

00366 9



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología  
Universidad Autónoma de México



UNAM

**ANÁLISIS DE LA EDAD, CRECIMIENTO Y  
MORTALIDAD DEL MARLÍN RAYADO (*Tetrapturus  
audax*; Philippi, 1887; Pisces: Istiophoridae) EN EL  
PACÍFICO CENTRAL MEXICANO**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**Maestro en Ciencias**  
(Biología Marina)

presenta

**JOSÉ ALBERTO MONTOYA MÁRQUEZ**

Director de Tesis: DR. XAVIER CHIAPA CARRARA

Comité Tutorial: DR VIRGILIO ARENAS FUENTES  
DRA. LAURA SANVICENTE AÑORVE

México, D. F., 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a las siguientes Instituciones y personas que hicieron posible la realización de la presente tesis

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de estudiar la maestría en Ciencias del Mar.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por ofrecerme el apoyo necesario para la culminación del presente trabajo. A los maestros del Instituto, que con acierto dirigieron mis estudios y motivaron en esta ciencia.

Al Postgrado de Ciencias del Mar y Limnología, en especial al Dr. Martín Merino por su invaluable apoyo y consejos. A las secretarías Norma, Gabi, Cande y Lupita por su excelente apoyo en todo lo relacionado con aspectos administrativos.

A mi director de tesis Dr. Xavier Chiapa Carrara por su excelente dirección de tesis y apoyo, en especial por su amistad.

Al Dr. Manuel Gallardo por su tiempo, dedicación y apoyo en la culminación de la tesis, en especial por brindarme su valiosa amistad.

A los sinodales: Dr. Virgilio Arenas, Dra. Laura Sanvicente, Dr. Manuel Gallardo y Dr. Carlos Robinson por su apoyo y comprensión.

Al CONACYT por la beca-crédito otorgada para la realización de este trabajo y por su apoyo en mi formación académica

Al Grupo "Picudos" (Heriberto Santana, Ana Luisa Vidaurri, Rene Macías) del Crip-Manzanillo por prestarme las muestras y bases de datos (sin ellas no habría tesis), por su invaluable apoyo y conocimiento del área, pero más que nada por brindarme su amistad. Al Crip-Manzanillo por darme toda la ayuda necesaria en mis estancias dentro de sus instalaciones.

Al Dr. Sergio Cevallos por brindarme el espacio y apoyo del laboratorio de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM, para realizar los cortes de las espinas.

A Herón por su ayuda en la lectura de las espinas.

Al Dr. Soto por su apoyo y amistad.

Al Dr. Manuel Castillo Rivera por su gran amistad y apoyo.

Al Maestro Abraham Kobelkowsky y al Dr. Manuel Castillo a quienes considero mis padres académicos.

Por último, pero no por ello menos importantes, mis amigos de toda la vida: Octavio, Alfredo, Enrique C., Jossy P., Luis y Concha T., Juan C. M., Everardo, Citlali y Memo, Manuel C., Ambar, Max y Lalo, Carmen y Diana, Jose L y Yolotzin, Sandra, Elizabeth, Luz

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

M. E. A mis nuevas amistades, por que quien encuentra un amigo encuentra un tesoro, Alejandro y Diana, Alex Estradas (por su importante apoyo), Marcelino N. G., (gracias por el apoyo) y todos los que se me olvidan, por su apoyo y amistad incondicional.

A todas aquellas personas que participaron en la realización de este trabajo.

Por último quiero agradecer a la Universidad del Mar (UMAR) por todas las facilidades y apoyo brindados para realizar mis trámites y examen de grado.

## DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a:

Rosa Ma. Núñez García (candil que ilumina mi camino), pareja y amiga por todo el gran amor y apoyo, éste es también tu logro.

Mi mamá: Antropol. Ma. Eugenia Márquez C. por su amor, amistad, apoyo incondicional y ejemplo, por quien soy. Este logro es también tuyo.

Mi papá: Antropol. José de Jesús Montoya B. por su amor, amistad, apoyo y ejemplo.

Mis hermanos y amigos: Alfredo, Octavio, Miguel, Crista, Alexis, Francisco, Eloisa, Angel y Alondra.

Como un pequeño reconocimiento a su vida acortada injustamente: M. en C. Reyna Alvarado Castillo<sup>†</sup>.

A todos los maestros de mi vida, por que cada uno puso un granito de arena en mi formación.

Y por último al alimento de mi espíritu: La música.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INDICE

	Pág.
<b>Resumen</b>	
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Importancia ecológica	1
Importancia económica	2
Importancia en pesquerías	2
Características de pesca	3
Importancia deportiva	3
<b>Antecedentes</b>	<b>5</b>
Tamaño	5
Madurez	5
Morfometría	6
Relación talla-peso	6
Variación geográfica	7
Determinación de la edad y crecimiento	7
<b>Objetivos</b>	<b>9</b>
General	9
Particulares	9
<b>Especie y área estudiada</b>	<b>10</b>
Posición taxonómica de <i>Tetrapturus audax</i>	10
Diagnóstico de <i>Tetrapturus audax</i>	10
Hábitat y biología	11
Distribución vertical	12
Distribución geográfica	12
Características del área de estudio	13
<b>Material y Métodos</b>	<b>17</b>
Actividades de campo	17
Actividades de laboratorio	17
Limpieza de las espinas	17
Procedimiento de corte y lectura del número de bandas de crecimiento	18
Trabajo de Gabinete	21
Análisis morfométrico	21
Relación talla-peso	23
Determinación del factor de condición relativo (FCr)	23
Determinación de la edad	24
Precisión de las lecturas	24
Validación	25

Relación longitud ojo-furca vs diámetro del cóndilo	26
Cálculo de la longitud media del grupo de edad faltante	26
Enmascaramiento de la primera línea de crecimiento por los vasos capilares	26
Crecimiento	26
Crecimiento en longitud	26
Crecimiento en peso	28
Crecimiento entre sexos.	28
Longevidad (Edad $A_{0.95}$ )	29
Mortalidad total (Z)	30
Mortalidad natura (M)	30
Mortalidad por pesca (F)	31
Análisis estadísticos	31
<b>Resultados y Discusión</b>	<b>32</b>
Descripción estadística de datos	32
Longitud ojo-furca por meses	33
Análisis morfométrico	34
Relación talla-peso	36
Factor de condición relativo (FCr)	40
Comportamiento del FCr por años	41
Comportamiento mensual del FCr	43
Comportamiento del FCr por épocas	45
Determinación de la edad	46
Descripción interna y características de la espina	47
Aspecto de la sección transversal	47
Identificación y análisis de las marcas de crecimiento	48
Precisión de las lecturas	50
Patrón de crecimiento estacional	51
Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento	51
Relación longitud ojo-furca vs largo del cóndilo	52
Enmascaramiento de la primera línea de crecimiento por los vasos capilares	52
Cálculo de la longitud media del grupo de edad faltante	53
Relación edad longitud	54
Análisis del crecimiento	57
Crecimiento en longitud	57
Método de Ford-Walford y Gulland	57
Método de Prager	57
Ajuste por Beverton	57
Valoración de los métodos empleados	57
Ecuación del crecimiento de <i>Tetrapturus audax</i>	59
Crecimiento según el sexo	61
Crecimiento en machos	61
Crecimiento en hembras	62
Diferencia de crecimiento entre sexos	64

Crecimiento en peso	65
Peso a cada edad	65
Determinación de la longevidad (Edad $A_{0.95}$ )	67
Comparación del crecimiento del marlín rayado con otras especies de pico	67
Análisis de la mortalidad	69
Mortalidad total	69
Mortalidad natural	70
Mortalidad por pesca	71
<b>Conclusiones</b>	<b>72</b>
<b>Literatura citada</b>	<b>74</b>

TESIS CON  
FALLA EN RIGEN

## INDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	Medidas tomadas para el marlín rayado ( <i>Tetrapturus audax</i> ).	32
TABLA 2	Medidas descriptivas de la talla (LOF) y peso por sexos.	33
TABLA 3	Valores mensuales de la longitud ojo-furca promedio (cm), desviación estándar (DE), y número de individuos por mes (N).	34
TABLA 4	Constantes de las relaciones morfométricas por medio del análisis de regresión ( $\log_{10} LT = \log_{10} a + b \log_{10} LOF$ ), se señala: tipo de alometría; número de individuos (N); coeficientes de correlación (r) y determinación ajustada ( $r^2_{ajst}$ ); estadístico de prueba para la pendiente (t) y grados de libertad (gl).	35
TABLA 5	Constantes de la relación talla-peso de <i>Tetrapturus audax</i> encontradas en la literatura y la del presente trabajo, por medio del análisis de regresión ( $\log_{10} \text{Peso} = \log_{10} a + b \log_{10} LOF$ ), se señala: localidad, tipo de peso y longitud utilizadas, unidades de peso y longitud, número de individuos (N), Intervalo de tallas, ordenada al origen (a), pendiente (b) y fuente de información. PE en la columna de Fuente indica los resultados obtenidos en el presente estudio.	38
TABLA 6	Constantes de la relación talla-peso del marlín rayado, para machos y hembras, por medio del análisis de regresión ( $\log_{10} \text{Peso} = \log_{10} a + b \log_{10} LOF$ ), se señalan: tipo de alometría; número de individuos (N); coeficientes de correlación (r) y determinación ajustada ( $r^2_{ajst}$ ); estadístico de prueba para la pendiente (t) y grados de libertad (gl).	39
TABLA 7	Pendiente de la relación talla-peso, de machos y hembras del marlín rayado, durante las épocas del año, según Wyrcki (1966, 1967). Se señalan: tipo de alometría; número de individuos (N); coeficientes de correlación (r) y determinación ajustada ( $r^2_{ajst}$ ); estadístico de prueba para la pendiente (t) y grados de libertad (gl).	40
TABLA 8	Estadísticos descriptivos del FCr para <i>Tetrapturus audax</i> durante los años de 1993 a 1999 (DE: Desviación estándar).	40
TABLA 9	Factor de Condición relativo por sexo de <i>T. audax</i> , durante los años de 1993 a 1999.	41
TABLA 10	Estadísticos descriptivos del FCr de la especie y por sexos del marlín rayado, en el intervalo de años de 1993 a 1999.	42
TABLA 11	Resultados de la prueba de T3 de Dunnett para el FCr del marlín rayado durante los meses de muestreo.	43
TABLA 12	Medidas descriptivas de la LOF en las espinas procesadas.	46
TABLA 13	Anchura promedio de los anillos anuales de las espinas del marlín rayado	50
TABLA 14	Relación edad longitud promedio del marlín rayado. Se indica el número de datos (N) y el error estándar (EE) de cada grupo de edad.	54
TABLA 15	Relación edad-longitud promedio de los machos de <i>Tetrapturus audax</i> . Se indica el número de datos (N) y el error estándar (EE) de cada grupo de edad.	55
TABLA 16	Relación edad longitud promedio de las hembras del marlín rayado. Se indica el número de datos (N) y el error estándar (EE) de cada grupo de edad.	56
TABLA 17	Valores de los parámetros del crecimiento obtenido con el ajuste de Beverton (1954). Las siglas F-W y G significan: Ajuste al método de Ford (1933) y Walford (1946) y Gulland y Holt (1959).	57

<b>TABLA 18</b>	Valores de los coeficientes de crecimiento obtenidos por diversos métodos, para la especie y por sexos. Los asteriscos señalan el método que mejor se ajustó. Bertalanffy F-W y G: curva de crecimiento de von Bertalanffy (1938) con los parámetros obtenidos por Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959). (a) Gulland y Holt: $t_0$ obtenida con todos los grupos de edad. (b) Gulland y Holt: $t_0$ obtenida con los grupos mejor representados.	58
<b>TABLA 19</b>	LOF observada y calculada del marlín rayado a diferentes edades.	59
<b>TABLA 20</b>	LOF observada y calculada de los machos del marlín rayado.	62
<b>TABLA 21</b>	LOF observada y calculada de las hembras del marlín rayado.	63
<b>TABLA 22</b>	Intervalos de confianza simultáneos Roy-Bose de cada parámetro de crecimiento en longitud, se incluyen los valores de $F_0$ para cada intervalo.	64
<b>TABLA 23</b>	Peso a cada edad de la especie y por sexos del marlín rayado.	66
<b>TABLA 24</b>	Peso teórico a cada edad del marlín rayado y por sexos.	66
<b>TABLA 25</b>	Longevidad por sexos y general del marlín rayado.	67
<b>TABLA 26</b>	Valores de parámetros del crecimiento reportados en la literatura. Se señala: localidad, Tipo de método usado para el cálculo de la edad, Número de datos (N), sexo, especie, intervalo de talla, fuente de información, valores de $k$ , $t_0$ , $L_{\infty}$ , $A_{(0.95)}$ y longitud usada. El asterisco en la columna de la localidad (local) indica los resultados en el presente estudio.	68
<b>TABLA 27</b>	Mortalidad por sexos y general del marlín rayado.	70

## INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Fig 1	Tendencia del esfuerzo pesquero en miles de anzuelos (Uosaki y Bayliff 1999).	2
Fig 2	Sección de un palangre con cinco anzuelos (Tomado de Santana-Hernández <i>et al.</i> , 1998).	3
Fig 3	Marlín rayado ( <i>Tetrapturus audax</i> ) (Tomado de Nakamura, 1985).	11
Fig 4	Distribución del marlín rayado <i>Tetrapturus audax</i> (tomado de Nakamura, 1985).	13
Fig 5	Puertos donde se recolectó el material biológico (pesca deportiva).	13
Fig 6	Medidas morfométricas registradas del marlín rayado ( <i>Tetrapturus audax</i> ) (Tomado de Nakamura, 1985).	18
Fig 7	Obtención de la cuarta espina de la primera aleta dorsal del marlín rayado.	19
Fig 8	Ubicación del área donde se hicieron los cortes (modificado de Vidaurri-Sotelo <i>et al.</i> , 1998).	19
Fig 9	Cortadora Buehler isomet de baja velocidad.	20
Fig 10	Corte de la 4ª espina de la primera aleta dorsal, en donde se muestran las medidas tomadas para la determinación de la edad y el crecimiento, así como algunas características de la espina.	21
Fig 11	Relación talla-peso de la especie <i>Tetrapturus audax</i> en los años 1993-1999.	36
Fig 12	Análisis de residuales de la regresión talla-peso.	37
Fig 13	Comportamiento del FCr por años de la especie y por sexos, en los años de muestreo (1993 a 1999), se grafican la media y la desviación estándar. La línea horizontal roja señala FCr=1	43
Fig 14	Comportamiento por meses del FCr, para la especie y por sexos, se grafican la media y la desviación estándar. La línea horizontal roja señala FCr=1	44
Fig 15	Comportamiento por épocas del FCr, para la especie y por sexos, se grafican la media y la desviación estándar. La línea horizontal roja señala FCr=1	46
Fig 16	Histograma de frecuencias de talla del marlín rayado (machos y hembras).	47
Fig 17	Corte transversal de una espina perteneciente al grupo de edad 2, se indica el primer anillo de crecimiento, se observa la línea doble.	48
Fig 18	Corte transversal de una espina perteneciente al grupo de edad 3, se indican 2 anillos de crecimiento.	49
Fig 19	Corte transversal de una espina perteneciente al grupo de edad 6, se indican los cinco anillos de crecimiento.	49
Fig 20	Porcentaje de ocurrencia trimestral de los anillos de crecimiento rápido y lento.	51
Fig 21	Relación entre la talla y la distancia del foco al límite de la zona vascularizada.	53
Fig 22	Relación edad-longitud promedio del marlín rayado. Se grafica la media y el error estándar para cada grupo de edad.	54
Fig 23	Relación edad-longitud promedio de machos del marlín rayado. Se grafica la media y el error estándar para cada grupo de edad.	55
Fig 24	Relación edad-longitud promedio de las hembras del marlín rayado. Se grafica la media y el error estándar para cada grupo de edad.	56
Fig 25	Curva de crecimiento del marlín rayado ( <i>Tetrapturus audax</i> ). Se grafican los valores calculados con la ecuación de von Bertalanffy (1938), la media y el error estándar (EE) de los valores observados.	60
Fig 26	Tasa instantánea de crecimiento en longitud.	61
Fig 27	Curva de crecimiento para los machos del marlín rayado. Se grafican los valores calculados, y media, error estándar (EE) y número de datos (N) de los valores observados. La longitud observada de la edad 2 se obtuvo de una regresión.	62

- Fig 28** Curva de crecimiento de las hembras del marlín rayado. Se grafican los valores calculados; media, error estándar (EE) y número de datos (N) de los valores observados. 64
- Fig 29** Crecimiento entre sexos del marlín rayado. 65
- Fig 30** Curva de captura linealizada, se indica el modelo de regresión estimado, donde el valor de  $Z = -b$ . 70

## RESUMEN

El marlín rayado es una especie de importancia ecológica y económica, a pesar de esto se han hecho pocos estudios acerca de su biología, particularmente en cuanto a la determinación y estructura de edades, talla, crecimiento, morfometría y abundancia, factores que ayudan en la toma de decisiones en el manejo de las pesquerías y el entendimiento de la dinámica ecológica de las comunidades. Por estas razones, en la presente investigación se determinó la edad, la composición por edades y tallas, crecimiento, mortalidad total, natural y por pesca, relación talla-peso, comportamiento temporal del factor de condición relativo y algunas relaciones morfométricas del marlín rayado capturado por la flota deportiva y comercial en el Pacífico Central mexicano. Se trabajó con una base de datos proporcionada por el Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Manzanillo (Crip-Manzanillo). Estos datos, comprenden de febrero de 1993 a septiembre de 1999. Con esta base se realizaron los análisis de longitud, morfometría, relación talla-peso, y factor de condición relativo. Los análisis de edad, crecimiento, mortalidad y longevidad, se hicieron con una submuestra de la base de datos que comprendió de abril de 1993 a marzo de 1999. Para el análisis morfométrico y la relación talla-peso se empleó el modelo potencial. Se determinó la variación temporal del factor de condición relativo. La determinación de la edad se llevó a cabo a través de la lectura de líneas de crecimiento en cortes transversales de 5 mm de grosor de la cuarta espina de la primera aleta dorsal. La estimación de la precisión de las lecturas fue evaluada a través del método basado en el coeficiente de variación (V), y el índice de precisión (D) propuesto por Chang (1982). Se propone una técnica para reconocer si la zona vascularizada encubrió la primera línea de crecimiento. Con relación al tamaño, en cuanto a longitud y peso, entre machos y hembras no se encontraron diferencias significativas. Las relaciones morfométricas entre la longitud ojo-furca y cada una de las demás variables, longitud total y altura fueron de tipo alométrico negativo e isométrico respectivamente. Se determinaron diferencias sexuales morfométricas entre la longitud ojo-furca y la longitud del cuerpo, en machos fue de tipo alométrico negativo y en hembras isométrico. La relación entre la talla y el peso fue de tipo alométrico positivo, lo que indica que *T. audax* tiende a acumular biomasa a lo largo de su desarrollo. Se determinaron diferencias significativas entre sexos, siendo mayor en hembras que en machos. Por otro lado, se evidenció una relación causal entre la condición baja de la especie con los años en los que se presentaron eventos el "Niño". Así mismo, se presentó una relación entre este factor y la época de reproducción del organismo. Con respecto a la formación de las bandas de crecimiento se observó que éstas se forman anualmente, la validación del tiempo de formación de estas bandas en el marlín rayado permite concluir que la determinación de la edad a partir de su enumeración es un procedimiento adecuado. Se determinaron 10 grupos de edad, siendo más abundantes los grupos 5 y 6 y los menos los grupos 2 y 10 con un solo individuo. Se estimaron los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (1938), tanto en longitud como en peso, con los métodos de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959), Prager (1989) (por medio del programa Fishparm, 1987), ajustando éstos con el método de Beverton (1954). Los parámetros de crecimiento estimados fueron, en la especie:  $L_{\infty}= 181$  cm,  $K= 0.33$ ,  $t_0= -3.00$ . En machos:  $L_{\infty}= 183.8$  cm,  $K= 0.29$ ,  $t_0= -3.41$ . y en hembras:  $L_{\infty}= 179.22$  cm,  $K= 0.42$ ,  $t_0= -2.30$ , encontrándose, a partir de una  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981), diferencias significativas entre sexos. Las hembras crecen más rápido que los machos, pero tienen una longitud media máxima y una longevidad menores. La mortalidad total (Z) de la especie fue de 0.52, el valor de la mortalidad natural de 0.25 y la mortalidad por pesca de 0.27.

## INTRODUCCIÓN

Los marlines pertenecen al conjunto de peces denominados "picudos". Este grupo presenta las siguientes características; mandíbula superior prominente (dentro del rostrum), voluminosos, veloces; migratorios (el patrón migratorio incluye movimientos estacionales hacia aguas templadas o frías donde se alimentan y regresan hacia aguas tropicales o subtropicales a pasar el invierno y reproducirse), dioicos y su apareamiento no es totalmente conocido. Ninguna especie presenta dimorfismo sexual, pero las hembras generalmente alcanzan mayor tamaño que los machos, sus huevos son pequeños (aproximadamente 1 mm de diámetro) y pelágicos, las larvas son planctónicas. Dicho grupo es apreciado comercialmente por las propiedades de su carne (de buen sabor, y por conservar su tonalidad después de transcurrido un tiempo considerable, a diferencia de la carne del atún) y deportivamente por su belleza y tamaño (Nakamura, 1985).

Los "picudos" se dividen en dos familias Xiphiidae e Istiophoridae. El marlín rayado (*Tetrapturus audax*; Philippi, 1887) pertenece a esta última.

Externamente, el marlín rayado se parece al pez vela, pero la primera aleta dorsal es notablemente más pequeña en lo que se refiere a la altura.

### Importancia ecológica

A los depredadores que se encuentran en los eslabones superiores de la cadena trófica, se les conoce como depredadores tope, los "picudos" en general y los marlines en particular, pertenecen a este tipo.

El marlín es una especie carnívora y debido a su posición respecto a la cadena trófica, se le considera como una especie ecológicamente importante.

Algunos autores piensan que los depredadores tope controlan las poblaciones de sus presas, pero diversas observaciones sugieren que esto no sucede. Ya que existen respuestas de los depredadores al aumento de la densidad de sus presas, como son: incremento en el consumo de las mismas (respuesta funcional) aumento en la población de los depredadores y disminución de la mortalidad de éstos (respuesta numérica), así como aumento en el tamaño de los depredadores (respuesta de desarrollo) (Wotton, 1992; Valiela, 1995).

Los biólogos pesqueros tradicionalmente creen que los stocks de peces adultos raramente sobre explotan su fuente de alimento (Beverton, 1962; Gulland, 1971; Cushing, 1975; Valiela, 1995). Un factor importante observado, es que la población de peces adultos es, en general, relativamente menor en densidad a sus recursos. Sin embargo, respuestas a la limitación de los recursos, tales como crecimiento reducido, son evidentes sólo en ambientes donde existe una densidad alta en el número de depredadores (Valiela, 1995).

La depredación en ambientes pelágicos tiene gran relevancia en la estructura de las comunidades, debido a su incidencia sobre larvas y juveniles (Wootton, 1992), los cuales son depredados por un gran número de especies. Los depredadores de estados juveniles

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

y larvarios del marlín son variados y van desde grandes invertebrados, como calamares, hasta peces, mamíferos y algunas veces aves (Nakamura, 1985).

### Importancia económica

Por su belleza, tamaño y sabor de carne, el marlín tiene importancia tanto en la pesca comercial como en la deportiva (Nakamura, 1985), aunque en nuestro país la pesca comercial se encuentra restringida (Capítulo VII, Artículo 60 de la Ley de Pesca y su reglamento. Secretaria de Pesca, 1992).

### Importancia en pesquerías

La importancia, del marlín rayado, en pesquerías comerciales se refleja en el aumento de la cantidad capturada y el esfuerzo pesquero en los últimos años a escala mundial (Nakamura, 1985; Uosaki y Bayliff, 1999) (figura 1). El país con mayor producción y consumo de picudos es Japón, donde el marlín rayado representa la tercera pesca de picudos más importante, y el 17% de la pesca total (Nakamura, 1985).

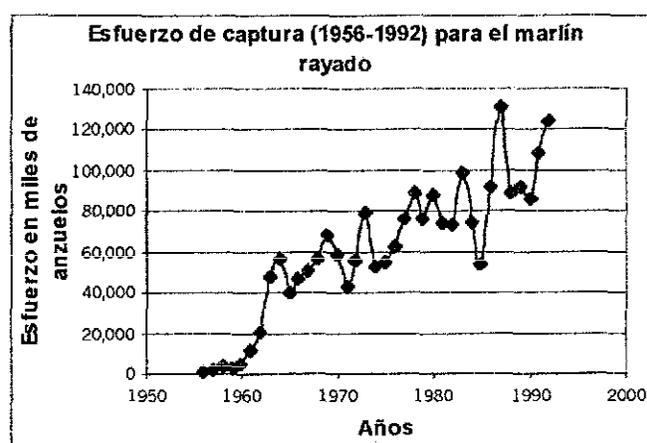
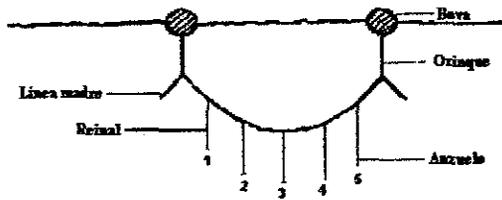


Figura 1. Tendencia del esfuerzo pesquero en miles de anzuelos (Uosaki y Bayliff, 1999).

Solamente el 13.6% (2,132 t) del total de capturas en 1981, fue hecho en el Océano Índico y 86.4% (13,532 t) en el Océano Pacífico (Nakamura, 1985). La pesca comercial es realizada generalmente por medio de palangre superficial, cuyo blanco principal son atunes y picudos, los cuales nadan frecuentemente a profundidades entre 100 y 150 m (Nakamura, 1985).

El palangre es un arte de pesca utilizado en la captura de peces pelágicos que consiste de una línea principal, o línea madre, de la cual penden líneas secundarias, llamadas reinales (figura 2). Su selectividad, parece estar influenciada por factores como la estrategia de pesca, la distribución horizontal y vertical de las especies y el tipo y tamaño de carnada (Santana-Hernández *et al.*, 1998).



**Figura 2.** Sección de un palangre con cinco anzuelos (Tomado de Santana-Hernández *et al.*, 1998).

La proporción general entre la pesca de atún y la de picudos, dentro de la pesca palangrera mundial es: 69% atunes por 31% de "picudos". La proporción en el Océano Pacífico Norte entre los años de 1968-1980 fue de 87% atunes por 13% "picudos" y en el Océano Pacífico Sur fue de 94% atunes por 6% de "picudos" (Nakano y Bayliff, 1992). Como podemos observar, a partir de los datos anteriores, la pesca palangrera en el Pacífico Norte es de mayor importancia que la del Pacífico Sur, en cuanto a producción.

### Características de pesca

La pesca de picudos, especialmente pez vela y marlín rayado, depende de parámetros fisicoquímicos y niveles de profundidad en los que se distribuyen los organismos en las diferentes épocas del año.

El marlín realiza migraciones verticales durante el día, por lo tanto, si el lance se hace durante el día, entonces su captura se hace con anzuelos más profundos, si es en la noche, la captura se realiza con anzuelos de menor profundidad. Las mayores capturas, en cantidad del marlín rayado se han registrado a temperaturas entre 20 y 21°C (Squire, 1974). La temperatura tiene una fuerte relación con la abundancia de los picudos. Las capturas se realizan cuando la carnada está en movimiento. Se utilizan como carnadas de pesca: Lebrancha (*Mugil curema*), con una longitud de 20 a 30 cm, Macarela (*Scomber japonicus*), con longitud de 25 a 30 cm (Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en Manzanillo, 1998).

Así mismo, se ha encontrado una relación inversa en la abundancia entre el pez vela y el marlín rayado, pues donde el pez vela se encuentra con mayor frecuencia, el marlín disminuye su índice de captura y viceversa (Squire, 1974).

### Importancia deportiva

Aunque mundialmente la pesca de picudos tiene importancia comercial, en México dicha actividad está restringida y sólo la pesca deportiva tiene permiso abierto (Capítulo VII, Artículo 60 de la Ley de Pesca y su reglamento. Secretaría de Pesca, 1992). La pesca deportiva es importante por los recursos económicos que genera, de mayor trascendencia en el Pacífico mexicano debido a la distribución de estos organismos.

En México las especies más importantes para la pesca deportiva, por su tamaño, son: *Istiophorus platypterus* (pez vela) y *Tetrapturus audax* (Vidaurre-Sotelo *et al.*, 1998). La pesca deportiva se hace por medio de cañas de pesca (Nakamura, 1985).

A través de la historia, los humanos hemos utilizado una gran variedad de peces para consumo y recreación, y se han creado diferentes métodos para su captura, sin embargo en numerosas ocasiones los métodos resultan insuficientes o dañinos para el recurso, en muchas ocasiones sobreexplotando el mismo. En el siglo XIX, la magnitud de este problema llevó a la investigación sistemática en pesquerías. Los datos de longitud y peso llegaron a ser un importante instrumento en la biología pesquera, ya que con ellos se obtienen coeficientes de crecimiento y mortalidad de las especies, así como de su edad y madurez. Mediante estos datos se puede calcular la duración del ciclo de vida de cada especie y con ello se proponer estrategias adecuadas de manejo (Ricker, 1975; Gulland, 1983; Caillet *et al.*, 1986).

El conocimiento de la edad de los peces es un componente vital en la toma de decisiones para el manejo de una pesquería (Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1996), además ayuda a conocer y entender un aspecto importante de la biología y de la dinámica ecológica de las comunidades.

Por todas estas razones, en la presente investigación se determinó la edad, la composición por edades y tallas, así como el crecimiento del marlín rayado capturado por la flota deportiva y comercial en el Pacífico mexicano.

Dada la importancia de los marlines, tanto en la pesca deportiva como en la comercial y tomando en cuenta los pocos estudios de biología que se tienen de estos peces, particularmente en cuanto a la determinación y estructura de edades, talla y crecimiento y abundancia [Ovchinnikov (1971), Eldridge y Wares (1974), Pillay y Ueyanagi (1978), Miyabe y Bayliff (1987), Boggs (1989), Block (1990), Ponce-Díaz *et al.* (1991), Nakano y Bayliff (1992), Uosaki y Bayliff (1999)] este tipo de estudios ayudan a establecer los criterios y medidas adecuadas para su aprovechamiento.

## ANTECEDENTES

Dentro de los trabajos realizados sobre biología y pesca del marlín rayado están los de Kume y Joseph (1969), Shiohama (1969), Eldridge y Wares (1974), Ueyanagi y Wares (1975), Pillai y Ueyanagi (1978), Nakamura (1985), Miyabe y Bayliff (1987), Squire y Suzuki (1990), Ponce-Díaz *et al.* (1991), Nakano y Bayliff (1992), Uosaki y Bayliff (1999). El Intervalo de tallas descrito por estos autores, en cuanto a la pesca palangrera y a la deportiva, comprende un máximo de 350 cm de longitud total, reportado por Nakamura (1985) y un mínimo de 60 cm de longitud ojo-furca, reportado por Uosaki y Bayliff (1999).

Según Nakano y Bayliff (1992), el número de hembras es mayor que el de los machos, así mismo, estos autores reportan que dentro del intervalo de tallas (280 a 60 cm de longitud ojo-furca) la mayoría midió entre 120 y 200 cm, dato que concuerda con lo reportado por Uosaki y Bayliff (1999). De igual manera, los peces de mayor tamaño en el Océano Pacífico Oriental, se encontraron entre los 10° N y 20° S y de los 100° W a los 150° W. Sin embargo Uosaki y Bayliff (1999) encontraron peces de mayor tamaño entre los 30° N y 10° N y de los 120° W a 150° W. Así mismo, Nakano y Bayliff (1992) y Uosaki y Bayliff (1999) encontraron peces más pequeños entre los siguientes cuadrantes: 30° N y 10° N; 150° W y 120° W; entre los 0° S y 20° S; 120° W y 100° W; 10° S y 30° S y 100° W y 85° W los 30° N y el Ecuador y de los 150° W a los 110° W. Según los autores, esto podría indicar que el reclutamiento a la pesquería palangrera ocurrió primordialmente en los sitios antes mencionados.

Howard y Ueyanagi (1965) notaron que los peces en el Océano Pacífico Oriental fueron más pequeños que aquéllos en el Pacífico Central Sur y Sur Occidental, e infirieron que existe una migración desde el Pacífico Oriental al Central Sur y Sur Occidental. Squire y Suzuki (1990) notaron que peces pequeños son más comunes en el Pacífico Occidental que en el Oriental, y afirmaron que "cantidades considerables de marlines rayados juveniles deben....migrar a las áreas noreste y sureste (tropicales y subtropicales) del Pacífico". Observaron también que los peces de talla mayor de 200 cm son más comunes en el Pacífico Occidental que en el Oriental, y afirmaron que esto indica un desplazamiento de peces de mayor edad del Pacífico Oriental al Occidental (Nakano y Bayliff, 1992).

### Tamaño

El tamaño máximo reportado para el marlín rayado excede los 350 cm en longitud total y 200 Kg. en peso (registrado para pesquerías comerciales). El tamaño de la primera captura (pesquerías de palangre) es, aproximadamente 60 cm de longitud ojo-furca. En el Pacífico Central Norte el tamaño máximo capturado por palangre varía entre 235 y 255 cm de longitud del cuerpo, y cerca de 280 cm en el Pacífico Sur Occidental (Nakamura, 1985).

### Madurez

La mayoría de los reportes coinciden en que, frente a las costas mexicanas, se han encontrado organismos maduros durante los meses de abril a septiembre [Kume y Joseph (1969), Eldridge y Wares (1974), Miyabe y Bayliff (1987)], y sólo un reporte menciona que se encontraron organismos maduros durante octubre a diciembre (Miyabe y Bayliff, 1987).

Por otra parte los peces maduros estudiados por Kume y Joseph (1969) fueron más pequeños en el norte que en el sur. Squire y Suzuki (1990) declararon que "el área principal de desove está en el Pacífico Occidental. Es posible que ocurra un desove en el Pacífico Oriental pero han sido capturadas pocas larvas en esta zona". Nakano y Bayliff (1992), basándose en el estudio de Kume y Joseph (1969), quienes clasificaron de maduras a hembras con un índice gonadal mayor a 3.1, reportan sólo dos que fueron capturadas en las coordenadas de 11° S-131° W y 12° S-126° W en octubre. Uosaki y Bayliff (1999) encontraron hembras maduras las cuales medían entre 142 a 149 cm de longitud ojo-furca.

Según Nakamura (1985), se han encontrado larvas de marlín rayado en el Pacífico Norte Occidental (180° W, entre 10° N a 30° N), y en el Pacífico Sur central (130° W entre 10° S y 30° S). Existe mayor abundancia en los veranos respectivos de las localidades, ocurriendo un pico durante mayo a junio en el Pacífico Norte Occidental y en noviembre y diciembre en el Pacífico Sur Central. La presencia estacional de hembras maduras coincide con la de las larvas (Ueyanagi, 1964; Nakamura, 1985). Mientras que la distribución de larvas para el Pacífico Oriental (120° W) no es conocida, se han reportado peces maduros entre 5° N y 20° N, principalmente en mayo y en junio. El límite inferior de temperatura en la distribución de las larvas es aproximadamente 24° C. Las larvas del marlín en el Océano Pacífico son escasas en aguas ecuatoriales.

Alrededor de la Isla de Taiwán, el tamaño de la primera madurez se encuentra generalmente entre 140 y 160 cm de longitud ojo-furca. El tamaño mínimo de una hembra madura fue de 137 cm de longitud ojo-furca (Nakamura, 1985).

### Morfometría

Royce (1957), reporta una relación alométrica negativa entre la longitud ojo-furca y la longitud furcal (LF; de la punta del pico a la furca) con 11 organismos, capturados cerca de la costa del Perú, y un intervalo de tallas de 142.3 a 310.1 cm de LOF, las ecuaciones que describen tal relación se da a continuación:

$$LOF = -92.9 + 0.778 \times (LF)$$

$$LF = 133 + 1.28 \times (LOF)$$

### Relación peso-longitud

Con respecto a la relación peso-longitud en distintas áreas geográficas existen algunos trabajos como los de Royce (1957), Merret (1968), Kume y Joseph (1969), Skillman y Yong (1974), Wares y Sakagawa (1974) y Ponce-Díaz *et al.* (1991).

Con relación al factor de condición, Eldridge y Wares (1974), obtuvieron un intervalo de 0.80 a 1.26 para organismos del Pacífico Oriental. En el Mar de China Oriental se reportó que el factor de condición mostraba un decaimiento estacional en junio para peces de longitud de 166 a 195 cm de longitud ojo-furca. El decaimiento en el factor de condición antes de junio fue mucho más abrupto que el incremento después de junio. Un ciclo estacional similar fue también aparente para peces de 136 a 165 cm (Furukawa *et al.*, 1958).

### Variación geográfica de las poblaciones del marlín rayado

Homma y Kamimura (1958), Howard y Ueyanagi (1965) y Suzuki (1989), en base a datos morfométricos, coeficiente de pesca, grupos de desove, tamaño máximo, y diferencias en el crecimiento de organismos de diversas localidades geográficas, suponen que existen dos stocks para el marlín rayado, uno en el Pacífico norte (entre 10° N a 50° N) y el otro en el Pacífico sur (entre 10° N y 40° S). Ueyanagi y Wares (1975) observaron que los organismos pertenecientes al stock del norte fueron de mayor tamaño que los del sur.

Por otro lado, Howard y Ueyanagi (1965) concluyeron que ocurre una mezcla de las dos poblaciones en los trópicos y sugieren que peces mexicanos pertenecen principalmente a grupos del sureste y que peces del sur de California son derivados de ambos grupos, pero dominado por los norteños. Más recientemente Graves y McDowell (1994) mostraron diferencias genéticas entre marlines rayados capturados en Cabo San Lucas (México), Manta (Ecuador), Kona (Hawaii) y Port Stephens (Australia).

Morrow (1957) y Ueyanagi y Wares (1975) concluyeron, a partir de datos morfométricos y merísticos, que marlines rayados del Perú y norte de Nueva Zelanda pertenecen a distintas poblaciones.

Ueyanagi y Wares (1975) reconocieron diferencias de tamaño entre las poblaciones del norte y sur del Pacífico Este. Así, los peces de grupos de reproducción sureña fueron mayores que los grupos de reproducción norteña.

A diferencia de los autores antes mencionados Shomura (1980) considera que en el Océano Pacífico existe un solo stock. Ponce-Díaz *et al.*, 1991, utilizando la relación peso-talla llegaron a la misma conclusión.

### Determinación de la edad y crecimiento

Entre los estudios que se han realizado para determinar la edad y el crecimiento de los picudos en general, se encuentran los de Yabe *et al.* (1959), Ovchinnikov (1971), Caddy (1976, 1977), Berkeley y Houde (1983), Radtke y Hurley (1983), Wilson y Dean (1983) Tserpes y Tsimenides (1995), Castro-Longoria (1997) y Castro-Longoria y Sosa-Nishizaki (1999) para el pez espada (*Xiphias gladius*), utilizando para este fin análisis de frecuencias de talla y conteo de líneas de crecimiento en diferentes estructuras (rayos de la primera aleta anal y otolitos). Para el pez vela (*Istiophorus platypterus*) Koto y Kodama (1962), De Sylva (1957), Hedgepeth y Jolley (1983), Alvarado-Castillo y Felix-Uraga (1996) y Vidaurri-Sotelo *et al.* (1998) utilizaron para la determinación de edad y crecimiento, análisis de frecuencias de talla y conteo de líneas de crecimiento en la cuarta espina de la primera aleta dorsal. Con respecto al marlín azul (*Makaira nigricans*) y marlín negro (*Makaira indica*) sólo Skillman y Yong (1976) y Koto y Kodama (1962) respectivamente, han publicado algo sobre el tema. En ambos trabajos el análisis se basa en el estudio de frecuencias de talla. Con respecto al marlín rayado (*Tetrapturus audax*) sólo se han realizado trabajos basándose en el análisis de frecuencias de talla (Royce, 1957; Koto, 1963; Merret, 1971; Skillman y Yong, 1976; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Ponce-Díaz *et al.*, 1991 y Uosaki y Bayliff, 1999).

Se ha determinado una edad máxima en el pez espada de 32 años (Radtke y Hurley, 1983), en el pez vela de 10 años (Vidaurri-Sotelo, *et al.*, 1998). Las edades determinadas fueron hechas en estructuras óseas. Mientras que para el marlín rayado no se han reportado estudios de determinación de edad en estructuras óseas, sin embargo Koto (1963) utilizando el análisis de frecuencias de longitud determinó seis grupos modales y la tasa de crecimiento.

Sin embargo, no se ha desarrollado y evaluado la metodología para determinar la edad en el marlín rayado y como consecuencia de lo anterior, no se han desarrollados tablas de vida, por lo tanto se desconoce la esperanza de vida y edad máxima para esta especie [Ueyanagi y Wares (1972), Boggs (1989), Block (1990)].

## OBJETIVOS

### General

Determinar los diferentes grupos de edad y el crecimiento del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Phillipi, 1887) capturado por las pescas deportiva y comercial del Pacífico mexicano, estimando los grupos edad por medio de la lectura de anillos de la cuarta espina de la primera aleta dorsal.

### Particulares

1. Analizar la morfometría, la relación talla-longitud y el factor de condición relativo del marlín rayado (*Tetrapturus audax*) y sus variaciones a nivel temporal.
2. Determinar los diferentes grupos de edad de *Tetrapturus audax* mediante la lectura de las líneas de crecimiento en la cuarta espina de la primera aleta dorsal.
3. Obtener los parámetros del crecimiento en longitud y peso de la ecuación de von Bertalanffy para la especie y por sexos.
4. Estimar la longevidad y los índices de mortalidad total, natural y por pesca para la especie en estudio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ESPECIE Y ÁREA ESTUDIADA

### Posición taxonómica de *Tetrapturus audax*

Los "picudos" incluyen 12 especies arregladas en cuatro géneros y dos familias. La clasificación taxonómica del marlín rayado (*Tetrapturus audax*) de acuerdo a Nakamura (1985), es la siguiente:

Phylum: Chordata  
 Superclase: Gnathostomata  
 Clase: Osteichthyes  
 Subclase: Actinopterygii  
 Infraclasse: Teleostei  
 División: Euteleostei  
 Superorden: Acanthopterygii  
 Orden: Perciformes  
 Suborden: Xiphoidei  
 Familia: Istiophoridae  
 Género: *Tetrapturus*  
 Especie: *Tetrapturus audax*.  
 Nombre común: Marlín Rayado

### Diagnosia de *Tetrapturus audax*

Los marlines son peces de cuerpo prolongado (la longitud de éste es aproximadamente de 5.9 a 7.3 veces la profundidad corporal) y comprimido, si hiciéramos un corte transversal del cuerpo éste es casi redondeado. Su cuerpo está densamente poblado de escamas, el extremo final de las escamas es puntiagudo. La línea lateral se curva sobre la aleta pectoral y posteriormente continúa en una línea recta hasta el área de la aleta caudal (Ueyanagi y Wares, 1975).

Poseen cabeza de tamaño considerable (la longitud del cuerpo es de 3.6 a 3.8 veces la longitud de la cabeza). Los ojos son moderadamente grandes. Tienen una cresta (nuca) relativamente conspicua en la orilla exterior de la cabeza entre la región pre-opercular y el origen de la primera aleta dorsal. El "pico" o rostro es fuerte y largo (la longitud de la cabeza es aproximadamente 0.88 a 0.99 veces la longitud del maxilar). Tienen pequeños dientes emplazados en hileras en ambas mandíbulas y sobre el paladar (Ueyanagi y Wares, 1975).

Presentan dos prolongaciones (quillas) en cada lado del apéndice caudal, cerca del pedúnculo. El apéndice caudal es fuerte y profundamente bifurcado (Ueyanagi y Wares, 1975).

La aleta pectoral es puntiaguda y está localizada por debajo del cuerpo; es más corta que la cabeza (la longitud de la cabeza es aproximadamente de 1.14 a 1.99 veces la longitud de la aleta pectoral) (Ueyanagi y Wares, 1975).

El lóbulo anterior de la primera aleta dorsal es puntiagudo y mayor que el resto de la aleta, la altura decrece gradualmente hacia la parte posterior del cuerpo (Nakamura, 1985). La

primera aleta dorsal principia encima del final posterior del hueso pre-opercular, las primeras espinas son mayores que la profundidad del cuerpo, pero conforme se aproxima el final del cuerpo se vuelven progresivamente más cortas, terminando justo enfrente del origen de la segunda aleta dorsal. La membrana de la primera aleta dorsal es de color azul oscuro al igual que el dorso del cuerpo, aunque éste tiene manchas negras (Ueyanagi y Wares, 1975).

El ano está situado cerca del origen de la primera aleta anal. La punta de la primera aleta anal es puntiaguda y de forma curvada (Nakamura, 1985).

La segunda aleta dorsal y la segunda aleta anal son aproximadamente de la misma forma y tamaño (Nakamura, 1985).

Las aletas pélvicas son de color pardo oscuro o en ocasiones azul oscuro. Las bases de la primera y segunda aletas anales son plateadas de tonos claros (figura 3) (Nakamura, 1985).

El número de radios y espinas por aletas son: Primera aleta dorsal: 37 a 42 espinas. Segunda aleta dorsal: 6 espinas. Aleta pectoral: 18 a 22 radios. Aleta ventral: una espina y dos radios (Ueyanagi y Wares, 1975).

Diez o más líneas de color cobalto atraviesan el lado ventral del cuerpo, de ahí el nombre común de la especie (Ueyanagi y Wares, 1975).

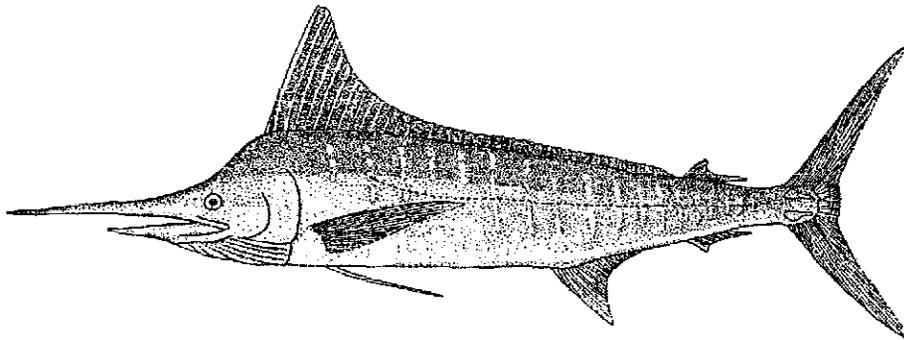


Figura 3. Marlín rayado (*Tetrapturus audax*) (Tomado de Nakamura, 1985).

### Hábitat y biología

El marlín rayado es una especie epipelágica y migratoria (Ovchinnikov, 1971). La distribución en la columna de agua está asociada a factores físicos como la termoclina, profundidad de la mezcla y oxígeno disuelto, generalmente nada por encima de la termoclina. Se encuentra, además, en la capa superficial pelágica de los océanos en todos los estados de su ciclo de vida, y está usualmente confinado a aguas tropicales y subtropicales, donde la existencia de la termoclina es permanente. Se ha visto que penetra hacia altas latitudes en estaciones cálidas locales, sin embargo prefiere las aguas templadas. En contraste, en el Océano Índico se encuentra en aguas cálidas. El ámbito de distribución de esta especie está restringido a la isoterma superficial de los 20° y 25°C (Nakamura, 1985).

Los marlines no forman densos cardúmenes. Los individuos generalmente se encuentran dispersos y a distancias considerables, sin embargo se les ha visto juntos, en seguimiento uno a otro, especialmente durante la estación de desove. También se han visto sobre la superficie del océano cuando se presentan fuertes vientos y olas altas (Nakamura, 1985).

Debido a su tamaño, anatomía y especializaciones fisiológicas, estos organismos son capaces de permanecer en la cumbre de los depredadores oceánicos, un ejemplo de estas especializaciones es su estrategia térmica, la cual hace que tengan cierta independencia de la temperatura oceánica (Block, 1990). Para lograr dicha independencia presentan órganos termogénicos, modificados de los músculos extraoculares localizados debajo del cerebro. Esta capacidad es importante para proteger el sistema nervioso central de los cambios de temperatura, al pasar por la termoclina. Estos órganos mantienen una temperatura más o menos constante en el cerebro y los ojos (Block, 1990).

Los marlines son rápidos y voraces depredadores de organismos epipelágicos y, en menor grado, holopelágicos. Es una especie carnívora que se alimenta principalmente de barriletes, atunes, dorados, calamares, macarelas y sardinas, el hábito alimentario entre machos y hembras no parece variar significativamente. Compiten por los mismos recursos con dorados (*Coryphaena sp.*), wahoo (*Acanthocybium solandri*), grandes tiburones pelágicos (como *Prionace*, *Isurus*, *Lamna*, *Carcharhinus* y *Alopias*), y posiblemente con otros "picudos" y atunes grandes (Nakamura, 1985).

A su vez, depredadores de la fase adulta de los marlines rayados se conocen muy pocos. Sus probables depredadores pudieran ser los grandes tiburones y ballenas dentadas. En cambio, durante las fases tempranas de su ciclo de vida (larvas y juveniles) presentan diversos depredadores (Nakamura, 1985), que van desde atunes, hasta dorados y barriletes, además se tienen datos de que en estas etapas juveniles y de larvas son depredadas por marlines adultos.

### **Distribución vertical**

Se les encuentra desde la superficie hasta 800 m de profundidad (Ueyanagi y Wares, 1975). Aunque permanecen el mayor tiempo de su ciclo de vida en contacto con la parte superficial de la columna de agua o en la capa mezclada. En el día se encuentran en capas profundas (a veces mayores de 100 m) realizando migraciones verticales y regresan durante la tarde y la noche hacia capas superficiales, presumiblemente en busca de alimento.

### **Distribución geográfica**

*Tetrapturus audax* se encuentra generalmente en aguas tropicales, subtropicales y templadas de los océanos Pacífico e Índico, aunque se ha visto que concurre incidentalmente como "invasor" en el Atlántico Este (Nakamura, 1985). En la figura 4 se presenta la distribución global del marlín rayado (tomado de Nakamura, 1985).

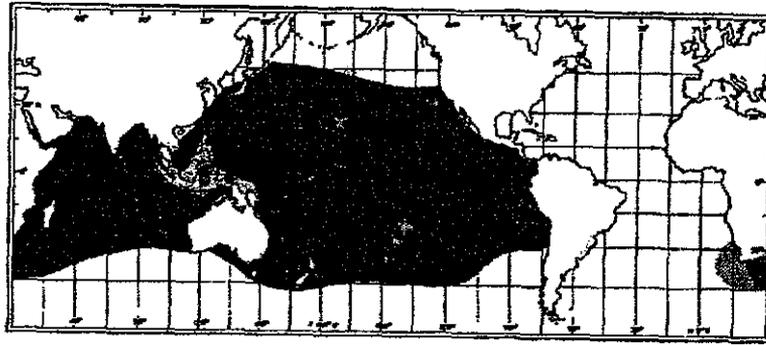


Figura 4. Distribución del marlín rayado *Tetrapturus audax* (área en negro), (tomado de Nakamura, 1985).

### Características del área de estudio

Los datos biológicos utilizados en el presente estudio, provienen principalmente de la pesca deportiva organizada a lo largo del Pacífico mexicano, en los puertos de San Blas, Nay., Puerto Vallarta, Jal., Manzanillo, Col., Lázaro Cárdenas, Mich., y Zihuatanejo, Gro (Figura 5) durante los años de 1993 a 1999. Sin embargo se contó con muestras tomadas en cruceros con observadores a bordo de barcos palangreros, que operaron durante los años de 1993 a 1999 en el Pacífico central mexicano. Los barcos palangreros son: "Tiburón III" y "Yuki-3".

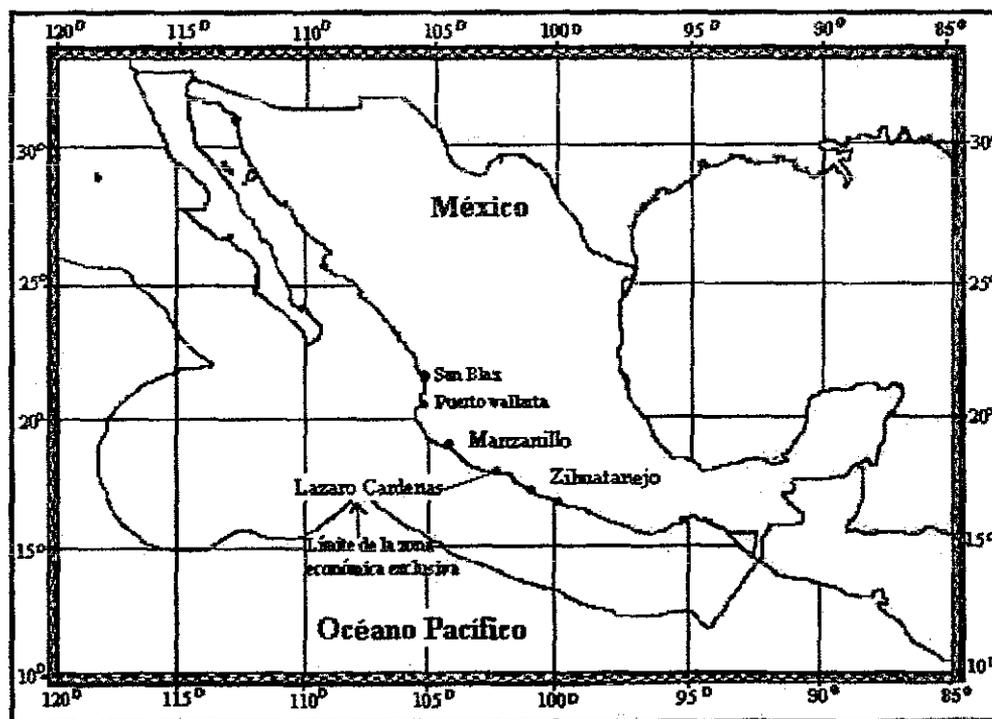


Figura 5. Puertos donde se recolectó el material biológico (pesca deportiva).

Según Fiedler (1992), el Océano Pacífico tropical (POT) comprende el área que va de los 30° N a los 20° S y de los 70° W a los 160° W, por lo que la zona de estudio de este trabajo queda comprendida dentro de dicha área.

El POT es una de las áreas más productivas de los océanos del mundo (Chávez y Barber, 1987). Esta porción oceánica se encuentra bajo el influjo de grandes e importantes sistemas de corrientes que lo hacen mantener una estructura física compleja y una importante variabilidad estacional, interanual y espacial. Entre otras, recibe la influencia asociada con el Niño-Oscilación del Sur (ENSO) (Blacburn, 1965; Wyrcki, 1966, 1967; Fiedler, 1992).

Los valores de temperatura y salinidad se han utilizado para definir las tres principales masas de agua del POT:

**1) Agua Superficial Tropical (AST).** Es la más cálida, de baja salinidad porque la precipitación excede la evaporación y es la menos variable estacionalmente. Se localiza en el centro del POT a lo largo de los 10° N. Esta masa de agua puede ser identificada por la zona donde la temperatura superficial es siempre mayor de 25° C. Dentro de esta área la salinidad es usualmente menor de 34 ups y la precipitación mayor de 50 cm/año (Blacburn, 1965; Wyrcki, 1966, 1967; Fiedler, 1992).

**2) Agua Superficial Ecuatorial (ASE).** Se encuentra entre las masas de agua tropical y subtropical del sur y aparece como una lengüeta de agua fría, moderadamente salina (34.5 a 35 ups), que se extiende hacia el oeste a lo largo del ecuador desde la costa Peruana. Sus propiedades están determinadas por la advección estacional del agua más fría de la corriente del Perú y por las surgencias ecuatoriales. De agosto a noviembre, rara vez excede los 25° C excepto durante eventos de El Niño. En general el ASE es más fría durante el verano del sur y otoño del norte, cuando los vientos alisios australes son más fuertes (Blacburn, 1965; Wyrcki, 1966, 1967; Fiedler, 1992).

**3) Agua Superficial Subtropical (ASS).** Está formada en regiones donde la evaporación excede a la precipitación hasta por 100 cm/año. Se caracteriza por una salinidad alta (>35 ups) pero su temperatura puede variar entre 15° y 28° C. El centro del ASS coincide aproximadamente con el centro del giro anticiclónico del Pacífico Sur (cerca de los 20° S), donde salinidades mayores a los 36 ups se encuentran hasta en profundidades de 200 m durante el invierno (Blacburn, 1965; Wyrcki, 1966, 1967; Fiedler, 1992).

La circulación del POT está dominada básicamente por cuatro corrientes que convergen hacia el oeste: la **Corriente de California (CC)** y la **Corriente Nor-Ecuatorial (CNE)** en el hemisferio norte; la **Corriente de Perú (CP)** y la **Corriente Sub-Ecuatorial (CSE)** en el hemisferio sur y dos corrientes en sentido opuesto: la **Contracorriente Ecuatorial (CCE)** y la **Corriente Subsuperficial** conocida como **Corriente de Cromwell (CCr)** (Wyrcki, 1965; Fiedler, 1992).

La CC presenta flujo norte-sur. Se origina en la zona templada del Pacífico de Norteamérica, transporta aguas frías: 15° a 20° C, (es importante recordar, que según Squire (1974), la temperatura a la cual se han dado las mayores capturas del marlín

rayado son de 20° a 21°C) relativamente bajas en salinidad (33.5 ups) (Wyrcki, 1967; Lynn y Simpson, 1987).

Durante la primavera la CC tiene su máxima extensión hacia el sur, pero es en verano cuando es más fuerte y alcanza su mayor descarga (Lynn y Simpson, 1987; De La Lanza, 1991).

En su formación, la CNE es alimentada en proporciones diferentes por dos fuentes principales: el agua originada en la CC (en su trayecto al oeste) y el agua de la CCE, la distribución de ambas varía estacionalmente. La influencia de la CCE es mayor cuando la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) está en su posición más norteña (Wyrcki, 1965, 1967). La CNE se presenta de manera definida y constante sólo al oeste de los 120° W (Wyrcki, 1967; Lluch-Cota *et al.*, 1994).

La CCE fluye en una banda relativamente estrecha (de 300 a 700 km) entre los 4° N y 10° N. El esfuerzo que los vientos alisios ejercen sobre la superficie del mar, además de contribuir a mantener las corrientes ecuatoriales, ocasiona también un acumulamiento de agua en los límites occidentales; como resultado, la superficie del mar hacia el oeste se eleva y causa un gradiente de presión horizontal hacia el este. Debido a que entre las dos regiones de vientos alisios existe un cinturón ecuatorial de calmas, denominado ZCIT, el agua fluye hacia abajo de la fuerza de gradiente de presión en una corriente contraria al sentido del viento. Así, el agua se mueve de Oeste a Este formando la CCE a baja velocidad (1 a 2 nudos; Sverdrup, 1941; Anónimo, 1993).

De julio a diciembre la CCE está bien desarrollada y se extiende hasta la costa de América Central, en tanto que de marzo a mayo está ausente o es marcadamente débil (Wyrcki, 1967).

La CCr es una corriente subsuperficial que fluye hacia el Este a profundidades de entre 50 y 300 m, con rapidez máxima de 120 a 150 cm/seg. Al aproximarse a las Islas Galápagos pierde momento y desaparece al Este de éstas. Descarga su agua hacia el Norte y el Sur (Wyrcki, 1966; Anónimo, 1993).

Así, la circulación en el POT, se puede definir de manera general en tres patrones típicos a lo largo del año (Wyrcki, 1966, 1967).

- 1. De Agosto a Diciembre.** Tanto la CCr como la CSE son fuertes y completamente desarrolladas, especialmente al norte del ecuador. La mayor parte del agua de la CCE fluye alrededor del Domo de Costa Rica, y se reúne con la CNE entre los 10° N y 20° N. La CC es relativamente débil y se aleja de la costa de Baja California a los 25° N. Esta situación se presenta cuando la ZCIT se encuentra al norte de los 10° N y es más estable; en **enero**, cuando se mueve hacia el ecuador, la CCE se debilita y se corta en varios segmentos en tanto que la CC se torna más fuerte.
- 2. De Febrero a Abril.** Cuando la ZCIT está en su posición más al sur (3°N) se desarrolla un segundo patrón: la CC presenta su máxima extensión hacia el sur y alimenta en su mayor parte a la CNE. Frente a la costa mexicana, entre los 10° N y 20° N hay un giro anticiclónico, por lo que el agua fluye hacia el Sureste y hacia el

Oeste del Golfo de Tehuantepec. Fuera de la costa de América Central se desarrollan dos remolinos: uno ciclónico alrededor del Domo de Costa Rica y el otro anticiclónico y centrado alrededor de los 5° N y 88° W. La CCE desaparece durante este periodo y la CSE es menos fuerte que en el periodo anterior.

- 3. De Mayo a Julio.** Cuando la ZCIT está otra vez en los 10° N, la CCE se forma otra vez pero no a plenitud debido a que la CC es todavía relativamente fuerte. Aunque la mayor parte del agua de la CCE fluye en la CCr tan al norte como Cabo Corrientes, la principal fuente de suministro de la CNE es la CC. **De julio a agosto** cuando la CC se debilita, la CNE recibe un mayor aporte del agua de la CCE (Wyrcki, 1966, 1967).

De todos los patrones mostrados, es el de la CCE el que determina la naturaleza cálida del POT. Las CP, CSE y CC son frías; la CCE, aunque estrecha, es persistente a lo largo del Pacífico y afecta la mayoría de las áreas costeras en el POT (Arenas *et al.*, 1992).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó con una base de datos proporcionada por el Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Manzanillo (Crip-Manzanillo). Estos datos, comprenden de febrero de 1993 a septiembre de 1999. Con esta base se realizaron los análisis de longitud, morfometría, relación talla-peso, y factor de condición relativo. Los análisis de edad, crecimiento, mortalidad y longevidad, se hicieron con una submuestra de la base de datos. Dicha submuestra comprendió el periodo de tiempo de abril de 1993 a marzo de 1999.

### Actividades de campo

Las actividades de campo en los torneos de pesca, fueron realizadas por el Instituto Nacional de Pesca, CRIP-Manzanillo. El registro de los datos se llevó a cabo con los ejemplares capturados en los torneos realizados principalmente en San Blas, Nay., Puerto Vallarta, Jal., Manzanillo, Col., Lázaro Cárdenas, Mich., y Zihuatanejo, Gro. (Figura 5). En dichos torneos se pesca principalmente: pez vela, marlín, dorado y atún.

Después de la medición de los peces por el cuerpo arbitral del torneo, los ejemplares fueron puestos a disposición del CRIP-Manzanillo, para registrar las medidas respectivas (longitud total, longitud del cuerpo, altura máxima y peso). Las mediciones se realizaron de acuerdo a Nakamura (1985) (figura 6). Las medidas de longitud fueron tomadas colocando al organismo en posición horizontal, utilizando una cinta métrica de plástico graduada en mm. Posteriormente se sexaron y se extrajo la cuarta espina de la primera aleta dorsal (figura 7)

Una vez extraídas las espinas, se procedió a limpiarlas con un cuchillo filoso, y a continuación se secaron al sol, ya secas se llevaron al laboratorio para su procesamiento.

Así mismo, el CRIP-Manzanillo recolectó datos y material de la pesca comercial realizada por barcos palangreros, a bordo del barco Yuki-3 y Tiburón III.

### Actividades de laboratorio

La técnica utilizada para la obtención de los cortes de las espinas, su preparación, montaje y lectura se hizo de acuerdo a la propuesta hecha para el pez vela, por Jolley (1974) y Hedgepeth y Jolley (1983), modificada por Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1996) y posteriormente revisada por Vidaurri-Sotelo *et al.* (1998). Dicha técnica fue a su vez ligeramente modificada en el presente estudio.

### Limpieza de las espinas

Las espinas se colocaron en peróxido de hidrógeno comercial, durante cinco días con el fin de quitar el exceso de grasa, músculo y tejido en general. Se lavaron con agua corriente y un cepillo dental de cerdas duras para remover restos de tejido y grasa. Nuevamente se dejaron secar al sol, por un período de cinco días.

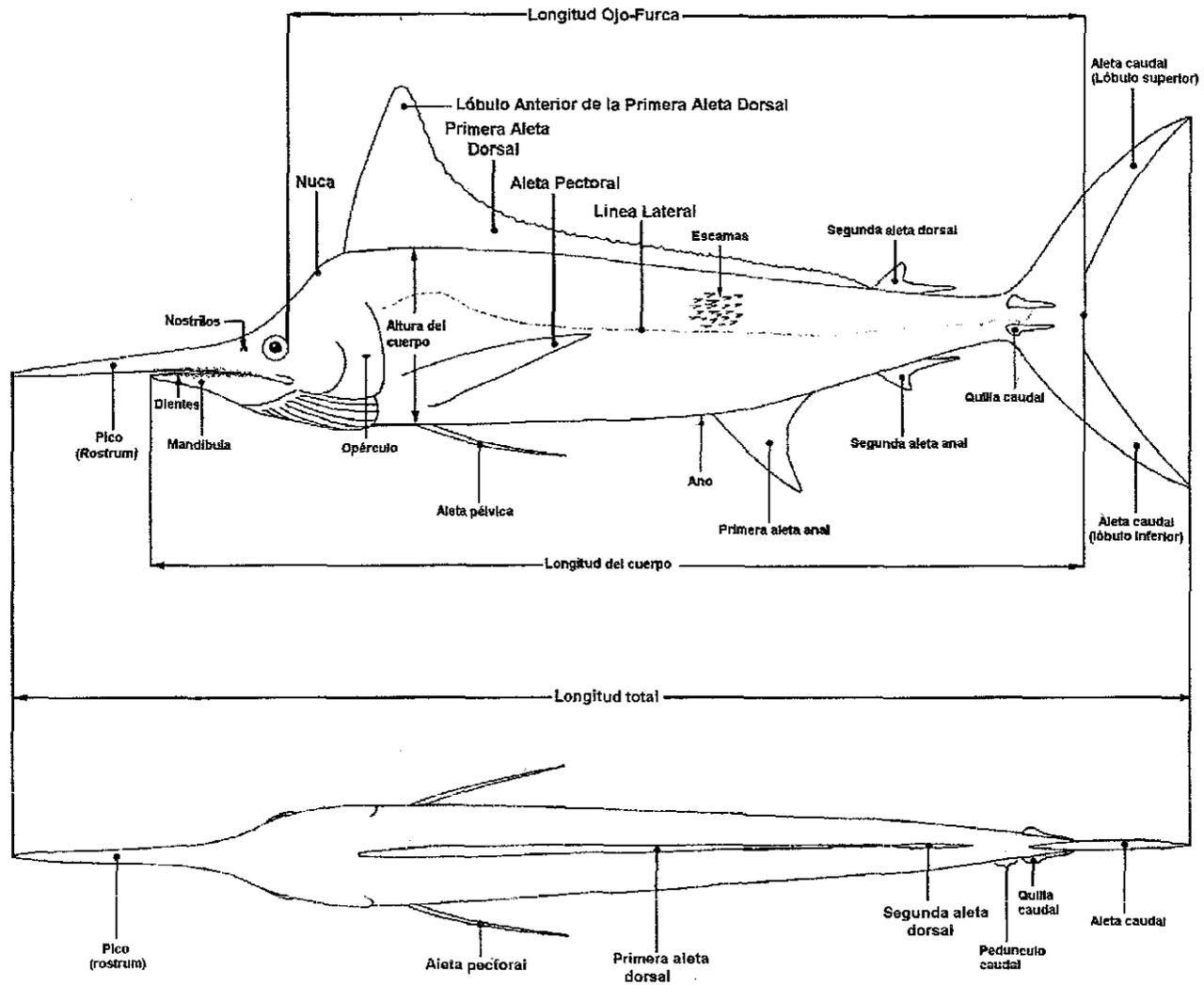


Figura 6. Medidas morfométricas registradas del marlín rayado (*Tetrapturus audax*). (Tomado de Nakamura, 1985).

#### Procedimiento de corte y lectura del número de bandas de crecimiento

A continuación, y de acuerdo a las modificaciones de Vidaurri-Sotelo *et al.* (1998) a la técnica de Prince y Lee (1984), se marcó y ubicó las secciones de la espina en donde se realizaron los cortes. Para su ubicación, se midió la base del cóndilo y se marcó  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de esta distancia, sobre la parte basal de la espina. Entre estas marcas se realizaron cortes transversales (figura 8) con una cortadora Buehler Isomet de baja velocidad (figura 9) con un disco de borde diamantado de 0.4" de diámetro.

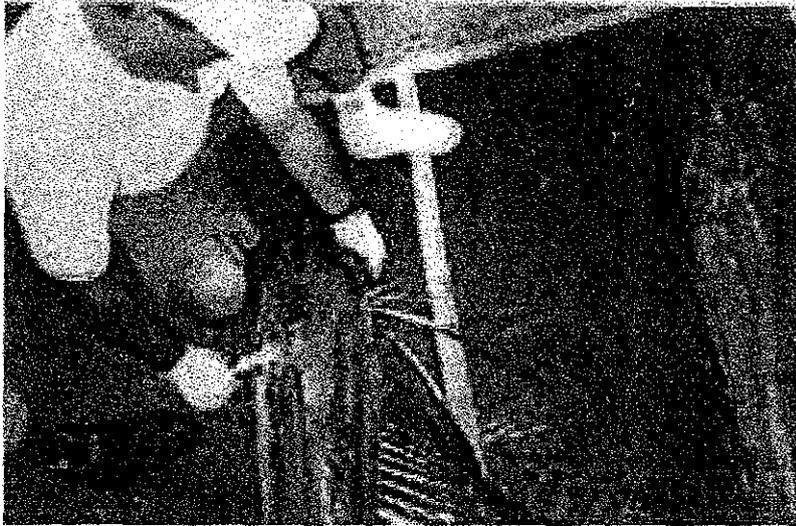


Figura 7. Obtención de la cuarta espina de la primera aleta dorsal del marlín rayado.

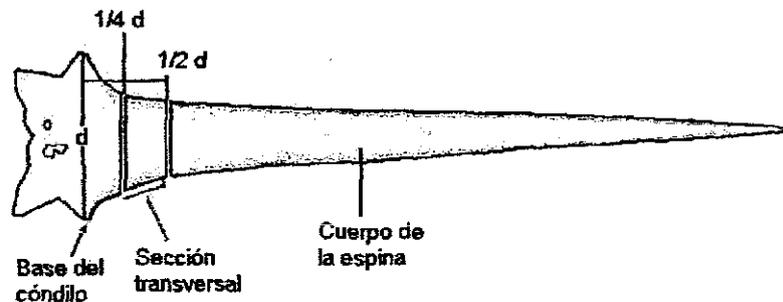


Figura 8. Ubicación del área donde se hicieron los cortes (modificado de Vidaurri-Sotelo *et al.*, 1998).

En cada espina se hicieron de 7 a 10 cortes de diferente grosor, dependiendo del tamaño del segmento y las características del material. Los segmentos así obtenidos, se colocaron en alcohol isopropílico durante 15 días, para su conservación y eliminación de grasa y tejido residual.

Posteriormente se eliminó el alcohol, y los cortes que presentaron las líneas de crecimiento más claras fueron seleccionados y montados en portaobjetos de vidrio, se midió el diámetro de cada uno de ellos, y se registró el orden en que fueron montados.

El grosor del total de los cortes fluctuó de 0.01 a 0.1 cm, con un valor medio de 0.04 cm. De los cortes seleccionados para ser leídos, el promedio del espesor fue de 0.05 cm, el más delgado midió 0.004 y el más grueso 0.78 cm.

Cada corte fue cubierto con resina sintética, a excepción de uno, al que sobre la resina se colocó un cubreobjetos, esto permitió, en algunos casos, una mejor visibilidad de las líneas de crecimiento. Se escogió la resina de marca Pinart, por ser la que menor cantidad de burbujas produce al ser vaciada.

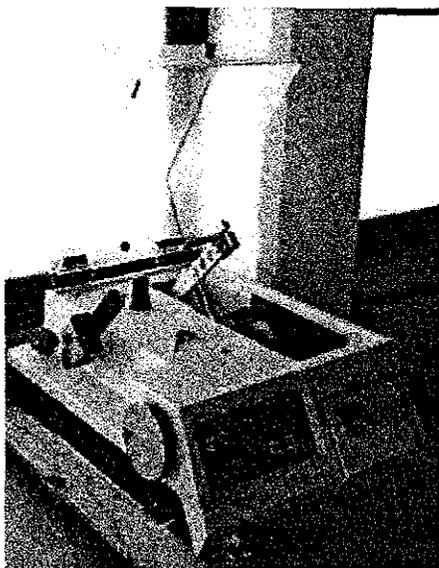


Figura 9. Cortadora Buehler Isomet de baja velocidad.

A continuación se procedió al conteo de las líneas de crecimiento. Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1996) recomiendan utilizar un microscopio estereoscópico de baja resolución (16X-40X), con una fuente de luz transmitida, pero en opinión de Vidaurri-Sotelo *et al.* (1998), es más recomendable para la lectura de los cortes, utilizar un microproyector con 6.5 y 10 mm K-A-V.

En el presente estudio se utilizó un microscopio estereoscópico marca Nikon modelo SMZ-2T (15X de aumento) con fuente de luz reflejada, se escogió el corte que presentó más posibilidades para su análisis, registrando los siguientes aspectos (figura 10):

1. Número de zonas de absorción y reflexivas (líneas de crecimiento).
2. Distancia del foco a la orilla de la espina (radio de la espina).
3. Distancia del foco a cada una de las líneas de crecimiento (radio de cada anillo).
4. Distancia del foco a la zona vascularizada.
5. Orilla del corte.

Debido a la dificultad de observar las líneas de crecimiento, se hizo una primera lectura para familiarizarse con las estructuras. Posteriormente se analizaron los cortes con la M en C. Reyna Alvarado Castillo<sup>†</sup>, especialista en estudios de edad y crecimiento en peces pelágicos.

La lectura fue realizada por dos lectores en tres ocasiones cada uno (con un período mínimo de dos semanas entre cada lectura) para disminuir el sesgo. Durante las lecturas la información de longitud y peso no fue proporcionada a ninguno de los lectores para evitar apreciaciones subjetivas. Una muestra al azar de 25 preparaciones fue mandada a la M en C. Reyna Alvarado Castillo, para corroborar las lecturas. Entre lectura y lectura se dejó transcurrir un período de al menos 2 semanas.

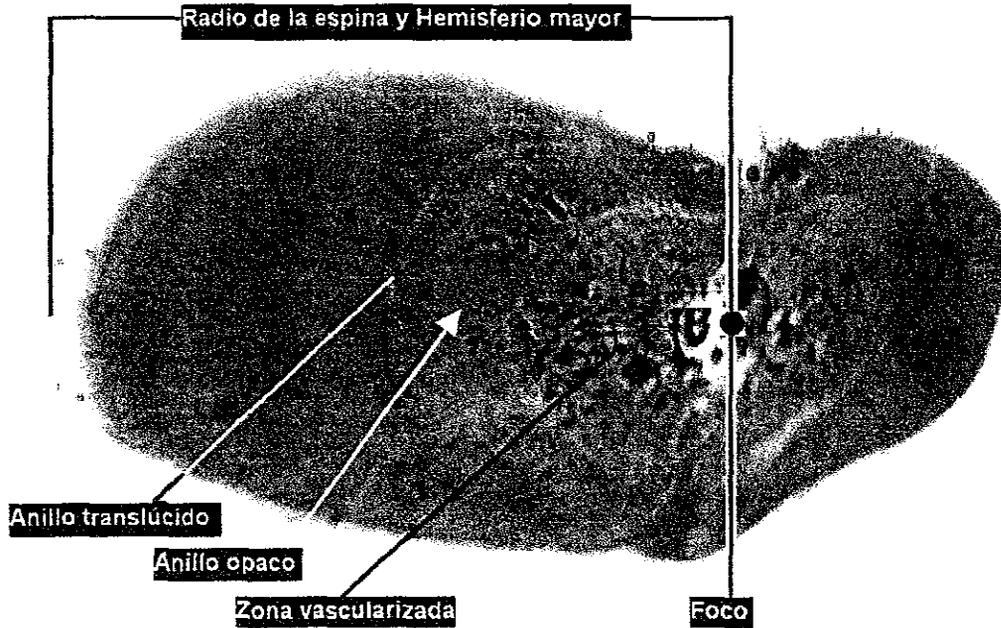


Figura 10. Corte de la 4ª espina de la primera aleta dorsal, en donde se muestran las medidas tomadas para la determinación de la edad y el crecimiento, así como algunas características de la espina.

Se consideró el par formado por una zona reflectante y una de absorción como una línea de crecimiento. La interpretación de las líneas de crecimiento se hizo de acuerdo a Casselman (1983).

Debido a que la deposición diferencial de los componentes orgánicos e inorgánicos en las espinas es controlada principalmente por cambios estacionales en la alimentación, la temperatura y el desove (Gomez-Márquez, 1994) es común que se formen falsos anillos debido a cambios en estos factores, por lo que se tuvo que distinguir entre marcas verdaderas y falsas. Las marcas falsas son generalmente anillos incompletos que se encuentran sólo en una parte de la estructura y no en toda (Caselman, 1983), además están a una menor distancia de las líneas contiguas (Tserpes y Tsimenides, 1995).

Las espinas que tuvieron diferentes lecturas en los tres conteos fueron descartadas mientras que cuando un solo conteo fue diferente se tomó la moda de los tres.

### Trabajo de gabinete

#### Análisis morfométrico

Las relaciones morfométricas permiten conocer el tipo de proporción que existe entre el crecimiento de dos o más estructuras corporales de un organismo (McMahon y Tyler-Bonner, 1986), así mismo se han utilizado para identificar poblaciones de una misma especie (Skillman, 1989, Suzuki, 1989).

Para conocer el tipo de relación morfométrica que existe entre la longitud ojo-furca (variable independiente) y cada una de las medidas corporales restantes (variables dependientes), se utilizó el análisis de regresión lineal con los valores de las variables

transformados a logaritmo base 10. Con esto se obtuvieron las constantes (a y b; ordenada al origen y pendiente respectivamente) que describen tal relación, es decir, se obtuvo la ecuación alométrica para cada relación. La pendiente (b) de la curva, da razón de la proporción de cambio de y (variable dependiente) dividida por la de x (variable independiente) (McMahon y Tyler-Bonner, 1986).

La ecuación que describe las relaciones morfométricas es:

$$y = ax^b$$

Donde:  $x$  = Variable independiente (Longitud ojo-furca (cm))

$y$  = Variable dependiente (las restantes medidas corporales)

$b$  = Pendiente o coeficiente de alometría

$a$  = Valor de la ordenada cuando  $x = 0$

Es importante mencionar que para todos los análisis de regresión lineal se eliminaron los datos aberrantes o casos extremos, resultando en un mejoramiento en la correlación de las variables. Estos fueron identificados utilizando el análisis de residuales estándar, siendo dato aberrante aquél mayor o igual que  $\pm 2$  (Zar, 1996).

Un dato o caso aberrante es, por definición, un punto atípico, es decir, observaciones poco frecuentes que no parecen seguir la distribución característica del resto de los datos. Éstos pueden reflejar propiedades genuinas del fenómeno subyacente, o deberse a errores de medición u otras anomalías que no deben ser tomadas en cuenta en el análisis (StatSoft, 1999).

Ya que el modelo de regresión simple se obtiene por mínimos cuadrados, los datos aberrantes tienen una influencia importante en la pendiente de la línea de regresión y en el valor del coeficiente de correlación. Un sólo dato de este tipo es capaz de cambiar la pendiente de la línea de regresión considerablemente y el valor de la correlación (StatSoft, 1999).

En las regresiones se utilizó el análisis de los residuales, para determinar si se cumplían con los supuestos a dicho análisis (linealidad, normalidad, homocedasticidad e independencia de los datos) (Mendenhall y Sincich, 1996).

Para conocer qué tipo de crecimiento (alometría) tienen estas variables se utilizó la prueba de t de student con un nivel de confianza del 95% (Zar, 1996):

$$t = \frac{b_1 - 1}{Sb_1}$$

Donde:  $t$  = Estadístico de prueba

$b_1$  = Pendiente de la relación morfométrica

$Sb_1$  = Error estándar de la pendiente.

Si la pendiente es igual a uno entonces la relación será isométrica, esto significa que las proporciones del organismo se mantienen constantes a través de su crecimiento (McMahon y Tyler-Bonner, 1986).

En cambio si la pendiente es diferente de uno entonces implica que las proporciones del organismo no se mantienen constantes a través de su crecimiento. Por otra parte, McMahon y Tyler-Bonner (1986) mencionan que los cambios alométricos vienen a ser compensaciones frente a necesidades dependientes del área superficial (difusión, fricción y pérdida del calor) en los organismos.

### **Relación peso-longitud**

La relación entre el peso y la longitud da información muy valiosa, pues indica el tipo de crecimiento que tiene un individuo a través del tiempo, dato muy importante en pesquerías (Alvarado-Castillo y Félix-Uraga 1996).

Para determinar el tipo de relación ente la longitud ojo-furca y el peso se utilizaron los mismos análisis que en el capítulo anterior, es decir, la regresión lineal y para determinar su alometría se utilizó la t de student, pero si la pendiente es igual a tres es un crecimiento isométrico y si es diferente de tres es un crecimiento alométrico.

### **Determinación del factor de condición relativo (FCr)**

La relación entre la longitud y el peso proporciona un índice usado por biólogos pesqueros para cuantificar el estado de bienestar de un pez. Este índice es el factor de condición (FC) (Ricker, 1975; Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1991).

Un pez con un valor alto del FC es robusto para su longitud, mientras que otro con valor bajo es ligero. Los valores del FC para un pez dado miden la desviación a un valor ideal hipotético de la especie. Los cambios en el valor del FC del pez, pueden indicar maduración gonádica o cambios en la intensidad alimenticia (Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1991).

Existen diferentes formas de obtener el FC de un organismo, aunque la más utilizada es la propuesta por Fulton (Ricker, 1975). Dicha ecuación depende del valor de la pendiente en la ecuación talla-peso ( $b$ ):

$$p = aL^b$$

Para utilizar la ecuación de Fulton debe cumplirse que  $b = 3$  y  $a \neq 1$ , entonces se considera a "a" como factor de condición (Ricker, 1975).

En el caso de que  $b \neq 3$  entonces Everhart y Youngs (1981), describen una forma diferente para obtener el factor de condición, llamado factor de condición relativo (FCr) y se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$FCr = \frac{P}{\hat{P}}$$

Donde:  $FCr$  = Factor de condición relativo

$P$  = Peso observado

$\hat{P}$  = Peso esperado, obtenido de la ecuación de la relación talla-peso

El  $FCr$  mide la desviación del peso predicho para un pez de una longitud dada de una población específica. Ya que el  $FCr$  es específico de una población, puede usarse para cuantificar cambios en la condición dentro de esa población, pero no para comparar la condición de un pez de dos o más poblaciones. Aunque frecuentemente se usan los factores de condición, un método preferible para comparar las relaciones de peso-longitud es el análisis de covarianza. Esta técnica proporciona un método de comparar estadísticamente el intercepto y la pendiente de la relación ambos dentro de y entre las poblaciones (Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1991).

El valor del  $FCr$  oscila alrededor de uno, y depende del conocimiento de la relación peso-longitud de los peces "normales" de la población, o al menos de una muestra estadísticamente significativa. Si el  $FCr$  es mayor de uno entonces el pez estará más pesado para su longitud, pero si el valor es menor de uno será delgado (Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1991).

#### **Determinación de la edad**

En el marlín rayado en particular y en "picudos" en general, el conteo de marcas de crecimiento en escamas y otolitos es una tarea difícil, debido a lo complicado de observar tales marcas, además de que es difícil conservar otolitos y escamas, ya que los organismos tomados de la pesca deportiva y comercial, terminan muy dañados, siendo lo más adecuado, el conteo de líneas de crecimiento en las espinas, y en especial de la primera la aleta dorsal [Jolley (1974), Berkeley y Houde (1983), Hedgepeth y Jolley (1983), Tserpes y Tsimenides (1995)] así en el presente estudio se utilizó la cuarta espina de la primera aleta dorsal para el conteo de bandas de crecimiento.

Un punto importante en la determinación de la edad es la fuente y cantidad de especímenes usados en el estudio. Los organismos colectados deben de representar todas las clases de tamaño y se debe cubrir al menos un intervalo de un año de tal forma que la progresión y los patrones de formación anuales sean aparentes, incluyendo formas juveniles y subadultas, las cuales reducen la confusión y pueden asegurar un mejor análisis (y por lo tanto ser más preciso) en la determinación de edad (Cailliet *et al.*, 1986).

#### **Precisión de las lecturas**

La estimación de la precisión de un método, es decir, la reproducibilidad de los resultados fue considerada por Beamish y Fourier (1981), quienes propusieron el índice promedio porcentual ( $IPP$ ), posteriormente Chang (1982), analizó el  $IPP$  y propuso un nuevo método para evaluar la precisión entre lectores. El método propuesto por Chang (1982) se basa en el coeficiente de variación ( $V$ ), así mismo, calcula el índice de precisión ( $D$ ), el cuál es el porcentaje del error contribuido por cada observación a la media de la clase de edad. Kimura y Lyons (1991) analizaron ambos métodos y encontraron que el método de Chang (1982) es más confiable cuando la distribución de los datos es normal.

En el presente trabajo se usó el método de Chang (1982), ya que la varianza es un mejor estimador que la diferencia absoluta y el índice de precisión puede ser usado para mostrar el error porcentual contribuido por cada observación a la estimación de la edad promedio para cada pez (Chang, 1982).

Para obtener el coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$V_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum (X_{ij} - X_j)^2}{R(R-1)}}}{X_j}$$

Donde:  $V_j$  = Coeficiente de variación para el j-ésimo pez.

$R$  = Número de veces que se determinó la edad de cada pez.

$X_{ij}$  = La i-ésima determinación para el j-ésimo pez

$X_j$  = El promedio de edad para el j-ésimo pez

Para calcular el índice de precisión se utilizó la siguiente fórmula:

$$D = V \times (\sqrt{R})^{-1}$$

Donde:  $D$  = índice de precisión

$V$  = Coeficiente de variación

$R$  = Número de veces que se determinó la edad de cada pez.

Se realizó a la par de  $V$  y de  $D$ , la prueba del Signo (prueba no paramétrica para muestras pareadas, ya que los datos son continuos y provienen de la misma muestra) con un nivel de confianza del 95% (Zar, 1996; StatSoft, 1999), para corroborar si existían diferencias significativas entre los dos lectores.

Se compararon las lecturas entre sí de cada lector, para determinar diferencias significativas entre éstas, para esto se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95% (Zar, 1996).

### Validación

Algunos autores mencionan que el tiempo de formación de las bandas de crecimiento permite validar la anualidad de los anillos de crecimiento. La periodicidad de los anillos, puede determinarse siguiendo la progresión a lo largo del año, en el borde de la estructura a leer. Si al graficar los meses en el eje "x" y el porcentaje de ocurrencia de cada mes, en el eje "y", se evidencia un pico por cada banda hialina (crecimiento lento) y opaca (crecimiento rápido), indica que éstas se formaron cada año, por lo que la determinación de la edad es anual (Holden y Meadows, 1962; Gallardo-Cabello, 1985a; Ibáñez-Aguirre, 1995; Morales-Nin, 1991).

Diversos autores han encontrado una alta correlación entre los anillos de crecimiento rápido y lento, con el nivel de alimentación de diversas especies, mostrando que la banda

de crecimiento rápido se deposita cuando el pez se alimenta activamente, mientras que la banda de crecimiento lento, se deposita en las épocas en que el pez se encuentra en situaciones desfavorables (Molander, 1947; Irie, 1957; Botha, 1970 y 1971; Bilton y Robbins, 1971; Ibáñez, 1995). En muchas especies se considera que en los ejemplares adultos, el desove es el factor desencadenante del periodo de crecimiento lento y, por tanto, de la formación del anillo hialino (Ibáñez, 1995).

### **Relación longitud ojo-furca vs diámetro del cóndilo**

Se realizó el análisis de regresión entre la longitud ojo-furca y el diámetro del cóndilo de la espina (figura 8), para determinar si la espina es una estructura adecuada en la determinación de la edad. Si existe un crecimiento isométrico entre las dos variables, entonces la espina crecerá en la misma proporción que lo hace la longitud del organismo, esto supone que el espaciado entre líneas es adecuado para su identificación.

### **Cálculo de la longitud media del grupo de edad faltante**

Se identificaron organismos del grupo de edad uno, pero del grupo de edad dos sólo hubo una hembra, por lo cual tuvo que calcularse la longitud media en machos, esto se hizo a partir de una regresión potencial entre la edad (variable independiente) y la media de la LOF para cada grupo de edad (variable dependiente).

### **Enmascaramiento de la primera línea de crecimiento por los vasos capilares**

Debido a que la zona vascularizada en las espinas incrementa en diámetro conforme el individuo crece y enmascara alguna(s) banda(s) de crecimiento, se hizo un análisis de regresión de la relación LOF vs diámetro de la zona vascularizada (distancia del foco al límite de la zona vascularizada) para conocer el comportamiento de ésta con el crecimiento del pez.

Para reconocer si la zona vascularizada encubrió a la primera línea de crecimiento se hizo el siguiente procedimiento: Se calculó la distancia media del foco a la primera línea de crecimiento de cada uno de los grupos de edad. Posteriormente se calculó la media de los 10 grupos, y se obtuvieron los intervalos de confianza para la media. Los valores de la distancia del foco a la primera línea que fueran mayores al intervalo de confianza se les sumaron una línea, ajustando los valores de las lecturas.

### **Crecimiento**

La información que genera la determinación de la edad permitió aplicar el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938) tanto de la especie, como para hembras y machos. Este modelo permite calcular el crecimiento a través del tiempo. El modelo se aplicó tanto para el crecimiento en longitud como en peso.

### **Crecimiento en longitud**

El modelo para la longitud es:

$$L_t = L_{\infty} \left( 1 - e^{-k(t-t_0)} \right)$$

Donde:  $L_t$  = Longitud a la edad  $t$

$L_{\infty}$  = Longitud media que los peces podrían alcanzar en caso de crecer hasta una edad muy avanzada (de hecho, infinita)

$k$  = Coeficiente de crecimiento

$t_0$  = Edad hipotética que el pez debiera haber tenido para que su longitud fuese cero.

Para estimar los parámetros del modelo de crecimiento se utilizaron los métodos propuestos por Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959), Prager (1989) (por medio del programa Fishparm, 1987). Posteriormente se realizó el ajuste a los métodos anteriores usando el procedimiento propuesto por Beverton (1954). Para valorar que método fue el mejor, en cuanto al ajuste a los valores observados, se calculó la suma de las diferencias al cuadrado; el mejor método fue aquél que presentó el valor más bajo.

De acuerdo a Ford (1933) y Walford (1946) se estiman los parámetros de  $L_{\infty}$  y  $k$ , mediante la siguiente regresión:

$$L_{t+1} = a + b(L_t)$$

Donde:  $L_{t+1}$  = Longitud promedio al tiempo  $t+1$

$L_t$  = Longitud media al tiempo  $t$

$a$  = Ordenada al origen

$b$  = Pendiente de la relación

Así para obtener:  $L_{\infty} = \frac{a}{1-b}$

$$k = -\ln(b)$$

Donde:  $\ln$  = Logaritmo natural

Y con el método de Gulland y Holt (1959) se obtiene  $t_0$ . Para obtener este parámetro es necesario conocer los valores de  $k$  y  $L_{\infty}$  obtenidos con el método de Ford (1933) y Walford (1946), así la estimación de  $t_0$  es:

$$t_0 = t + \frac{1}{k} \times \frac{\ln(L_{\infty} - L_t)}{L_{\infty}}$$

Es conveniente mencionar que la estimación de  $t_0$  se hizo de dos maneras; la primera fue considerando todos los grupos de edad y la segunda considerando sólo los grupos con mayor número de muestras.

Para ajustar el modelo de von Bertalanffy (1938) a un grupo de datos por medio del método de Beverton (1954) es necesario evaluar los parámetros ( $k$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ ). Para aplicar este método es necesario obtener el valor de  $L_{\infty}$ , previamente obtenido con el método de Ford (1933) y Walford (1946).

$$\ln(L_{\infty} - L_t) = \ln(L_{\infty}) + b(t_0) + a$$

Donde:  $-b = k$

$$t_0 = \frac{a - \ln(L_{\infty})}{k}$$

### Crecimiento en peso

Para obtener el crecimiento en peso, se utilizó la pendiente de la relación talla-peso ( $b$ ) incluyendo así el término potencial en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938).

$$W_t = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde:  $W_t$  = Peso a la edad  $t$

$W_{\infty}$  = Peso medio que los peces podrían alcanzar en caso de crecer hasta una edad muy avanzada (de hecho, infinita)

$k$  = Coeficiente de crecimiento

$t_0$  = Edad hipotética que el pez debiera haber tenido para que su peso fuese cero.

### Crecimiento entre sexos

Para determinar las diferencias significativas de crecimiento entre sexos se utilizó la prueba de  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981). Dicha prueba es un procedimiento estadístico multivariado que puede ser usado para probar diferencias en crecimiento entre dos grupos de peces cuando existe correlación entre los parámetros. Esta prueba está basada en vectores de los parámetros y de sus matrices de varianza-covarianza.

La ecuación de  $T^2$  de Hotelling se expresa como sigue:

$$T^2 = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} [\bar{P}_1 - \bar{P}_2]' S^{-1} [\bar{P}_1 - \bar{P}_2]$$

Donde:  $N_1$  y  $N_2$  = Número de peces en cada grupo

$[\bar{P}_1 - \bar{P}_2]'$  = Es la matriz transpuesta de:

$[\bar{P}_1 - \bar{P}_2]$  = Vector columna de las diferencias entre los estimados de los mismos parámetros

$\bar{P}_1$  y  $\bar{P}_2$  = Son vectores columna de los parámetros estimados de machos y hembras

$S^{-1}$  = Es la inversa de la matriz de varianza-covarianza conjunta de los parámetros.

$$S = \frac{(N_1 - 1)S_1 + (N_2 - 1)S_2}{N_1 + N_2 - 2}$$

Donde:  $S_1$  y  $S_2$  = Son las matrices de los parámetros estimados de machos y hembras.

Las hipótesis a probar son las siguientes:

$$H_0: \bar{P}_1 = \bar{P}_2 \quad \text{y} \quad H_A: \bar{P}_1 \neq \bar{P}_2$$

El estadístico de prueba es una modificación al estadístico  $F$

$$T_0^2 = \frac{3(N_1 + N_2 - 2)}{N_1 + N_2 - 4} \times F \propto_{3, N_1 + N_2 - 4}$$

Donde la  $F$  es obtenida a partir de la tabla estándar con: 3,  $N_1 + N_2 - 4$  grados de libertad.

La regla de decisión es: si  $T^2$  calculada es menor que la  $T_0^2$  se acepta  $H_0$ ; por lo tanto los parámetros entre las dos muestras serán iguales. Si  $T^2$  calculada es mayor que  $T_0^2$  se rechaza la  $H_0$  y entonces habrá diferencias significativas entre los parámetros y por lo tanto en el crecimiento.

Cuando existen diferencias significativas entre los parámetros, se calculan los intervalos de confianza simultáneos Roy-Bose, los cuales muestran cuales parámetros contribuyen más a la significancia estadística. El intervalo es simétrico sobre cada diferencia. Los intervalos de confianza se obtienen de la siguiente manera:

$$(p_{1j} - p_{2j}) \pm \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2} \times T_0^2}$$

Donde  $p_{ij}$  es el parámetro  $j$  del grupo  $i$  (en nuestro caso el sexo) del total de la muestra. Cuando un intervalo de confianza cae o incluye al cero, el parámetro correspondiente afecta a las diferencias en crecimiento. Cuando es necesario conocer la significancia relativa entre los parámetros, es necesario conocer los valores del estadístico  $F$  de cada parámetro, obtenido de la siguiente manera:

$$F_0 = \frac{N_1 N_2 (N_1 - 4) (p_{1j} - p_{2j})^2}{3(N_1 + N_2) (N_1 + N_2 - 2) s_{ij}}$$

Donde  $s_{ij}$  es la varianza del parámetro  $j$  tomado de la matriz de varianza-covarianza.  $F_0$  es ahora el valor crítico de  $F$ . A mayores valores de  $F_0$  más significativo será el parámetro correspondiente en las diferencias de crecimiento entre los dos grupos.

### Longevidad (Edad $A_{0.95}$ )

Para la obtención de la edad límite o longevidad se empleó la ecuación de Taylor (1958b, 1959, 1960, 1962).

$$A_{0.95} = \frac{-\text{Ln}(0.05)}{K} - t_0$$

**Mortalidad total (Z)**

En biología pesquera, la manera más adecuada de expresar la disminución en número (declinación) de un grupo de edad de organismos marinos a través del tiempo, es a través del uso de las tasas de mortalidad instantánea (Pauly, 1983). La mortalidad total (Z) la define Ricker (1975), como el coeficiente de proporcionalidad que toma en cuenta el total de organismos que mueren en una población en un tiempo determinado. Los componentes de Z son: la tasa de mortalidad natural (M) y la tasa de mortalidad por pesca (F) y su relación queda expresada como:

$$Z = F + M$$

Cuando no hay pesca (F=0) entonces la mortalidad total es igual a la mortalidad natural (Z=M).

El método empleado para determinar Z fue por medio de una curva de captura (Pauly, 1983), el cual consiste en el muestreo de una población de peces de distintas clases de edad. Se construye un gráfico, en donde la variable independiente es la edad y la variable dependiente es el logaritmo natural (Ln) del número de peces de cada grupo de edad. Z se obtiene por medio de la regresión lineal de ambas variables:

$$\ln(N) = a + b \times (\text{Edad})$$

Donde el valor de Z es el valor de la pendiente con signo contrario (-b). Sin embargo deben de cumplirse ciertos requisitos para que el valor de "-b" resulte una adecuada aproximación del de Z.

- a) Sólo deben ser considerados aquellos valores de logaritmo Ln (N) que correspondan a clases de edad completamente vulnerables al arte de pesca de referencia. Esto implica utilizar sólo la porción descendente de la curva de captura.
- b) El reclutamiento debe haber sido uniforme dentro del periodo considerado; o en todo caso haber tenido cambios al azar únicamente.

Para transformar el índice de la mortalidad Z a porcentaje, se empleó la fórmula  $S = e^{-Z}$ , donde e: la base del logaritmo natural (Ricker, 1948).

**Mortalidad natural (M)**

Se ha demostrado que el valor del parámetro *k* de la ecuación de von Bertalanffy (1938), en peces, se encuentra estrechamente relacionado con su longevidad. Esto se fundamenta sobre la observación en la naturaleza de que los peces más viejos de un recurso crecen hasta alcanzar un 95% de su longitud asintótica (Pauly, 1983). Para la obtención de la mortalidad natural se utilizó la ecuación de Taylor (1958a, 1958b, 1959, 1960, 1962).

$$M = \frac{-\ln(0.05)}{A_{0.95}}$$

Ricker (1975) define a la mortalidad natural como las muertes debidas a causas naturales, sin incluir la pesca por el hombre, esto incluye: depredadores, senectud, epidemias, contaminación, etc.

#### **Mortalidad por pesca (F).**

Para calcular la mortalidad por pesca se utilizó la relación que existe entre la mortalidad total (Z), natural (N) y por pesca (Ricker, 1975), el cálculo queda como sigue:

$$F = Z - M$$

#### **Análisis estadístico.**

Todas las pruebas estadísticas se hicieron con un nivel de confianza del 95% y en el paquete estadístico Statística versión 5.1. 1998 para Windows.

Cuando hubo que comparar dos muestras independientes se utilizó la prueba de t de student para muestras independientes. Cuando hubo que comparar más de dos muestras se utilizó la prueba de ANOVA, ya sea de una vía o de dos vías según fuera el caso. La prueba que se utilizó para probar la normalidad de las muestras fue la de Kolmogorov-Smirnov, y la que se utilizó para probar la homocedasticidad u homogeneidad de la varianza fue la de Levene (Levene 1952; Brown y Forsythe, 1974). Cuando fue el caso de que se violaran severamente los supuestos del ANOVA se procedió a transformar los datos a logaritmo base 10. Si los datos seguían presentando desviaciones a los supuestos entonces se usaron pruebas no paramétricas (Zar, 1996) y cuando hubo diferencias significativas se procedió a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett (T3) al 95%, la cual es robusta contra las violaciones a los supuestos de homocedasticidad y normalidad (Tamhane, 1979; Dunnett, 1980a, 1980b). Dicha prueba se hizo en el programa estadístico SPSS versión 11.0 para Windows.

Por último, se evaluó la significancia de las diferencias entre las distribuciones de talla entre machos y hembras, por medio de una prueba de Kolmogorov-Smirnov, de acuerdo con Steel y Torrie (1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción estadística de los datos

La base de datos proporcionada por el CRIP-Manzanillo constaba de un total de 565 registros, que comprendían el periodo de tiempo de febrero de 1993 a septiembre de 1999 y provenían de dos tipos de pesca: deportiva y comercial. Con esta base se hicieron los análisis de morfometría, relación talla-peso y factor de condición relativo.

En la tabla 1 se resume el número de observaciones (N), la media, desviación estándar (DE), valores mínimos (Mín) máximos (Máx), coeficiente de variación (CV) en porcentaje y moda de la longitud total (LT), longitud del cuerpo (LCPO), longitud ojo-furca (LOF), altura (ALT), todas en centímetros; y peso en Kg., de los organismos muestreados.

**TABLA 1** Medidas tomadas para el marlín rayado (*Tetrapturus audax*). El paréntesis en el renglón de la moda indica las frecuencias.

	LT (cm)	LCPO (cm)	LOF (cm)	ALT (cm)	Peso (Kg)
<b>N</b>	172	531	475	170	282
<b>Media</b>	257.20	198.40	168.60	39.10	41.30
<b>DE</b>	22.32	22.87	18.22	3.80	14.64
<b>Máx</b>	309	337	262	49	81.65
<b>Mín</b>	155	108	90	24.5	6
<b>CV (%)</b>	8.68	11.52	10.80	9.71	35.45
<b>Moda</b>	270 <sub>(17)</sub>	202 <sub>(21)</sub>	175 <sub>(21)</sub>	42 <sub>(27)</sub>	50 <sub>(10)</sub>

El tamaño promedio la LOF fue de 168.60 cm, con un máximo de 262 cm, el cual correspondió a un macho del mes de octubre. La talla mínima fue de 90 cm, la cual perteneció a una hembra capturada en el mes de septiembre. El tamaño reportado por la literatura, a la primera captura es de 60 cm de LOF (Uosaki y Bayliff, 1999).

El mayor intervalo de talla reportado en la literatura es el de Nakano y Bayliff (1992), el cual comprende de 60 a 280 cm de longitud ojo-furca, intervalo mayor al analizado en el presente estudio. Además, no se tuvieron registros de organismos de etapas juveniles y subadultas, por lo que no existió la representatividad de tamaños deseada. Por lo anterior, los resultados deben de analizarse bajo esta óptica.

El peso promedio se estimó en 41.30 Kg. El peso mayor fue de 81.65 Kg, que perteneció a una hembra, capturada durante el mes de octubre, mes que se encuentra dentro del intervalo de meses en los cuales se han reportado hembras maduras (Kume y Joseph, 1969; Eldridge y Wares, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987), por lo que podría estar asociado al proceso reproductivo.

El menor peso, seis kilogramos, se determinó en un macho del mes de enero y una hembra capturada durante el mes de septiembre.

El análisis por sexos permitió estimar la proporción entre machos y hembras, la cual fue cercana a uno (1:1.2), por cada hembra hay 1.2 machos. A diferencia de lo reportado por algunos autores, quienes mencionan que el número de hembras es mayor que el de los machos (Nakano y Bayliff, 1992; Uosaka y Bayliff, 1999).

Así mismo se analizaron las variables LOF y peso por sexos.

En la tabla 2 se presenta, el número de observaciones (N), media, desviación estándar (DE), mínimo y máximo de la talla y peso en machos y hembras.

TABLA 2. Medidas descriptivas de la talla (LOF) y peso por sexos.

	LOF (cm)		Peso (Kg)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
N	222	192	147	129
Media	169.54	166.40	42.82	40.23
DE	16.41	20.81	12.24	16.79
Mín	98	90	6	6
Máx	262	201	79.38	81.65

La prueba de t de student (para muestras independientes y heterocedásticas), nos indicó que no hubo diferencias significativas en talla ni en peso con respecto a sus medias ( $t=1.685$ ,  $gl=361.38$ ;  $p>0.05$  en el caso de la talla, y  $t=1.445$ ,  $gl=231.14$ ;  $p>0.05$  para el peso), en analogía con lo reportado en la literatura (Ueyanagi, 1953; Koga, 1967; Williams, 1967; Kume y Joseph, 1969; Strasburg, 1970; Ueyanagi y Wares, 1975; Nakamura, 1985).

Aún cuando no se hayan encontrado diferencias significativas en talla ni en peso, la tendencia mostrada es que la media, tanto en talla como en peso, de los machos fue mayor que en la de las hembras. En cuanto al tamaño máximo, los machos alcanzaron una mayor talla que las hembras, en cambio, se observó un peso mayor en éstas. Skillman y Yong (1976) en cambio reportan que las hembras alcanzaron mayor talla que los machos

#### Longitud ojo-furca por meses

En la tabla 3 se resumen los valores promedio mensuales de la LOF, durante el periodo de 1993 a 1999, así como su desviación estándar (DE) y el número de datos por cada mes. Cabe mencionar que durante el mes de junio no hubo datos.

**TABLA 3.** Valores mensuales de la longitud ojo-furca promedio (cm), desviación estándar (DE), y número de individuos por mes (N).

	LOF	DE	N
<b>Enero</b>	147.96	22.70	26
<b>Febrero</b>	166.68	13.58	56
<b>Marzo</b>	174.40	12.54	116
<b>Abril</b>	170.48	18.66	71
<b>Mayo</b>	172.39	14.11	51
<b>Julio</b>	152.00	14.80	7
<b>Agosto</b>	144.50	18.86	4
<b>Septiembre</b>	160.75	20.73	56
<b>Octubre</b>	170.92	24.84	38
<b>Noviembre</b>	177.00	14.56	10
<b>Diciembre</b>	171.70	12.34	40

La LOF promedio de la muestra, fue significativamente diferente a través de los meses de muestreo ( $H = 67.31$ ,  $gl = 10$ ;  $p < 0.05$ ), observando los valores más bajos durante los meses de enero y agosto. Esto probablemente se deba a un proceso de reclutamiento de este recurso durante esos meses. Pillai y Ueyanagi (1978), también encontraron organismos menores en el primer y segundo trimestre del año, pero en el Océano Índico. En cambio, Nakano y Bayliff (1992) y Uosaki y Bayliff (1999) mencionan que las tallas menores se registraron durante el cuarto y tercer trimestre del año en el Océano Pacífico Oriental. En el mar Este de China Ueyanagi y Wares (1975), reportan que los organismos más pequeños se presentaron después del mes de septiembre.

Los organismos de mayor tamaño, se encontraron en los meses de marzo y noviembre, en conformidad a lo reportado por Uosaki y Bayliff (1999) y Nakano y Bayliff (1992), quienes mencionan que, marlines de mayor tamaño, se presentaron durante el primer trimestre del año en el Océano Pacífico Oriental. A diferencia de Pillai y Ueyanagi (1978), quienes reportan que los peces de mayor tamaño, en el Océano Índico, se capturaron durante el tercer trimestre del año.

### **Análisis morfométrico**

Para el análisis se consideró la LOF como variable independiente y las restantes (LT, LCPO y ALT) como variables dependientes. No se tomó a la LT como independiente, debido a que con frecuencia el pico o *rostrum* se rompe, ya sea al ser capturados o antes, por lo tanto, el número de observaciones es menor, así mismo, el sesgo en la medición es mayor. Otras razones para tomar la LOF como variable independiente fueron: presentó el mayor número de observaciones, y la mayoría de los trabajos encontrados en la literatura reportan las relaciones morfométricas, para el marlín rayado, utilizando como variable independiente a la LOF, lo que hace que los datos sean comparativos.

Por otro lado, el análisis se hizo en dos etapas: para la especie y por sexos. En la tabla 4 se resumen los resultados del análisis en estas dos etapas.

**TABLA 4.** Constantes de las relaciones morfométricas por medio del análisis de regresión ( $\log_{10} LT = \log_{10} a + b \log_{10} LOF$ ), se señala: tipo de alometría; número de individuos (N); coeficientes de correlación (r) y determinación ajustada ( $r^2_{ajst}$ ); estadístico de prueba para la pendiente (t) y grados de libertad (gl).

Variables	N	a	b	r	$r^2_{ajst}$	t	gl	Alometría
<b>Para la especie</b>								
L OF / LT	169	0.422	0.891	0.95	0.90	-4.821	167	Negativa
L OF / LCPO	438	0.161	0.960	0.98	0.96	-4.243	436	Negativo
L OF / ALT	163	-0.717	1.033	0.88	0.78	0.771	161	Isométrico
<b>Machos</b>								
L OF / LT	114	0.418	0.892	0.96	0.91	-4.128	112	Negativa
L OF / LCPO	209	0.181	0.952	0.97	0.95	-3.171	207	Negativo
L OF / ALT	111	-0.596	0.978	0.87	0.76	-0.407	109	Isométrico
<b>Hembras</b>								
L OF / LT	55	0.432	0.887	0.94	0.88	-2.566	53	Negativa
L OF / LCPO	170	0.118	0.980	0.99	0.98	-1.766	168	Isométrico
L OF / ALT	52	-0.910	1.120	0.91	0.82	1.648	50	Isométrico

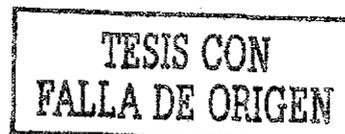
En todas las relaciones morfométricas, el modelo fue significativo ( $p < 0.05$ ), es decir que el modelo explica satisfactoriamente la relación entre las variables, lo cual se refleja en un alto coeficiente de determinación para la mayoría de los análisis.

El análisis mostró que el tipo de relación entre LOF y LT es ligeramente de tipo alométrico negativo, no sólo en lo general sino también por machos y hembras. Esto implica que la LT crece más lentamente que la LOF, debido probablemente a que el *rostrum* es una estructura lábil que tiende a romperse.

Los cambios alométricos vienen a ser compensaciones frente a necesidades dependientes del área superficial (difusión, fricción y pérdida del calor) (McMahon y Tyler-Bonner, 1986). Dada las características fisiológicas y biológicas del marlín, el cual es un organismo que se desplaza grandes distancias a velocidades considerables, probablemente este tipo de crecimiento minimiza la fricción del organismo con el medio acuático, además la forma del cuerpo está relacionada con el modo de alimentarse, de moverse y probablemente de reproducirse (McMahon y Tyler-Bonner, 1986; Wotton, 1991).

En la relación LOF-LCPO de la especie y en machos, el tipo de crecimiento resultó ser ligeramente alométrico negativo, en cambio, las hembras presentaron un crecimiento isométrico. Esta diferencia significa que la mandíbula inferior de las hembras es mayor que la de los machos, por lo que podría significar que pudieran atrapar presas de mayor tamaño. Si la hembra necesita almacenar alimento para el proceso reproductivo, el crecimiento isométrico entre estas dos variables podría resultar en ventajas reproductivas. Aunque se reconoce la necesidad de un mayor número de estudios sobre el comportamiento y hábitos alimentarios de esta especie.

Otra posible causa de este crecimiento, puede deberse a un dimorfismo sexual, aunque no existen reportes al respecto.



Se determinó que en la relación LOF-ALT el tipo de crecimiento fue isométrico, en cada sexo y en la especie, esto indica que la proporción entre la longitud ojo-furca y la altura se mantienen constantes a través del tiempo, lo cual puede proporcionarle una forma hidrodinámica conveniente.

Se han hecho muy pocos trabajos acerca de las relaciones morfométricas en el marlín rayado, dentro de los cuales podemos citar a Morrow (1957) quien encontró un crecimiento alométrico negativo entre la altura del cuerpo y la distancia de la punta del pico al origen de la primera aleta anal, en organismos de Perú.

Royce (1957) reporta la relación morfométrica entre la longitud ojo-furca y la longitud furcal (LF; de la punta del pico a la furca) con 11 organismos y un intervalo de tallas de 142.3 a 310.1 cm de LOF.

$$LOF = -92.9 + 0.778 \times (LF)$$

$$LF = 133 + 1.28 \times (LOF)$$

Por otro lado el coeficiente de determinación mayor, se calculó para la relación LOF-LCPO, y el valor más bajo fue entre la LOF-ALT.

### Relación talla-peso

El análisis se hizo considerando la LOF como variable independiente y el peso como variable dependiente. Así mismo, dicho análisis se realizó en dos etapas: para la especie y por sexos. La figura 11 presenta la relación entre ambas variables en la primera etapa, incluyendo la ecuación de tal relación.

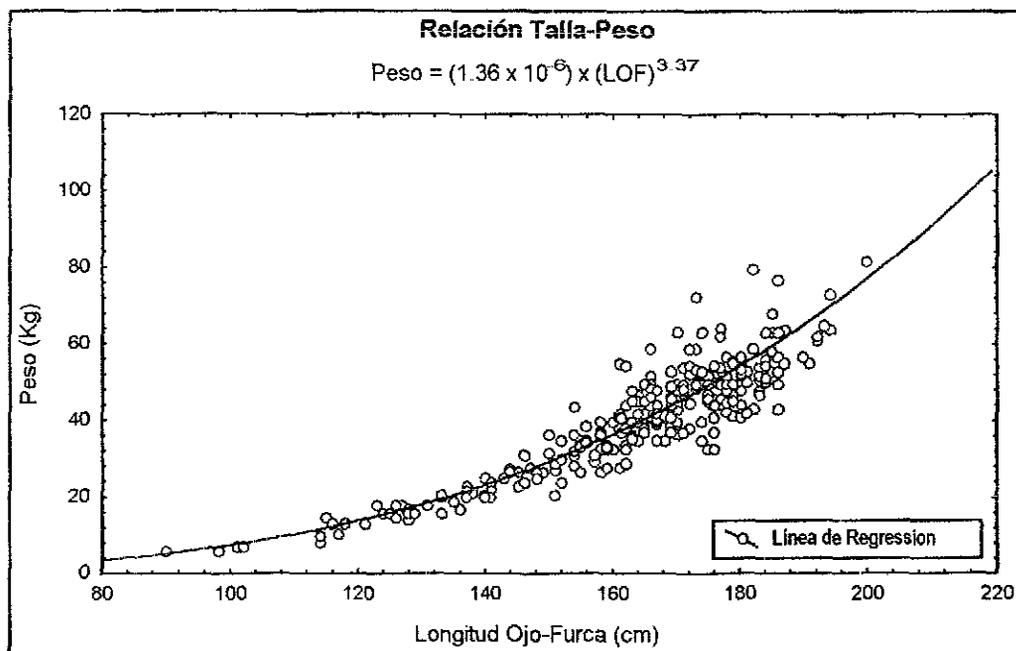


Figura 11. Relación talla-peso de la especie *Tetraodon lineatus* en los años 1993-1999.

La dispersión mostrada en la relación talla-peso probablemente se deba a la importancia relativa del peso de las gónadas (estados de madurez).

En la figura 12 se observa el análisis de los residuales.

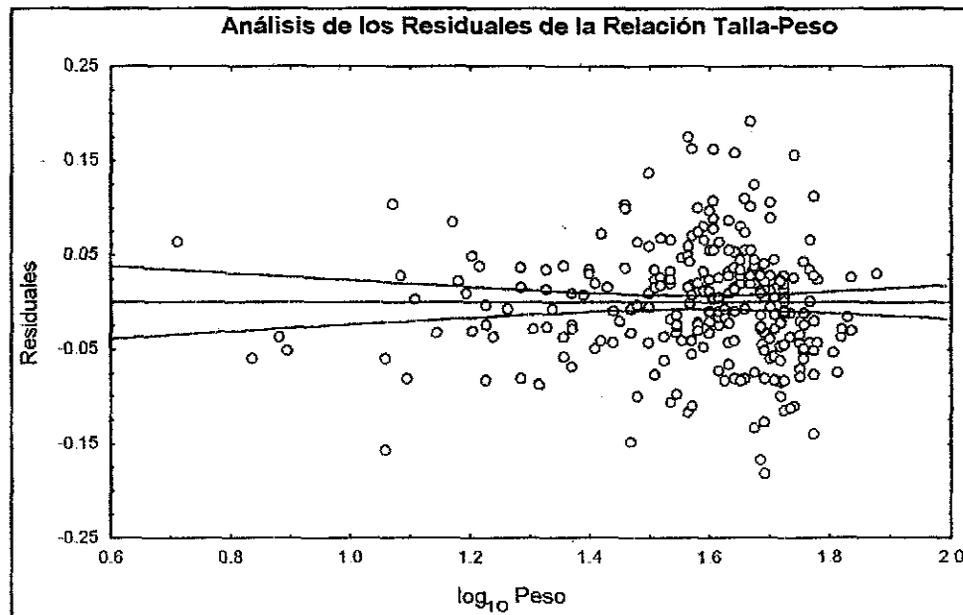


Figura 12. Análisis de residuales de la regresión talla-peso.

Se aprecia en la figura 12, como los residuales presentan una distribución aleatoria, alrededor del cero, cumpliéndose de este modo los supuestos de los residuales, importante en este tipo de análisis.

Así mismo, se observa en la figura señalada, como los datos se aglomeran alrededor de los valores 1.4 y 1.8 sobre el eje "x", lo cual indica que la distribución muestral está centrada hacia esos valores, esto es explicable si tomamos en cuenta el origen de la muestra, la cual en su mayoría provino de la Pesca Deportiva.

La ecuación que describe la relación entre longitud y peso de la especie dentro de los años de muestreo, se presenta a continuación:

$$Peso = (1.36 \times 10^{-6}) \times (LOF)^{3.37}$$

$$N = 276$$

$$r_{ajst}^2 = 0.90$$

$$r = 0.95$$

$r_{ajst}^2$  = coeficiente de determinación ajustada

La prueba de t indica que la pendiente de la ecuación (3.37) es mayor a 3 ( $t = 35.615$ ,  $gl = 274$ ;  $p < 0.05$ ). Esto quiere decir que la relación talla-peso del organismo es alométrico positivo. O sea que crece más en peso que en longitud dentro del intervalo considerado.

Es probable, que debido a sus características migratorias (verticales y horizontales), y de alimentación (se alimenta cuando la presa está en movimiento) (Ueyanagi y Wares, 1975; Nakamura, 1985; Brill *et al.*, 1993) el marlín rayado sea más robusto que otros picudos (Vidaurri-Sotelo *et al.*, 1998, reportan para el pez vela un crecimiento isométrico). Dicha robustez se expresa en el crecimiento alométrico positivo de la relación talla-peso.

En la tabla 5 se presentan las constantes de la relación peso-longitud encontrada en la literatura.

**TABLA 5.** Constantes de la relación talla-peso de *Tetrapturus audax* encontradas en la literatura, y la del presente trabajo, por medio del análisis de regresión ( $\log_{10} \text{Peso} = \log_{10} a + b \log_{10} \text{LOF}$ ), se señala: localidad, tipo de peso y longitud utilizadas, unidades de peso y longitud, número de individuos (N), Intervalo de tallas, ordenada al origen (a), pendiente (b) y fuente de información. PE en la columna de Fuente indica los resultados obtenidos en el presente estudio (señalado con un asterisco).

Localidad	Peso	Long	Unidades (Long y peso)	N	Intervalo de talla	a	b	Fuente
Océano Pacífico Oriental	E	LOF	cm, Kg	51	108-211	-5.26	3.089	1
Océano Pacífico Oriental	D	LOF	cm, Kg	111	132-222	-4.99	2.975	1
Océano Pacífico Oriental	E	LOF	cm, Kg	1,982	110-215	-5.16	3.071	2
Océano Pacífico Oriental	E	LOF	cm, Lb	1,982	110-215	-4.82	3.072	2
Océano Pacífico Oriental	E	LF	cm, Kg	535	153-271	-5.34	2.982	2
Océano Pacífico Oriental	E	LF	cm, Lb	535	153-271	-5.01	2.990	2
Océano Pacífico Central	E	LCpo	cm, Kg	53	142-310	-6.24	3.380	3
Océano Pacífico Central	E	LF	cm, Lb	30	166-253	-6.11	3.446	6
Océano Pacífico Central	E	LF	cm, Lb	13	142-304	-6.65	3.691	6
Pacífico Sur Occidental	D	LOF	cm, Kan	562	160-260	-6.74	3.504	8
Pacífico Sur Occidental	E	LF	cm, Lb	27	265-310	-6.52	3.624	4
Pacífico Sur Occidental	E	LF	cm, Lb	48	218-310	-5.02	3.011	5
Océano Índico	E	LF	cm, Lb	98	170-270	-4.63	2.844	7
Océano Índico	E	LOF	cm, Lb	156	120-196	-4.78	3.062	9
México	E	LOF	cm, kg	1,748	107-226	-4.01	2.568	10
México	E	LOF	cm, kg	1,073	119-216	-5.14	3.154	11
México	E	LOF	cm, kg	449	110-204	-5.36	3.045	11
<b>México*</b>	<b>E</b>	<b>LOF</b>	<b>cm, kg</b>	<b>276</b>	<b>90-262</b>	<b>-5.87</b>	<b>3.37</b>	<b>PE</b>

E: Entero. D: Desgallado y sin vísceras

1 Kan = 3.75 kg

Fuente: 1. Kume y Joseph (1969); 2. Wares y Sakagawa (1974); 3. Skillman y Yong (1974); 4. Gregory y Conrad (1939; citado en Ueyanagi y Wares, 1975), después Royce, 1957; 5. Morrow (1952), después Royce (1957); 6. Royce (1957); 7. Williams (1967); 8. Koga (1967); 9. Merrett (1968); 10. Ponce-Díaz *et al.* (1991); 11. Wares y Sakagawa (1974). PE. Presente estudio.

Entre los trabajos reportados, los que más se asemejan a los valores obtenidos, son los del Pacífico Central, con pendientes muy similares. Organismos con una pendiente mayor a la estimada para este trabajo, fueron de las localidades del Pacífico Sur Occidental, a excepción de lo reportado por Morrow (1952), y Pacífico Central. Con pendientes menores están las del Pacífico Oriental incluyendo tres reportes para México, y del Océano Índico.

El análisis por sexos separados, se resume en la tabla 6.

**TABLA 6.** Constantes de la relación talla-peso del marlín rayado, para machos y hembras, por medio del análisis de regresión ( $\log_{10}$  Peso =  $\log_{10} a + b \log_{10}$  LOF), se señalan: tipo de alometría; número de individuos (N); coeficientes de correlación (r) y determinación ajustada ( $r^2_{ajst}$ ); estadístico de prueba para la pendiente (t) y grados de libertad (gl).

Sexos	N	a	b	r	$r^2_{ajst}$	t	gl	Alometría
Machos	142	-5.498	3.202	0.92	0.85	19.244	140	Positiva
Hembras	128	-6.015	3.432	0.96	0.93	28.778	126	Positiva

Tanto en las hembras como en los machos el tipo de relación fue alométrico positivo. Al respecto, no existen reportes en la literatura.

La pendiente de la relación talla-peso fue mayor en hembras que en machos ( $t = 1.62$  gl = 266  $p < 0.05$ ). Probablemente debido a un mayor almacenamiento de ácidos grasos o peso de las gónadas.

Para analizar la relación talla-peso de los organismos a través del año, se realizó un análisis de covarianza para la especie y entre sexos por épocas, cubriendo el intervalo de años de 1993 a 1999. Se usaron las épocas propuestas por Wyrcki (1966, 1967) dado que reflejan los cambios en el comportamiento físico y químico de las corrientes en el Océano Pacífico Tropical. Las épocas son: **Época 1:** de agosto a enero. **Época 2:** de febrero a abril. **Época 3:** de mayo a julio. En la tabla 7 se resume este comportamiento.

Como se observa en la tabla 7, durante las tres épocas del año, los organismos de la muestra presentaron un crecimiento alométrico positivo.

Para la especie en general, la época uno fue la que presentó una pendiente mayor ( $F = 1.05$ ; g.l = 2, 270  $p > 0.05$ ) de las tres, así mismo, la elevación fue diferente ( $F = 3.81$ ; g.l = 2, 272  $p < 0.05$ ), seguida por la época tres quien tuvo una pendiente mayor que la dos ( $t = 2$ ; gl = 270  $p < 0.05$ ).

De acuerdo al sexo, la pendiente cambia, aunque no significativamente ( $F = 0.38$ ; g.l = 2, 136  $p > 0.05$ ) a través del año, lo mismo sucedió con la ordenada ( $F = 2.25$ ; g.l = 2, 138  $p > 0.05$ ). Así tenemos que en los machos la pendiente fue mayor durante la época uno. En cambio, la época de menor pendiente fue la dos, antes de los meses de madurez [Kume y Joseph (1969), Eldridge y Wares (1974), Miyabe y Bayliff (1987)].

**TABLA 7.** Pendiente de la relación talla-peso de machos y hembras del marlín rayado, durante las épocas del año, según Wyrski (1966, 1967). Se señalan: tipo de alometría; número de individuos (N); coeficientes de correlación (r) y determinación ajustada ( $r^2_{ajst}$ ); estadístico de prueba para la pendiente (t) y grados de libertad (gl).

Variables	N	b	r	$r^2_{ajst}$	t	gl	Alometría
<b>Para la especie</b>							
Época 1	126	3.415	0.95	0.91	24.808	124	Positiva
Época 2	119	3.200	0.94	0.89	21.249	117	Positiva
Época 3	31	3.320	0.95	0.90	11.416	29	Positiva
<b>Machos</b>							
Época 1	49	3.329	0.88	0.77	9.016	47	Positiva
Época 2	79	3.113	0.95	0.90	17.998	77	Positiva
Época 3	14	3.171	0.95	0.89	6.955	12	Positiva
<b>Hembras</b>							
Época 1	72	3.429	0.97	0.94	23.231	70	Positiva
Época 2	39	3.387	0.94	0.88	11.710	37	Positiva
Época 3	17	3.447	0.95	0.90	8.744	15	Positiva

En las hembras, la pendiente cambia, aunque no significativamente ( $F = 0.02$ ; g.l = 2, 122  $p > 0.05$ ) al igual que la ordenada ( $F = 1.20$ ; g.l = 2, 124  $p > 0.05$ ). La pendiente mayor se presentó durante la época tres, en la cual se han reportado el mayor número de hembras maduras (Kume y Joseph, 1969; Miyabe y Bayliff, 1987), lo que podría estar relacionado con el proceso reproductivo. La época de menor crecimiento se presentó durante la época dos.

Con respecto al comportamiento temporal de la relación talla-peso, no existen reportes en la literatura. Aunque Uosaki y Bayliff (1999), mencionan que el promedio del peso a escala temporal aparentemente no muestra ninguna tendencia.

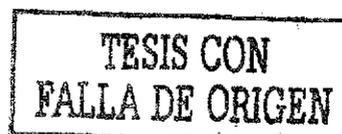
**Factor de condición relativo (FCr)**

Ya que la pendiente de la relación talla-peso es diferente de 3, se utilizó el Factor de Condición Relativo (FCr). El cuál se calculó de acuerdo con la metodología propuesta por Everhart y Youngs (1981).

Para analizar el comportamiento temporal del FCr de la especie y por sexos se utilizaron las fórmulas alométricas de la relación talla-peso respectivas. En la tabla 8 se resumen los resultados del FCr de la especie en el Océano Pacífico Oriental.

**TABLA 8.** Estadísticos descriptivos del FCr para *Tetrapturus audax* durante los años de 1993 a 1999 (DE: Desviación estándar).

N	Media	DE	Mínimo	Máximo
276	1.0100	0.14	0.66	1.56



El FCr para los organismos de la muestra fue igual a uno ( $t = 1.147$ ,  $gl = 275$ ;  $p > 0.05$ ), lo cual indica que el peso del organismo fue igual al valor esperado.

La tabla 9 describe los resultados obtenidos del FCr por sexos.

**TABLA 9.** Factor de condición relativo por sexo de *T. audax*, durante los años de 1993 a 1999.

	Hembras	Machos
<b>N</b>	128	142
<b>Media</b>	1.01	1.01
<b>DE</b>	0.14	0.15
<b>Mínimo</b>	0.66	0.68
<b>Máximo</b>	1.45	1.56

Se determinó que el FCr tanto en machos como en hembras fue igual a uno durante los años de muestreo ( $t = 0.824$ ,  $gl = 141$ ;  $p > 0.05$  y  $t = 0.775$ ,  $gl = 127$ ;  $p > 0.05$  respectivamente). No hubo diferencias significativas en el FCr entre machos y hembras ( $t = 0.040$ ,  $gl = 268$ ;  $p > 0.05$ ).

La mayor condición se observó en un macho de 173 cm de LOF y un peso de 72.57 Kg, capturado el 04 de diciembre de 1997, lo cual coincide con la pendiente mayor presentada por los machos a través de los meses de muestreo (Tabla 7). La menor condición se observó en una hembra de 176 cm de LOF y de 32.6 kg, capturada en el mes de febrero del año de 1999, lo que coincide con la época de menor crecimiento de la especie (Tabla 7). El hecho de que las hembras presentaran el FCr más pequeño en el mes de febrero, puede deberse al desove.

Eldridge y Wares (1974), utilizando la ecuación del factor de condición:

$$FC = \frac{P \times 10^5}{LOF^3}$$

Obtuvieron valores en el intervalo de 0.80 a 1.26 para organismos del Pacífico Oriental, aunque no mencionan el comportamiento temporal de este factor. Usando la misma ecuación en los datos del presente trabajo, se obtuvo un intervalo de 0.54 a 1.40.

### Comportamiento del FCr por años

Para conocer el comportamiento temporal del FCr, a lo largo de los siete años de muestreos (de 1993 a 1999), se hizo el análisis para cada año. En la tabla 10 se muestran los estadísticos descriptivos de las variaciones anuales del FCr de *T. audax* y en la figura 13 se muestra el comportamiento temporal del FCr.

Los organismos tuvieron la condición más baja en el año de 1994, para la especie y por sexos. En cambio, durante el año de 1999 presentaron la mayor condición (Tabla 10 y figura 13).

**TABLA 10.** Estadísticos descriptivos del FCr de la especie y por sexos del marlín rayado, en el intervalo de años de 1993 a 1999.

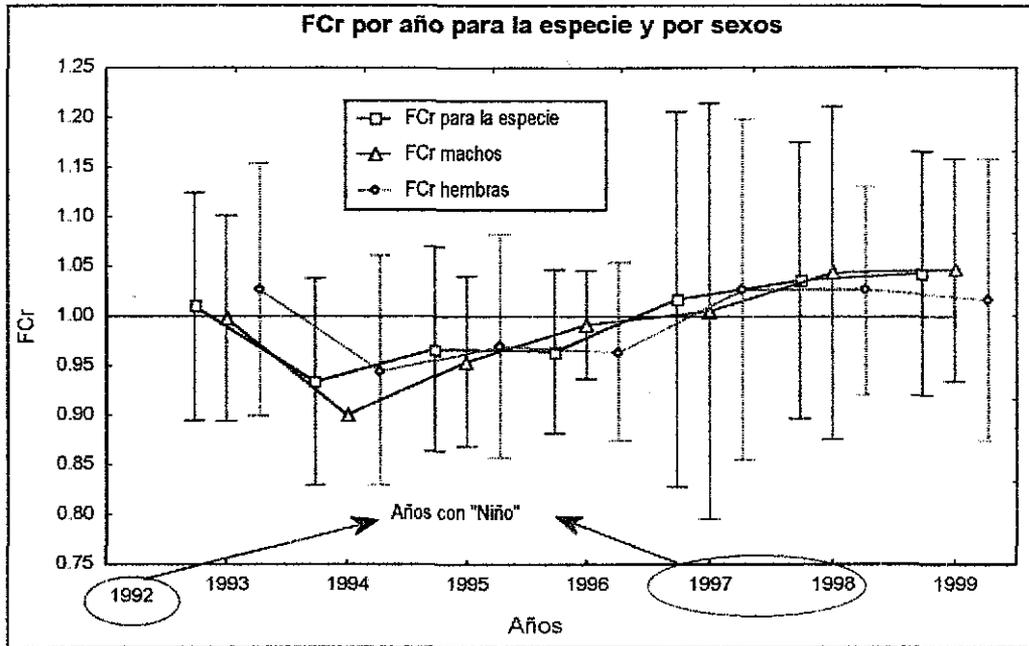
Años	93	94	95	96	97	98	99
<b>Para la especie</b>							
<b>N</b>	61	8	28	20	87	33	39
<b>Media</b>	1.01	0.93	0.97	0.96	1.02	1.04	1.04
<b>DE</b>	0.11	0.10	0.10	0.08	0.19	0.14	0.12
<b>Mínimo</b>	0.77	0.77	0.80	0.83	0.68	0.73	0.66
<b>Máximo</b>	1.28	1.05	1.22	1.09	1.56	1.50	1.38
<b>Machos</b>							
<b>N</b>	41	1	11	5	40	17	27
<b>Media</b>	1.00	0.90	0.95	0.99	1.00	1.04	1.05
<b>DE</b>	0.10	0.00	0.09	0.05	0.21	0.17	0.11
<b>Mínimo</b>	0.78	0.90	0.78	0.92	0.68	0.73	0.88
<b>Máximo</b>	1.28	0.90	1.06	1.04	1.56	1.48	1.35
<b>Hembras</b>							
<b>N</b>	20	7	17	10	47	15	12
<b>Media</b>	1.03	0.95	0.97	0.96	1.03	1.03	1.02
<b>DE</b>	0.13	0.12	0.11	0.09	0.17	0.10	0.14
<b>Mínimo</b>	0.80	0.77	0.81	0.84	0.72	0.87	0.66
<b>Máximo</b>	1.24	1.07	1.25	1.10	1.45	1.29	1.28

El FCr no presentó diferencias significativas para la especie a través de los años de muestreo ( $F = 1.689$ ;  $gl = 6/269$ ;  $p > 0.05$ ). Tampoco presentó diferencias para cada sexo a través de los años de muestro ( $F = 0.832$ ;  $gl = 6/135$ ;  $p > 0.05$  para machos y  $F = 0.869$ ;  $gl = 6/121$  para hembras).

A pesar de no existir diferencias significativas en el FCr por años, se observa una tendencia relacionada con los eventos del "Niño". En 1992 se presentó dicho fenómeno (Ortega-García, 1998). A partir del año de 1993 se observa una pendiente descendente de los valores (figura 13). A partir del año de 1994 se advierte una recuperación, con una pendiente positiva "pronunciada", la cual disminuye gradualmente a partir del año de 1997, el cual presentó un evento "Niño" catalogado como fuerte (Suárez-Sánchez, 2000) extendiéndose hasta 1998. En 1999 la pendiente sigue su declinación.

Probablemente si se monitorearan los años posteriores a 1999, se vería como el FCr disminuye en relación con los valores de los años anteriores.

No hubo diferencias significativas entre los sexos a través de los años de muestreo ( $F = 0.271$ ;  $gl = 6/256$ ;  $p > 0.05$ ).



**Figura 13.** Comportamiento del FCr por años de la especie y por sexos, en los años de muestreo (1993 a 1999), se grafican la media y la desviación estándar. La línea horizontal roja señala FCr=1

**Comportamiento mensual del FCr**

El FCr de la especie, por meses, presentó diferencias significativas ( $H = 57.540$ ,  $gl = 10$ ;  $p < 0.05$ ). En la tabla 11 se resume los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de T3 de Dunnett (Dunnett, 1980b). Es preciso mencionar que en el mes de junio no hubo datos.

En la figura 14 se muestra la media y la desviación estándar del FCr, sin separar sexos y de machos y hembras, durante los meses de muestreo.

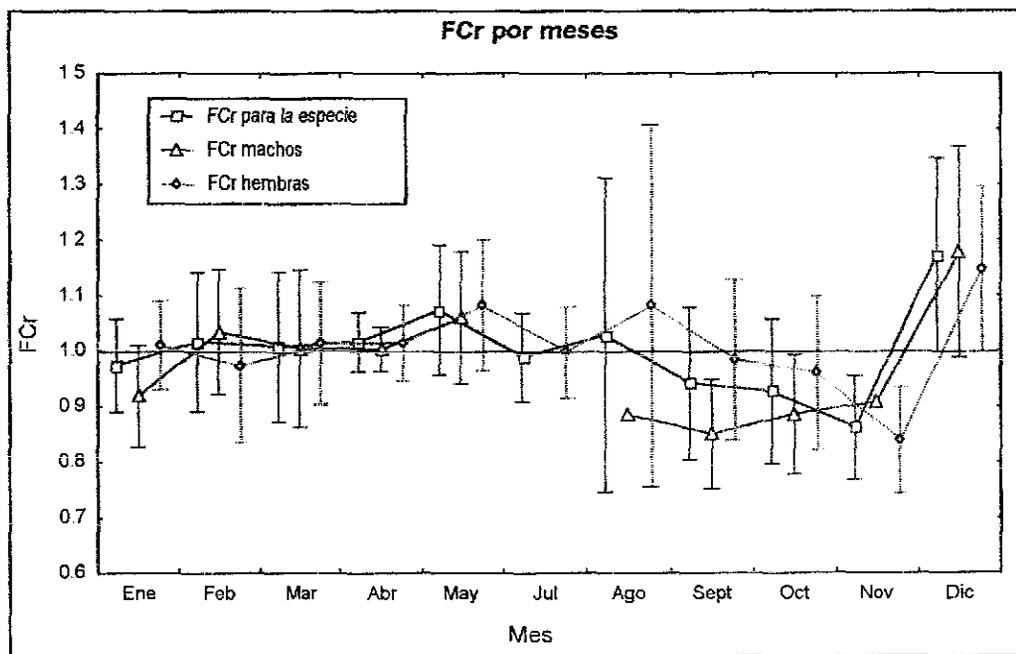
**TABLA 11.** Resultados de la prueba de T3 de Dunnett para el FCr del marlín rayado durante los meses de muestreo. Las cruces indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre éstos.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ene											X
Feb											X
Mar											X
Abr									X		X
May								X	X		
Jul											
Ago											
Sep					X						X
Oct				X	X						X
Nov											X
Dic	X	X	X	X				X	X	X	

Durante el mes de diciembre los organismos tuvieron el FCr más alto del año (figura 14), por lo que este mes presentó diferencias significativas con los otros meses (Tabla 11).

Se determinó, por medio de un análisis factorial de la varianza, que no hay interacción del tipo de sexo con los meses de muestreo ( $F = 1.653$ ,  $gl = 9/245$ ;  $p > 0.05$ ), es decir, no hubieron diferencias significativas entre los sexos a través de los meses.

A pesar de lo anterior, se observó un comportamiento específico en cada sexo durante los meses (figura 14). Así, de febrero a mayo los machos presentaron el FCr mayor a uno, mientras que las hembras, en febrero tuvieron condición menor a uno. En julio, sólo hubo datos para hembras, éstas tuvieron una condición menor a uno. A partir de agosto hasta noviembre, en ambos sexos, se nota un decaimiento en el FCr, el cual es recuperado en diciembre, siendo este mes el que presentó la mayor condición.



**Figura 14.** Comportamiento por meses del FCr, para la especie y por sexos, se grafican la media y la desviación estándar. La línea horizontal roja señala  $FCr=1$

Los valores de un Factor de Condición (FC) para un pez dado, miden la desviación a un valor ideal hipotético de la especie. Los cambios en el valor del FC del pez, pueden indicar maduración gonádica o cambios en la intensidad alimenticia (Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1991), Abitia-Cárdenas (2001) encontró que el contenido calórico en el músculo y gónadas fue elevado de junio a agosto, lo cual refleja una mayor cantidad de energía contenida en estas estructuras, y posteriormente disminuye a partir de octubre. Este comportamiento fue similar al encontrado en el FCr (figura 14), Esta similitud en el comportamiento temporal entre el FCr y el contenido calórico, se puede deber a que estas dos medidas indican la energía que es retenida e incorporada en la biomasa del organismo como tejido y reservas energéticas.

Por otro lado, la mayoría de los reportes coinciden que durante los meses de abril a septiembre se han encontrado organismos maduros (Kume y Joseph, 1969; Eldridge y Wares 1974; Miyabe y Bayliff, 1987), y sólo un reporte menciona que éstos se encontraron durante octubre a diciembre. Es probable que el comportamiento del FCr, en estos meses se deba a la presencia de organismos maduros y al desove.

Furukawa *et al.* (1958), determinaron, para organismos del Mar de China Oriental, que el factor de condición mostraba un decaimiento estacional en junio, para peces de longitud de 166 a 195 cm. El decaimiento en el factor de condición antes de junio fue mucho más abrupto que el incremento después de junio. Un ciclo estacional similar fue aparente para peces de 136 a 165 cm. Estos autores utilizaron el siguiente factor de condición:

$$FC = \frac{P}{LOF^3}$$

Donde las unidades del peso es "Kan" que equivale a 3.75 kg.

El comportamiento del FCr encontrado en el presente trabajo y del FC reportado por Furukawa *et al.* (1958), muestran similitudes. Desafortunadamente no se puede hacer un análisis más profundo, debido a que estos autores aplicaron una fórmula que supone un crecimiento isométrico entre el peso y la talla.

#### **Comportamiento del FCr por épocas**

Se agruparon los meses en las tres épocas propuestas por Wyrcki (1966, 1967).

Para la especie existieron diferencias significativas en el FCr por épocas ( $H = 10.181$ ,  $gl = 2$ ;  $p < 0.05$ ). La prueba de T3 de Dunnett indicó que existen diferencias significativas entre la época "3" y la "1". En la figura 15 se graficaron los valores medios del FCr por épocas, así como su desviación estándar (DE).

Para la especie, la época con mayor FCr es la "3", (figura 15), época en la cual se han reportado el mayor número de organismos maduros, por lo que puede estar relacionado con el alto valor del FCr. La época con menor condición fue la "1". Se observa que el valor del FCr muestra una tendencia al aumento, de la época "1" a las siguientes, lo cual muestra un gradiente temporal en el FCr de los organismos.

No hubo interacción entre los sexos en cada época ( $F = 0.530$ ,  $gl = 2/264$ ;  $p > 0.05$ ), lo que significa que no existieron diferencias significativas entre los sexos durante las tres épocas del año.

A pesar de lo anterior, se observó un comportamiento específico de cada sexo durante las épocas (figura 15). Así, en la época "1" los machos presentaron el FCr más bajo, recuperándose después de esta época, alcanzando su mayor condición durante la época tres. En las hembras, durante la época uno, el FCr es mayor que la unidad y en la época dos es cuando se observa una condición menor.

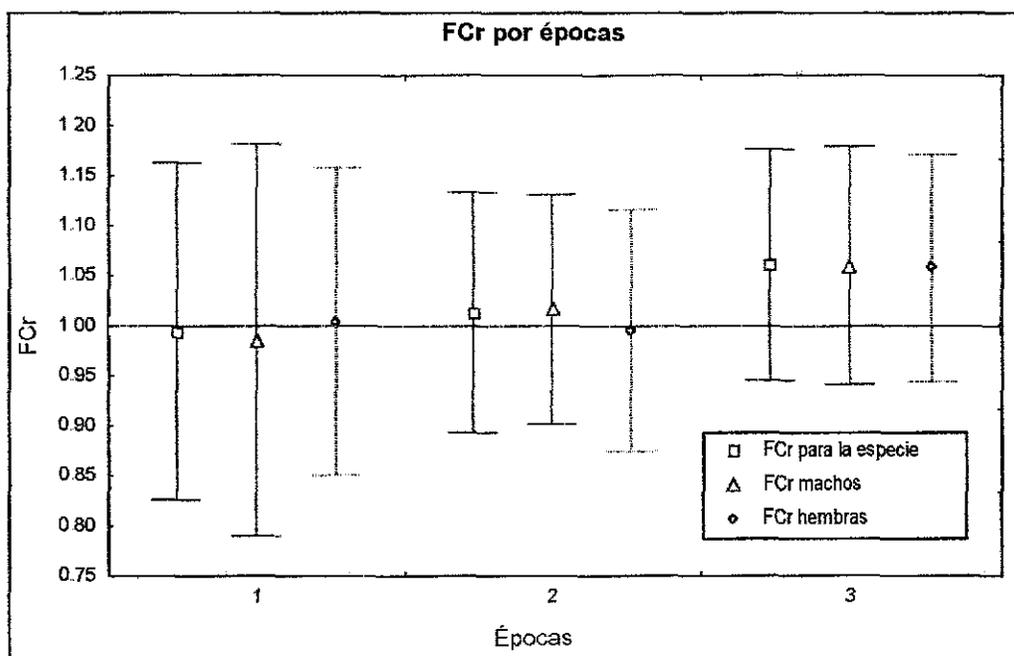


Figura 15. Comportamiento por épocas del FCr, para la especie y por sexos, se grafican la media y la desviación estándar. La línea horizontal roja señala FCr=1

### Determinación de la edad

Para la determinación de la edad y el crecimiento, se elaboró una base de datos con la información de las espinas colectadas. El número total de espinas procesadas fue de 164 y comprendió el periodo de abril de 1993 a marzo de 1999, aunque del año de 1996 no se tienen muestras. No se cubrió un ciclo anual completo.

La proporción entre machos y hembras fue cercana a uno (1:1.2), 89 machos y 72 hembras. Hubo tres organismos indeterminados. Para el cálculo del crecimiento se utilizaron 140 muestras (79 machos y 55 hembras), las restantes se eliminaron debido a que no concordaron las lecturas.

La tabla 12 resume los valores de la LOF para esos datos.

TABLA 12. Medidas descriptivas de la LOF en las espinas procesadas.

	LOF (cm)
<b>N</b>	164
<b>Media</b>	169.75
<b>DE</b>	14.85
<b>Máx</b>	198.00
<b>Mín</b>	121.00

En la figura 16 se muestra el histograma de frecuencias de talla para cada sexo.

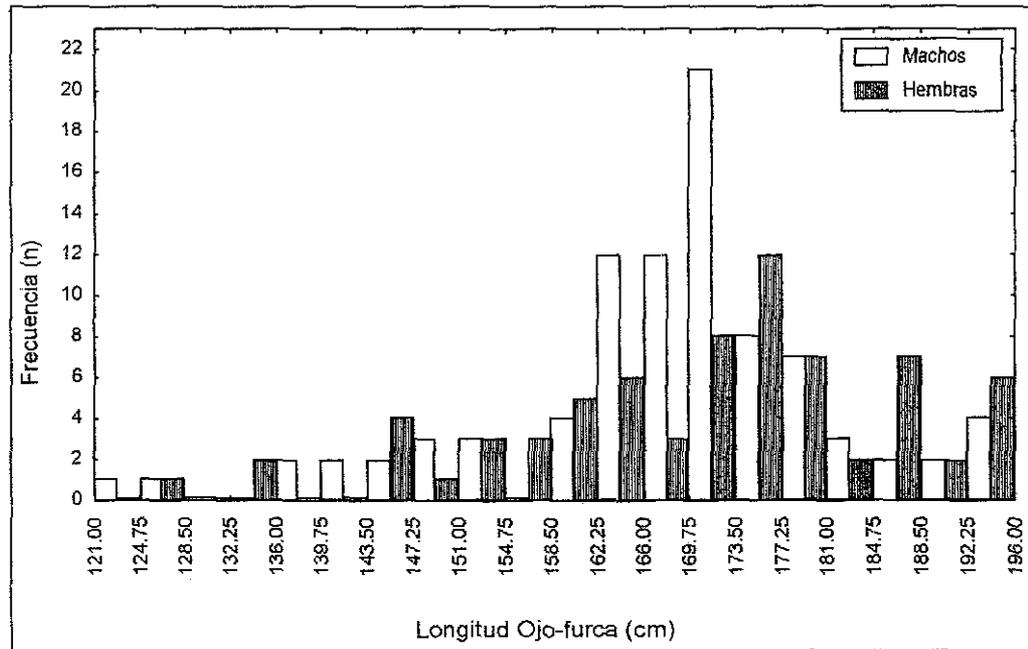


Figura 16. Histograma de frecuencias de talla del marlín rayado (machos y hembras).

Existieron diferencias significativas en la distribución de tallas entre los sexos ( $D_{max}=0.070$ ;  $p>0.05$ ). Esta diferencia puede deberse a que hay más hembras de tallas mayores que machos, es decir, la distribución de las hembras tiene un sesgo negativo más pronunciado que la de los machos (figura 16).

### Descripción interna y características de la espina

#### Aspecto de la sección transversal

El grosor medio de los cortes leídos fue de 0.05 cm, con una moda de 0.057 cm y la frecuencia de ésta de 9. Por lo que el grosor recomendado en este trabajo es 0.05 cm, lo cual coincide con lo sugerido por Hedgepeth y Jolley (1983), Alvarado-Castillo y Felix-Uraga (1996) y Vidaurri-Sotelo, *et al.* (1998), para los cortes realizados en la cuarta espina de la primera aleta dorsal en el pez vela (*Istiophorus platypterus*).

El interior de la espina presenta un foco (zona de origen de la estructura ósea) casi en la región ecuatorial. A los lados del foco la espina crece en sentido bilateral, generalmente un lado es mayor que otro. En este trabajo se les nombró hemisferio mayor (el cual coincide con el radio de la espina) y menor respectivamente; generalmente las lecturas se hicieron sobre el hemisferio mayor (figura 10).

Los vasos capilares se concentran en una zona, la cual se extiende del foco a la periferia, encontrándose una relación aparente entre la longitud del organismo y el ancho de la zona vascularizada (posteriormente analizada en la sección de encubrimiento por la zona vascularizada).

Con el fin de conocer el desarrollo de la espina se midió el ancho y largo de la misma. Se consideró el largo, a la distancia entre el extremo del hemisferio menor al extremo del

hemisferio mayor; y el ancho como la distancia perpendicular a la anterior y que pasa por el foco. La relación entre estas dos medidas esta dada por la siguiente ecuación.

$$\text{Ancho} = 0.388 \times \text{Largo}^{0.80}$$

$$R_{ajst}^2 = 0.80$$

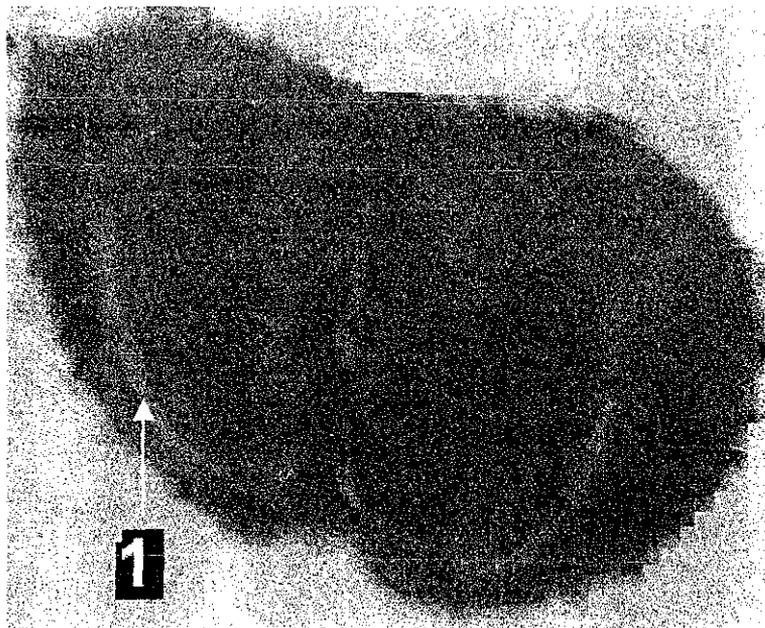
El tipo de crecimiento fue alométrico negativo ( $t = -2.34$ ;  $gl = 68$ ;  $p < 0.05$ ). Esto indica que la espina crece más a lo largo que a lo ancho, situación que aumenta conforme el pez envejece, siendo mayor la deposición de calcio hacia lo largo que hacia lo ancho.

### Identificación y análisis de las marcas de crecimiento

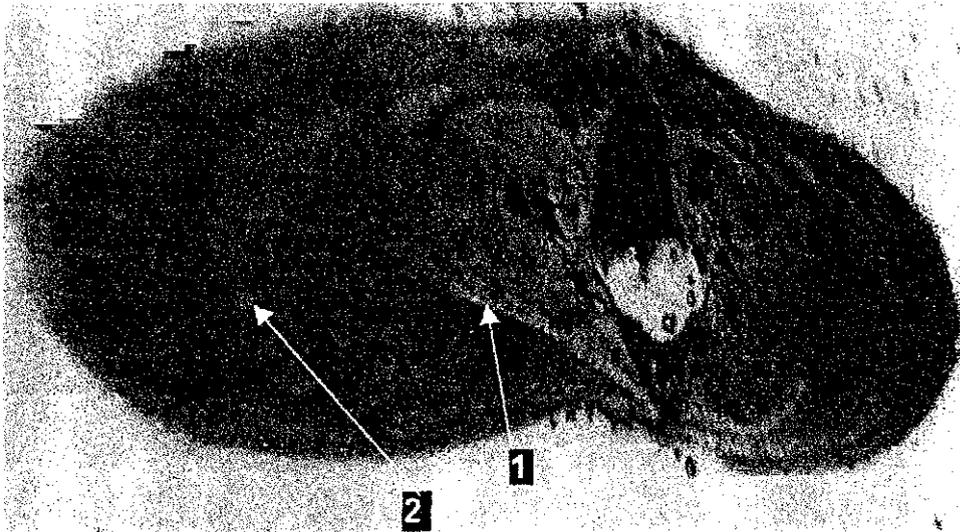
Un anillo anual está formado por un anillo translúcido y uno opaco (figura 10). Esta última representa la banda de crecimiento rápido y el anillo translúcido la de lento (figura 10).

Con frecuencia, se encontraron bandas dobles (figura 10), las cuales fueron contabilizadas como una sola; y bandas falsas, que no fueron tomadas en cuenta en la determinación de la edad. Éstas últimas se identificaron como falsas, por que generalmente se encontraron sólo en una parte de la estructura y no en toda (Caselman, 1983), además estuvieron a una distancia menor de las líneas contiguas (Tserpes y Tsimenides, 1995)

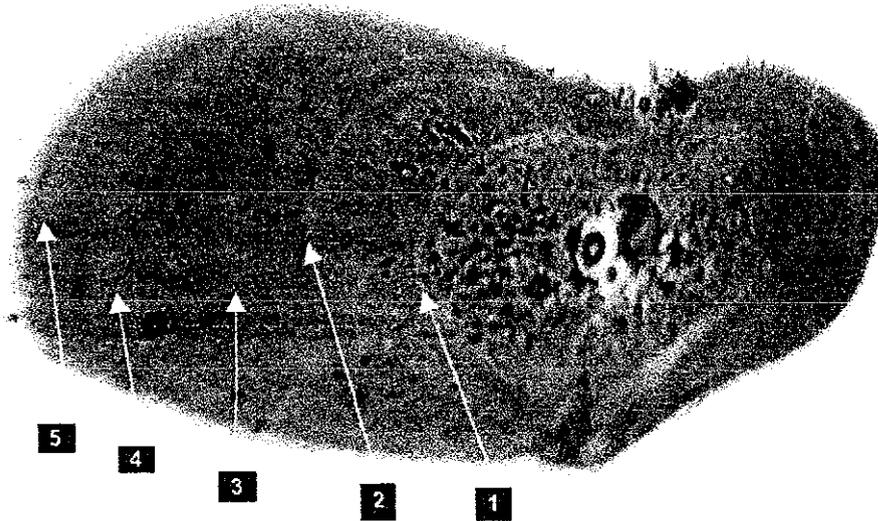
Se determinaron 10 grupos de edad. En Las figuras 17, 18 y 19 se muestran cortes de los grupos de edad 2, 3 y 6 respectivamente, se señalan las líneas de crecimiento



**Figura 17.** Corte transversal de una espina perteneciente al grupo de edad 2, se indica el primer anillo de crecimiento, se observa la línea doble.



**Figura 18.** Corte transversal de una espina perteneciente al grupo de edad 3, se indican 2 anillos de crecimiento



**Figura 19.** Corte transversal de una espina perteneciente al grupo de edad 6, se indican los cinco anillos de crecimiento.

La estructura de los anillos de crecimiento, en cuanto a su anchura promedio, en cada grupo de edad, se presenta en la tabla 13. Cabe mencionar que la anchura (radio) de la primera banda, es la distancia entre el foco y ésta.

**TABLA 13.** Anchura promedio de los anillos anuales de las espinas del marlín rayado.

Edad	Radio (mm)
1	0.2808
2	0.0922
3	0.0544
4	0.0396
5	0.0270
6	0.0160
7	0.0121
8	0.0030
9	0.0017
10	0.0012

Una vez que se ha formado el foco (el cual siempre fue muy fácil de identificar), la deposición del nuevo material no es uniforme y la amplitud de las bandas concéntricas varía en las diferentes partes de la espina. Como se observa en la tabla 13, la distancia entre banda y banda disminuye conforme aumenta la edad, esto dificulta notablemente su identificación en organismos de mayor edad, y como consecuencia se puede subvalorar la edad del individuo. Por otro lado, la distancia del foco a la primera línea de crecimiento es mayor que las demás, lo que permite visualizarla con facilidad siempre y cuando la zona vascularizada no la haya cubierto.

#### **Precisión de las lecturas**

De las lecturas hechas por los dos lectores sólo el 29.93% fueron iguales. Al respecto, Boehlert y Yoklavich (1984), estimaron que el 9% de las lecturas coincidieron entre lectores de organismos longevos. La coincidencia entre ambos lectores, en el presente trabajo, es mayor a la encontrada por Boehlert y Yoklavich (1984). Es importante mencionar que la variabilidad entre lectores incrementa con el aumento en la edad. En general, el primer lector sobre valoró la edad.

El resultado del coeficiente de variación ( $V$ ) para el primer lector fue de 0.12 y del segundo lector 0.1, lo cual nos indica que el segundo lector tuvo mayor precisión en sus lecturas. La precisión entre los dos lectores fue de 0.11, valor que se encuentra dentro de lo reportado para otras especies [Chang (1982), Kimura y Lyons (1991), Foreman (1996)].

Por otro lado, el índice de precisión ( $D$ ) para el primer lector fue de 0.09 y para el segundo de 0.06, lo cual corrobora lo obtenido por  $V$ , es decir, que el segundo lector tuvo mayor precisión que el primero. Para ambos lectores  $D$  fue de 0.07, valor que se encuentra dentro del intervalo reportado para otras especies [Chang (1982), Kimura y Lyons (1991), Foreman (1996)].

Es importante mencionar que no hay datos al respecto en ninguna especie de pico.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la lectura de ambos lectores (prueba del signo:  $z = 21.75$ ;  $p < 0.05$ ).

No hubo diferencias significativas entre las lecturas realizadas por el autor ( $H = 0.76$ ;  $gI = 2$ ;  $p > 0.05$ ), lo que indica la precisión entre las tres lecturas.

### Patrón de crecimiento estacional

#### Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento

Para el análisis de formación de los anillos opacos y translúcidos, se agruparon los datos en cuatro trimestres: primer trimestre de febrero a abril, segundo trimestre de mayo a julio, tercer trimestre de agosto a octubre y el último de noviembre a diciembre. En la figura 20 se muestra el porcentaje de ocurrencia de las bandas en cada trimestre.

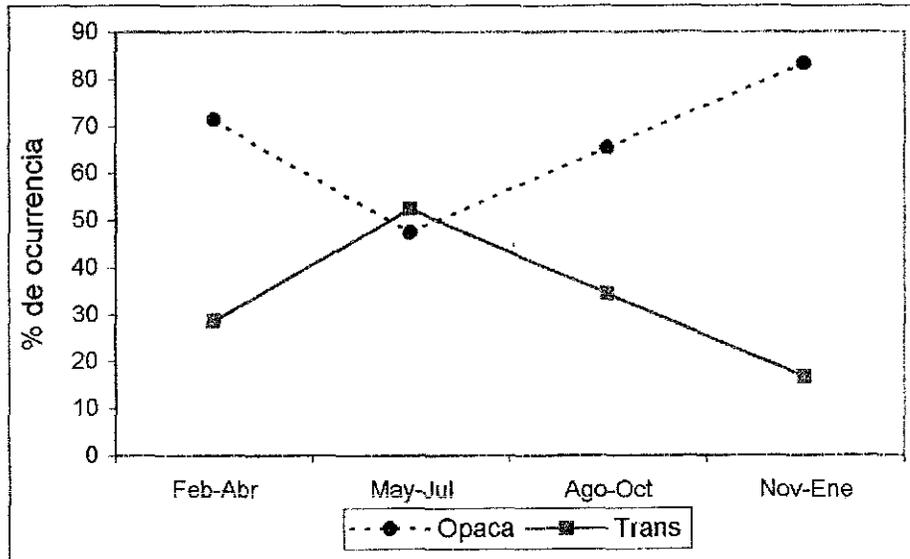


Figura 20. Porcentaje de ocurrencia trimestral de los anillos de crecimiento rápido y lento

El análisis muestra, que el porcentaje de espinas con bandas de crecimiento rápido (banda opaca) en los bordes, es mayor durante los meses de noviembre a enero, mientras que el mayor porcentaje en anillos de crecimiento lento (banda hialina) en los bordes fue de mayo a julio. Estos resultados muestran que cada año se deposita una banda de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento, permitiendo que la estimación de la edad basada en el número de bandas sea válida para esta especie. Al respecto, no hay reportes en la literatura.

Algunos autores han señalado una correlación alta entre la formación de la banda de crecimiento rápido y épocas de abundancia de alimento, y entre la formación de bandas de crecimiento lento con épocas de escasez de alimento o de reproducción (Molander, 1947; Irie, 1957; Botha, 1970 y 1971; Bilton y Robbins, 1971; Gallardo-Cabello, 1985; Ibáñez, 1995). En el presente trabajo se encontró una correlación aparente, similar a lo señalado por dichos autores.

Como se explicó anteriormente, las bandas de crecimiento rápido, en el marlín rayado, se formaron en los meses de noviembre a enero, lo cual coincide con el mes de condición mayor (diciembre) (ver capítulo del comportamiento temporal del FCr), esto puede estar

relacionado con una época de mayor abundancia de alimento para este recurso. En cambio, la banda de crecimiento lento se formó durante los meses de mayo a julio, lo cual coincide con los meses (de abril a septiembre) en que se han reportado organismos maduros y larvas frente a las costas de México (Kume y Joseph, 1969; Eldridge y Wares, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987) y con lo reportado para organismos del Pacífico Norte Occidental (de mayo a julio) (Nakamura, 1985). Durante la época de desove el desgaste corporal del pez es muy grande, ya que su metabolismo se encuentra orientado hacia la formación de los productos sexuales y su peso disminuye considerablemente (Gallardo-Cabello, 1985).

Por último, aunque se haya encontrado que el tiempo de formación de los anillos fue anual, se deben de realizar más estudios sobre este tema, con una muestra que cubra un ciclo anual, ya que en el presente estudio se juntaron los años de muestreo, lo que puede ocasionar sesgos o apreciaciones erróneas.

### **Relación longitud ojo-furca vs largo del cóndilo**

La relación de la longitud del pez con el largo del cóndilo (en la figura 8 se señala como base del cóndilo) para la especie, se describe en la siguiente ecuación:

$$LC = 0.038 \times LOF^{0.84}$$

$$N = 156$$

$$r_{ajst}^2 = 0.24$$

$$r = 0.49$$

El tipo de crecimiento de la relación fue isométrico ( $t = 1.296$ ,  $gl = 154$ ,  $p > 0.05$ ). La correlación, a pesar de ser baja, fue significativa ( $t = 6.987$ ,  $gl = 154$ ,  $p < 0.05$ ). Debido a que el tipo de crecimiento es isométrico, la proporción de crecimiento entre el largo del cóndilo se mantiene constante con respecto a la LOF.

El valor bajo del coeficiente de correlación entre la LOF y el largo del cóndilo (base del cóndilo), podría indicar que el cóndilo crece más a lo ancho que a lo largo. Por lo que esta medida no fue la adecuada para determinar el crecimiento del cóndilo con respecto a la LOF.

### **Enmascaramiento de la primera línea de crecimiento por los vasos capilares**

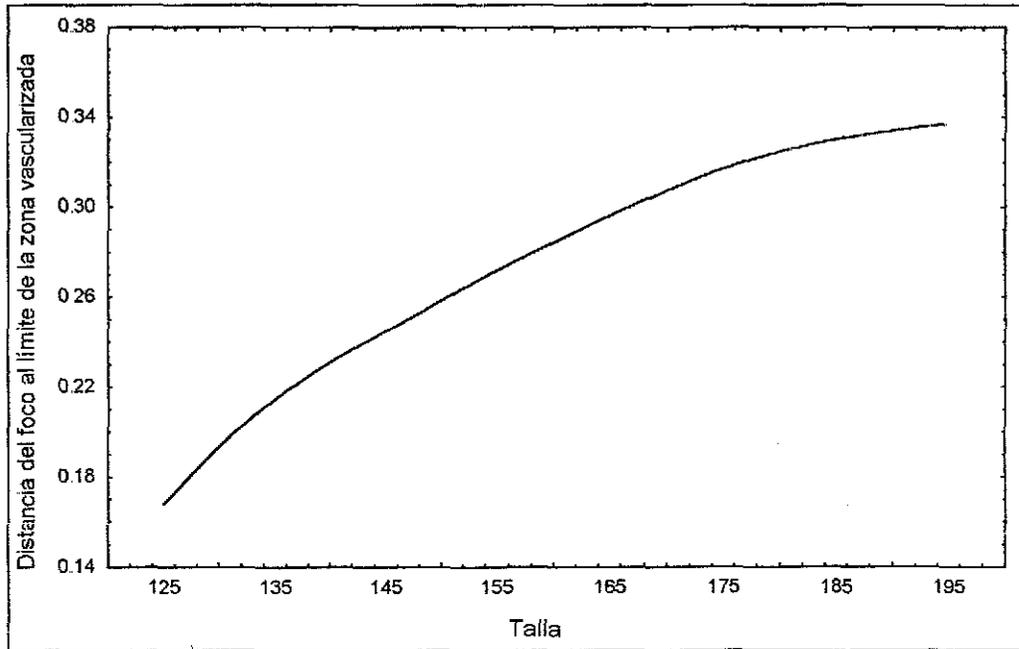
Al leer los cortes de las espinas, se notó que la zona vascularizada aumentaba conforme lo hacía el radio de la espina, por lo que se realizó un análisis de regresión potencial, entre 8 intervalos de 10 cm cada uno de la LOF (variable independiente), contra la distancia del foco al límite de la zona vascularizada, la gráfica 21 muestra la relación entre ambas variables.

La ecuación que describe esta relación es:

$$DFVC = 0.00014 \times LOF^{1.50}$$

$$R_{Ajust}^2 = 0.92$$

Por lo que es claro que la zona vascularizada aumenta conforme la talla aumenta, el crecimiento es alométrico positivo ( $t = 2.921$ ;  $gl = 6$ ;  $p < 0.05$ ). Es decir la vascularización crece en una proporción mayor a la que lo hace la talla, por lo que las primeras líneas de crecimiento tienden a quedar cubiertas por los vasos capilares.



**Figura 21.** Relación entre la talla y la distancia del foco al límite de la zona vascularizada.

Se calculó la distancia media del foco a la primera línea de crecimiento de cada uno de los grupos de edad (10 grupos en total). Posteriormente se calculó la media de los 10 grupos de edad encontrados y sus intervalos de confianza. Se obtuvo, que la distancia media del foco ( $\pm IC_{95\%}$ ) a la primera línea de crecimiento fue de  $0.2808 \pm 0.0122$  cm. Si la distancia del foco a la primera línea de crecimiento, de cada una de las espinas leídas, era mayor al intervalo de confianza superior (0.2930) se le sumó una línea.

#### **Cálculo de la longitud media del grupo de edad faltante**

De la muestra analizada sólo se encontró una hembra de dos años, por lo que en el análisis para machos se obtuvo la longitud promedio del grupo de edad dos, por medio de un análisis de regresión potencial entre la edad y la longitud promedio de la muestra. Esta forma de obtener la longitud promedio del grupo dos fue la que mejor se ajustó a los valores observados, el ajuste se hizo utilizando el modelo de von Bertalanffy (1938) con la longitud promedio del grupo de edad 2 obtenido por diferentes métodos. La suma de las diferencias al cuadrado entre los valores observados y los calculados fue menor por el método de la regresión potencial.

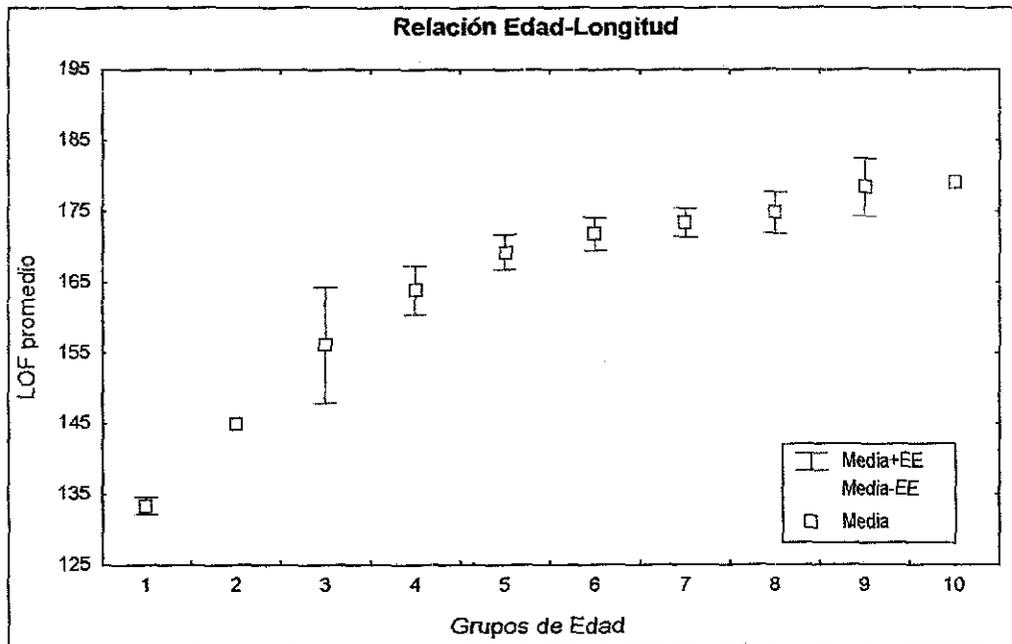
**Relación edad longitud**

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de los anillos, crecimiento de la zona vascularizada y del ajuste a las lecturas, se obtuvo la relación edad y longitud promedio de la especie y por sexos. En la tabla 14 se muestra dicha relación para la especie.

**TABLA 14.** Relación edad longitud promedio del marlín rayado. Se indica el número de datos (N) y el error estándar (EE) de cada grupo de edad.

Edad	LOF (cm)	N	EE
1	133.33	3	1.20
2	145.00	1	
3	156.10	10	8.18
4	163.88	20	3.46
5	169.27	32	2.46
6	171.79	36	2.30
7	173.35	23	1.99
8	174.77	11	2.92
9	178.33	3	4.06
10	179.00	1	

En la figura 22 se muestra la relación entre la edad y la LOF promedio.



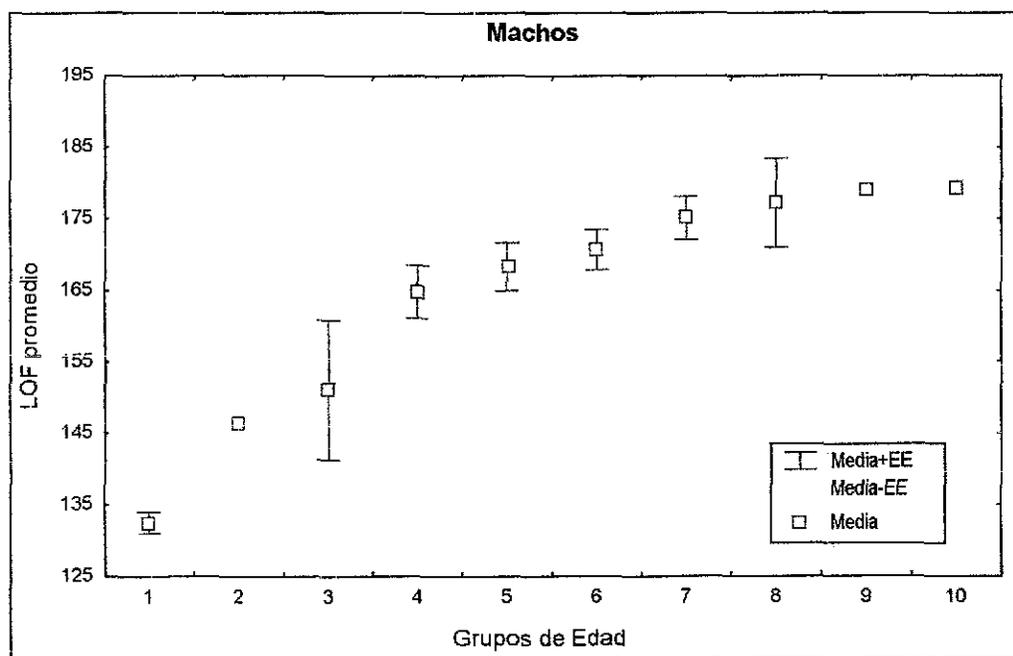
**Figura 22.** Relación edad-longitud promedio del marlín rayado. Se grafica la media y el error estándar para cada grupo de edad.

En la tabla 15 se muestra la relación edad-longitud promedio para los machos. Es importante mencionar que el grupo de edad dos se obtuvo mediante una regresión potencial entre la edad y la longitud ojo-furca promedio.

**TABLA 15.** Relación edad-longitud promedio de los machos de *Tetrapturus audax*. Se indica el número de datos (N) y el error estándar (EE) de cada grupo de edad.

Edad	LOF (cm)	N	EE
1	132.50	2	1.50
2	146.25		
3	151.00	6	9.73
4	164.85	13	3.73
5	168.35	17	3.35
6	170.67	21	2.79
7	175.08	13	3.04
8	177.20	5	6.23
9	179.00	1	
10	179.20	1	

En la figura 23 se muestra el comportamiento en los machos de dicha relación.



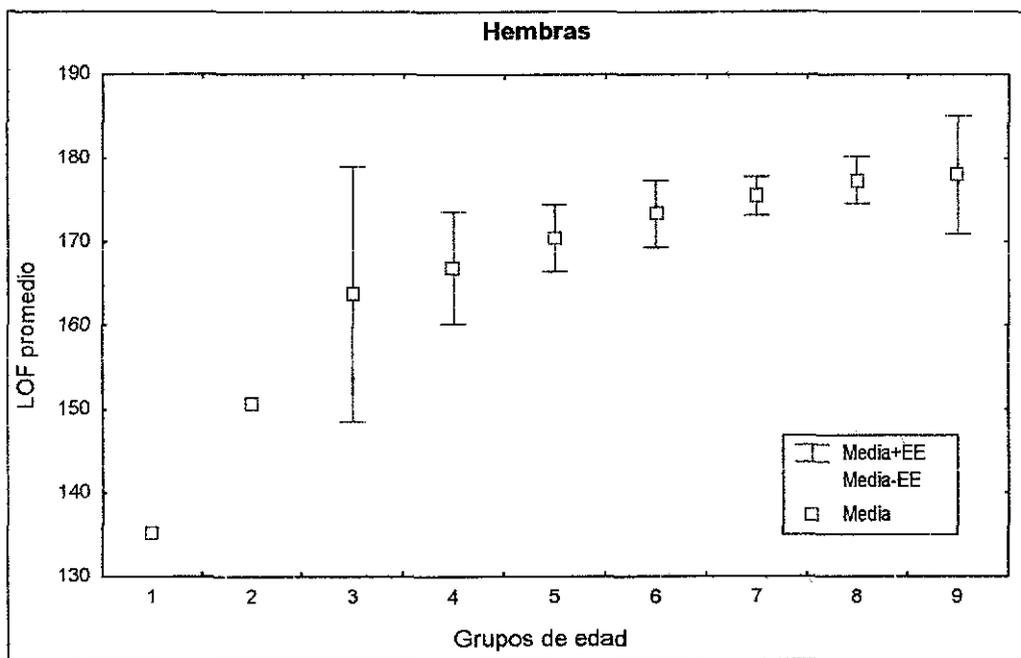
**Figura 23.** Relación edad-longitud promedio de machos del marlín rayado. Se grafica la media y el error estándar para cada grupo de edad.

La tabla16 muestra la relación de la edad-longitud promedio en las hembras del marlín rayado.

**TABLA 16.** Relación edad longitud promedio de las hembras del marlín rayado. Se indica el número de datos (N) y el error estándar (EE) de cada grupo de edad.

Edad	LOF (cm)	N	EE
1	135.00	1	
2	150.65	1	
3	163.75	4	15.24
4	166.92	6	6.72
5	170.46	14	4.00
6	173.37	15	3.97
7	175.50	6	2.31
8	177.42	6	2.79
9	178.00	2	7.00

La figura 24 muestra el comportamiento de la relación edad-LOF promedio en las hembras de esta especie.



**Figura 24.** Relación edad-longitud promedio de las hembras del marlín rayado. Se grafica la media y el error estándar para cada grupo de edad.

Como se observa en las tablas 15 y 16, las hembras alcanzan una longitud mayor que los machos a una misma edad, fenómeno que se repite en otras especies [Berkeley y Houde (1983), Radtke y Hurley (1983), Wilson y Dean (1983), Tserpes y Tsimenides (1995) y Castro-Longoria (1995) en el pez espada (*Xiphias gladius*); Hedgepeth y Jolley (1983) en el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y Holden y Meadows (1962), Gallardo-Cabello (1985), Schmidt *et al.* (1993) en otros peces].

## Análisis del crecimiento

Con base en los datos de edad y longitud promedió se calcularon los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938), de la especie y por sexos. A continuación se describen los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959), Prager (1989), Beverton (1954).

### Crecimiento en longitud

#### Método de Ford-Walford y Gulland

Con el método de Ford (1933) y Walford (1946) se estiman los parámetros  $L_{\infty}$  y  $k$  de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938), los resultados para la especie fueron los siguientes:

$$L_{\infty} = 181.93$$

$$k = 0.3096$$

Con el método de Gulland y Holt (1959) se obtiene la  $t_0$ . Cabe mencionar que el análisis por Gulland y Holt (1959) se hizo para todos los grupos de edad y para los grupos mejor representados en el muestreo. Los resultados para la especie se presentan a continuación.

$$t_0 \text{ para todos los grupos} = -3.246$$

$$t_0 \text{ para los grupos mejor representados} = -3.171$$

#### Método de Prager

El método de Prager (1989) se aplicó utilizando el programa Fishparm (1987). Las estimaciones de los parámetros de crecimiento fueron los siguientes:

$$L_{\infty} = 181.0$$

$$K = 0.3306$$

$$t_0 = -3.002$$

### Ajuste por Beverton

Se hizo el ajuste de Beverton (1954) tanto al método Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959) como al Prager (1989). Los parámetros obtenidos se muestran en la tabla 17.

**TABLA 17.** Valores de los parámetros del crecimiento obtenido con el ajuste de Beverton (1954). Las siglas F-W y G significan: Ajuste al método de Ford (1933) y Walford (1946) y Gulland y Holt (1959).

	F-W y G	Prager
$L_{\infty}$	181.93	181.00
$K$	0.3059	0.3415
$t_0$	-3.352	-2.776

### Valoración de los métodos empleados

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para comparar los diferentes métodos usados en la estimación de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (1938), se obtuvieron los valores calculados de las tallas a cada edad, utilizando la ecuación de von Bertalanffy (1938), de la especie y por sexos, y se compararon con los observados por medio de la suma de las diferencias al cuadrado (Tabla 18).

**TABLA 18.** Valores de los coeficientes de crecimiento obtenidos por diversos métodos, para la especie y por sexos. Los asteriscos señalan el método que mejor se ajustó. Bertalanffy F-W y G: curva de crecimiento de von Bertalanffy (1938) con los parámetros obtenidos por Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959). (a) Gulland y Holt:  $t_0$  obtenida con todos los grupos de edad. (b) Gulland y Holt:  $t_0$  obtenida con los grupos mejor representados.

Para la especie				
Método	Parámetros			SD <sup>2</sup>
	L <sub>∞</sub>	K	t <sub>0</sub>	
Ford Walford	181.93	0.3096		
(a) Gulland			-3.246	
(b) Gulland			-3.171	
(a) Bertalanffy F-W y G				8.967
(b) Bertalanffy F-W y G				12.898
<b>Prager*</b>	<b>181</b>	<b>0.3307</b>	<b>-3.000</b>	<b>7.924</b>
Beverton				
Bertalanffy F-W	181.93	0.3059	-3.352	9.693
Prager	181	0.3415	-2.776	11.479
Machos				
Método	Parámetros			SD <sup>2</sup>
	L <sub>∞</sub>	K	t <sub>0</sub>	
Ford Walford	182.19	0.3107		
(a) Gulland			-3.308	
(b) Gulland			-3.272	
(a) Bertalanffy F-W y G				40.184
(b) Bertalanffy F-W y G				35.309
<b>Prager*</b>	<b>183.8</b>	<b>0.2888</b>	<b>-3.406</b>	<b>26.029</b>
Beverton				
Bertalanffy F-W	182.19	0.3288	-2.825	31.864
Prager	183.8	0.2825	-3.592	28.292
Hembras				
Método	Parámetros			SD <sup>2</sup>
	L <sub>∞</sub>	K	t <sub>0</sub>	
Ford Walford	179.22	0.4240		
(a) Gulland			-2.333	
(b) Gulland			-2.300	
(a) Bertalanffy F-W y G				5.625
<b>(b) Bertalanffy F-W y G*</b>				<b>4.219</b>
Prager	178.30	0.4673	-2.033	9.829
Beverton				
Bertalanffy F-W	179.22	0.4471	-1.953	20.053
Prager	178.30	0.5827	-0.871	320.254

Los métodos que mejor se ajustaron a los datos observados son señalados en la tabla 18. El método de Prager (1987) fue el que mejor se ajustó tanto para la especie como en los machos. Este método utiliza iteraciones para encontrar los parámetros. En cambio, para las hembras, el método que mejor se ajustó fue el de Ford (1933) y Walford (1946) y Gulland y Holt (1959) usando los grupos de edad mejor representados. La razón probable de que el método de Prager (1987) no ajustara a los datos de las hembras, puede deberse al tamaño de la muestra, pues tuvo menos datos (55).

En ninguno de los casos, el método de Beverton (1954) mejoró el ajuste a las técnicas utilizadas, por el contrario, en casi todos hubo mayor diferencia entre los valores calculados y observados, a excepción de los machos, en los cuales mejoró el ajuste al método de Ford (1933) y Walford (1946).

**Ecuación del crecimiento de *Tetrapturus audax***

Como se mencionó anteriormente, los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938) que mejor se ajustaron a los valores observados, fueron los obtenidos con el método de Prager (1987). La curva calculada para el marlín rayado en el Pacífico central mexicano tuvo los siguientes parámetros:

$$L_{\infty} = 181.00$$

$$k = 0.3307$$

$$t_0 = -3.000$$

Y la ecuación de crecimiento en longitud, de von Bertalanffy (1938), para el marlín rayado (*Tetrapturus audax*) fue:

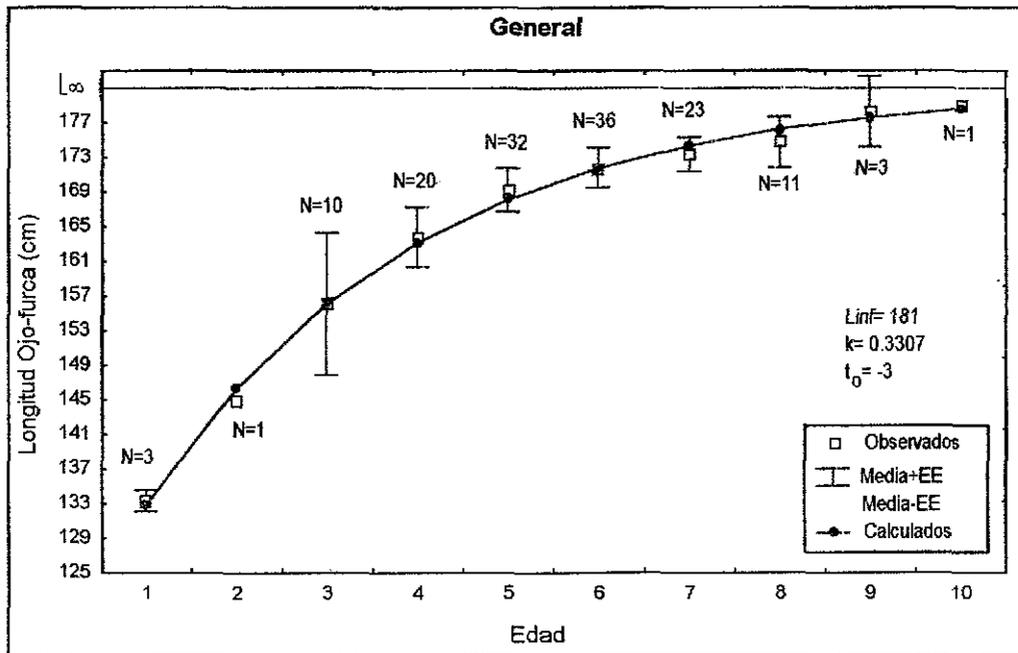
$$L_t = 181 \times \left(1 - e^{-0.3307(t+3)}\right)$$

Empleando la ecuación se calcularon las longitudes teóricas, de la muestra estudiada, a diferentes edades. En la siguiente tabla se muestran los valores observados y los calculados para la especie.

**TABLA 19.** LOF observada y calculada del marlín rayado a diferentes edades.

Edades	LOF(cm) Observada	LOF(cm) Calculada
1	133.33	132.78
2	145.00	146.36
3	156.10	156.11
4	163.88	163.12
5	169.27	168.16
6	171.79	171.77
7	173.35	174.37
8	174.77	176.24
9	178.33	177.58
10	179.00	178.54

A partir de la tabla anterior se generó la curva de crecimiento del marlín rayado (*Tetrapturus audax*) mostrada en la figura 25. Se grafican los valores observados, los calculados, la longitud máxima ( $L_{\infty}$ ), el número de datos por grupo de edad (N) y el error estándar (EE) de los valores observados.



**Figura 25.** Curva de crecimiento del marlín rayado (*Tetrapturus audax*). Se grafican los valores calculados con la ecuación de von Bertalanffy (1938), la media y el error estándar (EE) de los valores observados.

La curva de crecimiento en longitud estimada para la especie, indica un crecimiento acelerado en los primeros grupos de edad (figura 25), alcanzando longitudes cercanas a la longitud máxima de la especie ( $L_{\infty}$ ), particularmente en el primer año de vida, en el cual alcanza una longitud ojo-furca por arriba de los 100 cm., posteriormente, el crecimiento disminuye (figura 26), comportamiento similar a lo reportado para otras especies de pico [Caddy (1977), Berkeley y Houde (1983), Radtke y Hurley (1983), Wilson y Dean (1983), Tserpes y Tsimenides (1995), Castro-Longoria (1997) en el pez espada (*Xiphias gladius*), De Sylva (1957), Koto y Kodama (1962), Hedgepeth y Jolley (1983), Vidaurri-Sotelo, *et al.* (1998) en el pez vela (*Istiophorus platypterus*), Koto (1963), Skillman y Yong (1976) en el marlín rayado (*Tetrapturus audax*) y Skillman y Yong (1976), Koto y Kodama (1962) para el marlín negro (*Makaira indica*)].

El crecimiento acelerado en las primeras etapas de vida, puede deberse a presiones del medio, al alcanzar rápidamente una longitud cercana a la adulta el organismo disminuye presiones de depredadores, en este caso tiburones y ballenas dentadas potenciales depredadores en su etapa juvenil y de larvas (Nakamura, 1985).

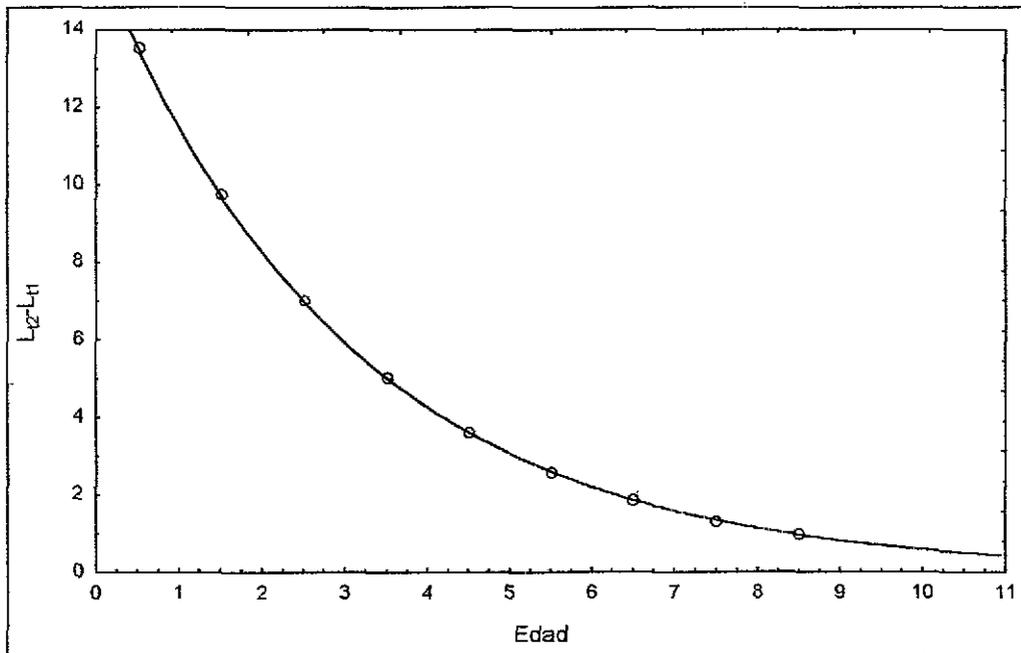


Figura 26. Tasa instantánea de crecimiento en longitud.

**Crecimiento según el sexo**

**Crecimiento en machos**

El crecimiento en machos se obtuvo a partir del análisis de la edad. La estimación de los parámetros de crecimiento se obtuvo con el método de Prager (1987) (Tabla 18). La curva calculada de los machos del marlín rayado tuvo los siguientes parámetros.

$$L_{\infty} = 183.80$$

$$k = 0.2888$$

$$t_0 = -3.406$$

Y la ecuación de crecimiento de los machos del marlín rayado fue:

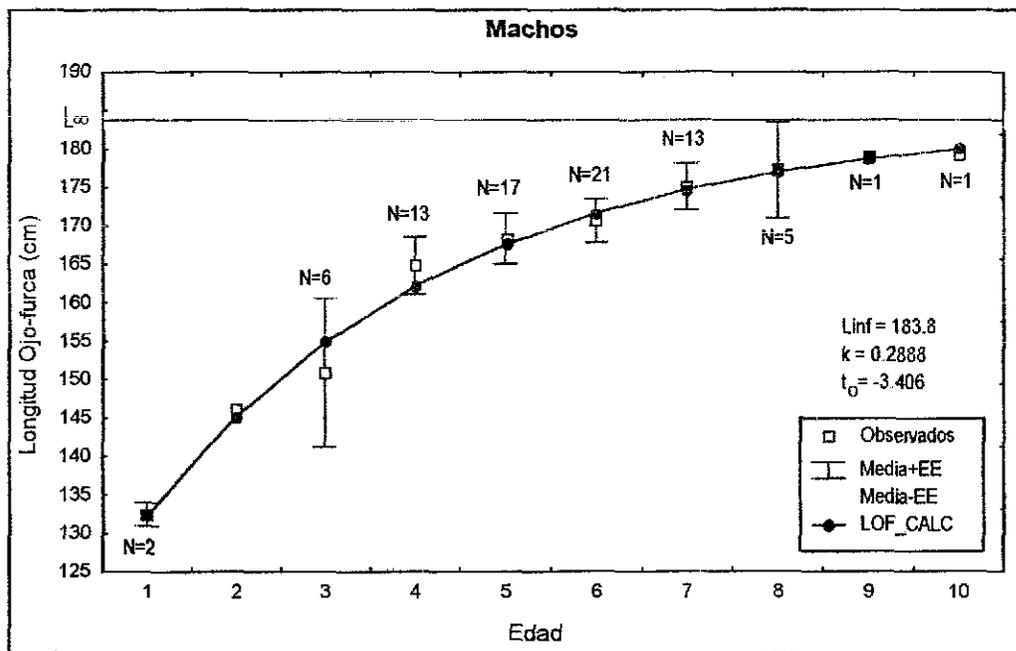
$$L_t = 183.8 \times \left( 1 - e^{-0.2888(t+3.406)} \right)$$

Empleando la ecuación se calcularon las longitudes teóricas para los machos a diferentes edades. En la siguiente tabla se muestran los valores observados y los calculados.

**TABLA 20.** LOF observada y calculada de los machos del marlín rayado.

Edades	LOF(cm) Observada	LOF(cm) Calculada
1	132.50	132.31
2	146.25	145.23
3	151.00	154.90
4	164.85	162.15
5	168.35	167.58
6	170.67	171.65
7	175.08	174.70
8	177.20	176.98
9	179.00	178.69
10	179.20	179.97

A partir de la tabla anterior se generó la curva de crecimiento para los machos del marlín rayado (*Tetrapturus audax*) mostrada en la figura 27. Se grafican los valores observados, los calculados, la longitud máxima ( $L_{\infty}$ ), el número de datos por grupo de edad (N) y el error estándar (EE) de los valores observados.



**Figura 27.** Curva de crecimiento para los machos del marlín rayado. Se grafican los valores calculados, y media, error estándar (EE) y número de datos (N) de los valores observados. La longitud observada de la edad 2 se obtuvo de una regresión.

### Crecimiento en hembras

El crecimiento en las hembras se obtuvo a partir del análisis de la edad. La estimación de los parámetros de crecimiento se obtuvo con el método de Ford (1933) y Walford (1946) y Gulland y Holt (1959) (Tabla 18). La curva calculada para las hembras tuvo los siguientes parámetros.

$$L_{\infty} = 179.22$$

$$k = 0.4240$$

$$t_0 = -2.300$$

Y la ecuación de crecimiento de las hembras del marlín rayado fue:

$$L_t = 179.22 \times \left(1 - e^{-0.4240(t+2.300)}\right)$$

Empleando la ecuación se calcularon las longitudes teóricas de las hembras a diferentes edades. En la siguiente tabla se muestran los valores observados y los calculados.

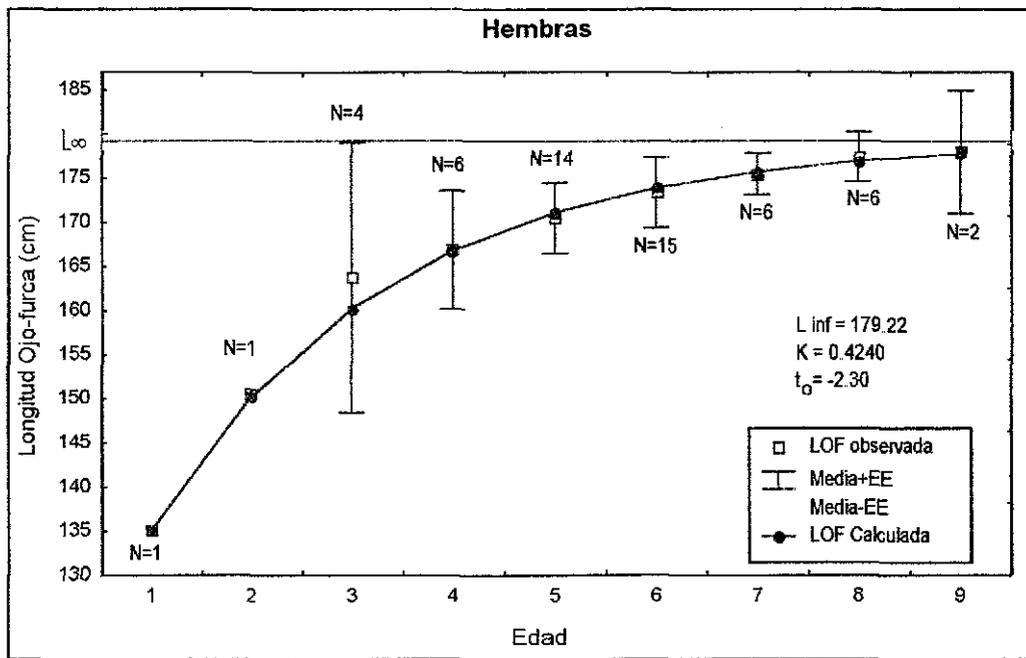
**TABLA 21.** LOF observada y calculada de las hembras del marlín rayado.

Edades	LOF(cm) Observada	LOF(cm) Calculada
1	135.00	134.98
2	150.65	150.26
3	163.75	160.27
4	166.92	166.82
5	170.46	171.10
6	173.37	173.91
7	175.50	175.74
8	177.42	176.94
9	178.00	177.73

Las hembras fueron menos longevas que los machos, ya que éstos alcanzaron la edad de 10 años y las hembras sólo de nueve. Es importante señalar que debido a sesgos en relación con la estratificación de la muestra, no aparecieron hembras de más de nueve años, pero se considera que es muy probable que éstas existan y no estuvieran representadas en el muestreo debido a la escasez de ejemplares de estos grupos de edad.

A partir de la tabla 21 se generó la curva de crecimiento de las hembras del marlín rayado, la cual se muestra en la figura 28. Se grafican los valores observados, los calculados, la longitud máxima ( $L_{\infty}$ ), el número de datos por grupo de edad (N) y el error estándar (EE) de los valores observados.

Es importante mencionar que la longitud a la primera madurez se ha reportado que sucede entre los 140 y 160 cm de LOF (Ueyanagi y Wares, 1975), lo cual corresponde entre el año y los tres años de edad.



**Figura 28.** Curva de crecimiento de las hembras del marlín rayado. Se grafican los valores calculados; media, error estándar (EE) y número de datos (N) de los valores observados.

### Diferencia de crecimiento entre sexos

Con el objeto de conocer si existían diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento entre hembras y machos se hizo una prueba de  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981), con los siguientes parámetros:

Machos:  $L_{\infty} = 183.8$ ;  $k = 0.2888$ ;  $t_0 = -3.406$

Hembras:  $L_{\infty} = 179.22$ ;  $k = 0.424$ ;  $t_0 = -2.3$ .

La prueba mostró diferencias significativas entre ambas curvas de crecimiento ( $T^2 = 5.924.76$ ;  $T_0^2 = 8.146$ ), para saber cuál de los parámetros es el que contribuyó más a la diferencia estadística, se calcularon los intervalos de confianza Roy-Bose y sus valores de  $F_0$  respectivos. En la tabla 22 se presentan los intervalos de confianza con los valores  $F_0$ :

**TABLA 22.** Intervalos de confianza simultáneos Roy-Bose de cada parámetro de crecimiento en longitud, se incluyen los valores de  $F_0$  para cada intervalo.

IC	$F_0$
$L_{\infty} >$	5.081
$L_{\infty} <$	4.079
$k >$	0.366
$k <$	-0.636
$t_0 >$	-0.605
$t_0 <$	-1.607

Como puede observarse en la tabla 22, el parámetro que mayor significancia tuvo en la diferencia del crecimiento entre hembras y machos fue el  $k$  ( $F_0= 204.8$ ) seguido de la  $L_\infty$  ( $F_0= 102.9$ ) y el que menor significancia tuvo fue  $t_0$  ( $F_0= 97.2$ ). Lo cual significa que las hembras crecen más rápido que los machos, pero éstos llegan a una longitud mayor que éstas, lo cual coincide con otras especies de picudos reportados en la literatura (Tabla 26) y por Boggs (1989). En la figura 29 se muestran las curvas de crecimiento de ambos sexos.

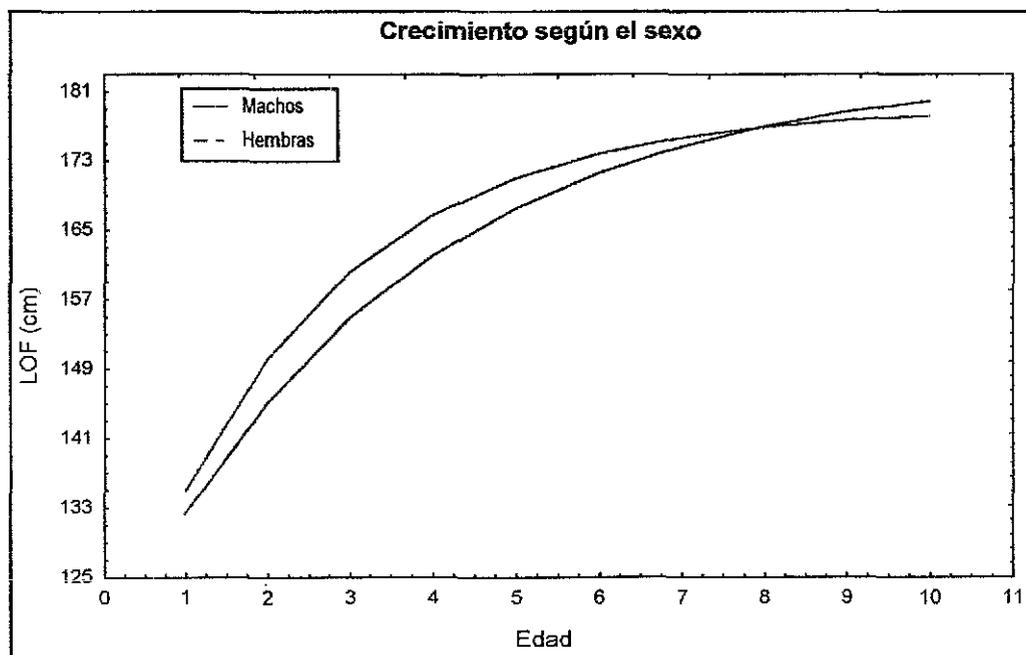


Figura 29. Crecimiento entre sexos del marlín rayado.

En general las hembras tienen un tamaño mayor que los machos a la misma edad, y un crecimiento mayor, pero a partir, aproximadamente del octavo año los machos presentan una talla ligeramente mayor. Lo cual puede ser debido a sesgos en el muestreo que impidieron la obtención de hembras de los grupos de edad mayores.

Es muy probable que las diferencias de crecimiento entre ambos sexos, se deba a la edad de madurez. Es factible que los machos maduren a una menor edad que las hembras, por lo que destinan mayores recursos a la producción de material sexual, mientras que las hembras lo utilizan para el crecimiento.

### Crecimiento en peso

#### Peso a cada edad

En base a la relación talla-peso y a partir de los datos del crecimiento en longitud, se obtuvo el peso a cada edad de la especie y por sexos (Tabla 23).

TABLA 23. Peso a cada edad de la especie y por sexos del marlín rayado.

Edad	Peso (kg)		
	Especie	Machos	Hembras
1	19.38	19.87	19.81
2	25.7	27.26	28.87
3	32.95	30.19	34.40
4	38.81	39.98	41.05
5	43.27	42.77	44.12
6	45.48	44.68	46.75
7	46.89	48.49	48.75
8	48.2	50.40	50.61
9	51.58	52.05	51.18
10	52.23	52.24	

A partir de los datos anteriores y con los parámetros de crecimiento se obtuvo el crecimiento teórico en peso tanto para la especie como por sexos. La ecuación resultante para la especie *Tetrapturus audax* es la siguiente:

$$W_t = 55.17 \times (1 - e^{-0.3307(t+3)})^{3.37}$$

La ecuación para los machos:

$$W_t = 56.66 \times (1 - e^{-0.2888(t+3.406)})^{3.20}$$

Y para las hembras:

$$W_t = 52.39 \times (1 - e^{-0.4240(t+2.3)})^{3.43}$$

Utilizando las ecuaciones anteriores se calculó el peso teórico de la especie y por sexos (Tabla 24).

TABLA 24. Peso teórico a cada edad del marlín rayado y por sexos.

Edades	Peso (kg)		
	Especie	Machos	Hembras
1	19.44	18.74	20.17
2	26.98	25.64	28.95
3	33.53	31.85	35.97
4	38.87	37.16	41.16
5	43.06	41.51	44.82
6	46.26	45.01	47.35
7	48.65	47.75	49.05
8	50.43	49.89	50.19
9	51.73	51.53	50.94
10	52.68	52.78	51.44

**Determinación de la longevidad (Edad  $A_{0.95}$ )**

La longevidad o edad máxima de la especie y por cada sexo se muestra en la tabla 25.

TABLA 25. Longevidad por sexos y general del marlín rayado.

Sexo	Longevidad (años)
Ambos	12.06
Machos	13.78
Hembras	9.37

La longevidad para el marlín rayado es de 12.06 años en contraste con lo reportado en la literatura, en la cual se menciona que la edad máxima es de 10 años [(Ueyanagi y Wares (1975) en base al estudio hecho por Koto (1963)].

Los valores distintos de longevidad entre los sexos muestran que los machos son más longevos que las hembras probablemente sea debido a sesgos en el muestreo que impidieron la obtención de hembras de los grupos de edad mayores.

Se observa una relación inversamente proporcional entre el valor de  $k$  y la longevidad. Los machos presentan una  $k$  menor pero una longevidad mayor. Esta relación ha sido demostrada por diversos autores (Pauly, 1983).

**Comparación del crecimiento del marlín rayado con otras especies de pico**

Sobre el marlín rayado no se han publicado estudios referentes al crecimiento basados en análisis de estructuras calcificadas, aunque si hay reportes basados en análisis de frecuencias de talla [por ejemplo: Koto (1963) y Skillman y Yong (1976)]. Sin embargo, se han reportado estudios de crecimiento en algunos picudos, basados en el examen de estructuras calcificadas [Caddy (1977), Berkeley y Houde (1983), Radtke y Hurley (1983), Wilson y Dean (1983), Tserpes y Tsimenides (1995), Castro-Longoria (1997) en el pez espada (*Xiphias gladius*), Hedgepeth y Jolley (1983), Vidaurri-Sotelo *et al.* (1998) en el pez vela (*Istiophorus platypterus*)].

Con el objeto de comparar el crecimiento del marlín rayado con los estudios reportados para esta especie, y con otras especies de pico se presenta la tabla 26.

Como puede observarse de la tabla 26, se han hecho más trabajos sobre el pez espada que de otras especies de pico. Sobre el marlín rayado sólo se han hecho trabajos basados en el análisis de frecuencias de talla.

**TABLA 26.** Valores de parámetros del crecimiento reportados en la literatura. Se señala: localidad, Tipo de método usado para el cálculo de la edad, Número de datos (N), sexo, especie, intervalo de talla, fuente de información, valores de  $k$ ,  $t_0$ ,  $L_{\infty}$ ,  $A_{(0.95)}$  y longitud usada. El asterisco en la columna de la localidad (local) indica los resultados en el presente estudio.

L	Mét	N	Sexo	Esp	Talla	Fuente	K	$t_0$	$L_{\infty}$	Long	$A_{(0.95)}$
P	1		General	1	61-245	1	0.124	-1.169	309.0	LOF	25.33
PM	2	105	Machos	1	80-238	2	0.116	-4.050	263.7	LOF	29.88
	3	372	Hembras	1	90-245	2	0.077	-5.200	273.2	LOF	44.11
AN	4	275	Machos	1	70-270	3	0.195	-2.044	217.4	LCpo	17.41
		164	Hembras	1	70-271	3	0.095	-2.591	340.0	LCpo	34.13
AN	3	73	Machos	1	88-208	4	0.073	-3.940	277.2	LCpo	44.98
		195	Hembras	1	80-270	4	0.120	-1.678	266.7	LCpo	26.64
A	5		General	1	50-260	5	0.230		365.0	LCpo	13.02
M	4	1100	General	1	62-210	6	0.185	-1.404	238.6	LCpo	17.60
		521	Machos	1	62-210	6	0.241	-1.205	203.1	LCpo	13.64
		579	Hembras	1	62-210	6	0.210	-1.165	226.5	LCpo	15.43
PM	6	1088	General	2		7	2.970	-0.016	177.2	LOF	1.02
P	1	51000	General	2	140-210	8	0.472		232.0	LOF	6.35
AN	6	259	Machos	2	80-186	9	0.301	-1.959	147.0	LCpo	11.91
		310	Hembras	2	86-198	9	0.159	-3.212	183.0	LCpo	22.05
A	1	8630	General	3	1-201	10	0.901	-0.496	243.0	LOF	3.82
P	1		General	4	120-235	11	0.264		275.0	LOF	11.35
P	1	16898	Machos	4	108-171	12	0.417	-0.521	206.0	LOF	7.71
		13532	Hembras	4	108-175	12	0.696	0.136	186.0	LOF	4.17
PM*	4	140	General	4	121-198	PE	0.331	-3.000	181.0	LOF	12.05
		79	Machos	4	121-196	PE	0.289	-3.406	184.0	LOF	13.77
		55	Hembras	4	126-198	PE	0.424	-2.300	179.2	LOF	9.37
P	1	1327	Machos	5	93-212	12	0.285	0.106	276.0	LOF	10.41
		1757	Hembras	5	78-289	12	0.116	-0.161	505.0	LOF	25.99
P	1		General	6	150-250	8	0.474		282.0	LOF	6.32

Localidad (L): P: Pacífico; PM: Pacífico mexicano; AN: Atlántico Noroeste; A: Atlántico; M: Mediterráneo; Método (Mét): 1: frecuencia de talla; 2: rayos de la primera aleta anal. 3: Otolitos, 4: Espina de la aleta anal, 5 Vértabras, 6: Cuarta espina de la primera aleta dorsal

Especie (Esp): 1: Pez espada: *Xiphias gladius*, 2. Pez vela: *Istiophorus platypterus*. 3. Pez vela del atlántico: *I. americanus*. 4. Marlin rayado: *Tetrapturus audax*. 5. Marlin azul: *Makaira nigricans*. 6. Marlin negro: *M. indica*.

Fuente: 1. Yabe, *et al.* (1959); 2. Castro-Longoria (1997); 3. Berkeley y Houde (1983); 4. Radtke y Hurley (1983); 5. Caddy (1967 y 1977); 6. Tserpes y Tsimenides (1995); 7. Vidaurri-Sotelo, *et al.* (1998); 8. Koto y Kodama (1962); 9. Hedgepeth y Jolley (1983); 10. De Sylva (1957); 11. Koto (1963); 12. Skillman y Yong (1976), PE: Presente estudio.

Longitud (Long): LOF: Longitud ojo-furca; LCpo: Longitud del cuerpo.

Los valores de  $A_{(0.95)}$  se calcularon a partir de los valores de  $K$ ,  $t_0$ , y  $L_{\infty}$ .

Con respecto al pez espada, el marlin rayado presentó, en este estudio, una  $k$  mayor, una  $L_{\infty}$  y  $A_{(0.95)}$  menores (Tabla 26), es decir que crece más rápido que el pez espada, tiene una longitud promedio máxima menor y una menor longevidad, lo cual coincide con lo reportado por Nakamura (1985). En comparación con el pez vela, éstos presentan una  $k$  muy semejante, tal vez ligeramente menor en el marlin rayado, una  $L_{\infty}$  y  $A_{(0.95)}$  mayores, lo que indica que el pez vela crece más deprisa pero el marlin rayado alcanza mayor longitud

y longevidad, aunque no existe mucha diferencia en tamaño, lo cual coincide con lo reportado (Nakamura, 1982). Es importante mencionar que el valor de 2.97 para la constante  $K$  del pez vela reportado por Vidaurri-Sotelo, et al. (1998), fue obtenido de manera diferente, por lo que la comparación entre estos valores no puede llevarse a cabo. De las dos especies de marlín reportadas, azul y negro, sólo existe un trabajo por especie, ambos basados en el estudio de la frecuencia de tallas. Con respecto al marlín azul la  $k$  del marlín rayado es mayor, la  $L_{\infty}$  y  $A_{(0.95)}$  menores, lo que indica que el marlín rayado crece más rápido que el marlín azul, pero el rayado alcanza una longitud y una longevidad menores, observaciones que concuerdan con la literatura (Nakamura, 1985). En comparación con el marlín negro, el valor de  $k$  en el marlín rayado es menor que en el negro, así como los valores de  $L_{\infty}$  y  $A_{(0.95)}$ ; la discrepancia entre el valor de  $k$  con los valores de  $L_{\infty}$  y  $A_{(0.95)}$  [ya que entre estos parámetros existe una relación inversamente proporcional (Ricker, 1975; Pauly, 1983; Gallardo-Cabello, 1985)] se puede deber a la pobreza de estudios referente a los parámetros de crecimiento y de la forma de obtener  $k$ ,  $L_{\infty}$  y  $A_{(0.95)}$  pues en el caso del marlín negro el estudio se basó en el análisis de la frecuencia de tallas, lo que puede llevar a estimaciones más sesgadas a las hechas basándose en estructuras calcificadas.

En comparación con la misma especie, se encontraron sólo dos trabajos, los cuales se hicieron basándose en el análisis de frecuencias de talla. En el primero se hizo el análisis sólo de la especie, con una  $K$  menor y  $L_{\infty}$  mayor que la estimada en el presente estudio, con respecto a la longevidad y para poder comparar ambos trabajos, se estimó sin tomar en cuenta  $t_0$ , obteniéndose una longevidad menor (9.05) en la presente investigación. El segundo trabajo, reporta las constantes del crecimiento, por sexos, y tanto en machos como en hembras el presente estudio tuvo valores menores de  $k$  y  $L_{\infty}$  y una longevidad mayor, esta discrepancia puede deberse a que el trabajo reportado en la literatura se hizo basándose en el análisis de frecuencias de talla.

### **Análisis de la mortalidad**

#### **Mortalidad total (Z)**

La curva de captura obtenida para el cálculo de la mortalidad total (Z), del marlín rayado, se muestra en la figura 30.

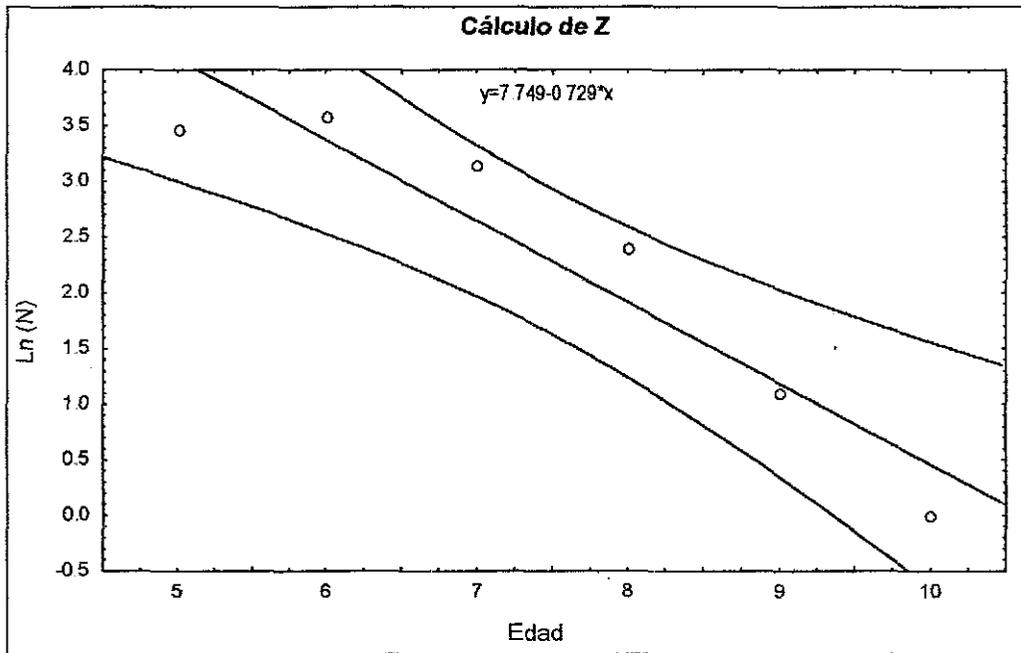


Figura 30. Curva de captura linealizada, se indica el modelo de regresión estimado, donde el valor de  $Z = -b$ .

La mortalidad total ( $Z$ ), calculada como la pendiente de la recta que forman los puntos de la curva de captura, en el intervalo de edad comprendido de 5 a 10 años, fue de 0.73. Aplicando la ecuación de Ricker (1948) se obtiene un valor de sobrevivencia de 0.48 y un valor porcentual de  $Z$  de 0.52. Es decir, que entre las edades de 5 a 10 años, de cada 100 individuos, mueren 52 por mortalidad natural y por pesca, sobreviviendo 48. Al respecto no existen reportes en la literatura.

**Mortalidad natural (M)**

La mortalidad natural del marlín rayado sin separar sexos y por sexos separados se presenta en la tabla 27.

TABLA 27. Mortalidad por sexos y general del marlín rayado.

Sexo	Mortalidad
Combinados	0.2484
Machos	0.2174
Hembras	0.3199

Para la especie se determinó una mortalidad natural de 0.25. Por sexos, en las hembras se determinó una mortalidad natural mayor que en los machos. Existe una relación entre  $k$ ,  $L_{\infty}$ ,  $A_{0.95}$  y  $M$ . Organismos con un valor alto de  $k$  tienen un valor alto de  $M$ , un valor bajo de  $L_{\infty}$  y una longevidad menor (Taylor, 1958a, 1985b, 1960; Ricker, 1975). Por el contrario, especies con un valor bajo de  $k$ , tienen un valor bajo de  $M$ , un alto valor de  $L_{\infty}$  y una longevidad mayor (Taylor, 1958a, 1985b, 1960; Ricker, 1975). En el presente trabajo, se encontraron las mismas relaciones entre los sexos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A partir de los datos mostrados en la tabla 26 para el marlín rayado, se obtuvieron los valores de la mortalidad natural utilizando la ecuación propuesta por Taylor (1958a, 1985b, 1960). La mortalidad fue de 0.26 años para la especie, valor similar al encontrado en este trabajo (0.25). En cambio, para machos y hembras los valores son mayores (0.39 y 0.72, respectivamente). Esta diferencia se puede deber a la forma de obtener la  $k$ , pues éste se calculó a partir de datos de frecuencia de tallas. El valor de  $k$  está relacionado con la longevidad y éste con la mortalidad natural.

Se observa una relación proporcional entre el valor de  $k$  y la mortalidad natural. Los machos presentan una  $k$  y una mortalidad menor que la de las hembras. De acuerdo con Taylor (1958a, 1985b, 1960) resulta evidente que, en los peces, la mortalidad natural tendría que estar correlacionada con la longevidad, y por lo tanto con  $k$ . Así mismo, el valor de  $M$  debería también estar determinado por el tamaño del organismo, puesto que los individuos mayores han de tener, en general, menor número de depredadores que los pequeños. Por último, la mortalidad natural está vinculada con la temperatura del ambiente.

#### **Mortalidad por pesca (F)**

En base a la relación  $Z = M + F$ , se puede obtener una estimación de la mortalidad por pesca (Ricker, 1975). El valor de  $F$  fue de 0.27. No existen reportes en la literatura al respecto.

## CONCLUSIONES

La talla promedio de los organismos que constituyen la muestra biológica de esta investigación, es similar (168.60 cm) al reportado en la literatura.

La proporción entre machos y hembras fue cercana a uno. No hubieron diferencias en talla ni en peso entre sexos.

La relación morfométrica entre la longitud ojo-furca (LOF) y la longitud total (LT) fue alométrica negativa. La relación LOF y la altura (ALT) fue de tipo isométrico.

La relación LOF y la longitud del cuerpo (LCPO) en machos, fue de tipo alométrico negativo, las hembras presentaron un crecimiento isométrico. Esta diferencia significa, que las dimensiones de la mandíbula inferior de las hembras se incrementan en relación con las de los machos.

La relación entre la talla y el peso fue de tipo alométrico positivo, lo que indica que *T. audax* tiende a acumular biomasa a lo largo de su desarrollo. Los valores de los exponentes de esta relación se asemejan a aquellos reportados, por otros autores, para la población norte del Pacífico Central.

La relación peso-longitud fue mayor en las hembras que en los machos y esta tendencia se acentúa durante la época reproductiva.

El factor de condición relativo (FCr) de la especie y por sexos fue igual a uno. Se encontró una relación causal entre la condición baja de la especie con los años en los que se presentaron eventos el "Niño". Así mismo, se presentó una relación entre el FCr y la época de reproducción de *T. audax*.

El grosor promedio de los cortes de las espinas empleadas para la determinación de la edad fue 0.05 cm. Así como en otros estudios, este valor resultó idóneo para estos fines.

El crecimiento de la espina es alométrico. Se encontró que, conforme el pez envejece, esta estructura crece más a lo largo que a lo ancho, por lo que existe una deposición diferencial de calcio con respecto al núcleo de la espina.

La distancia entre cada banda de crecimiento disminuye conforme aumenta la edad, por lo que es posible suponer que la tasa de acumulación de los componentes estructurales de la espina tiene una relación inversa con el tiempo. Este hecho dificulta la identificación de las bandas de crecimiento en organismos de mayor edad, y puede conllevar subvaloraciones de la edad real. Por otro lado, la primera línea de crecimiento, generalmente fue fácil de visualizar, siempre y cuando no estuviera encubierta por la zona vascularizada de la espina.

La precisión de las lecturas realizadas independientemente por los dos observadores mostraron una precisión de 0.07% de discrepancia. La serie de lecturas realizadas por el autor de este trabajo, mostraron un valor alto de precisión entre ellas (0.06%).

En el marlín rayado se forma anualmente una banda hialina y otra opaca en la cuarta espina de la primera aleta dorsal.

La validación del tiempo de formación de estas bandas en *Tetrapturus audax* permite concluir que la determinación de la edad a partir de su enumeración es un procedimiento adecuado.

La zona vascularizada de la espina aumenta en una proporción mayor que la talla del organismo. Debido a esto, las primeras líneas de crecimiento tienden a quedar cubiertas por los vasos capilares.

Se determinaron 10 grupos de edad. Las tallas medias de los organismos que los conformaron son: edad 1, 133.33 cm; edad 2, 145 cm; edad 3, 156.10 cm; edad 4, 163.88 cm; edad 5, 169.27 cm; edad 6, 171.79 cm; edad 7, 173.35 cm; edad 8, 174.77 cm; edad 9, 178.33 cm; edad 10, 179 cm.

Las hembras alcanzaron una longitud mayor que los machos a una misma edad.

La estimación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy basada en métodos no lineales (Prager *et al.*, 1987) fue la que proporcionó el mejor ajuste a los datos observados en el caso de la especie y de los machos. En hembras, el mejor ajuste se obtuvo mediante el método de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959).

Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para el marlín rayado (*Tetrapturus audax*) fueron:  $L_{\infty} = 181.00$ ,  $k = 0.331^{-\text{año}}$ ,  $t_0 = -3.0$  años.

Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para los machos del marlín rayado fueron:  $L_{\infty} = 183.80$ ,  $k = 0.289^{-\text{año}}$ ,  $t_0 = -3.4$  años. Y para las hembras  $L_{\infty} = 179.22$ ,  $k = 0.424^{-\text{año}}$ ,  $t_0 = -2.3$  años.

El marlín rayado crece rápidamente en los primeros años de vida, particularmente en el primero, comportamiento similar a lo reportado para otras especies pelágicas. Existen diferencias entre el crecimiento de las hembras y de los machos. Las hembras crecen más rápido que los machos, pero tienen una longitud media máxima y una longevidad menores.

La longevidad de *T. audax* es de 12.1 años. Los machos fueron más longevos (13.8 años) que las hembras (9.4 años).

El marlín rayado crece más rápido que el pez espada, pero tiene una longitud máxima y una longevidad menores. El pez vela y el marlín rayado tienen un crecimiento muy similar, aunque el marlín rayado alcanza una longitud y una longevidad mayores. Con respecto al marlín azul, el marlín rayado crece más rápido pero tiene una longitud menor.

La mortalidad total ( $Z$ ) de la especie fue de 0.52, el valor de la mortalidad natural de 0.25 y la mortalidad por pesca de 0.27.

## LITERATURA CITADA.

- Alvarado-Castillo, R.M. y R. Félix-Uraga. 1996. Determinación de la edad de *Istiophorus platypterus* (Pisces: Istiophoridae) al sur del Golfo de California, México. Rev. Biol. Trop. 44(1): 233-239.
- Anónimo, 1992. Ley de Pesca y su Reglamento. Secretaria de Pesca.
- Anónimo, 1993. Ocean Circulation. Open University. Oceanography Course Team. Pergamon Press Ltd. 238 p.
- Arenas, P., Hall, y F.R. Miller, 1992a. The association of tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific Ocean. I environment and fishing areas. Inter-Amer. Trop. Tuna. Comm, (ms). 55 p
- Beamish, R. J., y D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 982-983.
- Berkeley, S. A., y E. D. Houde. 1983. Age determination of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the Straits of Florida, using anal fin spin sections. En E. D. Prince y L. M. Pulos (eds.), Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. U. S. Dep. Commerce. NOAA, Tech. Rep. NMFS. 8: 137-143.
- Bernard, D. R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 233-236.
- Beverton, R. J. 1954. Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U. S. Fish Wildl. Serv., Fisheries Laboratory, Beaufort, Misc. Contrib. Rep., 181 p.
- Bilton, H. T. y Robbins. 1971. Effects of feeding level on *circulus* formation on scales of young sockeye salmon. (*Oncorhynchus nerka*). J. Fis. Res. Bd. Can. 28:861-868.
- Blacburn, M. 1965. Oceanography and the ecology of tunas. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 3: 299-322.
- Block, B.A. 1990. Proceedings of the International Billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii. August 1-5, 1988. Part. 2. Contributed Papers: 123-136.
- Boehlert, G.W. y M.M. Yoklavich. 1984. Variability in age estimates in *Sebastes* as a function of methodology, different readers, and different laboratories. Calif. Fish and Game 70(4): 210-224.
- Boggs, C.H. 1989. Vital rate statistics for billfish stock assessment. En R. H. Stroud (ed.), Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. August 1-5, 1988. Part 1: Fishery and Stock Synopses. Data Needs and Management, p. 233.

- Botha, L. 1970. The growth of the Cape hakes *Merluccius capensis*. Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 82: 1-9.
- Botha, L. 1971. Growth and otolith morphology of the Cape hakes. Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 97: 1-32.
- Brill, R. W., D. B. Holts, R.K.C. Chang, S. Sullivan, H. Dewar, H. Dewar, y F.G. Carey. 1993. Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands, determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents. Marine Biology 117: 567-574
- Brown, M. B. y A. B. Forsythe. 1974. Robust test for the equality of variance. J. Amer. Statist. Assoc: 69: 364-367.
- Caddy, J.F. 1976. A review of some factors relevant to management of swordfish fisheries in the northwest Atlantic. Can. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 633, 36 p.
- Caddy, J.F. 1977. Some approaches to the elucidation of the dynamics of swordfish (*Xiphias gladius*) populations. Can. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 1439, 10 p.
- Cailliet, G.M., M.S. Love y A.W. Ebeling. 1986. Fishes. A Field and Laboratory Manual on Their Structure, Identification, and Natural History. Wadsworth Publishing Company. California. E.U.A. 194 p.
- Casselman, J.M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures -techniques and tools. En E.D. Prince y L.M. Pulos (eds.), Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. U. S. Dep. Commerce NOAA, Tech. Rep. NMFS. 8: 151-155.
- Castro-Longoria, R. 1997. Análisis de edad, crecimiento y madurez del recurso pesquero del pez espada, *Xiphias gladius*, en el Pacífico mexicano. Tesis de doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Baja California, México, 114 p.
- Castro-Longoria, R., y O. Sosa-Nishizaki. 1999. Age determination of swordfish, *Xiphias gladius* L., from waters off Baja California, Mexico, using anal fin rays and otoliths. En I. Barrett, O. Sosa-Nishizaki, y N. Bartoo (eds.), Papers from the International Symposium on Pacific Swordfish. NOAA Tech. Rep. NMFS 142: 231-237.
- Chang, W. Y. B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:1208-1210.
- Chávez, F.P. y R. T. Barber, 1987. An estimate of new production in the equatorial Pacific. Deep Sea Research, 24: 1229-1243.
- De La Lanza, G. E. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT editor, S.A. 569 p.

- De Sylva, D. P. 1957. Studies on the age and growth of the Atlantic sailfish, *Istiophorus americanus* (Cuvier), using length-frequency curves. Bull. Mar. Sci. Gulf. Caribb. 7(1):1-20.
- Donguy, J. R. y G. Meyers. 1987. Observed and modelled topography of the 20°C isotherm in the tropical Pacific. Oceanologica Acta, 10: 41-48.
- Dunnett, C.W. 1980a. Pairwise multiple comparisons in the unequal variance case. Journal of the American Statistical Association, 75(372): 796-780.
- Dunnett, C.W. 1980b. Pairwise multiple comparisons in the homogeneous variance, unequal sample size case. Journal of the American Statistical Association, 75(372): 789-795.
- Eldridge, M.B. y P.G. Wares. 1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675, 2: 89-101.
- Everharth, W.H. y W.D. Youngs. 1981. Principles of Fishery Science. Second edition. Cornell University Press, Ithaca, U.S.A. 350 p.
- Fiedler, P.C. 1992. Seasonal climatologies and variability of eastern tropical Pacific surface waters, NOAA Tech. Rep. NMFS-109, 65 p.
- Ford, E. 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933. J. Mar. Biol. Assoc. UK. (new ser.) 19: 305-384.
- Foreman, T. J. 1996. Estimación de la edad y crecimiento, y una evaluación de las técnicas de determinar la edad, del atún aleta azul del norte, *Thunnus thynnus*, en el Océano Pacífico. Comisión Interamericana del Atún Tropical., Bol., 21(2):1-123.
- Furukawa, L., T. Koto y K. Kodama. 1958. Study on the tuna long line fishery in the East China Sea – II. Ecology of the striped marlin. [En Jap., Engl. Synop.] Rep. Nankai Reg. Fish. Lab. 8: 49-60.
- Gallardo-Cabello, M. 1985a. Determinación de la edad de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard, en aguas de Baja California Norte (Pisces: Engraulidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM, 12(1): 221-234.
- Gallardo-Cabello, M. 1985b. Análisis de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard, en aguas de Baja California Norte (Pisces: Engraulidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM, 12(1): 235-252.
- Gallardo-Cabello, M. 1985c. Determinación de la mortalidad total y natural de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard, en aguas de Baja California Norte (Pisces: Engraulidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM, 12(1):253-260.
- Gómez-Márquez, J. L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza. UNAM. México. 89 p.

- Graves, J. E., y J. R. McDowell. 1994. Genetic analysis of striped marlin (*Tetrapturus audax*) population structure in the Pacific Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51(8): 1762-1768.
- Gulland, J. A. y S. J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25(1): 47-49.
- Gulland, J.A., y A.A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO, Documento Técnico de Pesca. No. 323. Roma, FAO. 112 p.
- Hedgepeth, M. Y., y J. W. Jolley, Jr. 1983. Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus*, using cross sections from the fourth dorsal fine spine. En E.D. Prince y L.M. Pulos (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks*. U. S. Dep. Commerce NOAA, Tech. Rep. NMFS. 8: 131-135.
- Holden, M.J. y P.S. Meadows. 1962. The structure of the spine of the spur dogfish (*Squalus acanthias* L.) and its use for age determination. *J. Mar. Biol. Assoc.* 41: 179-197.
- Honma, M., y T. Kamimura. 1958. A population study on the so-called makajiki (striped marlin) of both northern and southern hemispheres of the Pacific. II. Fishing conditions in the southern hemisphere. (En Jap., Engl. synop.) *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.* 8:12-21
- Howard, J. K., y Ueyanagi. 1965. Distribution and relative abundance of billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean. *Univ. Miami, Inst. Mar. Sci., Studies in Tropical Oceanography.* 2: 134 p.
- Ibañez-aguirre, A. L. 1995. Algunos aspectos de la dinámica de poblaciones de *Mugil cephalus* (Linneo, 1758) y *M. curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias UNAM. México. 215 p.
- Infante Gil, S. y G.P. Zárate de Lara. 1998. *Métodos Estadísticos, un enfoque interdisciplinario*. Edit. Trillas. 1ª edic. 1984. México, 643 p.
- Informe Final del Proyecto: "Evaluación del Recurso del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano" Clave CONACyT: 1184 P-B Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en Manzanillo. 1998.
- Irie, T. 1957. On the forming season of annual rings (opaque and translucent zones) in the otoliths of several marine teleost. *J. Fac. Anim. Husb. Hiroshima Univ.* 1(2): 311-317.
- Jolley, J. W., Jr. 1974. On the biology of Florida east coast Atlantic sailfish, (*Istiophorus platypterus*). En R. S. Shomura y F. Williams (editors), *Proceedings of the*

International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and contributed papers, p. 81-88. US. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.

- Kimura, D. K. y J. J. Lyons. 1991. Between-reader bias and variability in the age-determination process. *Fish. Bull.*, U. S. 89:53-60.
- Koga, S. 1967. Studies on the fishery biology of the tuna and marlin in the Indian Ocean and the South Pacific Ocean. [In Jap., Eng. Summ.] *J. Shimonoseki Univ. Fish.* 15(2): 1-208.
- Koto, T. 1963. Some considerations on the growth of marlins, using size frequencies in commercial catches. III. Attempts to estimate the growth of striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi) in the western North Pacific Ocean. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.* 17:63-85.
- Koto, T., y K. Kodama. 1962. Some considerations on the growth of marlins, using size-frequencies in commercial catches. I. Attempts to estimate the growth of sailfish. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.* 15: 97-108.
- Kumé, S., y J. Joseph, 1969. Size composition and sexual maturity of billfishes caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.* 2: 115-162.
- Levene, H. 1952. On the power function of test of randomness based on runs up and down. *Ann. Math. Statist.* 23: 34-56
- Lynn, R.J. y J.J. Simpson, 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92(12): 12947-12966.
- Lluch-Cota, S.E., D.B. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda y J.J. Bautista Romero. 1994. Capítulo 6: Oceanografía. En: Ortega Rubio, A. y A. Castellanos Vara (eds). *La Isla Socorro, Reserva de la biósfera, Archipiélago de Revillagigedo, México.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Publicación No. 8: 77-111.
- McMahon, T.A. y J.T. Tyler-Bonner. 1986. *Tamaño y vida.* Biblioteca Scientific American. Prensa Científica Edit. Labor, Barcelona España. 255 p.
- Mendenhall, W. y T. Sincich. 1996. *A second course in statistics, Regression Analysis.* Fifth edition. Prentice-Hall, Inc. Simon & Shuster. A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey. USA. 899 p.
- Méndez Ramírez, I., D. Namihira Guerrero, L. Moreno Altamirano, y C. Sosa de Martínez. 1998. *El protocolo de investigación: lineamientos para su elaboración y análisis.* Trillas, México, D. F. 210 p.
- Merret, N.R. 1971. Aspects of the biology of the billfish (Istiophoridae) from the equatorial western Indian Ocean. *J. Zool. (Lond.)* 163: 351-395.

- Merrett, N.R. 1968. Weight-length relationships for certain scombroid fishes from the equatorial western Indian Ocean. *East Afr. Agric. For. J.* 34:165-169.
- Miyabe, N., y W.H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 19(1): 1-163.
- Molander, A.R. 1947. Observations on the growth of the place and the formation of annual rings in its otoliths. *Svenska. Hidrogr. Biol., Komn. Skr. N. S. Biol.* 2(B), 11 p.
- Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. *FAO Documento Técnico de Pesca. No. 322.* 58 p.
- Morrow, J. E. 1952. Allometric growth in the striped marlin, *Makaira mitsukurii*, from New Zealand. *Pac. Sci.* 6:53-58.
- Morrow, J. E. 1957. Races of the striped marlin, *Makaira mitsukurii*, in the Pacific. *Bull. Bingham Oceanogr. Collect., Yale Univ.* 16(2): 72-87.
- Nakamura, I. 1985. Billfishes of the world. *FAO. Species Catalogue. Vol.5 Roma.* 65 p.
- Nakano, H., W., y H. Bayliff. 1992. Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y picudos en el Océano Pacífico Oriental, 1981-1987. *Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical*, 20(5): 321-355.
- Ortega-García, S. 1998. Análisis de las fluctuaciones espacio temporal en la abundancia del atún en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 67 p.
- Ovchinnikov, V.V. 1971. Swordfishes and Billfishes in the Atlantic Ocean. Ecology and Functional Morphology. Atlantic Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Jerusalem, 77 p.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. *FAO. Doc. Tec. Pesca (234):* 49 p.
- Pillai, P. y S. Ueyanagi. 1978. Distribution and biology of the striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi) taken by the longline fishery in the Indian Ocean. *Bull Far Seas Fish. Res. Lab.*, 16: 9-23.
- Ponce-Díaz, G., S. García-Ortega y P.G. González-Ramírez. 1991. Análisis de tallas y relación peso-longitud del marlín rayado, *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 17(4): 69-82.
- Prince, E.D. y D.W. Lee. 1984. Research on age and growth in oceanic pelagics program summary 1983. NOAA-NMFS. Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory, 45-67 p.

- Radtke, R.L., y P.C.F. Hurley. 1983. Age estimation and growth of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the northwest Atlantic based on external features of otoliths. En E.D. Prince y L.M. Pulos (eds.), Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. U. S. Dep. Commerce NOAA, Tech. Rep. NMFS. 8: 145-150.
- Reid, J.L.Jr. y R.A. Schwartzlose, 1992. Direct measurements of the Davison Current off Central California. *J. Geophys.*; 67: 2491-2497.
- Ricker, W.E., 1948. Methods of estimating vital statistics of fish population. Science Ser. 15, Ind. Un. Publ., U. S. A., 101 p.
- Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 382 p.
- Royce, W. F. 1957. Observations on the spearfishes of the central Pacific. U. S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull., 57(124): 497-554.
- Santana-Hernández, H., R. Macías-Zamora y J.J. Valdez-Flores. 1998. Selectividad del sistema de palangre Utilizado por la flota mexicana en la Zona Económica Exclusiva. *Ciencias Marinas*, 24(2): 193-210
- Schmidt, D. J, M. R. Collins y D. M. Wyanski. 1993. Age, growth, maturity, and spawning of *Spanish mackerel*, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), from the Atlantic Coast of the southeastern United States. *Fishery Bulletin* 91: 526-533.
- Sharp, G. D. 1978. Behavioral and physiological properties of tuna and their effects on vulnerability to fishing gear. En G.D. Sharp y A.E. Dizon (eds.) *The Physiological Ecology of Tunas*, Academic Press, pp. 397-449.
- Shiohama, T. 1969. A note on the marlins caught by the tuna longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130° W. *Far Seas Fish. Res. Lab., Bull.*, 1: 5-34.
- Shomura, R.S. (ed.). 1980. Summary report of the billfish stock assessment workshop Pacific resources. U. S. Dep. Commerce, NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA\_NMFS-SWFC-5, 58 p.
- Skillman, R.A. 1989. Stock Identification and Billfish Management. En R.H. Stroud (ed.), *Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. August 1-5, 1988. Part 1: Fishery and Stock Synopses. Data Needs and Management.* p. 233.
- Skillman, R.A. y M.Y.Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675, 2:126-137

- Skillman, R.A., y M.Y.Y. Yong. 1976. Von Bertalanffy growth curves for striped marlin, *Tetrapturus audax*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, in the central North Pacific Ocean. Fish. Bull., U. S. 74:553-566.
- Sparre, P. y S. Venema. 1995. Introducción a la Evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I Manual. FAO Documento técnico de pesca. No. 306.1, Rev. 1. Valparaiso (Chile), 420 p.
- Squire, J.L., y Z. Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin *Tetrapturus audax* in the Pacific Ocean. En R.H. Stroud (ed.), Proceeding of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988. Part 2: Contributed Papers, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 67-80.
- Squire. 1974. Tech. Rep. NMFS-675, pp. 188-193.
- Statsoft, 1998. Statistica form Windows, version 5.1. Tulsa, OK, Statsoft, Inc.
- StatSoft, 1999. Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1980. Bioestadística, principios y procedimientos. McGraw-Hill, México.
- Strasburg, D. W. 1970. A report on the billfishes of the central Pacific Ocean. Bull. Mar. Sci. 20: 575-604.
- Suzuki, Z. 1989. Catch and Fishing Effort Relationships for striped marlin, blue marlin, and black marlin in the Pacific Ocean, 1952 to 1985. En R.H. Stroud (ed.), Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. August 1-5, 1988. Part 1: Fishery and Stock Synopses. Data Needs and Management. P.p. 233
- Sverdrup, H.U. 1941. The Gulf of California: Preliminary discussion on the cruise of the E.W. Scripps in February and March, 1939: Proceedings of Sixth Pacific Science Congress, 3: 161-166.
- Tamhane, A. C. 1979. A comparison of procedures for multiple comparisons of means with unequal variances. Journal of the American Statistical Association. Vol. 74(366): 471-480.
- Taylor 1958a. A note on Lee's phenomenon in Georges Bank Handdock. Spe. Publ., ICNAF, 1:243-251.
- Taylor, C. C. 1958b. Cod growth and temperature. J. Conseil., 23 (3):366-370.
- Taylor, C. C. 1958b. Cod growth and temperature. J. Conseil., 23 (3):366-370.
- Taylor, C. C. 1959. Temperature and growth – The Pacific razor Clam. J. Conseil., 25 (1):93-101.

- Taylor, C. C. 1960. Temperature, growth and mortality – The Pacific cockle. *J. Conseil.*, 26 (1):177-224
- Taylor, C. C. 1962. Growth equations with metabolic parameters. *J. Conseil.*, 27 (3):270-286.
- Tserpes, G., y N. Tsimenides. 1995. Determination of age and growth of swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758, in the eastern Mediterranean using anal-fin spines. *Fishery Bulletin* 93: 594-602.
- Ueyanagi, S. 1953. The sexual difference of the size of marlins. [In Jap., Eng. Abstr.] *Contrib. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.* 1(14), 5 p.
- Ueyanagi, S. 1964. Description and distribution of larvae of five istiophorid species in the Indo-Pacific. *Proc. Symp. Scombroid Fishes, Part 1*, pp. 499-528. *Mar. Biol. Assoc. India, Mandapam Camp.*
- Ueyanagi, S., y P.G. Wares. 1975. Synopsis of biological data on striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi), 1887. En Shomura R. y F. Williams (eds). *Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part. 3 Species Synopses.* NOAA Technical Report. NMFS. SSRF-675. Seattle, WA.
- Uosaki, K., y W. Bayliff. 1999 Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y picudos en el Océano Pacífico Oriental, 1988-1992. *Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical*, 21(6): 275-488.
- Valencia-Hernández, A. 1998. Programa de cómputo para el procesamiento de datos en dinámica poblacional de peces. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 68 p.
- Valiela, I. 1995. *Marine Ecological Processes.* Springer, New York. Segunda Edición. 686 p.
- Vidaurri-Sotelo, A.L., R. Macías-Zamora., H. Santana-Hernández., V. Rojas-Campos. 1998. Edad, Crecimiento y estructura de edades de la población de pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano. Dentro del Informe Final del Proyecto: "Evaluación del Recurso del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano". Clave CONACyT: 1184 P-B Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en Manzanillo. 1998. Apéndice H.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growths laws. II). *Human Biology* 10(2):181-213.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.* 90(2): 141-147.
- Wares, P.G. y G.T. Sakagawa. 1974. Some morphometrics of billfishes from the eastern Pacific Ocean. En R. S. Shomura y F. Williams (ed), *Proceedings of the*

- International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers, p. 107-120. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.
- Weatherley, A.H. y H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. Ontario Canada. 429 p.
- Wilson, C.A., y J. M. Dean. 1983. The potential use of *sagittae* for estimating age of Atlantic swordfish, *Xiphias gladius*. En E.D. Prince y L.M. Pulos (eds.), Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. U. S. Dep. Commerce NOAA, Tech. Rep. NMFS. 8: 151-155.
- Williams, F. 1967. Longline fishing for tuna off the coast of the east Africa 1958-1960. Indian J. Fish., Sect. A, 10: 233-390.
- Wootton, R.J. 1991. Ecology of Teleost Fishes. Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series, USA, 404 p.
- Wootton, R.J. 1992. Fish Ecology. Tertiary Level Biology. Chapman & Hall. New York, USA, 212 p.
- Wyrtki, K. 1965. Surface currents of the eastern Tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 5: 269-304.
- Wyrtki, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. Oceanography and Marine Biology Annual Review, 4: 33-68.
- Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. International Journal of oceanology and Limnology, 1: 117-147.
- Yabe, H., S. Ueyanagi, S. Kikawa, y H. Watanabe. 1959. Studies on the life history of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab. 10:106-151. (Transl. Multilingual Serv. Div., Dep. Secretary of State of Canda, 1975, 103 p.).
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. 2<sup>a</sup> ed. Prentice Hall, USA, 718 p.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. 3<sup>a</sup> ed. Prentice Hall, USA, 662 p.