

Crecimiento y relación peso longitud del marlin rayado, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae),
en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México

Growth and length-weight relationship of the striped marlin, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae),
in Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico

Felipe Neri Melo-Barrera^{*a}
Roberto Félix-Uraga
Casimiro Quiñónez-Velázquez

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
Instituto Politécnico Nacional
Ave. Instituto Politécnico Nacional s/n
Col. Playa Palo de Santa Rita
La Paz, Baja California Sur, México
*E-mail: fmelo@ipn.mx

Recibido en noviembre de 2002; aceptado en abril de 2003

Resumen

Con la finalidad de determinar la edad, retrocalcular la longitud con relación a la edad, describir el crecimiento individual y la relación peso-longitud del marlin rayado *Tetrapturus audax*, se muestreó la captura de la flota deportiva en Cabo San Lucas, México, de 1988 a 1993. Se midieron y pesaron 1044 organismos, de los cuales a 399 se les extrajo la cuarta espina de la aleta dorsal. La longitud mandibular (LM) varió entre 156 y 263 cm, y el peso total (PT) entre 26 y 100 kg. No se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la relación PT-LM entre sexos ni entre años. La relación general fue $PT = 0.00008 * LM^{(2.523)}$, mostrando un crecimiento alométrico negativo ($b < 3$, $P < 0.05$). Se determinaron diez grupos de edad (del 2 al 11). La relación entre LM y el radio de espina (RT) fue altamente significativa ($P < 0.001$), justificando la utilización de la espina para la determinación de edad y para describir el crecimiento del marlin rayado. El modelo de von Bertalanffy se ajustó adecuadamente a los datos LM-edad ($r^2 = 0.99$). Los valores de los parámetros fueron: $L_{\infty} = 221$ cm, $K = 0.23$ por año, y $t_0 = -1.6$. El marlin rayado alcanza el 45% de la longitud asintótica en su primer año de vida, a los dos años el incremento se reduce a un 10% y durante los siguientes ocho años la tasa de crecimiento es de 4% en promedio. El presente estudio constituye el primer reporte sobre el crecimiento individual del marlin rayado basado en la determinación de edad en estructuras duras.

Palabras clave: marlin rayado, edad, retrocálculo de la longitud, crecimiento, relación longitud-peso.

Abstract

To determine the age, backcalculate the length, and describe the individual growth and length-weight relationship of the striped marlin *Tetrapturus audax*, the catch of the sport-fishing fleet from Cabo San Lucas, Mexico, was sampled from 1988 to 1993. The length and weight of 1044 fishes were measured, and the fourth spine of the dorsal fin was collected from 399 of them. The mandibular length (ML) ranged from 156 to 263 cm, and the total weight (TW) ranged from 26 to 100 kg. No significant differences were detected ($P > 0.05$) in the ML-TW relationship either between sexes or between years. The general relationship was $TW = 0.00008 * ML^{(2.523)}$, showing a negative allometric growth ($b < 3$, $P < 0.05$). Ten age groups were determined (2 to 11). The relationship between ML and the dorsal fin radius was highly significant ($P < 0.001$), justifying the use of the dorsal fin for the age determination and to describe the growth of the striped marlin. The von Bertalanffy growth model was fitted appropriately to backcalculated ML-age data ($r^2 = 0.99$) and the values of the parameters were: $L_{\infty} = 221$ cm, $K = 0.23$ per year, and $t_0 = -1.6$. The striped marlin reaches 45% of the asymptotic length in its first year of life; in the second year the growth rate decreases to 10%, and during the next eight years the growth rate is 4% on average. The present study is the first to report on the individual growth of the striped marlin based on age determination in hard structures.

Key words: striped marlin, age, growth, backcalculated length, length-weight relationship.

^a Becario COFAA-EDI

Introducción

El marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) se distribuye en aguas templadas y tropicales de los océanos Pacífico e Índico, entre los 45°N y los 35–40°S (Nakamura, 1974). Es la especie más abundante en la captura comercial con palangre de peces de pico en el Océano Pacífico oriental, y su captura por unidad de esfuerzo (CPUE) más alta se ha determinado al sur de la Península de Baja California (Squire y Susuki, 1990). Esta zona es también la más importante para la pesca deportiva (Ponce-Díaz *et al.*, 1991).

Para el manejo de las pesquerías se requiere información básica como la determinación de la edad y la descripción del crecimiento de los organismos (Hill *et al.*, 1989). Skillman y Yong (1976) utilizan la progresión modal de la longitud para determinar la edad y describir el crecimiento del marlin rayado capturado por la flota deportiva en Hawaii, mientras que Radtke (1983) y Davie y Hall (1990) compararon el patrón de deposición de las marcas de crecimiento en otolitos y en la cuarta espina dorsal para estimar la edad en el marlin rayado en Hawaii y Nueva Zelanda, respectivamente.

No obstante que el marlin rayado es la especie más importante en la captura de la flota deportiva con base en Cabo San Lucas, y de los importantes beneficios económicos que genera esta pesquería, se desconocen muchas de sus características biológicas. Existen algunas investigaciones sobre cambios en su abundancia utilizando la CPUE (Klett-Traulsen *et al.*, 1996, 1998) y sobre sus hábitos alimenticios (Abitia *et al.*, 1997).

En el presente trabajo se determinó la edad, se retrocalculó la longitud con relación a la edad, y se describió el crecimiento individual y la relación peso-longitud del marlin rayado *T. audax* capturado por la flota deportiva en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México (fig. 1).

Materiales y métodos

De 1988 a 1993 se pesaron (peso total, PT $\pm$ 1 kg), midieron (longitud mandibular, LM $\pm$ 1 cm) y sexaron 1044 especímenes de marlin rayado desembarcado por la flota de pesca deportiva de Cabo San Lucas, a 399 de los cuales se les extrajo la cuarta espina de la aleta dorsal.

La relación peso-longitud (PT-LM) se estimó para machos y hembras, y por año, utilizando un modelo potencial

$$PT = a LM^b$$

donde a es el factor de condición y b el coeficiente de isometría (Ricker, 1975).

Para determinar la edad, primero se obtuvieron secciones (cortes) de las espinas de acuerdo con la metodología de Prince *et al.* (1984). Los cortes (0.5 mm de grosor) se observaron por dos lectores en un estereoscopio con luz transmitida (4–16 $\times$). Si las lecturas no coincidían se releían y, en caso de persistir la diferencia, se descartaba la espina. Los cortes presentaron una sucesión de bandas opacas y translúcidas (hialinas). Una marca de crecimiento se definió por una banda opaca y una banda hialina. Además, en cada corte se registraron el radio total (RT,

Introduction

Striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887), are found in temperate and tropical waters of the Pacific and Indian Oceans, between 45°N and 35–40°S (Nakamura, 1974). It is the most abundant species in the commercial catch of the longline billfish fishery in the eastern Pacific, and the highest catch per unit effort (CPUE) has been recorded to the south of the Baja California Peninsula (Squire and Susuki, 1990), an important sport-fishing area (Ponce-Díaz *et al.*, 1991).

Effective fisheries management requires basic information, such as the age determination and growth description of the organisms (Hill *et al.*, 1989). Skillman and Yong (1976) used modal length progression to determine the age and describe the growth of the striped marlin caught by Hawaii's recreational fleet. Radtke (1983) and Davie and Hall (1990) compared the deposition pattern of growth rings on otoliths and the fourth dorsal spine to estimate the age of the striped marlin from Hawaii and New Zealand, respectively.

Even though the striped marlin is the most important species of the recreational fishery at Cabo San Lucas, which generates significant economic benefits, information on many of its biological characteristics is lacking. Studies have been conducted on changes in abundance using CPUE (Klett-Traulsen *et al.*, 1996, 1998) and feeding habits (Abitia *et al.*, 1997).

The purpose of this study is to determine the age, back-calculate the length, and describe the individual growth and length-weight relationship of the striped marlin *T. audax* caught by the sport-fishing fleet at Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico (fig. 1).

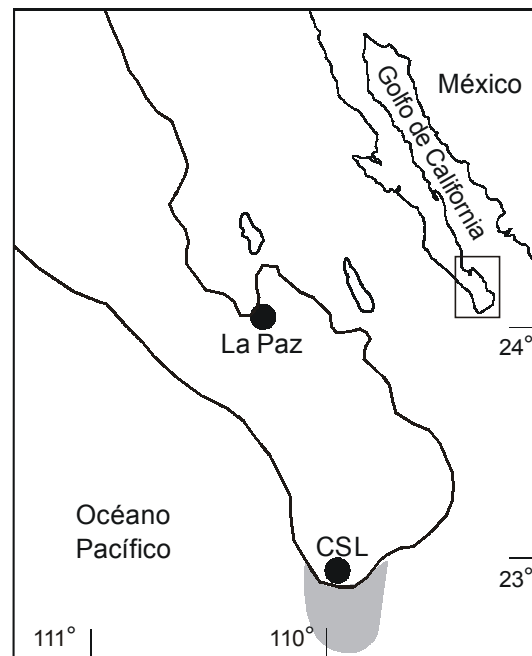


Figura 1. Localización de la zona de estudio. CSL = Cabo San Lucas; el área sombreada es la zona de pesca de la flota deportiva.

Figure 1. Location of the study area. CSL = Cabo San Lucas; the shaded area indicates the fishing grounds of the recreational fleet.

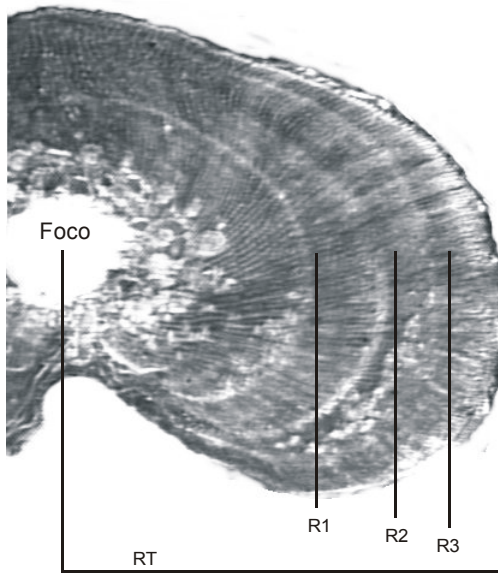


Figura 2. Radios parciales y totales de un corte de la cuarta espina dorsal de un macho de marlin rayado con cuatro marcas de crecimiento. Longitud mandibular = 188 cm.

Figure 2. Total and partial radii of a section of the fourth dorsal fin of a striped marlin male with four growth marks. Mandibular length = 188 cm.

distancia del foco al borde) y el radio parcial (R_i , distancia del foco a cada banda hialina) (fig. 2). El centro del foco se ubicó tomando como referencia el punto medio de la curvatura dorsal de la espina. El conteo de las marcas de crecimiento y las mediciones de los radios se efectuaron utilizando un sistema de análisis de imágenes (Sigma Scan Pro 4.0).

Para establecer la relación entre LM-RT, los datos se agruparon en intervalos de 0.3 mm de RT, se estimó el promedio de LM por intervalo (Smale y Taylor, 1987) y se utilizó un modelo potencial para describir la relación (Ehrhardt, 1992):

$$LM = a RT^b$$

donde a y b son parámetros de ajuste del modelo.

Para evaluar el efecto del sexo en las relaciones LM-RT y PT-LM se aplicó una prueba t de Student para pendientes e intersecciones, mientras que para evaluar las diferencias por años se utilizó una prueba F para dos o más pendientes (Zar, 1974).

La pesca deportiva es dirigida hacia peces grandes; los peces jóvenes están poco o no están representados en la captura, produciéndose una sobreestimación de la talla media de los primeros grupos de edad. Para reducir esta sobreestimación y estimar la longitud media de los grupos de edad no representados, la LM a cierta edad (a cada marca de crecimiento) se retrocalculó mediante la siguiente ecuación (Ehrhardt, 1992):

$$\log LM_i = [\log R_i (\log LM - \log a) / \log RT] + \log a$$

donde LM_i = LM a la edad i , R_i = distancia del foco de la espina a la marca de crecimiento i , y a = intersección de la relación LM-RT.

Material and methods

From 1988 to 1993, a total of 1044 specimens of *T. audax*, obtained from the recreational catch at Cabo San Lucas, were weighed (total weight, $TW \pm 1$ kg), measured (mandibular length, $ML \pm 1$ cm), and macroscopically sexed; the fourth spine of the dorsal fin was collected from 399 of them.

The length-weight relationship (ML-TW) was determined for males, females and per year, using a potential model:

$$TW = a ML^b$$

where a is the condition factor and b the isometry coefficient (Ricker, 1975).

For the age determination, sections of the spines were cut according to the method described by Prince *et al.* (1984). The sections (0.5 mm thick) were observed by two people under a stereoscope with transmitted light (4–16 $\times$). If the readings did not coincide, they were reread and if the differences persisted, the spine was discarded. The sections presented a succession of opaque and translucent (hyaline) bands. A growth mark was defined as an opaque band and a hyaline band. The total radius (TR, distance from the focus to the edge) and partial radius (R_i , distance from the focus to each hyaline band) of each section were also recorded (fig. 2). The centre of the focus was located with reference to the median point of the dorsal curvature of the spine. A system of image analysis (Sigma Scan Pro 4.0) was used for the growth mark counts and radius measurements.

To determine the ML-TR relationship, the data were grouped by intervals of 0.3 mm of TR and the mean ML per interval was estimated (Smale and Taylor, 1987). A potential model was used to describe the relationship (Ehrhardt, 1992):

$$ML = a TR^b$$

where a and b are the fit parameters of the model.

To evaluate the effect of the sex on the ML-TR and ML-TW relationships, Student's t test was applied to slopes and intercepts, and to evaluate the differences per years, an F test was used for two or more slopes (Zar, 1974).

As sport fishing is directed towards big fishes, the young fishes are minimally or not represented in the catch; this can lead to an overestimation of the mean size of the first age groups. To reduce this overestimation and estimate the mean length of the unrepresented age groups, the ML at each age (each growth mark) is backcalculated using the following equation (Ehrhardt, 1992):

$$\log ML_i = [\log R_i (\log ML - \log a) / \log TR] + \log a$$

where ML_i is ML at age i , R_i is the distance from the focus to the growth mark, and a is the intercept of the ML-TR relationship.

Tabla 1. Número de ejemplares (*n*) y espinas (*E*) del marlin rayado capturado, por mes, por la flota deportiva de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México.
Table 1. Number of specimens (*n*) and dorsal spines (*E*) of the striped marlin caught monthly by the sport-fishing fleet of Cabo San Lucas, Baja California, Sur, Mexico.

Año		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1988	<i>n</i>	—	—	—	—	38	38	20	8	11	27	55	18
	<i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	1	9	—	—
1989	<i>n</i>	17	38	25	41	28	28	7	2	—	—	9	30
	<i>E</i>	—	—	—	38	23	16	7	—	—	—	—	30
1990	<i>n</i>	35	18	16	—	31	77	11	21	2	2	40	—
	<i>E</i>	24	6	13	—	24	68	10	15	1	1	23	—
1991	<i>n</i>	7	24	—	25	—	41	5	2	—	1	—	—
	<i>E</i>	6	16	—	21	—	29	3	—	—	—	—	—
1992	<i>n</i>	—	—	14	10	5	12	5	1	2	3	11	10
	<i>E</i>	—	—	—	—	—	9	1	1	—	4	—	—
1993	<i>n</i>	10	27	14	30	11	18	19	10	9	8	3	14
	<i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total <i>n</i>		69	107	69	106	113	214	67	44	24	41	118	72
Total <i>E</i>		30	22	13	59	47	122	21	16	2	14	23	30

Para describir el patrón de crecimiento individual del marlin rayado, se ajustó el modelo de von Bertalanffy a los datos LM-retrocalculada y edad (número de marcas de crecimiento):

$$LM_t = LM_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

donde LM_t = LM a la edad t , LM_{∞} = longitud asintótica, K = tasa de crecimiento anual, t = edad, t_0 = edad hipotética cuando la longitud es igual a cero.

Los parámetros del modelo potencial de las relaciones LM-RT y PT-LM, y del modelo de von Bertalanffy, se obtuvieron utilizando el algoritmo *quasi*-Newton contenido en el módulo Nonlinear Estimation del programa Statistica para Windows (StatSoft, 1999).

Resultados

Entre abril de 1988 y diciembre de 1993 se midieron y pesaron 1044 organismos de marlin rayado y se recolectaron 399 espinas (tabla 1). Se observa que después de 1990, y en particular durante 1992, el número total de ejemplares registrados disminuyó considerablemente. Mensualmente se identifica un patrón estacional en abundancia relativa, con una disminución durante el verano.

Las relaciones PT-LM para machos, hembras (fig. 3) y por años (fig. 4) no mostraron diferencias significativas ($t = 0.05$, $P > 0.05$; $F = 0.00001$, $P > 0.05$) (tabla 2). Al no existir diferencias (PT-LM) entre sexos ni entre años, se estimó la relación general [PT = 0.00008*LM^(2.523)], donde el valor de b fue significativamente menor que 3 ($t = 6.5$, $P < 0.05$, $n = 1022$).

En los cortes de espinas se observaron hasta diez marcas de crecimiento (grupos de edad 2 al 11). De acuerdo con

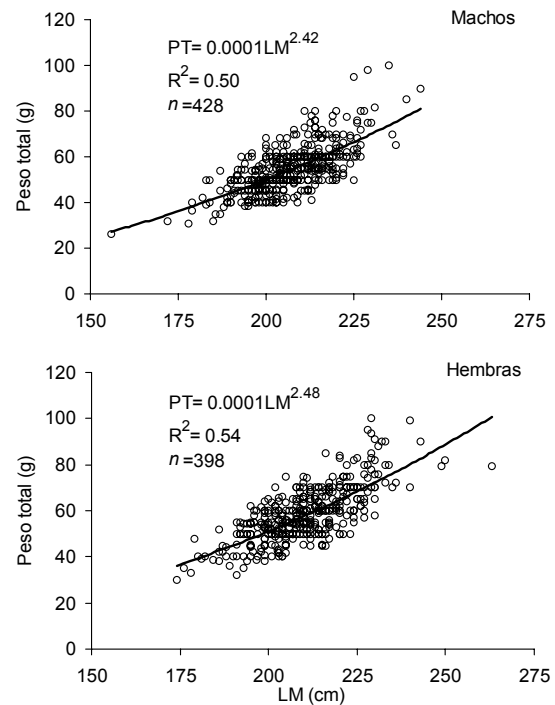


Figura 3. Relación entre peso total y longitud mandibular para el marlin rayado por sexos.

Figure 3. Relationship between total weight and mandibular length of striped marlin for males and females.

To describe the individual growth pattern of the striped marlin, the von Bertalanffy model was fitted to the back-calculated ML-age data (number of growth marks):

$$ML_t = ML_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Melo-Barrera y Félix-Uraga (2002), la periodicidad de las marcas de crecimiento es anual. El 3% de las espinas se descartaron de la determinación de edad por problemas de lectura.

La relación LM-RT fue altamente significativa ($P < 0.001$), lo que indica que el crecimiento es proporcional en ambas variables (fig. 5). Esto justifica la utilización de la espina para la determinación de la edad y para describir el crecimiento del marlin rayado.

El modelo de von Bertalanffy se ajustó adecuadamente a los datos LM retrocalculada-edad (fig. 6) ($r^2 = 0.99$). Los parámetros del modelo fueron: $L_{\infty} = 221$ cm, $K = 0.23$ por año, y $t_0 = -1.6$. El marlin rayado alcanza el 45% de la longitud asintótica en su primer año de vida, a los dos años este incremento se reduce a un 10% y, después de los ocho, la tasa de crecimiento es del orden del 2%.

where ML_t is the ML at age t , ML_{∞} is the asymptotic length, K is the annual growth rate, t is the age, and t_0 is the hypothetic age when the length is equal to zero.

The parameters of the potential model of the ML-TR and ML-TW relationships and of the von Bertalanffy model were obtained using the *quasi*-Newton algorithm contained in the Nonlinear Estimation module of the Statistica program for Windows (StatSoft, 1999).

Results

From April 1988 to December 1993, a total of 1044 organisms of striped marlin were weighed and measured, and 399 dorsal spines were collected (table 1). The number of specimens recorded after 1990 decreased considerably and

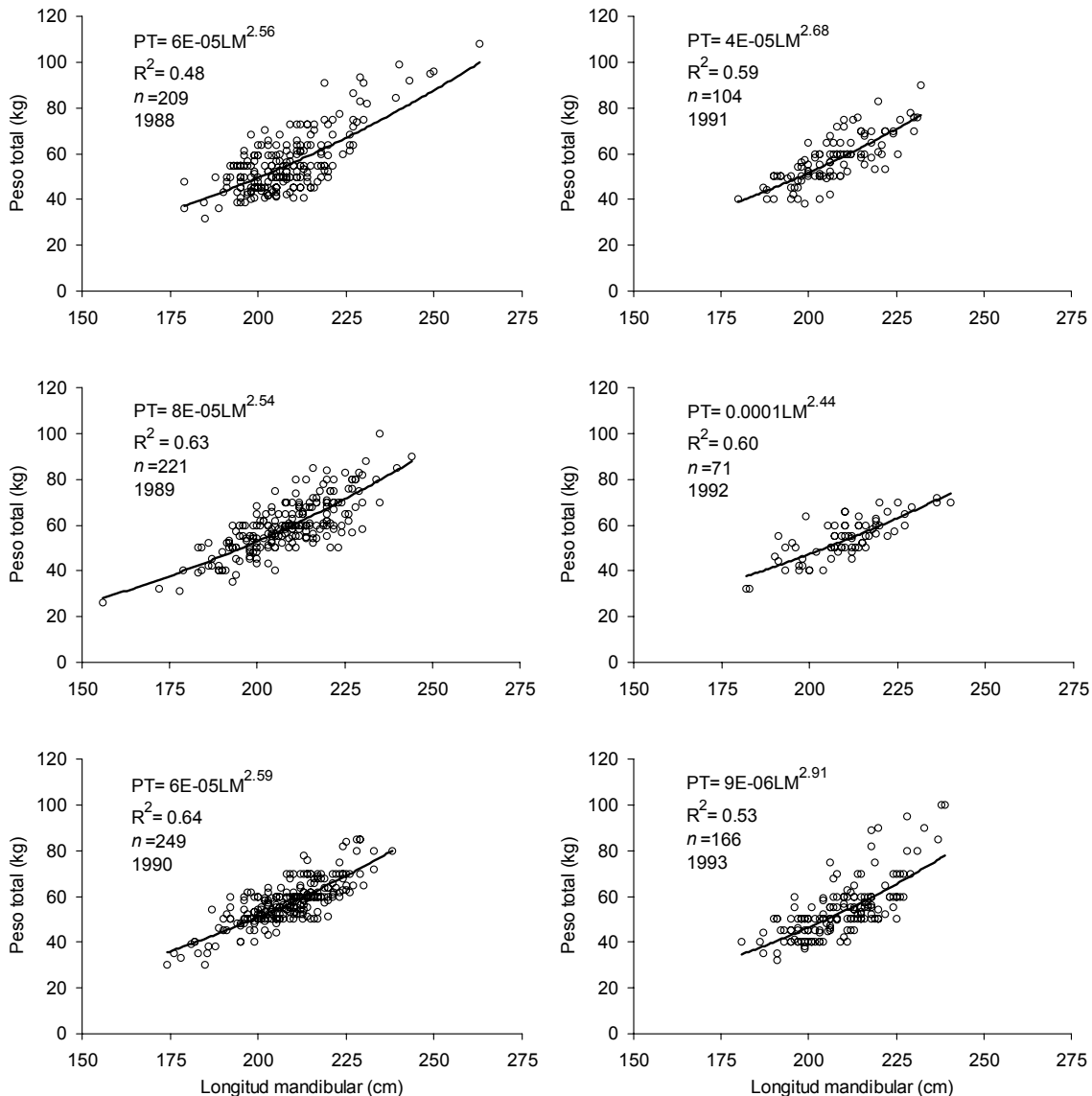
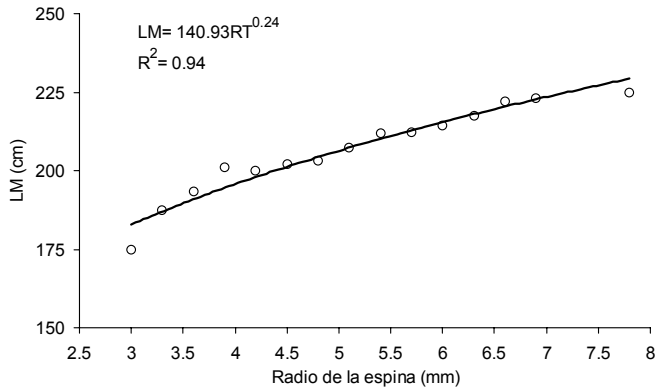


Figura 4. Relación entre peso total y longitud mandibular para el marlin rayado por años.

Figure 4. Relationship between total weight and mandibular length of striped marlin for different years.

Tabla 2. Relación entre peso total y longitud mandibular para el marlin rayado por sexos (machos y hembras), y por años.**Table 2.** Relationship between total weight and mandibular length of the striped marlin for males (M), females (H) and different years.

	Todos	M	H	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<i>a</i>	8×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	6×10^{-5}	8×10^{-5}	6×10^{-5}	4×10^{-5}	9×10^{-5}	9×10^{-6}
<i>b</i>	2.53	2.43	2.48	2.56	2.54	2.59	2.68	2.43	2.908
<i>r</i> ²	0.53	0.5	0.53	0.48	0.63	0.64	0.59	0.53	0.53
<i>n</i>	1022	428	398	209	221	250	104	71	167

**Figura 5.** Relación entre longitud mandibular y radio total para el marlin rayado por sexos.**Figure 5.** Relationship between mandibular length and total radius of the striped marlin by sexes.

Discusión

La disminución del marlin rayado en la captura de la flota deportiva de Cabo San Lucas durante los meses de agosto a octubre también ha sido reportada en San Diego, California (Squire, 1974), y Buenavista, Baja California Sur (Eldridge y Wares, 1974). Se ha documentado que esta disminución puede estar asociada con un desplazamiento de los peces desde la zona costera continental hacia las Islas Revillagigedo, para fines de reproducción (Kamimura, 1958, citado por Squire y Susuki, 1990).

El intervalo de LM analizado fue relativamente pequeño, entre 160 y 265 cm, similar a lo registrado en otras áreas del Pacífico oriental (Eldridge y Wares, 1974; Wares y Sakagawa, 1974; Squire y Susuki, 1990; Ponce-Díaz *et al.*, 1991). Squire y Susuki (1990) comentan que la zona del Pacífico mexicano se caracteriza por la presencia de marlin rayado de tallas medianas, y que los organismos más grandes se desplazan hacia la zona de reproducción localizada en el Pacífico noroccidental.

En el marlin rayado detectamos un crecimiento alométrico negativo, resultado que coincide con Ponce-Díaz *et al.* (1991) y difiere de Wares y Sakagawa (1974) quienes reportan un crecimiento isométrico para la misma zona. Sin embargo, Skillman y Yong (1974) describen un crecimiento alométrico

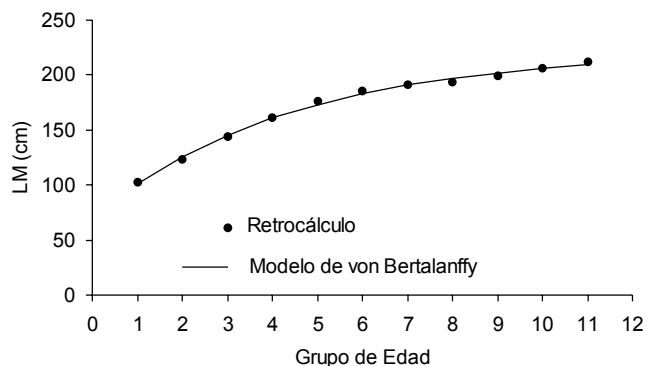
in particular during 1992. A seasonal pattern of relative abundance is identified monthly, with a decrease in summer.

The ML-TW relationships for males and females (fig. 3), and for different years (fig. 4) were not significantly different ($t = 0.05$, $P > 0.05$; $F = 0.00001$, $P > 0.05$) (table 2). As there were no differences (ML-TW) between sexes or years, a general relationship was estimated, of $TW = 0.00008 * ML^{(2.523)}$, where the value of b was significantly less than 3 ($t = 6.5$, $P < 0.05$, $n = 1022$).

Up to ten growth marks were observed in the spine sections (age groups 2 to 11); 3% of the spines were discarded because of difficulties with the readings. According to Melo-Barrera and Félix-Uraga (2002), the growth marks have an annual periodicity.

The ML-TR relationship was highly significant ($P < 0.001$), indicating that growth is proportional in both variables (fig. 5). This justifies the use of the dorsal spine to determine the age and describe the growth of the striped marlin.

The von Bertalanffy model was fitted appropriately to the backcalculated ML/age data ($r^2 = 0.99$; fig. 6). The parameters of the model were: $L_{\infty} = 221$ cm, $K = 0.23$ per year, and $t_0 = -1.6$. The striped marlin reaches 45% of the asymptotic length in the first year of life; during the second year the growth rate decreases to 10%, and after the eighth year the growth rate is around 2%.

**Figura 6.** Modelo de crecimiento de von Bertalanffy con longitudes retrocalculadas.**Figure 6.** Von Bertalanffy growth model with backcalculated lengths.

positivo en la zona de Hawaii, y Kume y Joseph (1969) un crecimiento isométrico para el Pacífico oriental. Estas diferencias en las estimaciones pueden estar asociadas con la estructura de tallas particular de cada zona de pesca en el Pacífico (Squire y Susuki, 1990) y también pueden ser resultado de cambios interanuales en la condición nutricional de los organismos (Ricker, 1975).

Los resultados sugieren que la cuarta espina de la aleta dorsal del marlin rayado es una estructura adecuada para estimar la edad y describir el crecimiento individual. Esto ya había sido señalado para el marlin rayado de la Península de Izu en Japón (Yatomi, 1990). Sin embargo, para el marlin rayado de Nueva Zelanda no se encontró una relación significativa entre el diámetro de la espina y la longitud (Davie y Hall, 1990), pero si se encontró una relación directa entre el peso del organismo y el número de marcas de crecimiento en la espina.

La estructura de edad encontrada en este estudio difiere de la reportada por Davie y Hall (1990) en el número de grupos de edad y en el grupo más abundante. Nosotros reportamos un intervalo de grupos de edad del 2 al 11 y el grupo 7 fue el más abundante, mientras que Davie y Hall (1990) reportan un intervalo del 2 al 8 y al grupo 5 como el más abundante. La ausencia de organismos más jóvenes al grupo 2 podría explicarse porque éstos provienen de la pesca deportiva y existe una selectividad en las tallas debido al tamaño de anzuelo que se utiliza en esta pesquería (Ricker, 1969, en Miranda *et al.*, 1987). Esto también ha sido mencionado para el pez vela (*Istiophorus platypterus*), en el que los grupos de edad 0 y 1 (peces jóvenes) están parcialmente reclutados a la pesquería (Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1996).

Los parámetros del modelo de von Bertalanffy (K y L_{∞}) obtenidos en el presente estudio están dentro del intervalo de valores reportados por otros autores (Skillman y Yong, 1976; Pauly, 1978; Sakagawa y Bell, 1980; Torres, 1991; Torres y Pauly, 1991). Las diferencias entre estos valores pueden deberse a que las muestras provienen de áreas geográficas, intervalos de talla y periodos distintos, además de que en los otros trabajos utilizaron el análisis de frecuencias de tallas para estimar el crecimiento, a diferencia del presente estudio en el que las estimaciones de crecimiento se basaron en la determinación de edad en estructuras duras.

El área de Cabo San Lucas es una zona importante de alimentación para el marlin rayado de tallas medianas (160–280 cm LM). La presencia de estos organismos en la zona se ha relacionado con el movimiento migratorio que realiza la especie para reproducirse en otras áreas del Océano Pacífico (Eldridge y Wares, 1974). La característica de la especie de presentar grupos poblacionales con una estructura de tallas diferente en su área de distribución (Squire y Susuki, 1990) adquiere una gran relevancia para los estudios sobre su biología, y no es posible plantear un plan de manejo de la población sin contemplar estrategias por zona de distribución, lo que hace necesario un trabajo combinado entre investigadores de varios países.

Discussion

The decrease in the number of striped marlin caught by the sport-fishing fleet from August to October at Cabo San Lucas has also been reported for San Diego, California (Squire, 1974), and Buenavista, Baja California Sur (Eldridge and Wares, 1974). This decrease may be related to a migration of the fish from the coastal zone to the Revillagigedo Islands in order to reproduce (Kamimura, 1958, in Squire and Susuki, 1990).

The ML ranged from 160 to 265 cm, similar to that recorded in other areas of the eastern Pacific (Eldridge and Wares, 1974; Wares and Sakagawa, 1974; Squire and Susuki, 1990; Ponce-Díaz *et al.*, 1991). Squire and Susuki (1990) report that the Mexican Pacific is characterized by the presence of medium-sized striped marlin and that the larger organisms move to the breeding areas in the northwestern Pacific.

A negative allometric growth was recorded for the striped marlin. This result concurs with that of Ponce-Díaz *et al.* (1991), but differs from that of Wares and Sakagawa (1974), who reported an isometric growth for the same area; however, Skillman and Yong (1974) described a positive allometric growth for Hawaii, and Kume and Joseph (1969) an isometric growth for the eastern Pacific. These differences may be associated with the particular size structure found in each fishing zone of the Pacific (Squire and Susuki, 1990) or with interannual changes in the nutritional condition of the organisms (Ricker, 1975).

The results suggest that the fourth spine of the dorsal fin is a suitable structure for estimating the age and describing the individual growth of striped marlin. This had already been reported by Yatomi (1990) for striped marlin from the Izu Peninsula in Japan; however, Davie and Hall (1990) did not find a significant relationship between the diameter of the spine and the length of striped marlin from New Zealand, but they did find a direct relationship between the weight of the organism and the number of growth marks on the spine.

The age structure found in this study differs from that reported by Davie and Hall (1990) in the number of age groups and in the most abundant group. We recorded the 2–11 age groups, the most abundant being group 7, whereas Davie and Hall (1990) reported the 2–8 age groups, with group 5 as the most abundant. The absence of organisms younger than age 2 is probably because of the selectivity that exists as a result of the size of the hook used in sport fishing (Ricker, 1969, in Miranda *et al.*, 1987). Similarly, Alvarado-Castillo and Félix-Uraga (1996) reported that the 0 and 1 age groups (young fish) of the sailfish (*Istiophorus platypterus*) are partially recruited to the fishery.

The parameters of the von Bertalanffy model (K and L_{∞}) obtained in the present study are within the range of values reported by other authors (Skillman and Yong, 1976; Pauly, 1978; Sakagawa and Bell, 1980; Torres, 1991; Torres and Pauly, 1991). The differences in these values are probably because the samples were obtained from different geographical

Referencias

- Abitia, C.L.A., Galván, M.F. and Rodríguez, J. (1997). Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fish. Bull.*, 95(2): 360–368.
- Alvarado-Castillo, R.M. y Félix-Uraga, R. (1996). Determinación de la edad de *Istiophorus platypterus* (Pisces: Istiophoridae) al sur del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.*, 44(1): 233–239.
- Davie, P.S. and Hall, I. (1990). Potential of dorsal and anal spines and otoliths for assessing the age structure of the recreational catch of striped marlin. In: R.H. Stroud (ed.), *Planning the Future of Billfishes. Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, August 1–5, Part 2*, pp. 287–294.
- Ehrhardt, N.M. (1992). Age and growth of swordfish *Xiphias gladius*, in the Northwestern Atlantic. *Bull. Mar. Sci.*, 50(2): 299–301.
- Eldridge, M.B. and Wares, P.G. (1974). Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean, 1967–1970. In: R.S. Shomura and F. Williams (eds.), *Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9–12 August 1972, Part 2, Review and contributed papers*, US Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675, pp. 89–101.
- Hill, K.T., Cailliet, G.M. and Radtke, R.L. (1989). A comparative analysis for growth zones in four calcified structures of Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. *Fish. Bull. US*, 87(4): 829–843.
- Joseph, J., Klawe, W. y Murphy, P. (1986). *Atunes y peces espada “Los peces sin patria”*. CIAT, La Jolla, EUA, 126 pp.
- Klett-Traulsen, A., Castro-González, S. y Zamarrón-Daniels, R. (1996). Tendencias recientes de la pesca deportiva de peces de pico en la región sur y sudoriental del estado de Baja California Sur. *Bol. Pesquero*, 3: 1–16.
- Klett-Traulsen, A., Castro-González, S. y Zamarrón-Daniels, R. (1998). Indicadores de la pesca deportiva de peces de pico en Los Cabos y Buenavista, BCS, durante 1997. *Bol. Pesquero*, 9: 12–29.
- Kume, S. and Joseph, J. (1969). Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 130°E. *Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu)*, 2: 115–162.
- Melo-Barrera, F.N. y Félix-Uraga, R. (2002). Estructura de tallas y edad del marlin rayado, *Tetrapturus audax* (Pisces: Xiphiidae), en Cabo San Lucas, BCS, México. *Rev. Biol. Trop.* (en prensa a publicarse en diciembre de 2002).
- Miranda, I.E., Wingo, W.M., O’Gorman, R., Muncy, R.J. and Bates, T.D. (1987). Bias in growth estimates derived from fish collected by anglers. In: R. Summerfelt and G.E. Hall (eds.), *Age and Growth of Fish*. Iowa State Univ. Press, Des Moines, pp. 211–220.
- Nakamura, I. (1974). Some aspects of the systematics and distribution of billfishes. In: R.S. Shomura and F. Williams (eds.), *Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9–12 August 1972, Part 2, Review and contributed papers*, US Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675, pp. 45–53.
- Pauly, D. (1978). A preliminary compilation of fish length growth parameters. *Berichte des Instituts für Meergründe an der Christian-Albrechts Universität Kiel*, 52, 200 pp.
- Ponce-Díaz, G., Ortega-García, S. y GonzálezRamírez, P.G. (1991). Análisis de tallas y relación peso longitud del marlin rayado, *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 17(4): 69–82.
- Prince, E.D., Lee, D.W., Wilson, C.A. and Dean, J.M. (1984). Progress in estimating age of blue marlin, *Makaira nigricans*, and white marlin, *Tetrapturus albidus*, from the western Atlantic Ocean, Caribbean Sea, and Gulf of Mexico. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Collect. Vol. Sci. Pap.*, Madrid, 20(2): 435–447.
- areas, size ranges and periods; furthermore, size frequency analysis was used to estimate growth in the other works, whereas in this study the growth estimates were based on age determination in hard structures.
- The area of Cabo San Lucas is an important feeding ground for medium-sized striped marlin (160–280 cm ML). The presence of these organisms in the area has been associated with the migration of this species to other breeding grounds in the Pacific Ocean (Eldridge and Wares, 1974). This species presents population groups with a different size structure in its area of distribution (Squire and Susuki, 1990), and this characteristic is important for biological studies. It is not possible to introduce management strategies for the population without guidelines per area of distribution, which makes it necessary to conduct a study with the combined efforts of researchers from different countries.

English translation by Christine Harris.

- Radtke, R.L. (1983). Istiophorid otoliths: Extraction, morphology, and possible use as ageing structures. In: E.D. Prince and L.M. Pulos (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks*, US Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS-8, pp. 123–129.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation on biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Board Canada*, 191: 1–392.
- Sakagawa, G.T. and Bell, R.R. (1980). Swordfish *Xiphias gladius*. In: R.S. Shomura (ed.), *Summary Report of the Billfish Stock Assessment Workshop Pacific Resources*. Honolulu Lab. Southwest Fisheries Center, Honolulu, Hawaii, 5–14 December 1977. NOAA Tech. MEM. NMFS, pp. 40–50.
- Skillman, R. and Yong, M. (1974). Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. In: R.S. Shomura and F. Williams (eds.), *Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9–12 August 1972, Part 2, Review and contributed papers*, US Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675, pp. 126–137.
- Skillman, R. and Yong, M. (1976). Von Bertalanffy growth curves for striped marlin *Tetrapturus audax* and blue marlin *Makaira nigricans* in the North Central Pacific. *Fish. Bull.*, 74(3): 553–566.
- Smale, M.A. and Taylor, W.W. (1987). Sources of back-calculation error in estimating growth of lake whitefish. In: R.C. Summerfelt and G.E. Hall (eds.), *Age and Growth of Fish*. Iowa State Univ. Press, Des Moines, pp. 189–202.
- Squire, J.L. Jr. (1974). Migration patterns of Istiophoridae in the Pacific Ocean as determined by cooperative tagging program. In: R.S. Shomura and F. Williams (eds.), *Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9–12 August 1972, Part 2, Review and contributed papers*, US Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675, pp. 189–202.
- Squire, J.L. and Susuki, Z. (1990). Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific Ocean. In: R.H. Stroud (ed.), *Planning the Future of Billfishes. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 1–5 August, Part 2*, pp. 67–80.
- StatSoft, Inc. (1999). *Statistica for Windows (Computer program manual)*, Ver. 4.1, 1998. Tulsa, OK, 23 000 East, 14th Street.

- Torres, F.J. (1991). Tabular data on marine fishes from southern Africa. Part I: Length-weight relationships. *FishByte*, 9(1): 50–53.
- Torres, F.J. and Pauly, D. (1991). Tabular data on marine fishes from southern Africa. Part II: Growth parameters. *FishByte*, 9(2): 37–38.
- Wares, P.G. and Sakagawa, G.T. (1974). Some morphometrics of billfishes from the Eastern Pacific Ocean. In: R.S. Shomura and F. Williams (eds.), *Proceedings of the International Billfish Symposium*, Kailua-Kona, Hawaii, 9–12 August 1972, Part 2, Review and contributed papers. US Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675, pp. 107–120.
- Yatomi, H. (1990). A potential problem in estimating the ages of the striped marlin using fin spines. In: R.H. Stroud (ed.), *Planning the Future of Billfishes. Proceedings of the Second International Billfish Symposium*, Kailua-Kona, Hawaii, 1–5 August, Part 2, pp. 317–321.
- Zar, J.H. (1974). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.