMEN

1	INTRODUCCION.....	1
2	ANTECEDENTES.....	2
3	MATERIAL Y METODOS.....	6
4	RESULTADOS.....	11
4.1	ANALISIS DE LOS ESTADIOS DE MADUREZ MACROSCOPICA.....	16
4.2	ANALISIS DEL INDICE DE MADUREZ.....	19
4.3	ANALISIS DE TALLAS.....	28
4.4	DISTRIBUCION DE CAPTURAS Y TEMPERATURAS SUPERFICIALES..	40
5	DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	43
6	LITERATURA CITADA.....	47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estratos geográficos definidos para el sistema de muestreo del Proyecto Atún del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Figura 2. Procedimiento de muestreo del Proyecto Atún del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Figura 3. (a) Distribución de todas las muestras obtenidas (1984-1986). (b) Definición de zonas para el presente trabajo.
- Figura 4. Ajuste lineal entre el peso de las gónadas antes y después de la preservación.
- Figura 5. Frecuencias relativas del índice de madurez; (a) antes de la preservación, y (b) después de ésta.
- Figura 6. Porcentaje mensual de los estadios de madurez macroscópicos.
- Figura 7. Porcentaje mensual de los estadios macroscópicos en las tres zonas principales.
- Figura 8. Diagrama de dispersión de la talla contra el índice de madurez de hembras e indiferenciados.
- Figura 9. Promedio mensual del índice de madurez de hembras mayores de 70 cm.
- Figura 10. Promedio mensual, desviación estandar, máximo y mínimo del índice de madurez para hembras (a) y machos (b).
- Figura 11. Promedio mensual del índice de madurez en cada estrato o zona geográfica. (1) boca del Golfo de California, (2) Islas Revillagigedo, (3) Sur de México, (4) Sureste de las Islas Revillagigedo, (5) Sur de las Islas Revillagigedo.
- Figura 12. Distribución de frecuencias relativas del índice de madurez gonadal de las hembras mayores de 70 cm.
- Figura 13. Distribución de frecuencias relativas del índice de madurez, por estadio de madurez macroscópico.
- Figura 14. Distribución mensual de frecuencias relativas del índice de madurez de hembras mayores de 70 cm.

- Figura 15. Distribución de frecuencias relativas de tallas. (a) Todos los organismos colectados en el período de estudio, (b) hembras y (c) machos.
- Figura 16. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de todos los organismos muestreados durante el período de estudio.
- Figura 17. Distribución de frecuencias relativas de tallas de hembras. (a) Boca del Golfo de California, (b) Islas Revillagigedo y (c) Sur de México.
- Figura 18. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de hembras muestreadas en la boca del Golfo de California.
- Figura 19. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de hembras muestreadas en las Islas Revillagigedo.
- Figura 20. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de hembras muestreadas en el Sur de México.
- Figura 21. Frecuencias relativas de tallas. (a) Hembras con índice de madurez mayor de 37 y (b) hembras con estadio de madurez macroscópico 4.
- Figura 22. Frecuencias relativas acumuladas de tallas de hembras con índice de madurez mayor de 37.
- Figura 23. Porcentaje de hembras, machos e indiferenciados, por intervalos de talla de 10 cm.
- Figura 24. Distribución de capturas mensuales de 1985, con las isothermas promedio de la primera quincena de cada mes.

BIOL

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Número de organismos muestreados en el período de enero de 1984 a enero de 1986.
- Tabla 2. Diferencias en el índice de madurez, debidas a la preservación; para diferentes tallas (mm).
I1 = Índice de madurez antes de la preservación.
I2 = Índice de madurez despues de la preservación.
- Tabla 3. Frecuencias relativas de tallas, para hembras mayores de 70 cm, por zona geográfica (1984-1986).

CINA

"ZONAS DE REPRODUCCION DEL ATUN ALETA AMARILLA
Thunnus albacares EN EL PACIFICO MEXICANO"

RESUMEN

El atún aleta amarilla (Thunnus albacares) es la especie más importante en la pesquería de atún en el Pacífico Mexicano. Sin embargo es poco lo que se conoce de su ciclo reproductivo, lo cual es importante para comprender su dinámica poblacional. En esta tesis se determinan las épocas y áreas de reproducción, la importancia relativa de cada una de éstas y se estima la talla de reclutamiento a la reproducción del atún aleta amarilla en el Pacífico mexicano.

La información fue obtenida de las bitácoras de los barcos de la flota atunera mexicana, de los reportes quincenales de temperatura superficial del Océano Pacífico de la Comisión Interamericana del Atún Tropical y de muestreos de la captura comercial, efectuados en las plantas enlatadoras de Ensenada, B. C., San Carlos y Pichilingüe, B. C. S., y Mazatlán Sin., durante el período de enero de 1984 a enero de 1986.

Con base en el análisis de estadíos de madurez, determinados según observaciones morfo cromáticas de las gónadas y el uso del índice de madurez gonadal, se determinó que en el área de estudio, el atún aleta amarilla puede reproducirse durante los meses de marzo a noviembre, presentando en abril-mayo y octubre-noviembre la mayor actividad reproductora, misma que se asocia con temperaturas superficiales del mar mayores de 24°C.

Se encontró que el atún aleta amarilla puede comenzar a reproducirse desde los 70 cm de longitud furcal. La talla de reclutamiento a la reproducción se estimó en 105 cm.

Con base en los análisis de distribución de frecuencias de tallas, de la captura de la flota atunera mexicana y del índice de madurez gonadal, se encontró que las zonas de reproducción del atún aleta amarilla en el Pacífico Mexicano son, el Sur de México, las Islas Revillagigedo y la boca del Golfo de California.

El Sur de México se define como la zona más importante de reproducción, ya que en ésta, durante los meses de octubre a noviembre, se presentan grandes concentraciones de atún aleta amarilla mayores de 100 cm de longitud furcal.

1 INTRODUCCION

El atún aleta amarilla (Thunnus albacares) (Bonnaterre, 1788) es la especie más importante en la pesquería de atún en México. En 1984, 1985 y 1986 representó el 82.54, 91.54 y 92.5 % respectivamente, de la captura anual de la flota atunera mexicana. La captura restante la componen las especies de barrilete (Katsuwonus pelamis), bonito (Sarda sp.) y patudo (Thunnus obesus). (Anónimo, 1985, 1986, 1987).

De 1976 a 1984, la flota atunera de México ocupó el segundo lugar en capacidad de acarreo en el Pacífico Oriental; en este período aumentó la capacidad de acarreo de un 10 % a un 35.1 % del total de la flota internacional. A partir de 1985, México ocupa el primer lugar en capacidad de acarreo, contando en 1986 con 45 barcos cerqueros y 10 vareros. (Anónimo, 1980, 1981, 1982, 1983; 1984, 1985, 1986, 1987).

En 1984 y 1985 México ocupó el segundo lugar como productor de atún aleta amarilla de América. En 1986, la captura de México (105,324 t) representó el 39.25 % de la captura total del Pacífico Oriental y colocó al país como el primer productor de atún aleta amarilla de América (Anónimo, 1985, 1986, 1987).

Las cifras mencionadas, confirman la importancia que tiene la pesquería del atún aleta amarilla para México. Por lo tanto se considera que el estudio de su biología y dinámica poblacional es necesario para lograr el mejor aprovechamiento.

Uno de los aspectos relevantes a estudiar, se refiere a la reproducción de la especie en aguas del Pacífico mexicano. Los trabajos de Schaefer y Orange (1956), Orange (1961) y Knudsen (1977), permiten concluir que el desove del atún aleta amarilla se efectúa en una extensa área frente a las costas de México, y que las zonas y períodos de ocurrencia, así como la importancia de cada uno de estos, no están claramente definidos. El objetivo de esta tesis es determinar zonas y épocas de reproducción en el Pacífico mexicano, la importancia relativa de cada una de ellas y estimar la talla de reclutamiento reproductor.

2 ANTECEDENTES

En general, el estudio de la biología de los atunes, es bastante amplio. Trabajos como los de Klawe (1979 y 1980), sobre taxonomía de los tunidos; Joseph (1963), sobre fecundidad del atún aleta amarilla y barrilete; Schaefer (1983), sobre reproducción del barrilete negro; y las monografías sobre el atún aleta azul (Bayliff, 1980), el barrilete (Forsbergh, 1980), el barrilete negro (Muhlía, 1980) y los bonitos (Yoshida, 1980), resumen el conocimiento sobre las principales especies de atún explotadas en el Pacífico Oriental.

Para el atún aleta amarilla, Cole (1980) recopila los resultados de una gran cantidad de estudios sobre diversos aspectos de su biología y dinámica poblacional. Sin embargo, es poco lo que se conoce en relación con la pesquería mexicana.

El atún aleta amarilla (Thunnus albacares) se distribuye en aguas tropicales de los Océanos Atlántico, Indico y Pacífico. Debido a su amplia distribución y a algunas diferencias morfométricas, se han realizado trabajos para detectar subpoblaciones en el Océano Pacífico, pero sin encontrar evidencias de que ésto ocurra (Broadhead, 1959; Knudsen, 1977; Suzuki et al., 1978; Bayliff, 1982). Sin embargo, se considera la existencia de tres stocks semi-independientes: del Pacífico Este, del Central y del Oriental (Suzuki, et al., 1978; Bayliff, 1982).

Rini (1952), Uda (1957), Laevastu y Rosa (1963) y Blackburn (1965), citados por Cole (1980), establecen que la temperatura es un factor determinante en la distribución de la especie, particularmente en los límites norte y sur de su distribución en el Pacífico Oriental. Esta especie se encuentra desde Punta Concepción, California, hasta San Antonio o Talcahuano, Chile (Cole, 1980). Para esta área se ha determinado que el atún aleta amarilla se encuentra en aguas con temperaturas de 18 a 31 C, y que las concentraciones comerciales se presentan entre 20 y 30 C (Blackburn, 1965).

Referente a la migración, Joseph et al. (1964) y Bayliff (1979), basados en estudios de marcado reportan que el aleta amarilla no presenta una gran dispersión; la mayoría de los peces marcados se recapturaron a 200 millas del área de liberación.

En el Pacífico Oriental la pesquería de atún aleta amarilla se realiza principalmente por barcos cerqueros, vareros y palangreros. También se pesca con red agallera y currican, pero la captura con estos métodos no es importante (Cole, 1980).

En cuanto al área de pesca, Calkins (1975) elaboró un mapa de distribución de capturas en el Pacífico Oriental, donde se observa que el atún aleta amarilla se captura cerca de la costa, desde los 30 N hasta los 10 S de latitud, y hacia el Pacífico Central, hasta los 145 W y 10 N aproximadamente. El área de pesca incluye casi toda la Zona Económica Exclusiva de México, excepto la parte norte del Golfo de California y la

costa Oeste de Baja California Norte (Calkins y Chatwin, 1967 y 1971).

Los resultados obtenidos por el proyecto ATUN-CICIMAR sobre la distribución geográfica de las capturas de la flota atunera mexicana durante 1975-1986, muestran que la boca e interior del Golfo de California, el Sur de la costa del Pacífico mexicano y las Islas Revillagigedo son las principales áreas de pesca (Quiñonez-Velaázquez *et al.*, 1985 y 1986). Quiñonez-Velaázquez y Gómez-Muñoz (1986) encuentran que la captura por unidad de esfuerzo supera el valor promedio de 7.33 ton/lance en el área de las Islas Revillagigedo y en la boca e interior del Golfo de California. En la boca del Golfo se supera la media en los meses de abril a agosto y noviembre. En las Islas Revillagigedo durante febrero, marzo, octubre y noviembre, y en el Sur de México (frente a Guerrero y Michoacan) en marzo, abril, mayo y noviembre. También, Castro-Ortiz y Quiñonez-Velaázquez (1987), en el análisis mensual de la captura por unidad de esfuerzo y su relación con la temperatura superficial del mar, detectan desplazamientos y concentraciones del recurso.

La talla de reclutamiento del atún aleta amarilla a la pesquería en el Pacífico Oriental, se ha estimado en 40 cm (Cole, 1980), que equivale a 9 meses de edad (Wild, 1986). Honma y Suzuki (1978), citados por Cole (1980), encontraron que la captura de vareros y cerqueros en el Pacífico Oriental está compuesta principalmente por individuos de 2 y 3 años de edad. Davidoff (1963) reporta que el crecimiento de hembras y machos es similar, por lo menos hasta cerca de los 130 cm de longitud. Suda y Schaefer (1965) confirman lo anterior al comparar las frecuencias de tallas de hembras y machos mediante un análisis modal, encontrando que la tasa de crecimiento es similar hasta los 140 cm.

→ González-Ramírez y Quiñonez-Velaázquez (1986) encontraron que la estructura por tallas de la captura varía según el área de pesca en el Pacífico mexicano. En la costa de Baja California predominan peces entre 40 y 75 cm de longitud. La boca e interior del Golfo de California mostró un amplio intervalo de tallas, desde 45 a 135 cm. En las Islas Revillagigedo se presentan tallas medianas de 55 a 100 cm y en el Sur de México predominan las tallas mayores de 90 cm.

La talla mínima de desove para el atún aleta amarilla, varía en diferentes partes del Pacífico. Buñag (1956), citado por Orange (1961), recolectó en la región de las Islas Filipinas un atún de 56.7 cm que consideró estaba casi maduro. Cole (1980) menciona que la talla mínima podría ser de 70 cm, pero que la mayoría de los atunes en el Pacífico Central no alcanzan la madurez sexual hasta los 120 cm de longitud total. Orange (1961) estima que el tamaño mínimo para el primer desove en el área de las Islas Revillagigedo, varía entre los 70 y 80 cm de longitud, sin embargo el 50 % de las hembras alcanzan la madurez a la talla de 120 cm de longitud.

A la mayoría de los organismos mayores de 70 cm de longitud furcal, se les puede determinar el sexo, y se sabe que la proporción de

sexos del aleta amarilla en el Pacífico es de 1:1, o moderadamente en favor de los machos hasta una longitud de aproximadamente 120 cm, según Orange (1961), o 140 cm según Suda y Schaefer (1965). En las longitudes mayores a este intervalo, la proporción de los machos generalmente excede al de las hembras (Schaefer y Orange, 1956; Orange, 1961; Suda y Schaefer, 1965). Cole (1980) menciona que Kikawa (1966), encontró una pequeña variación estacional en la proporción de sexos, de muestras obtenidas con palangre en ocho áreas del Océano Pacífico Oriental y Central.

El atún aleta amarilla está considerado como una especie que puede reproducirse durante todo el año en el Océano Pacífico (Cole, 1980). Es una especie que presenta desoves sucesivos dentro del mismo período de reproducción y la fecundidad puede disminuir conforme se presentan los desoves parciales (Joseph, 1963). Estos desoves pueden producirse casi a diario con una periodicidad de 1.27 días y entre las 20.00 y 24.00 h (Anónimo, 1987), similar a lo que ocurre con la anchoveta Norteña (Hunter y Macewicz, 1980) y la sardina monterrey (Torres-Villegas, 1986).

Wild (1986), usando el número de marcas en otolitos, retrocalculó los meses de nacimiento del atún aleta amarilla capturado en el Pacífico Oriental del Norte, y encontró que en 1975, 1976 y 1978 la actividad del desove se concentró aparentemente en el último semestre del año.

En las aguas al Sur del Ecuador, el desove más intenso ocurre durante el primer semestre del año, con un desove mínimo durante el segundo semestre. El atún desova en una franja desde los 10° N hasta los 10° S durante el primer semestre, mientras que en el segundo semestre ocurre principalmente entre los 0° y 10° N, lo que se relaciona con el desplazamiento de la isoterma de los 24° C, del hemisferio Sur hacia el Ecuador, por lo que esta isoterma parece ser un indicador de los límites Norte y Sur del área de desove (Shingu et al., 1974).

Suzuki et al. (1978), encontraron que la madurez sexual de las hembras de aleta amarilla, capturadas en la pesca palangrera, era diferente a la de las capturadas con redes de cerco o línea de mano, y proponen la hipótesis de que el atún aleta amarilla maduro, asciende cerca de la superficie para desovar en aguas más cálidas (26° C o más), por lo que las artes pesqueras epipelágicas capturan selectivamente un mayor porcentaje de organismos maduros que los palangres, excepto cuando la temperatura del agua asciende a más de 26° C a la profundidad en que operan los palangres.

Klawe (1963) reporta que el porcentaje de arrastres de plancton con larvas de atún aleta amarilla del Pacífico Oriental, se incrementa en relación directa a la temperatura superficial; encontró larvas desde 24° C hasta 32° C, y un incremento considerable en su abundancia relativa a partir de los 26° C. Klawe et al. (1970) mencionan que la temperatura superficial es un factor importante en la distribución de las larvas, y que la salinidad no parece tener

relación con ellas. La mayor abundancia relativa de las larvas de atún, se localiza entre Cabo Corrientes (México) y Punta Mariato, (Panamá); la abundancia es mayor en el período mayo-octubre que en el de noviembre-abril (Klawe, 1963). Orange (1961) menciona que se han colectado larvas y juveniles desde el Sur de Baja California hasta Cabo Pasado, (Ecuador), siendo abundantes en la costa Sur de México.

El comportamiento reproductivo del atún aleta amarilla es similar al de otras especies como el barrilete (Katsuwonus pelamis), que también se reproduce todo el año en aguas tropicales del Ecuador y desde la primavera hasta principios de otoño en aguas subtropicales (Forsbergh, 1980; Carles, 1971). El barrilete negro (Euthynnus lineatus) en América Central, desova en todos los meses del año, excepto en agosto y septiembre y presenta un máximo en octubre (Schaefer, 1983). La sardina monterrey (Sardinops sagax) de Bahía Magdalena que presenta dos máximos de desove en un amplio período de reproducción (Torres-Villegas, 1986). La sardina de Sudafrica (Sardinops ocellata) no tiene definido el período de máximo de desove; puede cambiar de un año a otro (Davis, 1956). Tal parece que el comportamiento reproductivo de las especies pelágicas tropicales y templadas es similar; debido a la reproducción asincrónica resulta complicado el estudio de la reproducción de estas especies.

Para estudiar el ciclo reproductivo del atún aleta amarilla, se ha utilizado el seguimiento de los estadios de madurez gonadal, identificados según la apariencia morfo cromática de las gónadas (Orange, 1961) o determinando relaciones biométricas entre las gónadas y el cuerpo (índice de madurez gonadal, Schaefer y Orange, 1956).

Por medio del análisis del índice de madurez, Schaefer y Orange (1956) concluyen que ocurre un desove importante en las Islas Revillagigedo, siendo mínimo el que se lleva a cabo frente a Baja California. Knudsen (1977) encontró que las principales zonas neríticas de desove, se localizan en las Islas Revillagigedo, las Islas Marías y la costa Sur de México, y reporta la presencia de por lo menos dos máximos de reproducción, que varían en duración y fecha de ocurrencia de un año a otro. Klawe et al. (1970), deducen la posibilidad de que ocurran dos períodos de mayor actividad reproductiva en la boca del Golfo de California.

De lo anterior, se concluye que la reproducción del atún aleta amarilla ocurre en casi todo el Pacífico Mexicano y que las áreas de reproducción que reportan diferentes autores son extensas, desconociéndose el ciclo de reproducción y su relación con las áreas de captura de la especie.

3 MATERIAL Y METODOS

La colecta de información se hizo según el sistema de muestreo establecido por el Proyecto Atún del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. En este sistema se divide en ocho áreas geográficas la Zona Económica Exclusiva de México, en base a su fisiografía y para un mejor registro de las operaciones de pesca de la flota atunera mexicana, se utilizaron áreas de cinco por cinco grados (Fig. 1).

Durante los meses de enero de 1984 a enero de 1986, se visitaron periódicamente los puertos de Ensenada B. C., San Carlos y Pichilingüe, B. C. S., y Mazatlán, Sin., donde se descarga la mayor parte de la captura de la flota atunera mexicana, y se tomaron muestras de ella, según el procedimiento que se describe en la Figura 2; se trató de obtener muestras mensuales para cada zona.

En el período y puertos antes mencionados se efectuaron 33 muestreos, colectándose un total de 1057 pares de gónadas de atún aleta amarilla (Tabla 1).

Tabla 1. Número de organismos muestreados en el período de enero de 1984 a enero de 1986.

MES	1984	1985	1986	TOTAL
1	19	35	45	99
2	49	130	--	179
3	--	126	--	126
4	41	102	--	143
5	119	49	--	168
6	--	21	--	21
7	--	50	--	50
8	--	50	--	50
9	--	--	--	--
10	--	82	--	82
11	42	--	--	42
12	--	96	--	96
TOTAL	271	741	45	1057

El muestreo de gónadas se llevó a cabo en las plantas procesadoras de atún de cada puerto, con organismos descongelados y antes del proceso de desviseración. A cada individuo se le midió la longitud furcal o de horquilla con un calibrador de 2 m, con precisión de 0.5 cm; el peso se obtuvo utilizando un dinamómetro, con una precisión de 250 gr. Una vez que el organismo fue medido y pesado, se extrajo el estómago y el par de gónadas. Posteriormente las muestras fueron preservadas en formol al 10 %.

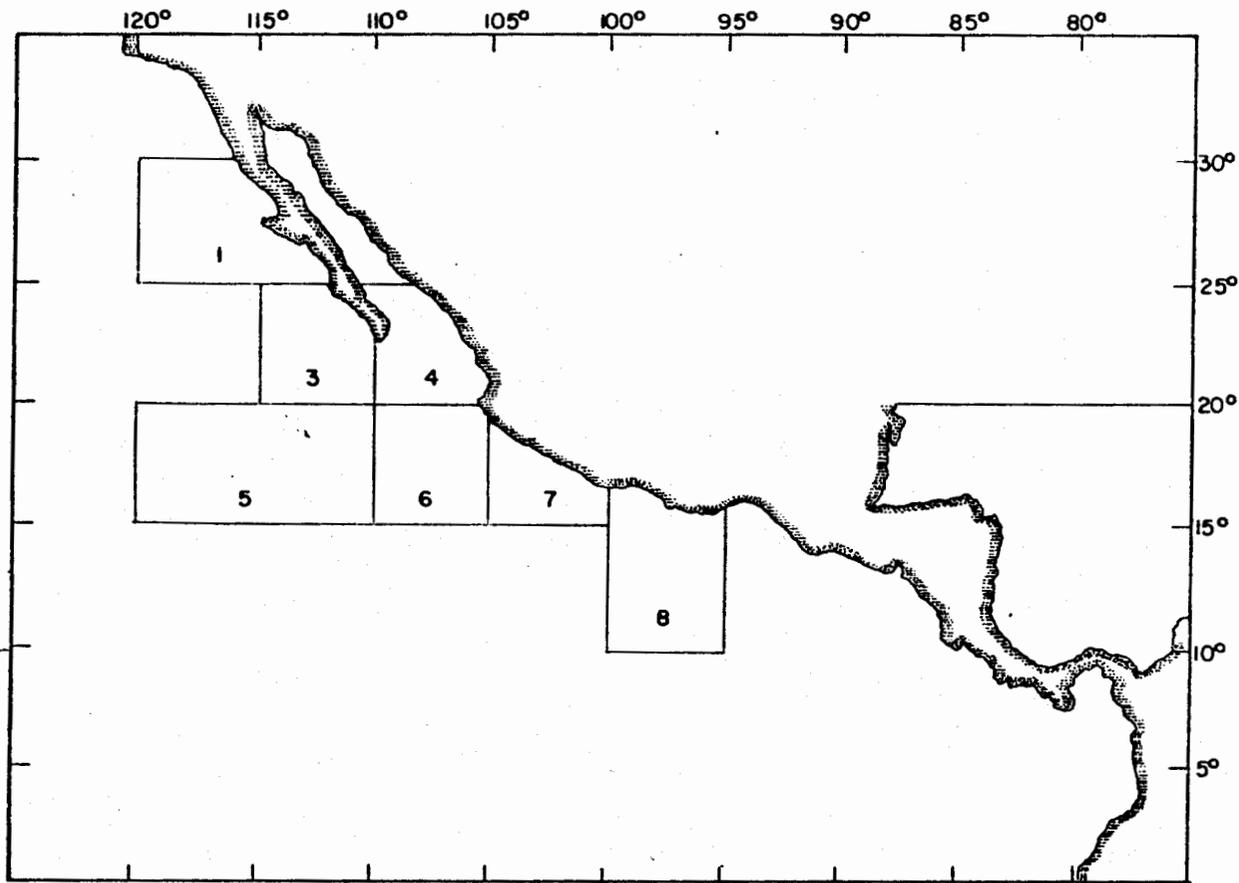


Figura 1. Estratos geograficos definidos para el sistema de muestreo del Proyecto Atún del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

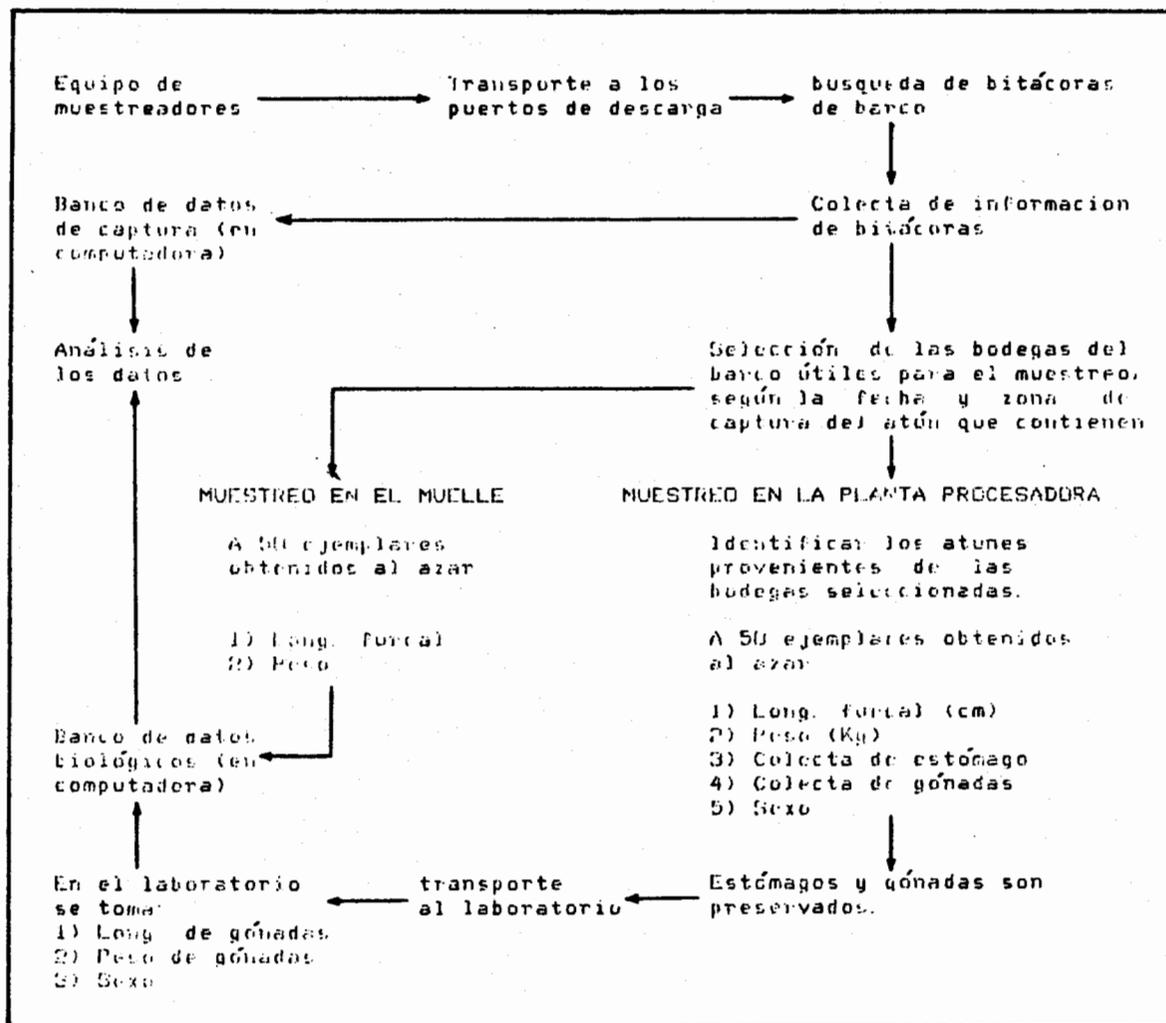


Figura 2. Procedimiento de muestreo del Proyecto Atún del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

El análisis de la madurez de las gónadas se realizó por medio de dos métodos; la escala de madurez macroscópica propuesta por Orange (1961) y el cálculo del índice de madurez de Schaefer y Orange (1956).

La escala de madurez considera siete estadios con las siguientes características:

ESTADIO 0: Gónadas pequeñas con apariencia de cintas. No es posible determinar el sexo.

ESTADIO 1: Inmaduro. Gónadas alargadas y delgadas, pero el sexo es determinable por examen macroscópico.

ESTADIO 2: En maduración. Las gónadas se han agrandado pero los ovocitos no pueden apreciarse individualmente a simple vista.

ESTADIO 3: En maduración. Las gónadas están grandes y turgentes, los ovocitos pueden apreciarse individualmente a simple vista.

ESTADIO 4: Maduro. Las gónadas se han agrandado considerablemente, se pueden desalojar los folículos fácilmente, o están sueltos en el lumen del ovario; pueden ser extraídos por presión externa.

ESTADIO 5: Recientemente desovado. Las gónadas son similares al Estadio 3, pero tienen remanentes de ovocitos maduros.

ESTADIO 6: Después del desove. Las gónadas son similares a los estadios 2 y 3, pero con remanentes de ovocitos.

El análisis de los estadios de madurez permite identificar de manera gruesa las épocas y zonas de reproducción, por lo que las hembras e indiferenciados se agruparon por mes y mes-zona para calcular la frecuencia relativa de cada uno de los estadios de madurez presentes en ellos.

El índice de madurez propuesto por Schaefer y Orange (1956) se calcula de la siguiente manera:

$$I = \left(\frac{Wgs}{Lf} \right) * 10$$

Donde:

I = Índice de madurez
 Wgs = Peso de ambas gónadas (g)
 Lf. = Longitud furcal (mm)

Se utilizó este índice por que está considerado como una medida confiable de la madurez sexual en el atún aleta amarilla y barrilete (Schaefer y Orange, 1961) y para que los resultados de esta tesis fueran comparables con los de Orange (1961), Joseph (1963) y Knudsen (1977).

Cabe aclarar que los autores antes mencionados, mantenían las gónadas congeladas o en hielo hasta el momento de su examen en el laboratorio. En esta tesis se procedió de igual manera pero sólo en los primeros muestreos, ya que, como se comprueba más adelante, el formol al 10 % no tiene un efecto importante sobre el peso de las gónadas, o sobre el índice de madurez propuesto por Schaefer y Orange (1956).

Para determinar el efecto del formol en el peso de las gónadas, se utilizaron 84 pares de gónadas que fueron transportadas en hielo, para luego ser procesadas en el laboratorio. Una vez descongeladas, se registró el peso en gramos, el sexo y estadio de madurez macroscópico, asegurándose de que se incluyeran gónadas en estadios del 1 al 4 de la escala de Orange (1961). Posteriormente las gónadas fueron preservadas en formol al 10 % y después de 48 h se volvieron a pesar. Con esta información, se realizaron correlaciones entre los datos tomados antes y después de la preservación y se estimó su efecto en el cálculo del índice de madurez. También se compararon los histogramas de frecuencias relativas del índice de madurez antes y después de la preservación.

Para determinar los períodos de mayor actividad reproductiva en el Pacífico mexicano, se seleccionaron las hembras mayores de 70.0 cm de longitud furcal y se agruparon por mes y año, calculándose el índice promedio de madurez para cada mes. Con base en los resultados de este análisis se combinaron los datos de los dos años y se estimó el índice promedio de madurez para cada mes-zona.

Para determinar en que meses se presenta la mayor proporción de hembras maduras, se definió el valor del índice de madurez a partir del cual las hembras pueden ser consideradas como maduras. Para esto se elaboró un histograma de frecuencias relativas del índice de madurez, con intervalos de 3 unidades, para encontrar el límite inferior del grupo modal más maduro y considerarlo como el valor crítico para determinar si una hembra está madura.

Con el fin de observar las diferencias entre las hembras maduras seleccionadas por la escala de madurez macroscópica y por el índice de madurez, se representaron las frecuencias relativas en intervalos de 5.0 cm de longitud, por uno y otro método de selección.

Para el análisis de tallas, se agruparon los datos en frecuencias relativas en intervalos de 5.0 cm, por sexo y para el total de individuos. Posteriormente se agruparon por mes, zona y mes-zona, elaborándose los histogramas correspondientes.

Para determinar la talla de reclutamiento a la reproducción, se utilizaron las frecuencias relativas acumuladas por intervalo de talla de las hembras con índice de madurez mayor de 37, y se consideró que la talla de reclutamiento a la reproducción es el valor que corresponde al 50 % de las frecuencias acumuladas.

La proporción de sexos fue calculada para cada intervalo de talla de 10.0 cm de longitud furcal, utilizando todos los especímenes muestreados en el período de estudio.

Considerando la posible relación entre la distribución de la temperatura superficial, las áreas de captura y las épocas y zonas de reproducción, se realizó el estudio preliminar sobre este aspecto, utilizando información de 1985. Se elaboraron mapas donde se presenta, en tres niveles, la captura del mes y las isotermas promedio de la temperatura superficial de la primera quincena de cada mes de 1985. Los datos de captura fueron proporcionados por el proyecto ATUN-CICIMAR y las isotermas fueron tomadas de los reportes de temperatura superficial elaborados por F. Miller de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.

4 RESULTADOS

En la Figura 3a se presentan las áreas de procedencia de la captura muestreada en el período de estudio. La frecuencia y el tamaño de las muestras colectadas, en la mayoría de las zonas propuestas por el Proyecto Atún del CICIMAR, no fue la deseada debido a la dificultad de muestrear la captura al momento de la descarga o en la línea de proceso de las plantas enlatadoras. Sin embargo, al considerar la frecuencia y tamaño de las muestras provenientes de cada área, se definieron las siguientes zonas (Fig.3b):

- Zona 1: Boca del Golfo de California.
- Zona 2: Islas Revillagigedo.
- Zona 3: Sur de México, frente a las costas del Estado de Guerrero.
- Zona 4: Sureste de las Islas Revillagigedo.
- Zona 5: Sur de las Islas Revillagigedo.

Con referencia al efecto del formol al 10 % sobre el peso de las gónadas y su implicación en el cálculo del índice de madurez, en Figura 4 se observa que la relación entre el peso de las gónadas antes y después de la preservación es lineal, con $r = 0.9996$ y pendiente próxima a 1, que indica una ligera pérdida de peso.

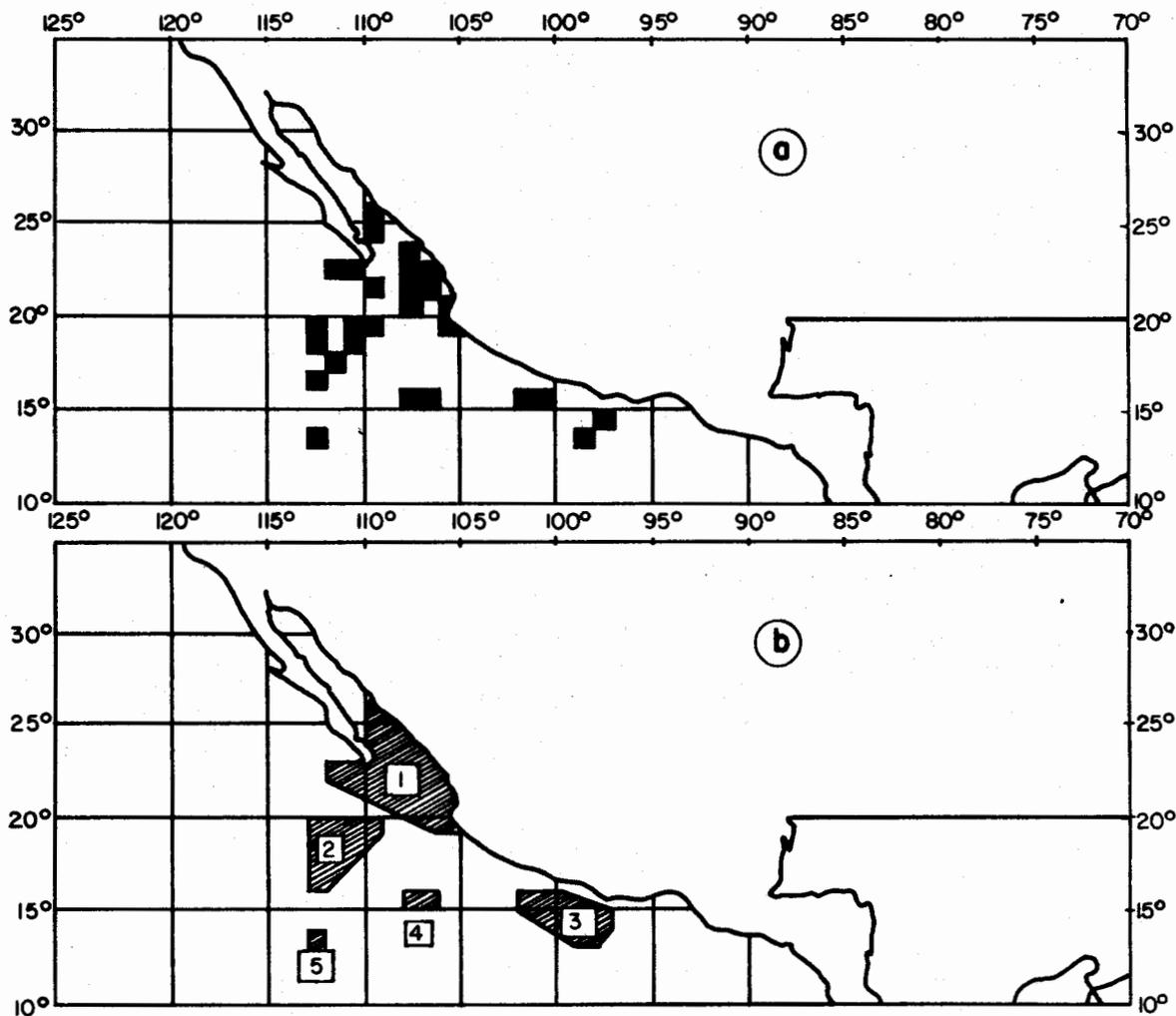


Figura 3. (a) Distribución de todas las muestras obtenidas (1984-1986). (b) Definición de zonas para el presente trabajo.

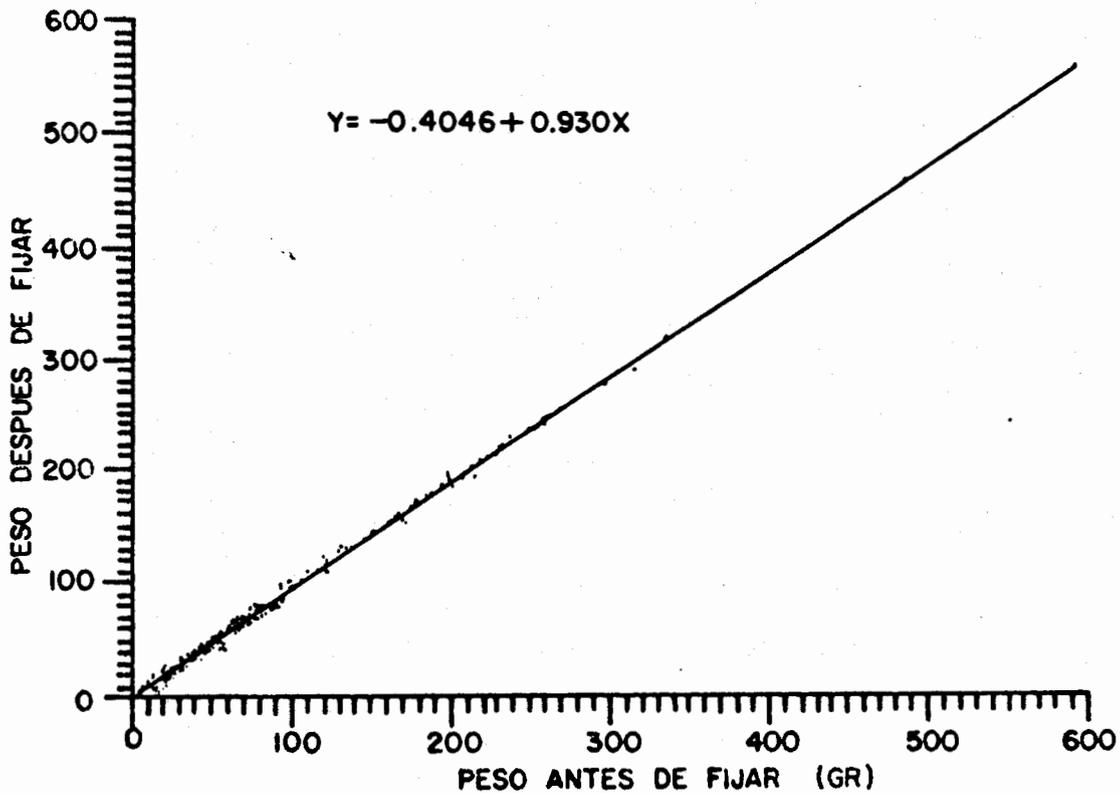


Figura 4. Ajuste lineal entre el peso de las gónadas antes y después de la preservación.

A partir de la regresión lineal se obtuvo la siguiente relación entre el índice de madurez de Schaefer y Orange (1956) antes y después de la preservación:

$$I_2 = (-0.4046 * 10^{\frac{8}{3}} / L_f) + 0.93 I_1$$

Donde:

- I1 = Índice de madurez antes de la preservación
- I2 = Índice de madurez después de la preservación
- Lf = Longitud furcal (mm)

Las diferencias entre los valores del índice antes y después de la preservación se presentan en la Tabla 2, encontrándose que la talla del pez no influye de forma importante en la diferencia de los valores de índice, pero la diferencia se incrementa conforme la madurez es mayor, alcanzando un valor de 2.9 unidades de índice en hembras muy maduras.

Tabla 2. Diferencias en el índice de madurez, debidas a la preservación, para diferentes tallas (mm).
 I1 = Índice de madurez antes de la preservación.
 I2 = Índice de madurez después de la preservación

VALOR DE I1	(I1 - I2)			
	t a l l a e n m m			
	800	900	1000	1150
20	1.479	1.455	1.440	1.427
30	2.179	2.155	2.140	2.127
40	2.879	2.855	2.840	2.827

Al comparar los valores del índice de madurez de Schaefer y Orange (1956) (Fig. 5), calculado con datos tomados antes y después de la preservación, se nota un ligero corrimiento de los grupos modales hacia la izquierda, debido a la pérdida de peso de las gónadas. Sin embargo, se observan los mismos grupos modales, lo que indica que la tendencia de los datos es similar.

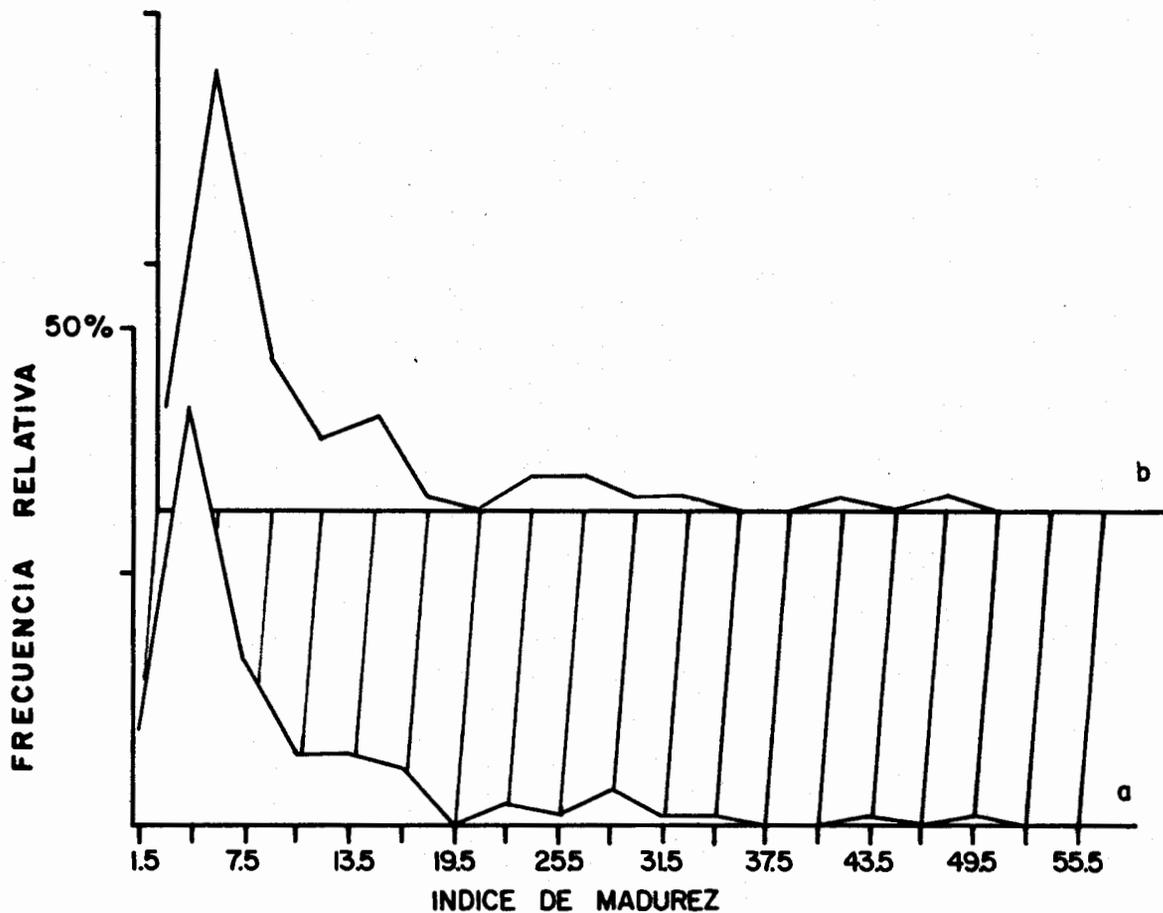


Figura 5. Frecuencias relativas del índice de madurez; (a) antes de la preservación, y (b) después de ésta.

4.1 ANALISIS DE LOS ESTADIOS DE MADUREZ MACROSCOPICOS

Los porcentajes mensuales de cada uno de los estadios de la escala de madurez se muestra en la Figura 6. De enero a mayo se presentan individuos indiferenciados; las hembras en estadio 4 (maduras), representan menos del 3 % en la muestra de marzo, aumentando al 14.13 y 26.58 % durante abril y mayo respectivamente. En éstos dos últimos meses aparecen hembras en estadio 6 (desovadas). Nuevamente se presentan hembras maduras en los meses de octubre y noviembre con un 12.77 y 26.67 % respectivamente, y algunas hembras desovadas en noviembre y diciembre. Lo anterior sugiere la existencia de dos épocas de de mayor actividad reproductiva al año.

El análisis mensual por zona mostró que, en la boca del Golfo de California, durante enero a mayo, se presentan individuos indiferenciados; hembras en estadio 4 (maduras) en mayo, y en estadio 6 (desovadas) en diciembre. No se contó con muestras de los meses de junio a noviembre (Fig. 7a).

En las Islas Revillagigedo se encontraron hembras maduras en marzo y abril, y hembras desovadas en mayo y diciembre. También en esta zona no se obtuvo información para los meses de junio a noviembre (Fig. 7b).

De la costa Sur de México se tiene información para los meses de abril a agosto y noviembre. Se detectan hembras maduras en abril y noviembre (Fig. 7c), lo que indica la presencia de dos épocas de reproducción, que ocurren aproximadamente cada seis meses. Algunos individuos indiferenciados se presentan en el mes de mayo.

En la zona 4 (al Sureste de las Islas Revillagigedo), en el mes de octubre, se encontró el 87.1 % de hembras en estadio 3, el 9.68 % en estadio 4 y el resto en estadio 1. Durante diciembre (en la misma zona), el 85.18 % en estadio 2 y el resto en el 3.

En la zona 5 (al Sur de las Islas Revillagigedo), se encontró en octubre el 68.75 % en estadio 3, el 18.75 % en el 4 y el resto en 2 y 3.

La presencia de hembras maduras en las zonas 4 y 5, indica que también hay reproducción al Sureste y Sur de las Islas Revillagigedo durante los últimos meses del año.

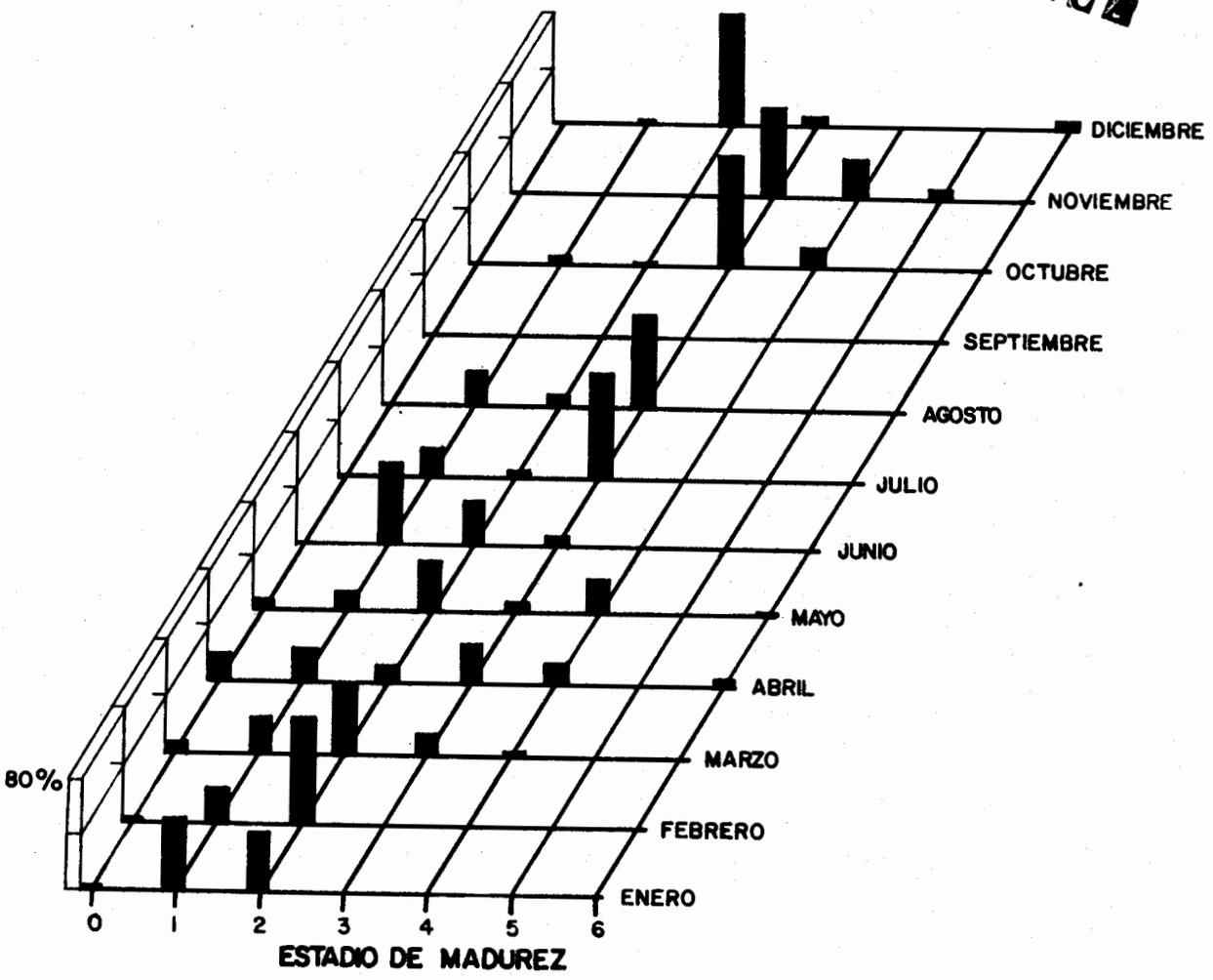
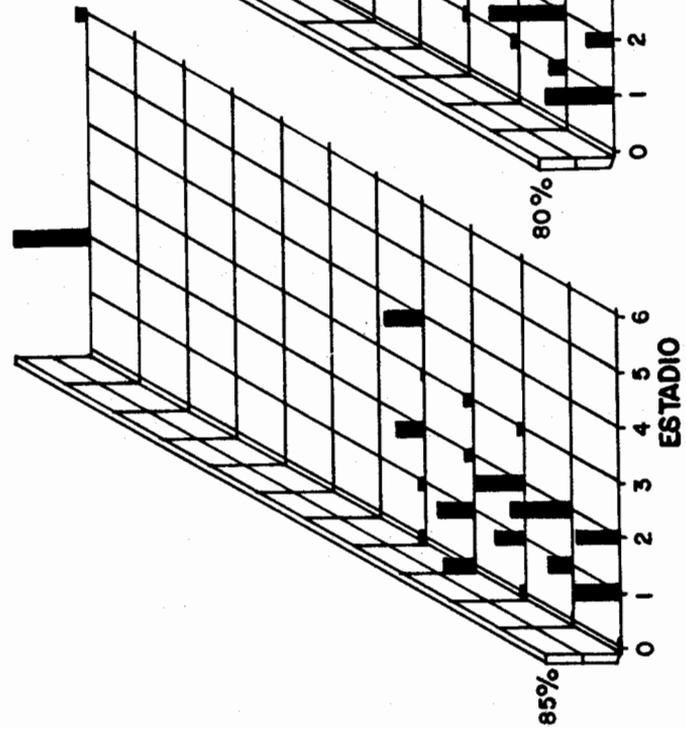
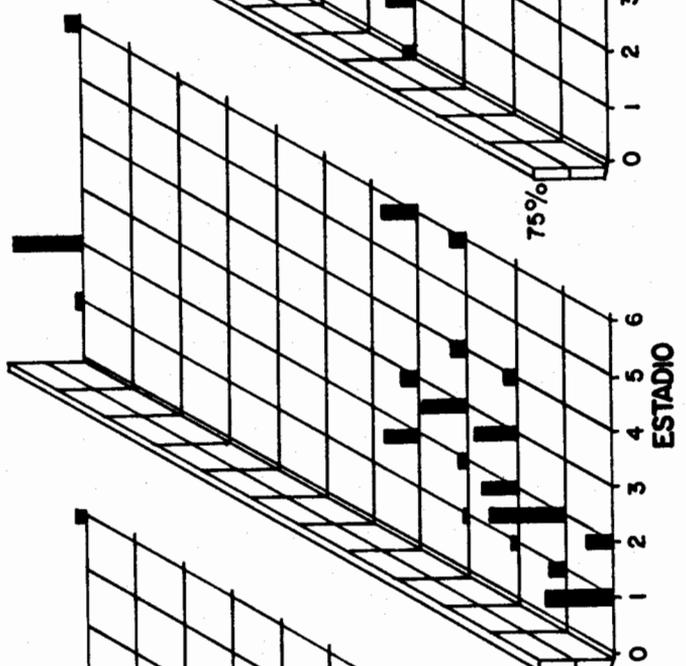


Figura 6. Porcentaje mensual de los estadios de madurez macroscópicos.

a) BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA



b) ISLAS REVILLAGIGEDO



c) SUR DE MEXICO

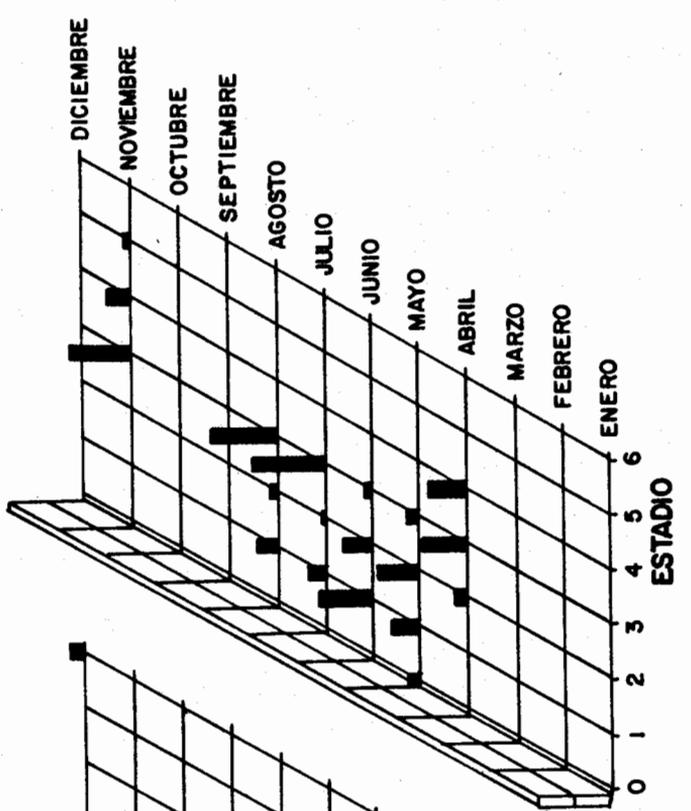


Figura 7. Porcentaje mensual de los estadios macroscópicos en las tres zonas principales.

4.2 ANALISIS DEL INDICE DE MADUREZ.

Al analizar la Figura 8 en la que se muestra la relación entre la longitud del pez y el valor del índice de madurez de Schafer y Orange (1956), a pesar de la dispersión de los valores, se observa que los individuos menores de 70.0 cm poseen valores muy bajos de índice, lo que indica que son organismos indiferenciados. La mayoría de los especímenes entre 70.0 y 100.0 cm de longitud presentan valores de índice menores de 15, pero se observa la presencia de algunos individuos con índice mayor de 20. Las hembras mayores de 100 cm tienden a presentar valores superiores a 20 (que corresponden a un índice de 21.5, calculado con gónadas en fresco).

Según Knudsen (1977) las hembras con índice mayor de 20 pueden ser consideradas en proceso de maduración o maduras, lo que nos indica que desde los 70 cm las hembras pueden alcanzar la madurez gonadal para reproducirse, confirmando las suposiciones de Orange (1961) y Cole (1980), en lo referente a la talla mínima a la cual el atún aleta amarilla puede comenzar a reproducirse.

La Figura 9 muestra el promedio mensual del índice de madurez para hembras mayores de 70.0 cm en cada año. Aparentemente la tendencia es similar en 1984 y 1985. Durante los primeros meses del año hay un aumento gradual del índice, observándose un máximo en abril de 1985 y en mayo de 1984; en noviembre de 1984 y octubre de 1985 se detecta un segundo valor máximo.

En la Figura 10 (a y b), se muestran los valores promedio, desviación estandard, máximo y mínimo del índice de madurez para cada mes, para hembras (a) y machos (b) colectados en el período de estudio. Las dos gráficas muestran la misma tendencia, reflejando la variación anual del índice de madurez. En la Figura 10a, se detectan dos temporadas en las que se presentan valores de índice altos, con un amplio intervalo de variación: una de marzo a mayo y otra de agosto a noviembre. Sólo en diciembre, enero y febrero los valores promedio del índice de madurez son menores de 10, y el intervalo de variación es estrecho; esto indica que casi todo el año se presentan hembras maduras, situación que se relaciona con el hecho de que el atún aleta amarilla es un desovador parcial.

En la Figura 11 se presenta el comportamiento de los valores del índice de madurez para hembras en cada zona. Se observa que en la boca del Golfo de California (zona 1) el valor más alto se presenta en mayo. En las Islas Revillagigedo (zona 2) se presenta en marzo y abril. En el Sur de México (zona 3) se detectan valores máximos en abril y en noviembre. Es posible que el segundo período de mayor madurez también se presente en las zonas 1 y 2, ya que en diciembre se encontraron hembras con bajo índice de madurez, indicando reciente actividad reproductiva; desafortunadamente no se contó con muestras para poder comprobarlo. En las zonas 4 y 5 (al Sureste y Sur de las Islas Revillagigedo), en el mes de octubre, se presentaron valores altos (34.63 y 37.39

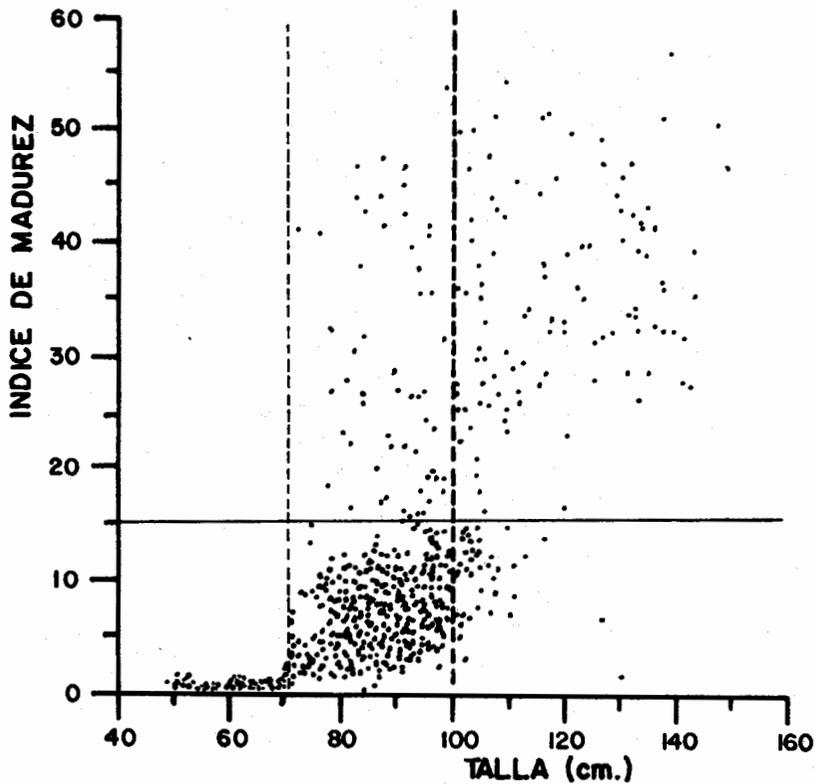


Figura 8. Diagrama de dispersión de la talla contra el índice de madurez de hembras e indiferenciados.

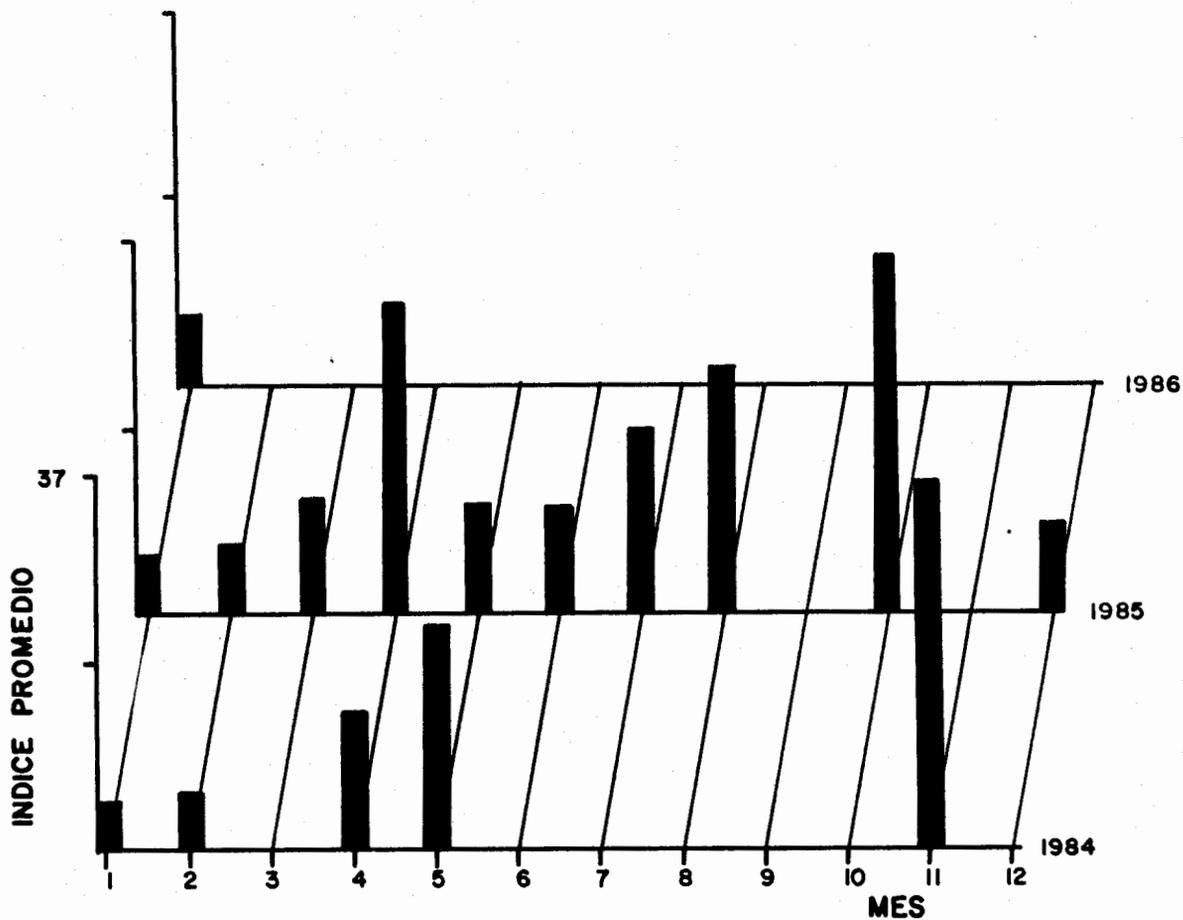


Figura 9. Promedio mensual del índice de madurez de hembras mayores de 70 cm.

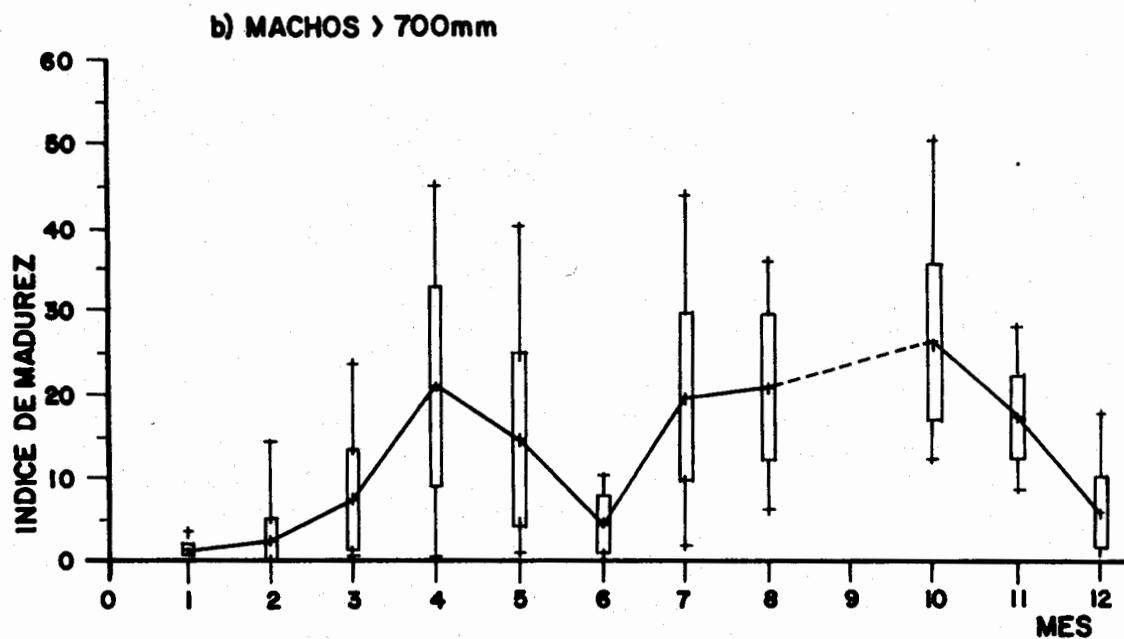
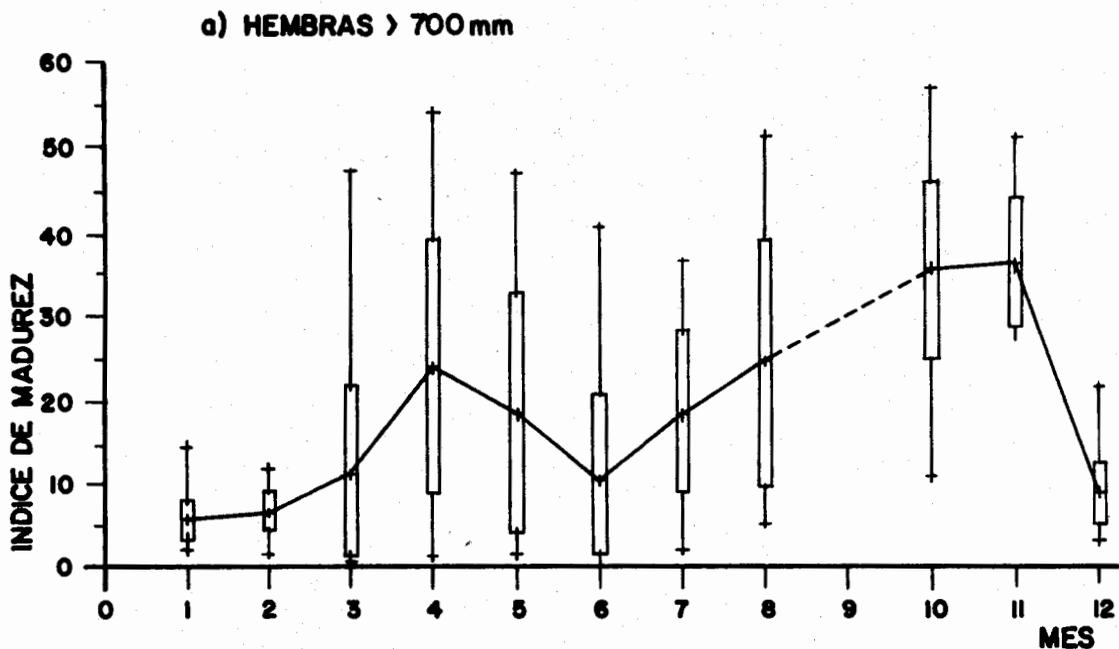


Figura 10. Promedio mensual, desviación estandar, máximo y mínimo del índice de madurez para hembras (a) y machos (b).

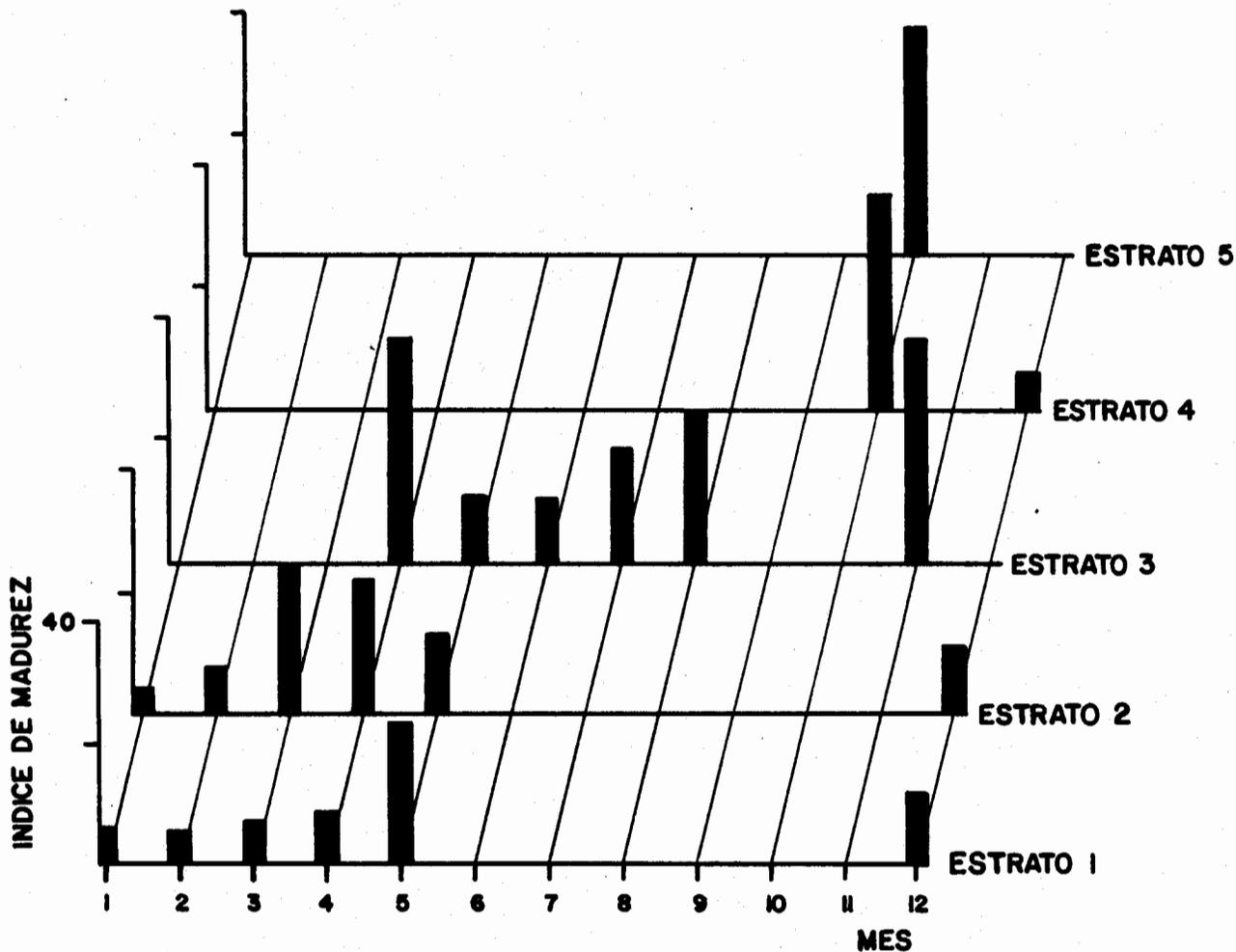


Figura 11. Promedio mensual del índice de madurez en cada estrato o zona geográfica. (1) boca del Golfo de California, (2) Islas Revillagigedo, (3) Sur de México, (4) Sureste de las Islas Revillagigedo, (5) Sur de las Islas Revillagigedo.

respectivamente), lo que significa que durante la segunda parte del año hay reproducción en aguas oceánicas y probablemente en la periferia de las Islas Revillagigedo. Se obtuvo una muestra de la zona 4 en el mes de diciembre con un valor promedio de índice bajo (6.46), similar a lo que ocurre en las zonas 1 y 2 en este mes.

En la Figura 12 se muestra la distribución de frecuencias relativas de los valores del índice de madurez gonadal de todas las hembras mayores de 70.0 cm de longitud. Se observa la presencia de tres grupos modales: el primero con valores de 0 a 17 unidades; el segundo de 17 a 37 y el último de 37 a 60. Considerando la relación entre los valores de índice calculados con gónadas en formol y en fresco, el valor de 37 corresponde a casi 40, dependiendo de la longitud del pez.

Tomando en cuenta el valor de 30 reportado por Knudsen (1977) y el de 40 reportado por Schaefer y Orange (1956) y por Joseph (1963), se puede decir que un índice de madurez mayor de 37 garantiza que los individuos están maduros. Los primeros dos grupos (de 0-17 y 17-37), son hembras en proceso de maduración y desovados que pueden estar en cualquiera de los dos grupos, según su desarrollo gonadal.

En la Figura 13 se muestra la distribución de frecuencias relativas del índice de madurez, por estadio de madurez macroscópica, en la cual se nota que los valores agrupados del índice por estadios de 0-3, de 4-5 y 6, muestran un traslape, posiblemente derivado de errores de apreciación al momento de asignar el estadio de madurez o relacionados con los desoves parciales y asincronía que presenta la especie.

En la Figura 14 se presenta la distribución mensual de los valores del índice de madurez de todas las hembras colectadas. Se detectan hembras maduras durante los meses de marzo a noviembre; el porcentaje más alto de hembras con valor de índice mayor a 37, ocurre en los períodos de abril a mayo y de agosto a noviembre. Aparentemente durante el primer período la intensidad y duración del proceso reproductivo es menor.

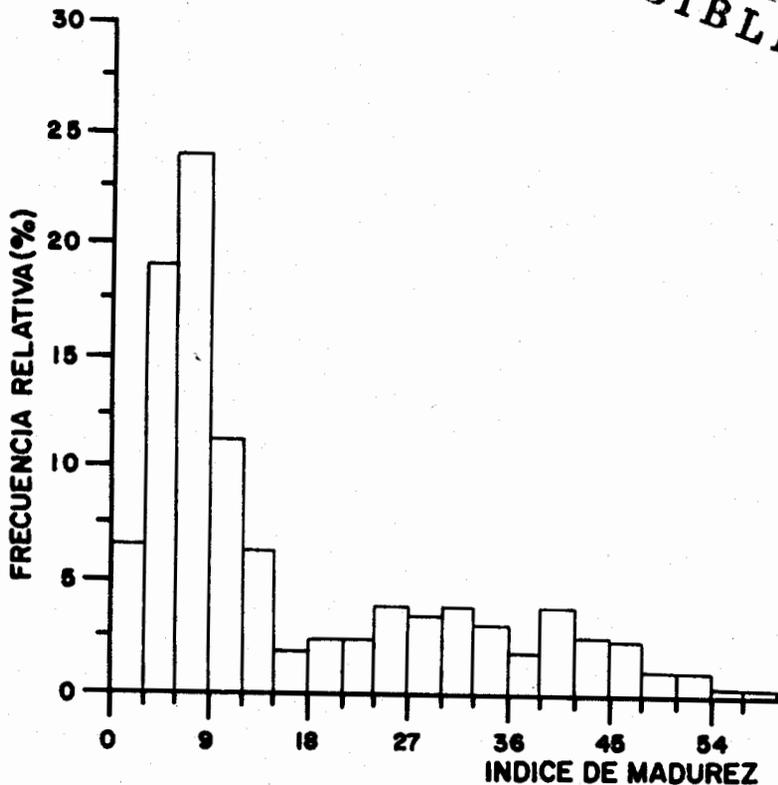


Figura 12. Distribución de frecuencias relativas del índice de madurez gonadal de las hembras mayores de 70 cm.

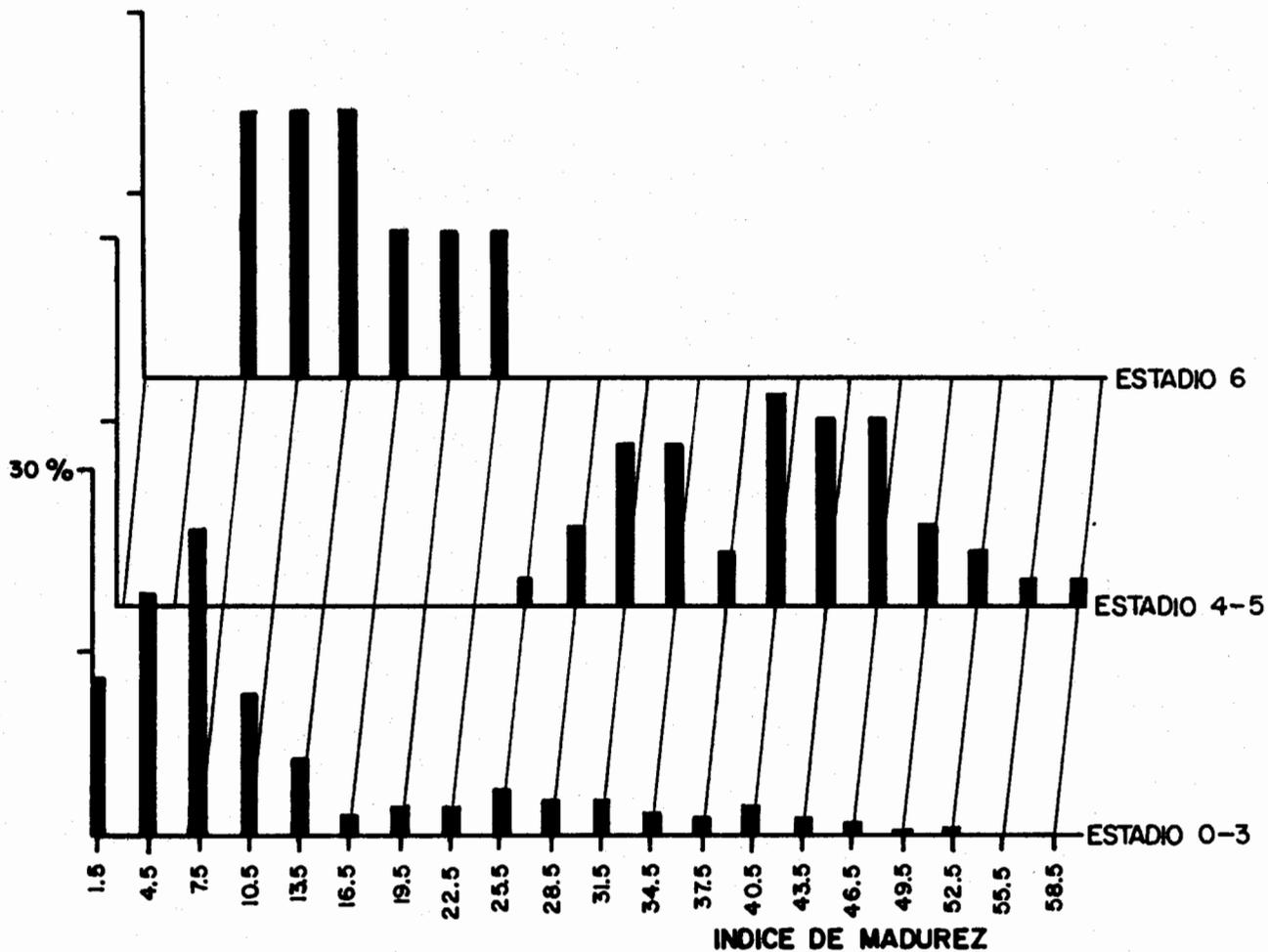


Figura 13. Distribución de frecuencias relativas del índice de madurez, por estadio de madurez macroscópico.

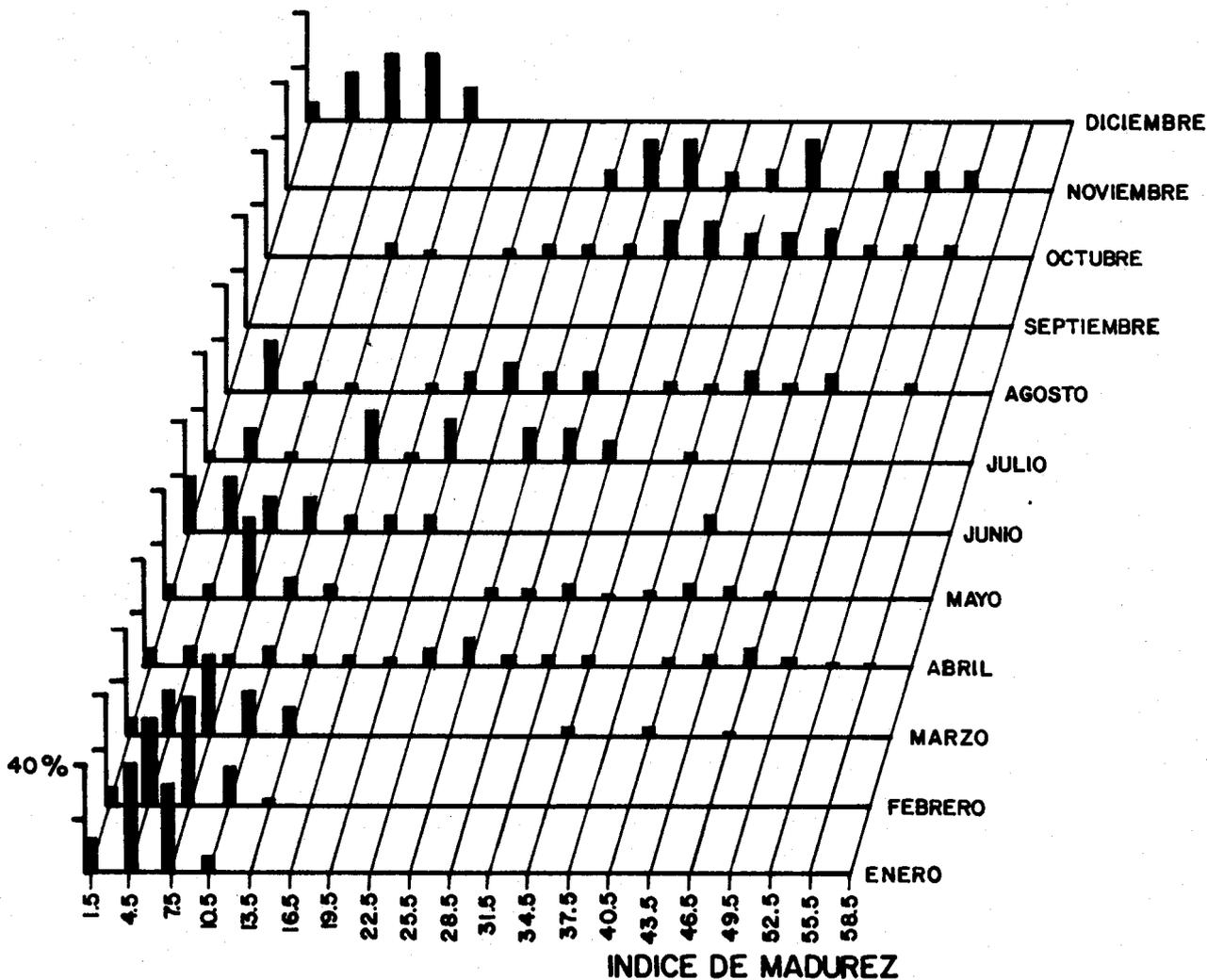


Figura 14. Distribución mensual de frecuencias relativas del índice de madurez de hembras mayores de 70 cm.

4.3 ANALISIS DE TALLAS

Utilizando los datos colectados de tallas (longitud furcal) de cada individuo, se calculó la frecuencia relativa para cada intervalo de talla de 50 mm. Se analizaron el total de individuos colectados y por sexos. En la Figura 15 se observa que las distribuciones de frecuencias relativas de longitud, son similares y que el mayor porcentaje de individuos midió entre 70 y 100 cm. Se detectan dos modas: 85-90 cm y 125-130 cm. El intervalo total incluye individuos desde 50 hasta 160 cm. El intervalo de tallas es más amplio para los machos que para las hembras.

En la Figura 16 se presenta la distribución mensual de frecuencias relativas de longitud de todos los individuos colectados. Se observa que aparentemente en los primeros 4 meses hay un desplazamiento del valor modal mensual desde los 80 hasta los 100 cm; en abril se detecta la presencia del 30 % de individuos mayores de 100 cm; en mayo se observa la presencia de dos grupos modales, el primero con 95 cm y el segundo con 130 cm, lo que posiblemente indica un reclutamiento al área de individuos entre 120 y 140 cm. Durante los meses de junio a agosto, nuevamente predominan los individuos menores de 100 cm, sin embargo en julio y agosto se observa la presencia de individuos entre 105 y 120 cm. En octubre se detectan 3 modas con valores de 80, 115 y 130 cm respectivamente; aparentemente el grupo modal más grande indica reclutamiento al área de individuos entre 130 y 140 cm. En noviembre predominan los individuos mayores de 100 cm, con una moda de 120 cm, y en diciembre nuevamente predominan hembras menores de 100 cm.

De lo anterior resulta que en un año se identifican dos temporadas en las que los individuos mayores de 100 cm están presentes en el área de estudio, una de marzo a mayo y otra de julio a noviembre.

En la Figura 17 se presenta la distribución de tallas de hembras por zona geográfica. Se observa que en las zonas 1, 2 y 3 predominan los individuos menores de 100 cm de longitud furcal. La presencia de individuos con longitud mayor de 100 cm fue más importante en las zonas 1 y 3 (Golfo de California y Sur de México), mientras que en las Islas Revillagigedo sólo el 9 % lo constituyeron hembras con estas características (Tabla 3). En las dos muestras colectadas de la zona 4, el 85 % fueron individuos menores de 100 cm y en la única muestra de la zona 5, el 94 % de los ejemplares presentaron tallas mayores de 100 cm.

En las Figuras 18, 19 y 20 se presenta la distribución de frecuencias de tallas de hembras por zona y mes. En el Golfo de California (zona 1) los individuos mayores de 100 cm, se capturaron principalmente durante abril y mayo; en mayo se colectaron los individuos más grandes, con una moda de 130 cm. En las Islas Revillagigedo (zona 2), en los meses de enero a marzo la tendencia a

incrementarse los valores modales es similar a las de la zona 1; en todos los meses muestreados predominaron los individuos menores de 100 cm. En el Sur de México (zona 3), en abril el 45 % de los individuos fueron mayores de 100 cm, en mayo y junio predominaron las hembras menores a 100 cm; en julio y agosto los porcentajes de individuos mayores de 100 cm tuvieron valores de 25 y 32 % respectivamente. En noviembre sólo se presentaron individuos con longitudes mayores a 100 cm.

En la zona 4 (Sureste de las Islas Revillagigedo) en el mes de octubre, las hembras menores de 100 cm de longitud constituyen el 69.23 % y en diciembre dominan totalmente. En la zona 5 (Sur de las Islas Revillagigedo), en octubre, el 93.75 % de las hembras medían más de 100 cm de longitud.

Tabla 3. Frecuencias relativas de tallas, para hembras mayores de 70 cm, por zona geográfica.

TALLA	Z O N A		
	1	2	3
cm			
70- 75	5.19	1.90	4.03
75- 80	6.60	6.67	8.06
80- 85	18.40	7.62	11.29
85- 90	21.70	28.57	2.42
90- 95	15.09	21.90	9.68
95-100	8.02	17.14	16.93
100-105	8.02	7.62	15.32
105-110	3.30	4.76	11.29
110-115	2.83	1.90	4.03
115-120	0.47	---	5.64
120-125	0.47	---	6.45
125-130	1.89	---	3.23
130-135	4.24	1.90	0.81
135-140	3.30	---	---
140-145	0.47	---	0.81

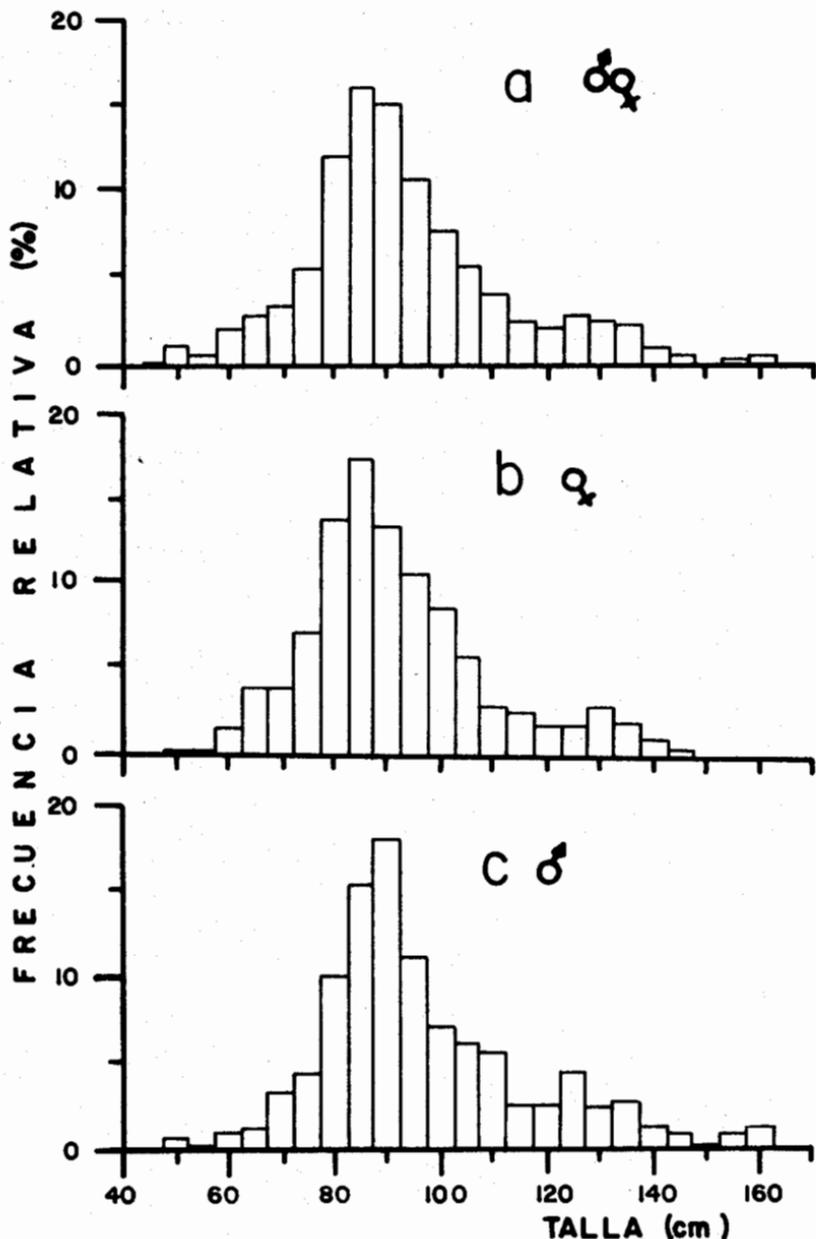


Figura 15. Distribución de frecuencias relativas de tallas. (a) Todos los organismos colectados en el período de estudio, (b) hembras y (c) machos.

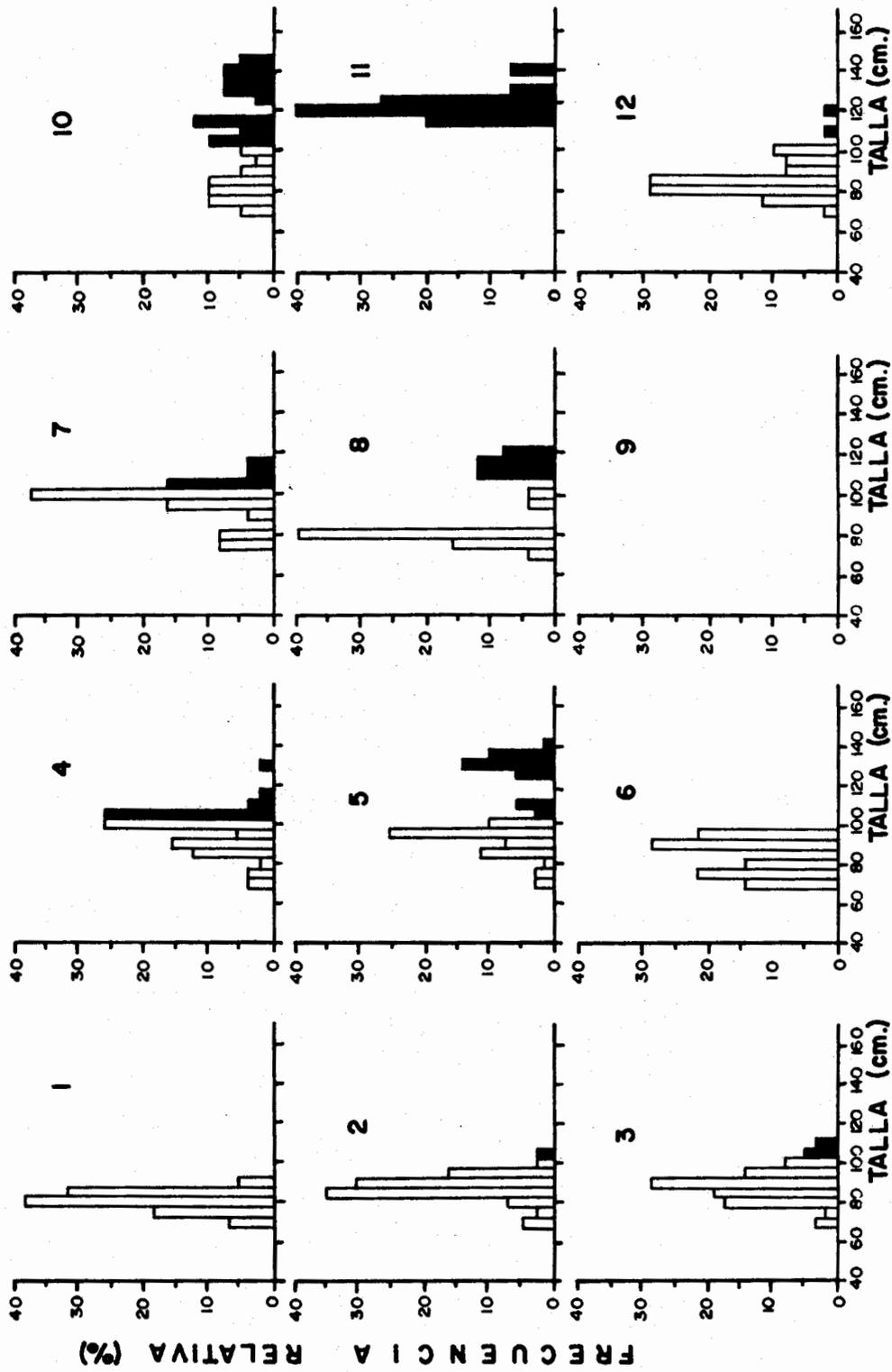


Figura 16. Distribución mensual de frecuencias relativas de
tallas de todos los organismos muestreados durante
el periodo de estudio.

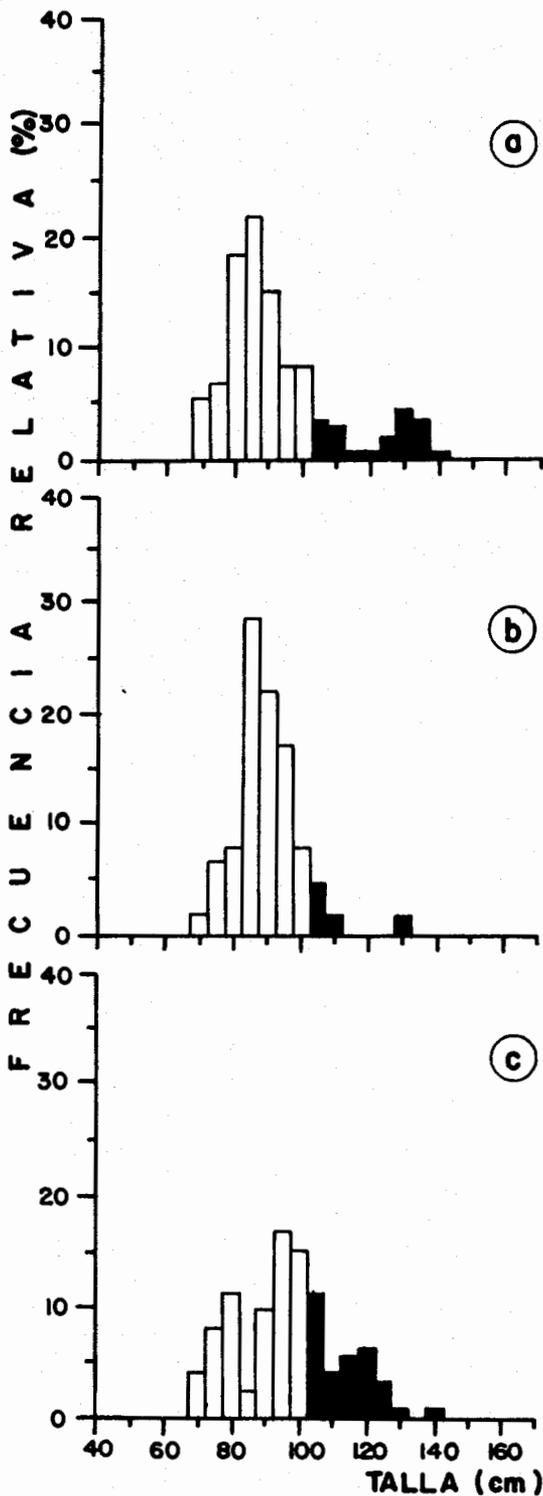


Figura 17. Distribución de frecuencias relativas de tallas de hembras. (a) Boca del Golfo de California, (b) Islas Revillagigedo y (c) Sur de México.

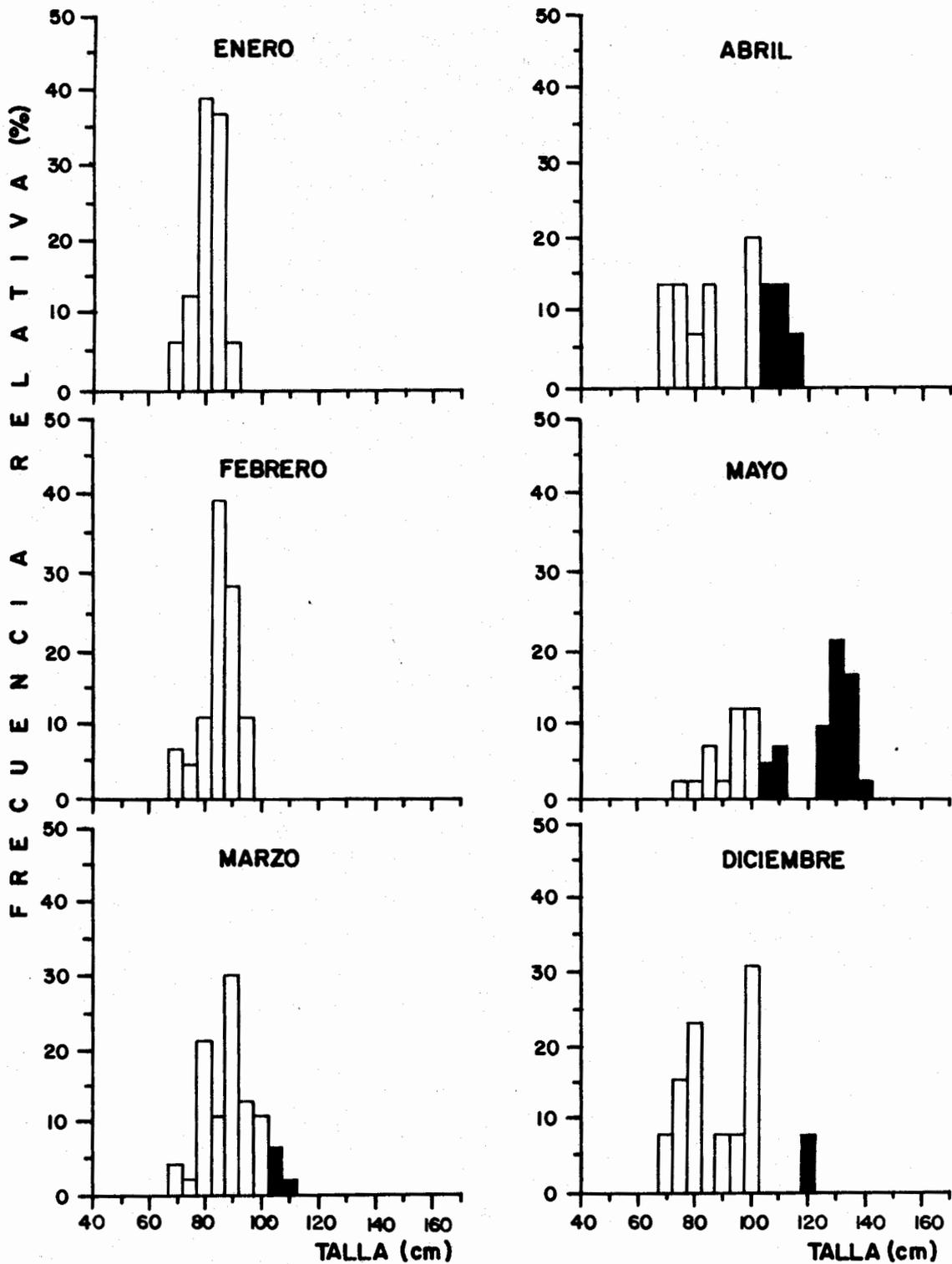


Figura 18. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de hembras muestreadas en la boca del Golfo de California.

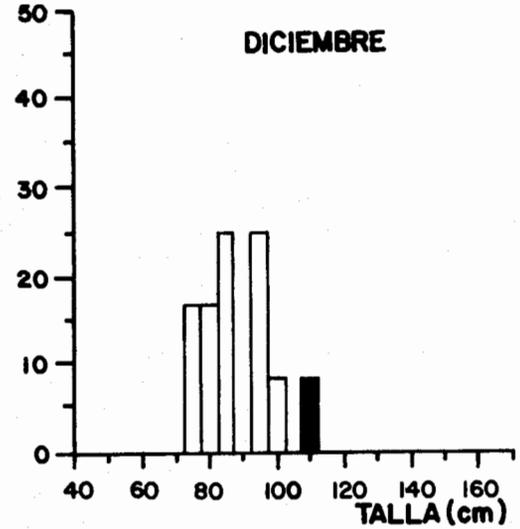
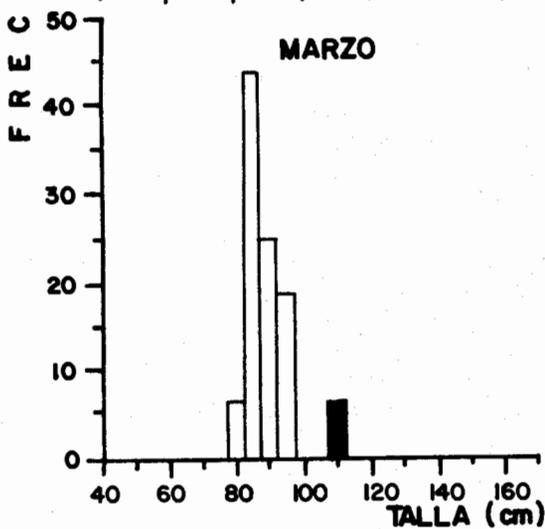
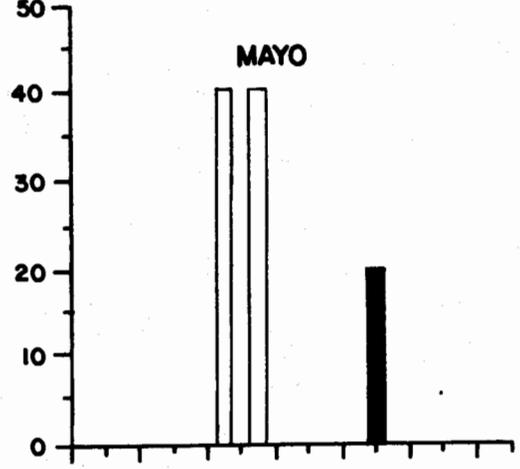
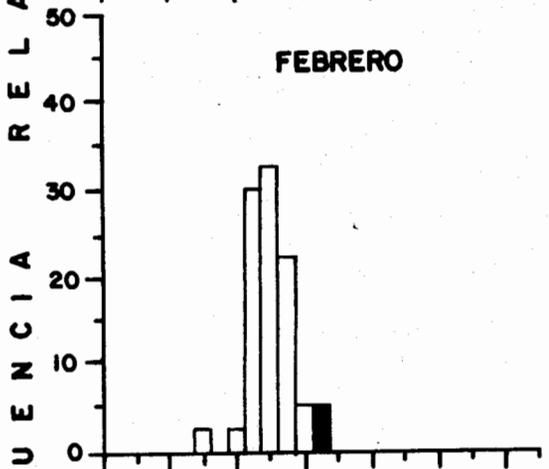
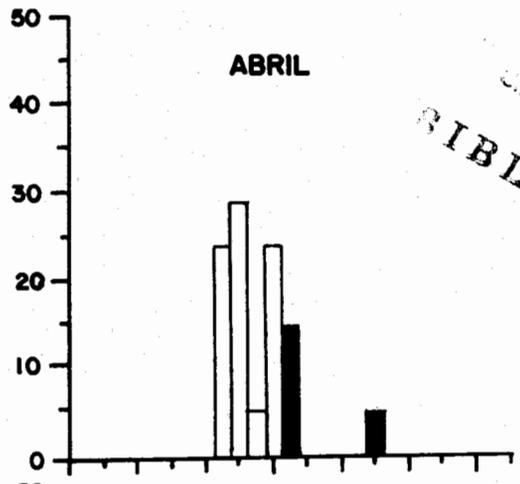
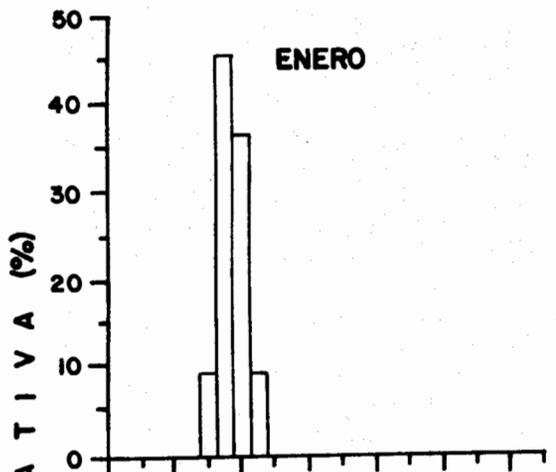


Figura 19. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de hembras muestreadas en las Islas Revillagigedo.

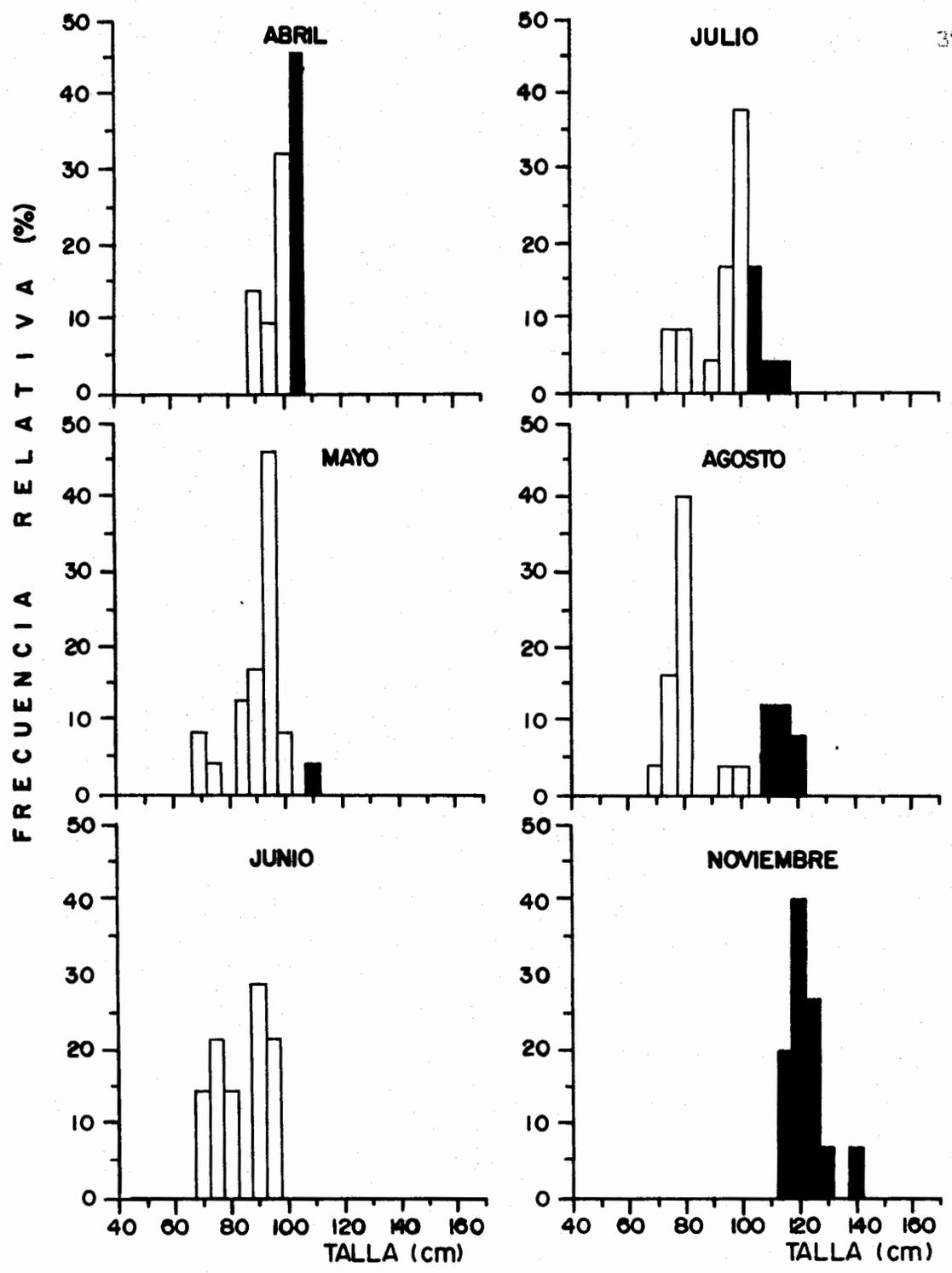


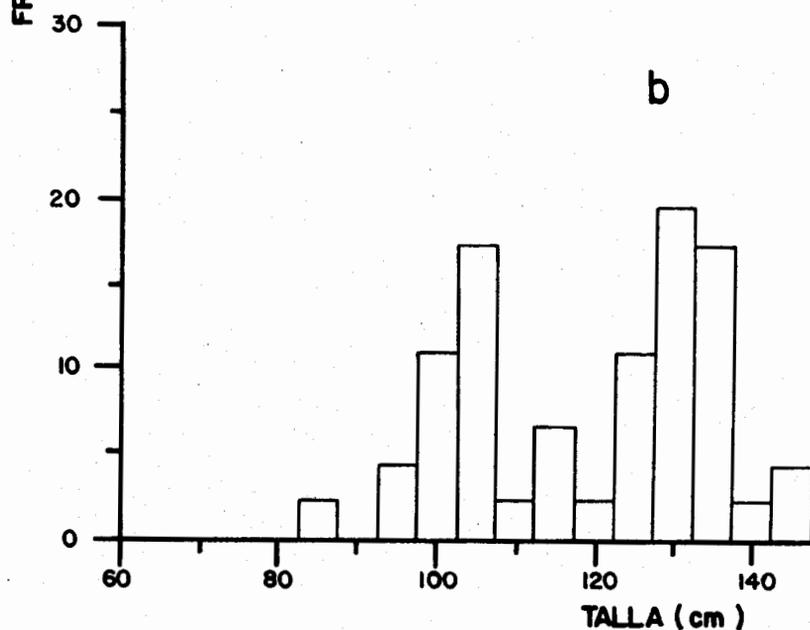
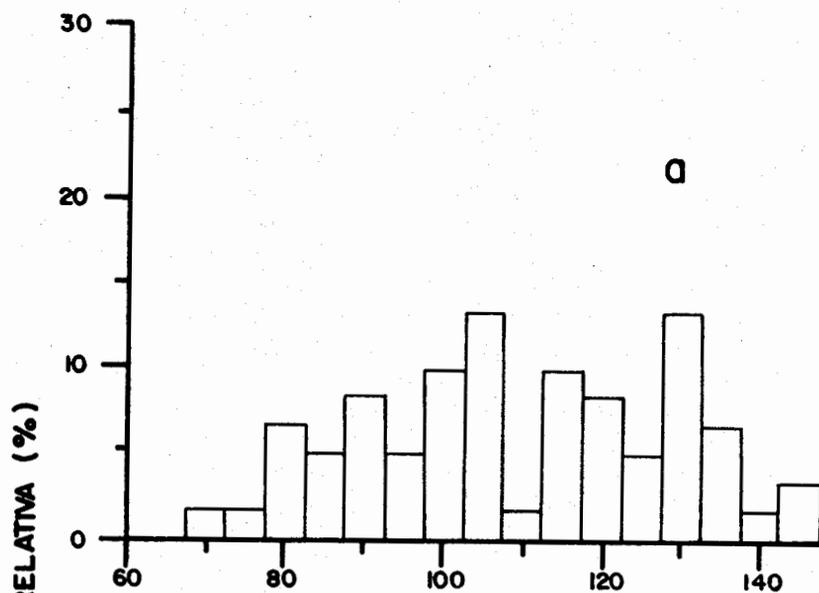
Figura 20. Distribución mensual de frecuencias relativas de tallas de bombas muestreadas en el Sur de México.

A fin de comparar las hembras maduras seleccionadas por la escala morfocromática de Orange (1961) y por el índice de madurez de Schaefer y Orange (1956), se elaboró la Figura 21, en la que se presentan las frecuencias relativas de las tallas de hembras con índice de madurez mayor de 37 (Fig. 21a), y las frecuencias de las hembras con estadio de madurez 4 (Fig 21b). Se observa que el intervalo de tallas va de 70 a 145 cm en la Figura 21a, mientras que en la 21b el intervalo es de 85 a 145 cm. También se nota que las dos gráficas muestran las mismas modas, a excepción de las tallas inferiores a 90 cm.

Las diferencias encontradas pueden relacionarse con la dificultad para diferenciar los estadios 3 y 4, ya que en esto influye los tamaños de las gónadas. Por otro lado, la selección de hembras con el índice de madurez, incluye hembras de tallas pequeñas que están maduras y que fueron excluidas por el otro método de selección.

Para determinar la talla de reclutamiento a la reproducción, se utilizaron las frecuencias relativas acumuladas de las hembras con índice de madurez mayor de 37 (Fig. 22). La talla de reclutamiento a la reproducción está alrededor de los 105 cm de longitud furcal, representando que, durante la época de reproducción, el 50 % de las hembras de esta talla están maduras.

El análisis de la relación entre proporción de sexos y talla del atún está basada en 1,057 especímenes con un intervalo de tallas de 49 a 163.7 cm. En la Figura 23 se muestra el porcentaje de hembras, machos e indiferenciados. El resultado del análisis de la proporción de sexos concuerda con lo reportado por Orange (1961); los organismos mayores de 70 cm de longitud tienen sexo definido; la proporción de sexos se mantiene 1:1, o moderadamente a favor de los machos, hasta una longitud de 120 cm, a partir de ésta, los machos exceden a las hembras. La razón del cambio en la proporción de sexos con la longitud del pez no ha sido aclarada, pero puede estar relacionado con un crecimiento o mortalidad diferencial, o con algún comportamiento relacionado con el sexo, que favorece la captura de machos (Schaefer y Orange, 1956). Wild (1986), se inclina a pensar que el cambio en la proporción se debe a un aumento en el índice de mortalidad natural de las hembras, estimando en 3.5 años (142.5 cm) el límite máximo de la longevidad de las hembras del atún aleta amarilla del Pacífico Oriental.



BIBLIOTECA

Figura 21. Frecuencias relativas de tallas. (a) Hembras con índice de madurez mayor de 37 y (b) hembras con estadio de madurez macroscópico 4.

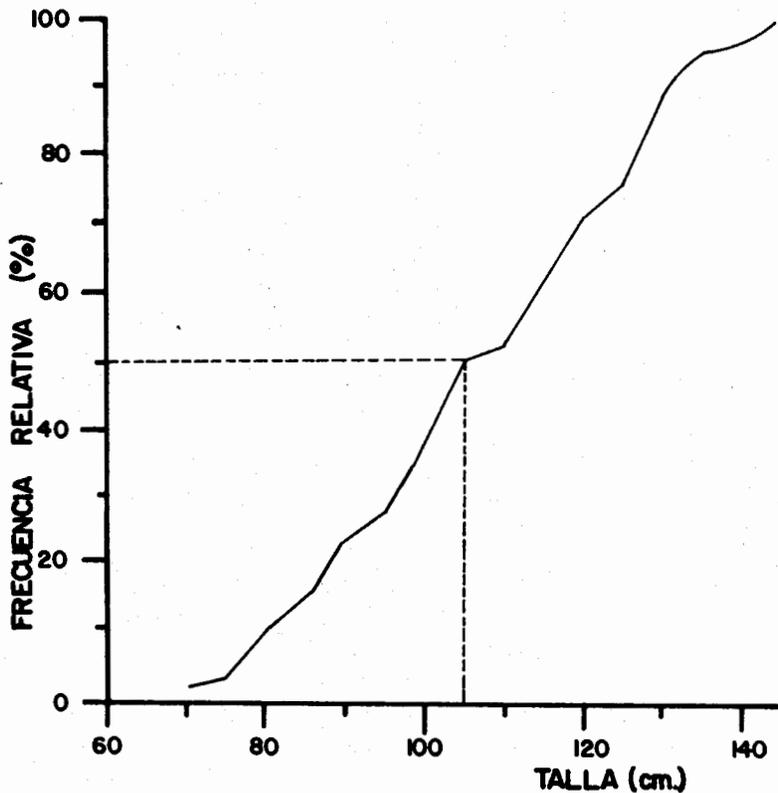


Figura 22. Frecuencias relativas acumuladas de tallas de hembras con índice de madurez mayor de 37.

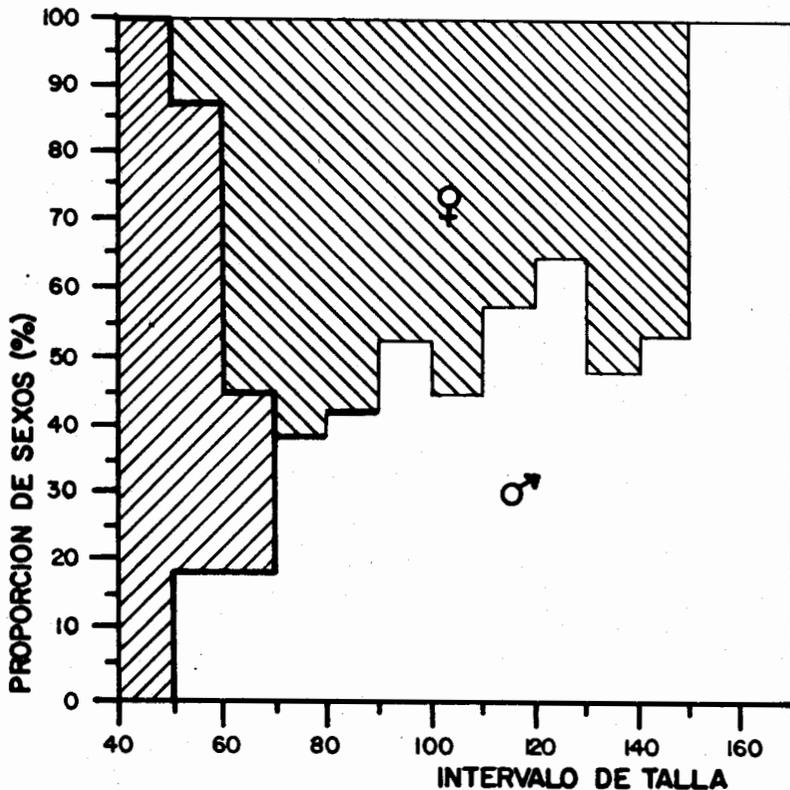


Figura 23. Porcentaje de hembras, machos e indiferenciados, por intervalos de talla de 10 cm.

4.4 DISTRIBUCION DE CAPTURAS Y TEMPERATURA SUPERFICIAL

En la Figura 24, se presenta la distribución de la captura mensual de la flota mexicana, en tres niveles de densidad, y la temperatura superficial promedio del mar de la primera quincena de cada mes de 1985. Se observa que las isoterms de 22 y 24 C se empiezan a desplazar hacia el Norte en el mes de abril, iniciándose el enfriamiento en el mes de noviembre, lo que implica que en la segunda mitad del año, las aguas del Pacífico mexicano son más calientes que en la primera mitad. En el Pacífico Suroriental sucede lo contrario: cuando en el Norte se inicia el enfriamiento o desplazamiento de las isoterms hacia el Sur, en el hemisferio Sur comienza el calentamiento de las aguas, por lo que en este hemisferio la primera parte del año es más caliente. Al observar la distribución mensual de capturas y la temperatura superficial, se nota que de mayo a octubre hay una tendencia del atún a concentrarse entre los 10-15 Norte y 95-110 Oeste, frente a la costa Sur de México, lo cual coincide con el período de calentamiento de las aguas de la parte Norte del Pacífico Ecuatorial y con el período de reproducción. También se observa que parte de atún que se encuentra en el interior y boca del Golfo de California durante enero y febrero, se desplaza hacia el norte por la costa Oeste de Baja California, siguiendo las isoterms de 18 y 20 C, regresando al Sur de Cabo San Lucas en diciembre.

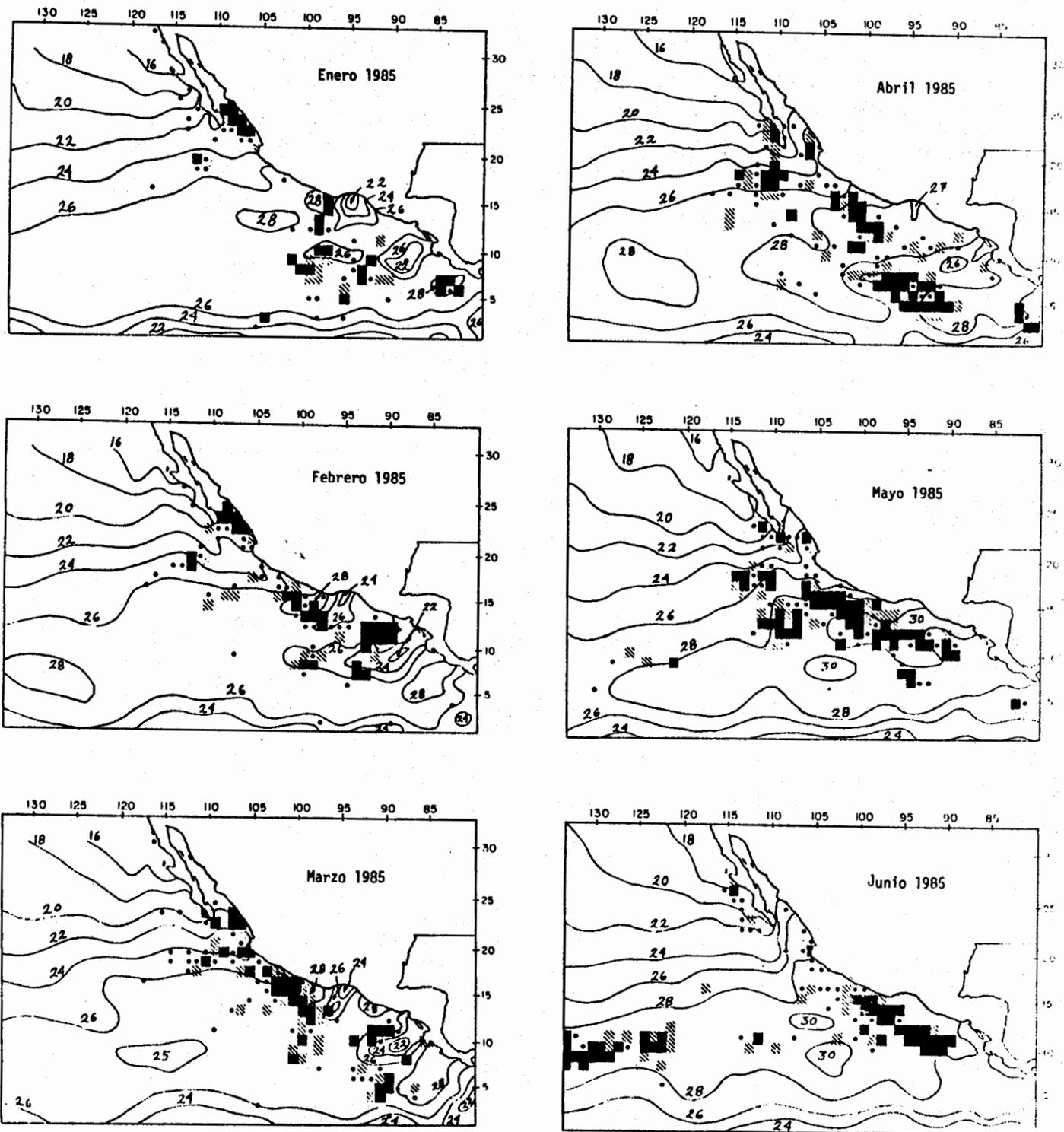


Figura 24. Distribución de capturas mensuales de 1985, con las isotermas promedio de la primera quincena de cada mes.

- Más del 0.5 % de la captura mensual.
- ▨ Entre el 0.2 y 0.5 % de la captura mensual.
- Lances de agua o capturas menores de 0.2 %.

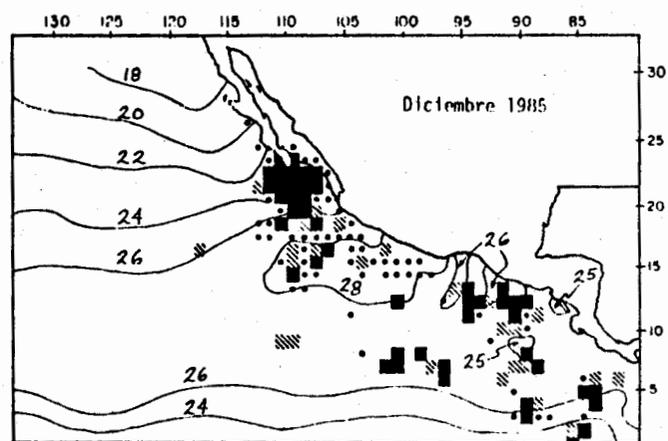
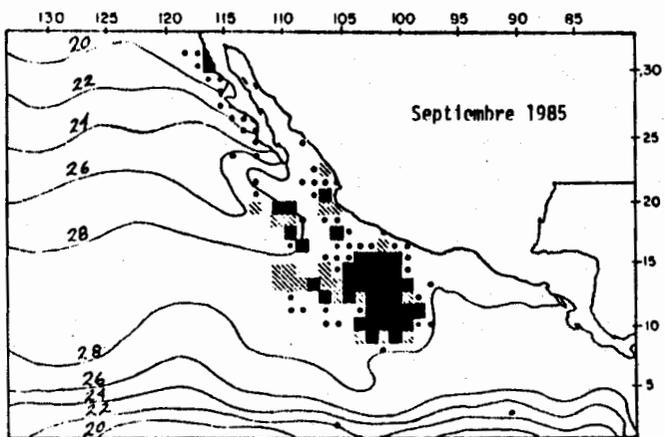
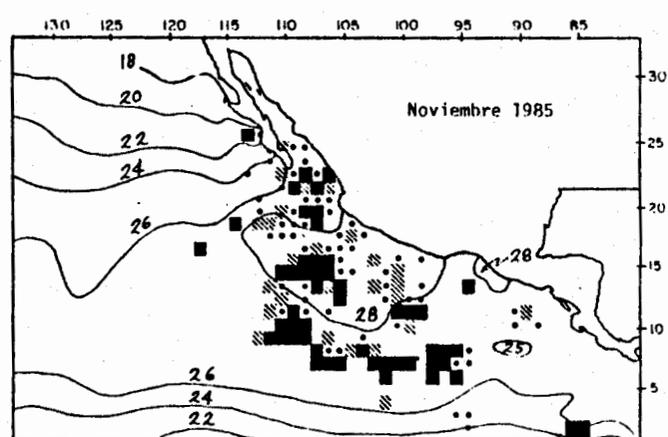
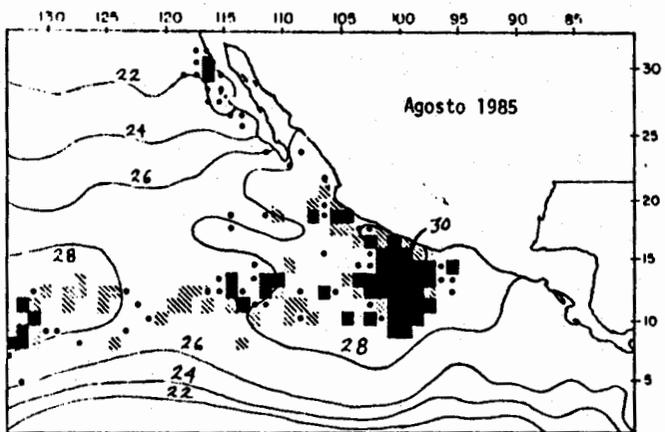
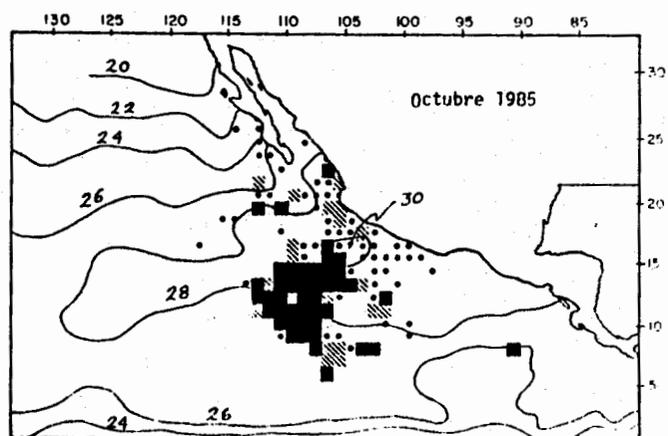
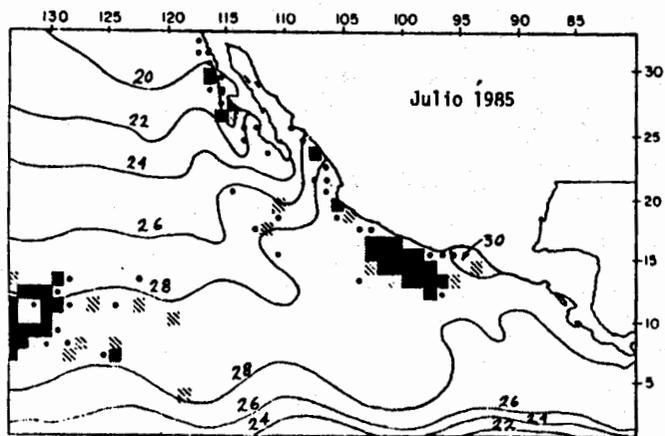


Figura 24. Continuación.

5 DISCUSION Y CONCLUSIONES

Observando los resultados del análisis del estadio de madurez del atún aleta amarilla, se notan dos períodos en los cuales se presentan hembras maduras (estadio 4); uno en abril-mayo y otro durante octubre-noviembre. El análisis mensual por zona muestra que en el Golfo de California las hembras maduras se presentan en mayo; en las Islas Revillagigedo en marzo y abril, y en el Sur de México en abril y noviembre. A pesar de que no se cuenta con información en los meses de junio a noviembre, para la boca del Golfo de California e Islas Revillagigedo, la presencia de hembras inmaduras y desovadas en el mes de diciembre en estas zonas, permite suponer que igual que el Sur de México, Sureste y Sur de las Islas Revillagigedo, se presenta actividad reproductiva a finales del año.

La escala de madurez sólo clasifica de una manera aproximada y subjetiva el desarrollo gonadal, y se incurre en algunos errores de apreciación al asignar los estadios de madurez, como es el caso de los estadios 5 y 6 que pueden ser confundidos con los estadios 2 y 3, o en algunos casos, los estadios 3 y 4, debido a las dimensiones de las gónadas. Estos errores pueden disminuir con el frecuente manejo de las gónadas, ya que los estadios 5 y 6 presentan flacidez y vascularización, que sólo es reconocida con la experiencia. Sin embargo, a pesar de la subjetividad de la escala de madurez, ésta permite revisar una gran cantidad de individuos en corto tiempo, identificando los meses y áreas de mayor actividad reproductiva.

Al comparar los resultados de la escala de madurez macroscópica y el índice de madurez, se observa el mismo comportamiento de reproducción. Sin embargo, el índice de madurez permite conocer con más precisión el grado de madurez sexual de los organismos. El índice es una medida objetiva que permite detectar hembras que están maduras, aunque la apariencia de sus gónadas no lo muestren claramente.

Schaefer y Orange (1956) encontraron alta correlación entre el índice que proponen y el diámetro modal de los ovocitos intraovarios más grandes, lo que permite afirmar que el índice es un método confiable para identificar las hembras maduras. Sin embargo, debido a que una hembra puede desovar intermitentemente (Joseph, 1963; Anónimo, 1987), el índice de madurez tiene una amplia variación en los organismos postreproductores (Knudsen, 1977), lo que produce una mayor amplitud entre el valor máximo y mínimo del índice de madurez cuando se presenta un incremento en la actividad reproductiva. Esto aumenta la dificultad para diferenciar los organismos desovados de los que están madurando. Sin embargo, el análisis de la distribución de frecuencias de valores de índice, permite concluir que un índice mayor de 37 garantiza que las hembras están maduras. Este valor equivale a casi 40 si hubiera sido estimado con gónadas en fresco, como lo hicieron otros autores. Joseph (1963) considera que las hembras pueden estar desovando cuando el índice es mayor de 32. Knudsen (1977) relaciona los valores del índice con las características morfológicas de los ovocitos y concluye que un valor de

30 o mayor indica desove inminente.

El atún aleta amarilla es una especie que puede desovar en cualquier época del año (Orange, 1961; Klawe, 1963; y Knudsen, 1977); sin embargo, en el Pacífico mexicano, sólo se encontraron hembras maduras en los meses cálidos de marzo a noviembre, mostrando dos máximos de reproducción: uno en abril-mayo y otro en octubre-noviembre. Knudsen (1977) reporta la presencia de por lo menos dos máximos de reproducción al año, que varían en duración y fecha de ocurrencia de un año a otro. Klawe et al. (1970) mediante colecta de larvas de atún aleta amarilla en la boca del Golfo de California, supone que ocurren dos máximos de desove, uno en primavera y otro en otoño. Por otro lado, el análisis de tallas del atún aleta amarilla del Pacífico Oriental muestra dos cohortes anuales (Hennemuth, 1961; Davidoff, 1963) que pueden tener relación con los dos periodos detectados de mayor actividad reproductiva.

Se identificaron dos temporadas en las que se encuentran individuos mayores de 100 cm en el área de estudio, una de marzo a mayo y otra de julio a noviembre, coincidiendo con las temporadas de marzo a mayo y de agosto a noviembre cuando los valores de índice de madurez son altos. Esta relación también se encontró entre la estructura mensual de las tallas por zona y el índice de madurez. Lo anterior indica que cuando se presentan hembras de talla mayor de 100 cm, se presenta un incremento en los valores promedio del índice de madurez, y permite suponer que los individuos relativamente grandes contribuyen de manera significativa en la reproducción de la población.

Shingu et al. (1974), con base en estudios del índice de madurez, reportan para el Pacífico Oriental del Sur, que la reproducción es más importante en la primera parte del año y que la isoterma superficial de 24 C parece ser un indicador, bastante bueno, de los límites Norte y Sur del área de reproducción. Klawe et al. (1970) encuentran que en el Pacífico Oriental del Norte, las larvas de atún aleta amarilla se distribuyen en temperaturas superficiales superiores a 24 C, por lo que es posible que en el Pacífico mexicano la reproducción se lleve a cabo en aguas con temperatura superficial superior a ésta, igual que en el Pacífico Oriental del Sur.

Las áreas y períodos de reproducción cambian según la latitud; aparentemente estas variaciones tienen que ver con los procesos relacionados con el calentamiento y enfriamiento de las aguas superficiales del Pacífico Oriental. Los resultados de esta tesis muestran que la reproducción en el Pacífico mexicano ocurre de marzo a noviembre, temporada en la que la temperatura superficial es mayor de 24 C. Orange (1961) encontró que la reproducción frente a las costas de América Central, Colombia, Ecuador, y las Islas Galápagos y Cocos, se efectúa de diciembre a marzo, época en que la temperatura de la zona ecuatorial se incrementa y en consecuencia las condiciones son más propicias para la reproducción del atún aleta amarilla.

En el caso específico del área de estudio, se nota un

desfasamiento de un mes entre el máximo de reproducción de primavera de la boca del Golfo de California, que ocurre en mayo, con respecto al de las Islas Revillagigedo y Sur de México, que ocurre en marzo-abril. Posiblemente esto se deba a que de enero a abril la temperatura superficial de la boca del Golfo de California esté por debajo de los 24 C, indicando condiciones no propicias para la reproducción.

En cuanto a las zonas de reproducción del atún aleta amarilla en el Pacífico mexicano, los trabajos de Schaefer y Orange (1956), Orange (1961) y Knudsen (1977), aunque no son específicos para las aguas mexicanas, mencionan que la costa Sur de México es una importante zona de reproducción. Los resultados de esta tesis reflejan que la reproducción se efectúa en la boca del Golfo de California, las Islas Revillagigedo y también en una gran área frente a las costas del Sur de México. Esto coincide con la distribución de larvas y juveniles en el Océano Pacífico Oriental (Klawe, 1963).

En los mapas de distribución mensual de captura, se observa que parte del atún aleta amarilla que se encuentra en el Golfo de California, comienza a desplazarse en marzo hacia Cabo San Lucas y luego hacia el Norte por la costa Oeste de Baja California, regresando al Sur en diciembre, mientras que otros individuos presentan movimientos hacia el Sur de México. Parte de este comportamiento lo menciona Fink y Bayliff (1970) y Gómez y Tripp (comunicación personal, CICIMAR, 1988).

Durante abril y mayo, cuando se detecta el primer máximo de reproducción, predominan en el Norte del Pacífico mexicano individuos con tallas entre 45 y 75 cm (Fink y Bayliff, 1970; González-Ramírez y Quiñónes-Velazquez, 1986), que en su mayoría son inmaduros. Esto, asociado con el hecho de que en esta zona la temperatura superficial sobrepasa los 24 C solo en tres o cuatro meses del año, permite suponer que la actividad reproductiva que se efectúa en ella es relativamente baja, lo que coincide con las observaciones de Orange (1961).

Probablemente el Norte del Pacífico mexicano constituya una zona para alimentación y crecimiento de atunes jóvenes, ya que en ella se presentan grandes volúmenes de langostilla (Pleuromcodes planipes), una de las presas más comunes de la especie (Blackburn, 1970; Fink y Bayliff, 1970). Además, Galván (Comunicación personal, CICIMAR, 1988) encontró que en esta zona la dieta del aleta amarilla también incluye especies de sardina y anchoveta en proporciones importantes.

Los mapas de distribución mensual de captura y temperatura superficial muestran que de mayo a octubre hay una tendencia del atún aleta amarilla a concentrarse frente a la costa Sur de México. En octubre se presenta la mayor concentración, coincidiendo con el fin del período cálido y la presencia del segundo máximo de actividad reproductiva de la especie. En este período predominan los individuos mayores de 90 cm, que en su mayoría sobrepasan la talla de reclutamiento a la reproducción (105 cm) y los valores promedio mensuales del índice de madurez son más altos. Estas observaciones permiten concluir que en la

segunda parte del año hay una mayor actividad reproductiva y que la zona Sur de México es la más importante en lo que se refiere a la reproducción del atún aleta amarilla en el Pacífico mexicano.

Las consideraciones expuestas, son el resultado de la integración de datos de captura, temperatura superficial y distribución de tallas, y de los resultados de otros autores que abordaron el tema de la reproducción mediante la distribución de larvas y juveniles y el análisis macroscópico de gónadas. El análisis de los datos de madurez gonadal, resulta parcial por la ausencia de información en algunos meses, pero esto es debido a lo complicado que es el muestreo biológico de una especie migratoria, de gran tamaño y a la dependencia de la flota comercial para realizar los muestreos. Esta dependencia no permite realizar muestreos sistemáticos en áreas y tiempos preestablecidos, limitando las investigaciones y generando resultados parciales. Sin embargo, las conclusiones obtenidas están apoyadas por los antecedentes y aportan una idea más clara del comportamiento reproductivo del atún aleta amarilla en el Pacífico mexicano.

6 LITERATURA CITADA

- ANONIMO, 1980. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1979. 227 pp.
- ANONIMO, 1981. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1980. 234 pp.
- ANONIMO, 1982. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1981. 303 pp.
- ANONIMO, 1983. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1982. 294 pp.
- ANONIMO, 1984. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1983. 272 pp.
- ANONIMO, 1985. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1984. 270 pp.
- ANONIMO, 1986. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1985. 248 pp.
- ANONIMO, 1987. Anual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1986. 264 pp.
- BAYLIFF, W. H., 1979. Migrations of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean as determined from tagging experiments initiated during 1968-1974. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17(6): 445-506.
- BAYLIFF, W. H., 1980. Sinopsis of biological data on the Northern Bluefin Tuna, Thunnus thynnus (Linnaeus, 1758), in the Pacific Ocean. In: Bayliff, W. H. (Ed.), Synopsis of biological data on eight species of scombrids. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spe., Rep. No. 2: 261-293.
- BAYLIFF, W. H., 1982. Analysis of population structure of fishes from life-history data. IATTC. Symp/82/4(Rev.): 776-791.
- BLACKBURN, M., 1965. Oceanography and the ecology of tunas. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 3: 299-322.
- BLACKBURN, M., 1970. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 68(1): 147-176.
- BROADHEAD, G. C., 1959. Morphometric comparisons among Yellowfin tuna, Neothunnus macropterus, from the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 3(8): 353-391.

CALKINS, T. P., 1975. Geographic distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and total catch statistics, 1971-1974. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17(1): 1-116.

CALKINS, T. P., and B. M. CHATWIN., 1967. Geographic distribution of yellowfin tuna and skipjack catches in the eastern Pacific Ocean, by quarters of the year, 1963-1966. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 12(6): 433-508.

CALKINS, T. P., and B. M. CHATWIN., 1971. Geographic catch distribution of yellowfin tuna and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970, and fleet and total catch statistics, 1962-1970. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15(3): 283-377.

CARLES-MARTIN, C. A., 1971. Características Biológico-pesqueras del bonito (Katsuwonus pelamis) y de la albacora (Thunnus atlanticus) en la costa Nororiental de Cuba. I.N.P. Cuba, No. 32, 51 p.

CASTRO-ORTIZ, J. L., y C. QUINONEZ-VELAZQUEZ., 1987. Hidrografía y el atún aleta amarilla Thunnus albacares en el Océano Pacífico Oriental. In: Ramírez-Rodríguez M. (Ed.), Memorias simposium sobre investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México, La Paz, B. C. S., del 28 al 30 de abril, 1987. CONACYT-IPN., 21-34.

COLE, J. S., 1980. Synopsis of biological data on the yellowfin tuna Thunnus albacares, from the Pacific Ocean. In: Bayliff, W. H. (Ed.), Synopsis of biological data on eight species of scombrids. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spe. Rep. No. 2: 71-150.

DAVIDOF, E. B., 1963. Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, 1951-1961. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 8(4): 199-251.

DAVIS, D. H., 1956. The South African Pichard (Sardinops acellata) sexual maturity and reproduction, 1950-59. Div. of Fish. Invest., Union of South Africa. Rep. No. 22: 1-155.

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. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 15(1): 1-227.

FORSBERGH, E. D., 1980. Synopsis of biological data on the skipjack tuna, Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758), in the Pacific Ocean. In: Bayliff, W. H. (Ed.), Synopsis of biological data on eight species of scombrids. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spe. Rep. No. 2: 295-360.

GONZALEZ-RAMIREZ, P. G., y C. QUINONEZ-VELAZQUEZ., 1986. Composición por tallas de la captura de atún aleta amarilla Thunnus albacares en el Pacífico Oriental Mexicano. In: Memorias del Primer Taller del Comité Técnico Consultivo del Atún y Picudos del Pacífico, Ensenada, B.C., 9 de abril 1986. Inst. Nac. Pesca, CRIP, Ensenada. Doc.Tec.Inf.No. 2: 25-35.

HENNEMUTH, R. C., 1961. Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 5(1): 1-112.

HUNTER, J. R., and S. R. GOLDBERG., 1980. Spawning incidence and batch fecundity in Northern Anchovy, Engraulis mordax. Fish. Bull., 77(3): 641-656.

HUNTER, J. R., and B. J. MACEWICZ., 1980. Sexual maturity, batch fecundity spawning frequency and temporal pattern of spawning season. CalCOFI Rep. No. 21: 139-149.

JOSEPH, J., 1963. Fecundidad del atún aleta amarilla (Thunnus albacares) y barrilete (Katsuwonus pelamis) del Océano Pacífico Oriental. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 7(4): 278-292.

JOSEPH, J., F. G. ALVERSON, B. D. FINK, and E. B. DAVIDOFF., 1964. A review of the population structure of yellowfin tuna, Thunnus albacares, in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 9(2): 53-112.

KLAWE, W. L., 1963. Observaciones sobre el desove de cuatro especies de atún (Neothunnus macropterus, Katsuwonus pelamis, Auxis thazard y Euthynnus lineatus) en el Océano Pacífico Oriental, basadas en la distribución de sus larvas y juveniles. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 6(9): 447-540.

KLAWE, W. L., 1979. Tunas y Atunes. Técnica Pesquera. 12(138): 37-39.

KLAWE, W. L., 1980. Classification of tunas, mackerels, billfishes, and related species, and their geographical distribution. In: Bayliff W. H. (Ed.), Synopsis of biological data on eight species of scombrids. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spe. Rep. No. 2: 5-16.

KLAWE, W. L., J. J. PELLA, and W. S. LEET., 1970. The distribution, abundance and ecology of larval tunas from the entrance to the Gulf of California. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 14(4): 507-544.

KNUDSEN, P. F., 1977. Desove del atún aleta amarilla y discriminación de las subpoblaciones. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17(2): 117-169.

MacGREGOR, J., 1957. Fecundity of the pacific sardine (Sardinops caerulea). Fish. Bull., 5(121): 424-449.

MUHLIA-MELO, A. F., 1980. Synopsis of biological data on the Black Skipjack tuna, Euthynnus lineatus kishinouye, 1920. In: Bayliff W. H. (Ed.), Synopsis of biological data on eight species of scombrids. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spe. Rep. No. 2: 361-395

ORANGE, C. J., 1961. Desove de los atunes aleta amarilla y barrilete en el Pacífico Oriental Tropical, según los estudios del desarrollo de las gónadas. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 5(6): 503-526.

QUINONEZ-VELAZQUEZ, C., y V. M. GOMEZ-MUNOZ., 1986. El éxito de la pesca como un índice de abundancia de atún en el Pacífico Oriental Mexicano, período 1975-1984. Inv. Mar. CICIMAR, 3(1): 1-11

QUINONEZ-VELAZQUEZ, C., V. M. GOMEZ-MUNOZ, A. TRIPP-QUEZADA, F. GALVAN-MAGANA, P. G. GONZALEZ-RAMIREZ, y R. GLUYAS-MILLAN., 1985. Distribución geográfica de la pesca de atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Mexicano. Atlas CICIMAR No. 4, Septiembre 1985: 1-28.

QUINONEZ-VELAZQUEZ, C., V. M. GOMEZ-MUNOZ, A. TRIPP-QUEZADA, F. GALVAN-MAGANA, P. G. GONZALEZ-RAMIREZ, y R. GLUYAS-MILLAN., 1986. Distribución geográfica de la pesca de atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Mexicano. In: Memorias del Primer taller del Comité Técnico Consultivo del Atún y Picudos del Pacífico, Ensenada, B. C., 9 de abril 1986. Inst. Nac. Pesca, CRIP Ensenada. Doc. Tec. Inf. No. 2: 25-35.

SCHAEFER, K. M., 1983. Reproductive biology of the Black Skipjack: A progress report. In: Olson, R. J. (Ed.), Proceedings of the 34 th. Annual Tuna Conference, Lake Arrowhead, California, May 15-18, 1983. IATTC: 1-38

SCHAEFER, K. M., y C. J. ORANGE., 1956. Estudios mediante el examen de gónadas, del desarrollo sexual y desove del atún aleta amarilla Neothunnus macropterus y del barrilete Katsuwonuwonus pelamis, en tres regiones del Pacífico Oriental. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 1(6): 321-349.

SHINGU, S., P. K. TOMLINSON, and C. 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.

SUDA, A., and M. B. SCHAEFER., 1965. Size-composition of catches of yellowfin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific east of 130 W. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 10(4): 265-331.

SENIO INTERDISCIPLINARIO
CIENCIAS MARINAS
I. P. N.
BIBLIOTECA

SUZUKI, Z., P. K. TOMLINSON, and M. HOMMA., 1978. Population structure of Pacific yellowfin tuna. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17(5): 273-441.

TORRES-VILLEGAS, J. R., 1986. Evaluación de la biomasa reproductora de Sardinops sagax por el método de huevos, en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. Octubre de 1986: 88 pp.

WILD, A., 1986. Growth of yellowfin tuna, Thunnus albacares, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 18(6): 423-482.

YOSHIDA, H. O., 1980. La biología y recursos de los bonitos, genero Sarda. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 11: 313-154.