

**REPRODUCCION, EDAD Y TALLA DE PRIMERA MADUREZ
DE LA MACARELA *Scomber japonicus* (HOULTUYN, 1872)
EN BAHIA VIZCAINO**

**REPRODUCTION, AGE AND LENGTH OF FIRST MATURITY OF
PACIFIC MACKEREL *Scomber japonicus* (HOULTUYN, 1872) IN
VIZCAINO BAY**

María Georgina Gluyas-Millán

Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz
Instituto Nacional de La Pesca
Carretera a Pichilingue km 1 s/n
La Paz, Baja California Sur, México.

Recibido en junio de 1993; aceptado en junio de 1994

RESUMEN

El periodo reproductivo, edad y talla de primera madurez de *Scomber japonicus* fueron determinados a partir de 820 ejemplares de 173 a 383 mm de longitud estándar, tomados mensualmente de la captura comercial de barcos cerqueros en bahía Vizcaíno, de 1984 a 1986. Las observaciones macroscópicas de las gónadas indicaron un periodo de reproducción anual, de abril a agosto con un máximo en junio. Dos factores de condición y la proporción mensual de crecimiento en peso por edad variaron a la vez que el periodo de reproducción. La edad fue determinada en otolitos. La talla y edad de primera madurez fueron 293 mm de longitud estándar y 4.3 años, respectivamente. Una proporción importante de hembras maduras de cuatro años y mayores sugiere que estas edades contribuyen de manera significativa a la biomasa reproductora.

Palabras clave: *Scomber japonicus*, reproducción, edad, talla, bahía Vizcaíno.

ABSTRACT

The spawning period, length and age at first maturity of *Scomber japonicus* were determined from fish measuring 173 to 383 mm, sampled monthly from commercial purse-seine catches in Vizcaíno Bay from 1984 to 1986. Macroscopic observations of the gonads indicate an annual spawning period from April to August with a maximum in June. Two condition factors and the monthly growth rate in weight per age varied with the spawning period. Otoliths were used to determine age. Length and age at first maturity were 293 mm standard length and 4.3 years, respectively. An important proportion of four-year-old and older mature females suggests that these ages contribute significantly to the spawning biomass.

Key words: *Scomber japonicus*, reproduction, age, length, Vizcaíno Bay.

INTRODUCCION

La macarela *Scomber japonicus* es un pez pelágico nerítico que forma cardúmenes y se captura con embarcaciones cerqueras, en las

INTRODUCTION

The Pacific mackerel *Scomber japonicus* is a pelagic neritic school forming fish caught by purse-seiners in the same fishing operations

mismas faenas de pesca que la sardina y la anchoveta. En el Pacífico nororiental, se distribuye desde Alaska hasta bahía Banderas y en el interior del golfo de California (Schaefer, 1981). Las zonas de pesca en México corresponden a Ensenada, bahía Vizcaíno, bahía Magdalena y la porción norte del golfo de California. En bahía Vizcaíno la macarela se captura durante todo el año; la captura por viaje es variable pero en general es mayor en verano y otoño. En 1982 la captura de macarela predominó con respecto a la de sardina: 3,450 t de macarela *versus* 2,600 t de sardina (Gluyas-Millán, 1990).

La reproducción de *S. japonicus* en el sur de California está documentada por Ahlstrom (1959), quien señala que esta especie desova durante todo el año y el máximo de reproducción ocurre posiblemente entre abril y mayo. Kramer (1960) reportó, con base en censos de huevos y larvas, el máximo desove en junio e indicó que bahía Vizcaíno es una zona importante de reproducción de *S. japonicus* del Pacífico nororiental. Knaggs y Parrish (1973), utilizando criterios morfo cromáticos de madurez gonádica, encontraron un máximo de actividad reproductiva en mayo, para la macarela en el sur de California. En bahía Vizcaíno, Gluyas-Millán (1989) definió el periodo de reproducción de marzo a agosto con un máximo en junio, siguiendo los mismos criterios de Knaggs y Parrish (1973), y encontró que el periodo reproductivo presenta desfase en tiempo en las distintas zonas de pesca del Pacífico mexicano. En Bahía Magdalena, esto fue corroborado a través de técnicas histológicas por Arcos-Huitrón y Torres-Villegas (1990), quienes definen el periodo de reproducción de enero a mayo, con un máximo en febrero y marzo.

Los resultados detallados en el presente trabajo son parte de un programa de investigación de la biología de *S. japonicus* de aguas mexicanas, y tienen por objeto aportar evidencias del periodo de actividad reproductiva de *S. japonicus* en bahía Vizcaíno, con análisis adicionales a los de Gluyas-Millán (1989), así como estimar la talla y edad a la cual el 50% de las hembras maduran sexualmente.

as sardines and anchovies. In the Pacific Northwest, it is found from Alaska to Banderas Bay, and in the Gulf of California (Schaefer, 1981). The fishing zones in Mexico correspond to: Ensenada, Vizcaíno Bay, Magdalena Bay and the northern portion of the Gulf of California. Pacific mackerel are caught throughout the entire year in Vizcaíno Bay; the catch varies per trip, but generally it is greater in summer and fall. In 1982, the Pacific mackerel catch predominated over sardine: 3,450 t of Pacific mackerel *versus* 2,600 t of sardines (Gluyas-Millán, 1990).

The reproduction of *S. japonicus* in Southern California is documented by Ahlstrom (1959), who points out that this species spawns throughout the year, and that maximum reproduction occurs possibly between April and May. Kramer (1960), based on egg and larvae data, reported maximum spawning in June, and indicated that Vizcaíno Bay is an important reproduction zone for *S. japonicus* in the Pacific Northwest. Knaggs and Parrish (1973), using morphochromatic criteria of gonadal maturity, found a peak of reproductive activity in May for the Southern California Pacific mackerel. Gluyas-Millán (1989), following the same criteria of Knaggs and Parrish (1973), defined the reproductive period in Vizcaíno Bay from March to August with a peak in June, and found that the reproductive period is out of phase throughout the different fishing zones of the Mexican Pacific. This was corroborated for Magdalena Bay by Arcos-Huitrón and Torres-Villegas (1990), who defined the period of reproduction from January to May, with a peak in February and March, by means of histological techniques.

The results detailed in the present study are part of a program of investigation of the biology of *S. japonicus* in Mexican waters, with the objective of providing evidence of the period of reproductive activity of *S. japonicus* in Vizcaíno Bay, with analyses additional to those of Gluyas-Millán (1989), as well as to estimate the length and age at which 50% of the females mature sexually.

MATERIALES Y METODOS

El material provino de muestras biológicas tomadas al azar mensualmente de la captura comercial de macarela en bahía Vizcaíno (Fig. 1), de julio de 1984 a noviembre de 1986. Se examinaron 820 ovarios de peces de 173 a 383 mm de longitud estándar y el 57% de los ovarios correspondió al periodo de reproducción. Las macarelas fueron medidas (longitud estándar, en milímetros; peso total y peso sin vísceras, en gramos). Se extrajeron los otolitos para determinar la edad y se examinó cada individuo para determinar el sexo y el estadio de madurez gonádica, de acuerdo con la escala morfocromática de madurez de Sokolov y Wong (1973). Esta escala se modificó para hacer comparables los resultados con los obtenidos por Knaggs y Parrish (1973) para la macarela del sur de California. La escala se define como sigue: estadio 1, cuando los huevos no son visibles a simple vista (inmaduro); estadio 2, cuando el pez tiene huevos inmaduros amarillos visibles a simple vista (en proceso de maduración); y estadio 3, cuando el pez presenta grandes huevos maduros transparentes (maduro). Estos estadios son aceptables cuando se establecen criterios de madurez por observaciones anatómicas, y para conocer el ciclo de madurez y la duración del periodo reproductivo (Dickerson *et al.*, 1992). Los estadios se definieron mensualmente y su proporción graficada.

Los otolitos se examinaron bajo un microscopio con luz reflejada, para contar las bandas opacas e hialinas y determinar el grupo de edad correspondiente. Las determinaciones de edad fueron validadas por Gluyas-Millán y Félix-Uraga (1990), quienes establecieron una periodicidad anual en la formación de las bandas opaca e hialina.

Para apoyar los resultados del periodo reproductivo, se estimaron y graficaron mensualmente dos factores de condición: uno con el peso total y otro con el peso sin vísceras. No fue posible estimar un índice gonadosomático porque no se pesaron las gónadas. El factor de condición se definió como *K*. Las variaciones en el tiempo de este factor, sugieren cambios fisiológicos que pueden indicar eventos importantes

MATERIALS AND METHODS

The material came from biological samples taken monthly at random from the commercial catches of Pacific mackerel in Vizcaíno Bay (Fig. 1) from July 1984 to November 1986. Eight hundred twenty ovaries were examined from fish measuring 173 to 383 mm standard length, and 57% of the ovaries corresponded to the reproductive period. The Pacific mackerel were measured (standard length in millimeters, total weight and weight without viscera in grams). The otoliths were extracted for age determination, and each individual was examined to determine sex and gonadal maturity based on the morphochromatic maturity scale by Sokolov and Wong (1973). This scale was modified in order to make the results comparable to those obtained by Knaggs and Parrish (1973) for the Southern California Pacific mackerel. The scale is defined as: stage 1, when the eggs are not visible to the naked eye (immature); stage 2, when the fish has yellow immature eggs visible to the naked eye (in the maturation process); and stage 3, when the fish presents large transparent mature eggs (mature). These stages are acceptable when maturity criteria are established by anatomic observations, and are useful in identifying the maturity cycle and duration of the reproductive period (Dickerson *et al.*, 1992). The stages were defined monthly and their proportion plotted.

The otoliths were examined under a reflected light microscope in order to count the opaque and hyaline bands, and determine the corresponding age group. The age determinations were validated by Gluyas-Millán and Félix-Uraga (1990), who established an annual periodicity in the formation of the opaque and hyaline bands.

In order to support the results from the reproductive period, two condition factors were estimated and plotted monthly: one with total weight and the other with weight without viscera. It was not possible to estimate a gonadosomatic index because the gonads were not weighed. The condition factor was defined as *K*. The variations in time of this factor suggest physiological changes that can indicate

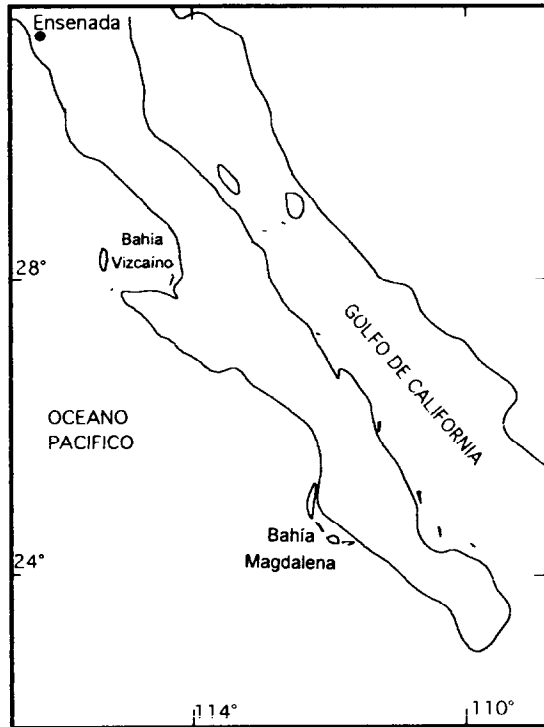


Figura 1. Bahía Vizcaíno
Figure 1. Vizcaíno Bay

en la vida de los individuos (Ricker 1975), como la reproducción. Por ello, se estimó mensualmente la siguiente relación:

$$K = W/L^3$$

donde K es la constante de proporcionalidad o factor de condición de Fulton (Ricker, 1975); W , peso total, en gramos; L , longitud estándar, en milímetros; y 3, exponente o factor de isometría. K se compara mes con mes, manteniendo fijo el exponente 3. Esto supone que en todos los casos se trata de individuos adultos que presentan crecimiento isométrico (Blackburn, 1960; Ricker, 1975), y que entre más pesado sea el pez de una longitud dada, más grande será el factor y mejor su condición (Ricker, 1975). El factor de Fulton es útil para estos casos, si bajo condiciones promedio o estándar el exponente es 3 (Ricker, 1975), pero debido a que es difícil decidir cuáles son con-

important events in the lives of the individuals (Ricker, 1975), such as reproduction. For this reason, the following equation was estimated monthly:

$$K = W/L^3$$

where K is the proportionality constant or Fulton condition factor (Ricker, 1975); W , total weight in grams; L , standard length in millimeters; and 3, isometric exponent or factor. K is compared monthly maintaining the exponent fixed at 3. This assumes that adult individuals with isometric growth are used in all of the cases (Blackburn, 1960; Ricker, 1975), and that the heavier the fish is at a given length, the greater the factor will be, and the better the condition (Ricker, 1975). The Fulton factor is useful in these cases, if under average or standard conditions the exponent equals 3 (Ricker, 1975), but due to difficulty in deciding which

diciones estándar, se mantiene fijo el 3, y se asumen esas condiciones. Se procede de la misma manera con el peso sin vísceras.

Para definir en qué época del año los individuos muestran el mayor incremento en peso, se estimó la proporción mensual de crecimiento en peso respecto a enero, de los individuos de tres y cuatro años capturados en 1985, y se asumió que una proporción importante de ese incremento se debió al peso de las gónadas. Se estimó a partir de enero, porque es el mes representativo del reclutamiento, y se eligieron los individuos de tres y cuatro años por estar mejor representados y porque a esa edad ya son reclutados por la pesquería (Gluyas-Millán, 1990). La proporción se calculó dividiendo el promedio mensual del peso de cada edad entre el correspondiente promedio del peso de enero.

La longitud y edad crítica, L50% y E50% (longitud y edad a la cual el 50% de las hembras están maduras), se estimaron con la longitud estándar en milímetros y la edad en años de las hembras en el tercer estadio (madurez), encontradas en periodo de reproducción. Se construyeron distribuciones de frecuencias relativas respecto al total y frecuencias acumuladas, para luego ajustar la ecuación logística con el método iterativo de Marquardt (1963), usando FSAS (*Fisheries Science Applications System*) (Saila *et al.*, 1988).

RESULTADOS

El ciclo de madurez y la duración del periodo reproductivo son definidos desde la progresión mensual de hembras en diferentes estadios de madurez en 1985 y 1986 (Fig. 2a). Se observó un prolongado periodo de actividad reproductiva, desde febrero hasta junio en 1985 y desde marzo hasta agosto en 1986. Si consideramos el 20% en adelante de hembras maduras, el periodo de reproducción va de abril a agosto, con un máximo en junio. Al juntar los dos años (Fig. 2b) este ciclo es más claro. Esto indica que hay un solo periodo de reproducción anual, lo cual es apoyado con el cambio mensual de los factores de condición con peso total y peso sin vísceras (Fig. 3), que muestran un máximo cada año en el mismo periodo. La diferencia máxima entre ambos factores se observa entre junio y ju-

conditions are standard, these conditions are assumed, and the exponent is fixed at 3. The same process is used for the weight without viscera.

In order to determine in which season of the year the individuals present the greatest increase in weight, the monthly growth rate in weight for January was estimated for the three to four-year-old individuals caught in 1985, and it was assumed that an important portion of this increase was due to the weight of the gonads. Estimation began in January since it is the representative month for recruitment. The three to four-year-old individuals were selected because they were better represented, and because at this age they are already recruited to the fishery (Gluyas-Millán, 1990). The ratio was calculated by dividing the monthly average weight of each age by the corresponding average weight from January.

Critical length and age, L50% and A50% (length and age at which 50% of the females are mature) were estimated with standard length in millimeters, and age in years from the females in stage 3 (maturity) found in the reproductive period. Relative frequency distributions were made with respect to total and accumulated frequencies, in order to later fit the logistical equation with the iterative method of Marquardt (1963) using FSAS (*Fisheries Science Applications System*) (Saila *et al.*, 1988).

RESULTS

The maturity cycle and duration of the reproductive cycle are defined from the monthly progression of females in different stages of maturity in 1985 and 1986 (Fig. 2a). A prolonged period of reproductive activity was observed from February to June 1985, and from March to August 1986. If we consider 20% and up of the mature females, the reproductive period is from April to August with a peak in June. This cycle is clearer when the two years are joined together (Fig. 2b). This indicates that there is only one annual period of reproduction, which is supported by the monthly change in the total weight and weight without viscera condition factors (Fig. 3), which demonstrate a yearly peak in the same period. The maximum difference between both factors is observed be-

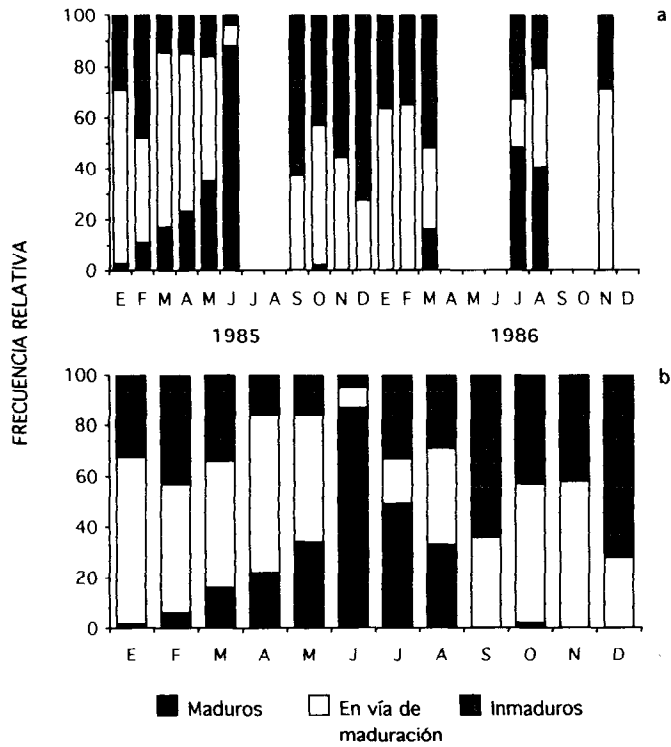


Figura 2. a) Proporción mensual de hembras por estadio de madurez para 1985 y 1986; b) proporción mensual de hembras por estadio de madurez, 1985 y 1986 combinados.

Figure 2. a) Monthly proportion of females by maturity stage for 1985 and 1986; b) monthly proportion of females by maturity stage, 1985 and 1986 combined.

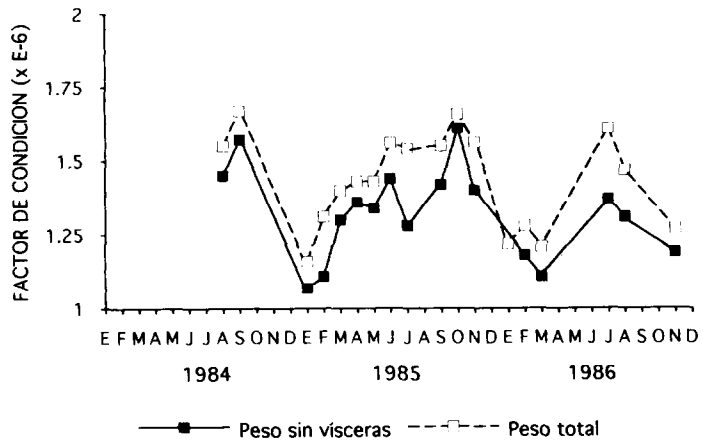


Figura 3. Factor de condición para 1984, 1985 y 1986.

Figure 3. Condition factor for 1984, 1985 and 1986.

lio, lo que sugiere que en ese tiempo ocurre la mayor actividad reproductiva.

La proporción mensual de crecimiento en peso de los individuos de tres años (Fig. 4) muestra que éstos comienzan a ganar peso en el periodo de reproducción; en abril se observa un aumento, en junio y agosto estos individuos no están presentes en las capturas, y en septiembre vuelven a aparecer y aún muestran aumento. Los de cuatro años y mayores presentan la misma tendencia, tienen el máximo en julio, después disminuyen y en noviembre aumentan ligeramente.

El intervalo de tallas de las hembras maduras fue de 213 a 383 mm. Las longitudes y edades a las cuales el 25, 50 y 75% de las hembras maduraron fueron 281.4, 300.6 y 320 mm LE (igual a 300.3, 320.7, 341.3 mm LF), y 3.6, 4.3 y 4.9 años, respectivamente (Figs. 5, 6). Se encontraron hembras con gónadas maduras de dos a siete años, inclusive. La distribución de frecuencia de edades indica una frecuencia no mayor de 7% de hembras de dos y tres años, y de 22 a 36% de hembras entre cuatro y seis años. Esto señala que los individuos que contribuyen de manera importante a la reproducción son de cuatro años y mayores.

DISCUSION

Los datos de maduración gonádica sugieren que el desove ocurre en toda el área de muestreo de bahía Vizcaíno, pero la magnitud de éste y la extensión de las áreas de desove no son evaluadas y se desconocen. El ciclo de maduración gonádica, y los cambios de los factores de condición y de la proporción del incremento en peso por edad apoyan la conclusión de que la macarela *S. japonicus* de bahía Vizcaíno tiene un ciclo de reproducción anual, de abril a agosto con un máximo en junio, responsable de generar los grupos de edad anuales (Gluyas-Millán y Félix-Uraga, 1990). Los cambios del incremento en peso por edad encontrados en el presente trabajo coinciden con lo reportado para la macarela del sur de California (Fitch, 1951; Mallicoate y Parrish, 1981) e indican que el peso por edad muestra variación estacional que, en este caso, puede estar relacionada con la reproducción.

tween June and July, which suggests that the greatest reproductive activity occurs at this time.

The monthly growth rate in weight of the three-year-old individuals (Fig. 4) shows that these begin to gain weight in the reproductive period; an increase is observed in April, they are not present in the June nor August catches, and they reappear in September still showing growth. The same tendency was observed in the four-year-old and older individuals; the maximum in July, a subsequent decrease and in November a slight increase.

The size interval of the mature females was 213 to 383 mm. The length and age at which 25, 50 and 75% of the females matured were 281.4, 300.6 and 320 mm SL (equal to 300.3, 320.7, 341.3 mm FL); and 3.6, 4.3 and 4.9 years, respectively (Figs. 5, 6). Females with mature gonads were found from two to seven years of age, inclusively. The age frequency distribution indicates a frequency not greater than 7% in the two to three-year-old females, and 22 to 36% in the females between four and six years of age. This indicates that the individuals who make an important contribution to reproduction are the four year olds and older.

DISCUSSION

The data on gonadal maturity suggest that spawning occurs throughout the sampling area in Vizcaíno Bay, but its magnitude and extension areas are not evaluated nor known. The gonadal maturity cycle, changes in the condition factors and in the growth rate in weight per age support the conclusion that *S. japonicus* in Vizcaíno Bay has an annual reproduction cycle from April to August with a peak in June, that is responsible for generating annual age groups (Gluyas-Millán and Félix-Uraga, 1990). The changes in the increase in weight per age found in the present study coincide with that reported for the Southern California Pacific mackerel (Fitch, 1951; Mallicoate and Parrish, 1981), and indicate that the weight per age shows seasonal variation that, in this case, can be related to reproduction.

The period of maximum reproductive activity in Vizcaíno Bay (June) is out of phase with

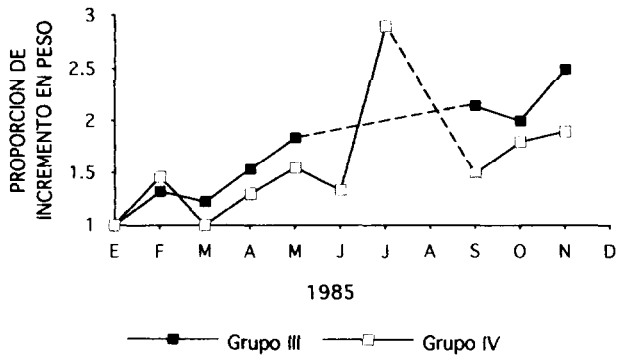


Figura 4. Proporción de crecimiento en peso, para individuos de tres y cuatro años.
Figure 4. Growth rate in weight for three and four year old individuals.

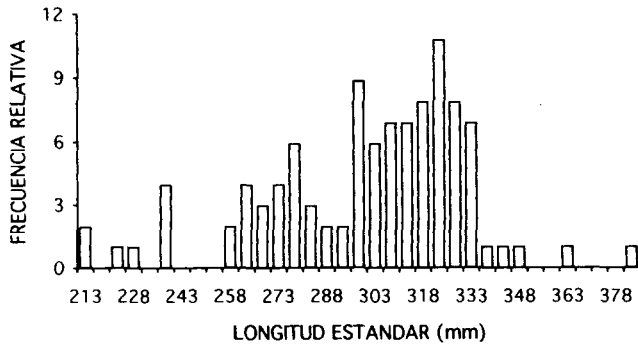


Figura 5. Distribución de frecuencia de tallas de hembras maduras de macarela del Pacífico.
Figure 5. Length frequency distribution of mature female Pacific mackerel.

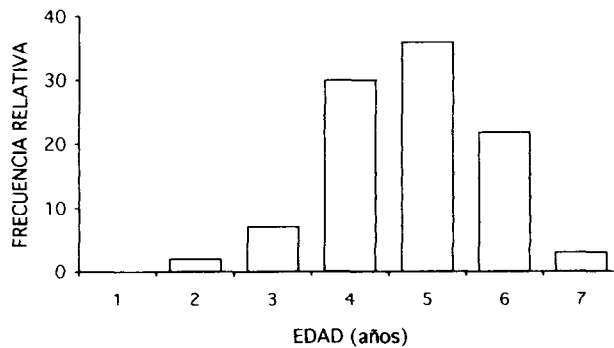


Figura 6. Distribución de frecuencia de edades de hembras maduras de macarela del Pacífico.
Figure 6. Age frequency distribution of mature female Pacific mackerel.

El periodo de máxima actividad reproductiva en bahía Vizcaíno, en junio, mostró un desfase en tiempo con respecto al de la macarela del sur de California, en mayo (Knaggs y Parrish, 1973) y al de la macarela de bahía Magdalena, en febrero y marzo (Arcos-Huitrón y Torres-Villegas, 1990). Una posible explicación es que la especie puede estar adaptada a la variabilidad estacional de la biomasa de zooplancton del sistema de la corriente de California, donde el florecimiento del zooplancton en primavera se inicia dos meses antes en el norte que en el sur (Roesler y Chelton, 1987). Esto sugiere que los eventos que provocan esa variabilidad pueden influir directa o indirectamente en el reclutamiento de la macarela y otras especies pelágicas de la región. Por ejemplo, cuando la corriente de California es fuerte y transporta grandes depredadores de origen subártico hasta la porción sur de Baja California (Roesler y Chelton, 1987), puede haber altas tasas de depredación sobre las larvas de macarela, y esto es un factor importante para determinar el éxito de las clases anuales en las zonas de reproducción.

Los valores de L25% y L75%, 281 y 320 mm LE, indican el amplio intervalo de tallas en que ocurre la madurez sexual. Este amplio intervalo es un rasgo común de los desovadores parciales y de los peces en general (Nikolski, 1969). La L50% (300.6 mm) de la macarela de bahía Vizcaíno es menor que la estimada por Knaggs y Parrish (1973) para la macarela del sur de California (313.1 mm), y mayor que la señalada para la macarela de bahía Magdalena (219.7 mm) (Arcos-Huitrón y Torres-Villegas, 1990) y el golfo de California (229.4 mm) (Gluyas-Millán, en preparación).

Para comprender mejor el desfase en tiempo del periodo de reproducción y la tendencia a disminuir de la L50% de norte a sur, es recomendable: conocer las condiciones biológicas de la especie fuera de bahía Magdalena y en el golfo de California; considerar la posibilidad de una subpoblación separada de aquella de bahía Vizcaíno por dos remolinos ciclónicos señalados por Bakun y Nelson (1977) y Parrish *et al.* (1981), uno al norte y otro al sur de punta Eugenia; considerar los patrones migratorios de la especie y los cambios ambientales.

respect to that presented by the Southern California Pacific mackerel in May (Knaggs and Parrish, 1973), and the Pacific mackerel in Magdalena Bay in February and March (Arcos-Huitrón and Torres-Villegas, 1990). A possible explanation is that the species is able to adapt to the seasonal variability of the zooplankton biomass in the California Current System, where the spring bloom of the zooplankton begins two months earlier in the north than in the south (Roesler and Chelton, 1987). This suggests that the events that provoke this variability can directly or indirectly influence the recruitment of the Pacific mackerel and other pelagic species of the region. For example, when the California Current is strong and transports large subarctic predators to the southern portion of Baja California (Roesler and Chelton, 1987), there can be high depredation rates for the Pacific mackerel larvae, and this is an important factor in determining the success of the annual classes in the reproductive zones.

The values L25% and L75%, 281 and 320 mm SL indicate a broad range of sizes at which sexual maturity occurs. This variation in body size is a trait common to serial spawners and to fish in general (Nikolski, 1969). L50% (300.6 mm) of the Pacific mackerel in Vizcaíno Bay is smaller than that estimated by Knaggs and Parrish (1973) for the Southern California Pacific mackerel (313.1 mm), greater than that reported for the Pacific mackerel in Magdalena Bay (219.7 mm) (Arcos-Huitrón and Torres-Villegas, 1990) and in the Gulf of California (229.4 mm) (Gluyas-Millán, in progress).

In order to better understand the out of phase reproductive period, and the tendency of L50% to decrease from north to south, it is recommended to: know the biological conditions of the species outside of Magdalena Bay and in the Gulf of California; consider the possibility of a subpopulation separated from the one in Vizcaíno Bay by two cyclonic whirlwinds identified by Bakun and Nelson (1977) and Parrish *et al.* (1981), one to the north and another to the south of Eugenia Point; and consider the migratory patterns of the species as well as environmental changes.

The condition factor used to define the reproductive period is inexact, and the morpho-

El factor de condición usado para definir el periodo reproductivo es inexacto y los criterios morfo cromáticos para detectar el grado de madurez de la gónada no permiten identificar a todas las hembras en desove. Sin embargo, ambos son de utilidad como estimadores gruesos para detectar el patrón de reproducción, su duración aproximada y el periodo de máxima actividad.

La edad de primera madurez, 4.3 años, sugiere que la fracción de la población de cuatro años y más, que domina en la captura comercial durante el periodo reproductivo (Gluyas-Millán y Gómez-Muñoz, 1993), contribuye de manera importante a la reproducción, lo cual coincide con lo informado sobre la macarela del sur de California (Prager y McCall, 1988).

La estructura por edades de la captura comercial de la macarela en bahía Vizcaíno está sustentada en individuos de cuatro años y mayores (Gluyas-Millán y Gómez-Muñoz 1993). A esa edad ya han sido reclutados por la pesquería, se han reproducido al menos una vez y han logrado su mayor tasa de crecimiento en longitud y peso (Gluyas-Millán, 1990). Esto indica un buen esquema de pesca en bahía Vizcaíno; no obstante, es necesario evaluar la biomasa de la población.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas el haber proporcionado los datos biológicos, así como a los revisores de la revista y Casimiro Quiñonez, sus comentarios y sugerencias.

REFERENCIAS

- Ahlstrom, E.H. (1959). Sardine eggs and larvae and other fish larvae. Pacific Coast 1957. **U.S. Fish. Wild. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish.**, 328, 1-84.
- Arcos-Huitrón, E. y Torres-Villegas, R. (1990). Ciclo reproductor de la macarela del Pacífico *Scomber japonicus* Houttuyn (Pisces: Scombridae) en bahía Magdalena, B.C.S., México. **Investigaciones Marinas, CICIMAR**, 5(1): 37-46.
- Bakun, A. and Nelson, C.S. (1977). Climatology of upwelling related processes off California and Baja California. **CalCOFI Rep.** XIX:107-127.
- Blackburn, M. (1960). A study of condition (weight for length) of Australian *Barracouta thyrssites* tuna (Euphrasen). **Aust. J. Mar. Freshw. Res.** 2(1): 14-41.
- Dickerson, T.L., Maccwicz, B.J. and Hunter, J.R. (1992). Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel *Scomber japonicus*, during 1985. **CalCOFI Rep.**, 33: 130-140.
- Fitch, J.E. (1951). Age composition of the southern California catch of Pacific mackerel.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to the *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas* for supplying the biological data, to the reviewers of the journal, and Casimiro Quiñonez for his comments and suggestions.

English translation by Jennifer Davis.

- erel 1930-40 through 1950-51. **Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull.**, 83: 1-73.
- Gluyas-Millán, M.G. (1989). Epoca de reproducción, distribución de tallas y relación peso-longitud de la macarela del litoral de Baja California. **Investigaciones Marinas, CICIMAR**, 4(1): 65-72.
- Gluyas-Millán, M. G. (1990). Edad, crecimiento y composición de la captura de macarela *Scomber japonicus* de bahía Vizcaíno durante 1984-1986. Tesis de maestría. **CICIMAR, IPN, La Paz, Baja California Sur, México**, 83 pp.
- Gluyas-Millán, G. y Félix-Uraga, R. (1990). Periodicidad de las bandas de crecimiento en otolitos de la macarela *Scomber japonicus* de bahía Vizcaíno, México. **Investigaciones Marinas, CICIMAR**, 5(1): 33-36.
- Gluyas-Millán, M.G. y Gómez-Muñoz, V. (1993). Composición por tallas de edades de la macarela *Scomber japonicus* de bahía Vizcaíno. **Investigaciones Marinas, CICIMAR**, 8 (1): 33-38.
- Knaggs, E.H. and Parrish, R. (1973). Maturation and growth of Pacific mackerel *Scomber japonicus*. **Calif. Fish. and Game**, 59(2): 114-120.
- Kramer, D. (1960). Development of eggs and larvae of Pacific mackerel and distribution and abundance of larvae 1952-56. **Fish Bull. U.S.**, 60(174): 393-438.
- Mallicoate, D.L. and Parrish, R.H. (1981). Seasonal growth patterns of California stocks of northern anchovy, *Engraulis mordax*, Pacific mackerel, *Scomber japonicus*, and jack mackerel, *Trachurus symmetricus*. **CalCOFI Rep.** XXII: 69-81.
- Marquardt, D.W. (1963). An algorithm for the least squares estimation of nonlinear parameters. **J. Soc. Ind. Applied. Math.** 2: 431-441.
- Nikolski, G.V. (1969). **Theory of fish population dynamics as the biological background for the national exploitation and management of fishery resources**. Oliver & Boyd, Edinburgh, 323 pp.
- Parrish, R., Nelson, C.S. and Bakun, A. (1981). Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. **Biol. Oceanogr.**, 1: 175-203.
- Prager, M.H. and MacCall, A. (1988). Revised estimates of historical spawning biomass of the Pacific mackerel *Scomber japonicus*. **CalCOFI Rep.**, XXIX: 81-90.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish population. **Bull. Fish. Res. Board Can.**, 191: 382 pp.
- Roesler, C.S. and Chelton, D.B. (1987). Zooplankton variability in the California current, 1951-1982. **CalCOFI Rep.**, XXVII: 59-96.
- Saila, S.B.; Recksiek, C.W. and Prager, M.H. (1988). **Basic fishery science programs, a compedium of microcomputer programs and manual of operation**. Elsevier Sci. Publ., N.Y., 230 pp.
- Schaefer, K.M. (1981). Synopsis of biological data on the Pacific mackerel *Scomber japonicus* Houyttun, 1872, in the Pacific ocean. In: W.H. Bayliff (ed.) **Synopsis of Biological data on eight species of scombrids**. Inter-American Tropical Tuna Commission, Special Report No. 2: 373-448.
- Sokolov, V.A. y Wong-Rios, M. (1973). **Programa general para las investigaciones de peces pelágicos del Golfo de California. Contribución al estudio de las pesquerías en México**. Proy. Invest. y Fom. Pesq. México/PNUD/FAO: 1-51.