



Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus* (SHAW Y NODDER, 1791) DE LA COSTA SUR DE SINALOA, MÉXICO.

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN EL MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

Biol. Pesq. JORGE SAUL RAMÍREZ PEREZ

DIRECTOR

DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELAZQUEZ

La Paz, B.C.S. México. Noviembre de 2005.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 14 del mes de Noviembre del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus*
(Shaw y Nodder, 1791) DE LA COSTA SUR DE SINALOA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

RAMÍREZ

Apellido paterno

PÉREZ

materno

JORGE SAÚL

nombre(s)

Con registro:

A	0	4	0	2	5	5
---	---	---	---	---	---	---

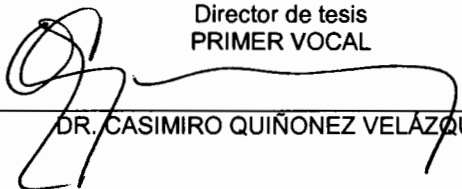
Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

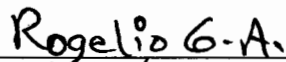
Director de tesis
PRIMER VOCAL


DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ

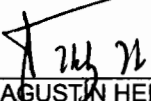

PRESIDENTE

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

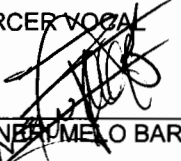
SECRETARIO


DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

SEGUNDO VOCAL


DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

TERCER VOCAL

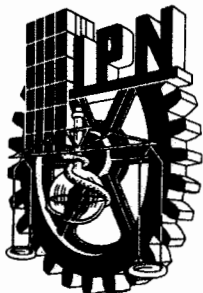

MC. FELIPE NEUMEO BARRERA

EL PRESIDENTE DEL


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



CUARTE
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 10 del mes Noviembre del año 2005, el (la) que suscribe JORGE SAÚL RAMÍREZ PÉREZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A040255 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) DE LA COSTA SUR DE SINALOA, MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jsramirezp@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

JORGE SAÚL RAMÍREZ PÉREZ

nombre y firma

DEDICATORIA

A mis padres:

Ing. Víctor Julio Ramírez Palomino
Maria Nelida Pérez de Ramírez

A mis Hermanos:

Ing. Víctor Arturo Ramírez Pérez
CP. Mónica del Carmen Ramírez Pérez

A mis cuñados:

Jorge Parra Sánchez
Abril Fabiola González Osuna

A todos aquellos a los que esta investigación sea de utilidad.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por haberme permitido realizar este trabajo y por todo el apoyo brindado para mi desarrollo profesional.

Al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Universidad Autónoma de Sinaloa por los apoyos económicos otorgados para la realización de los estudios de Maestría.

Al Dr. Casimiro Quiñónez Velázquez por haber dirigido este trabajo, por los atinados consejos y por su gran amistad.

A los revisores de este trabajo Dr. Agustín Hernández Herrera, Dr. Rogelio González Armas, Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, M en C. Felipe Neri Melo Barrera.

Al M en C. Roberto Félix Uraga por su amistad y sus atinados consejos y por ser un excelente amigo.

Al CP. Humberto Ceseña Amador por su siempre disposición para atender todo lo relacionado a las gestiones académicas y por su gran amistad.

A mis amigos estudiantes del Laboratorio de Edad y Crecimiento: Sandra Medina, Luís Valdovinos, Sarai Gámez, Nicolás Filauri.

A todos mis amigos del CICIMAR: Mireya Lucero, a la palomilla Sinaloense, Dana Arizmendi, Yassir Torres, Vanesa Alatorre, Marcela Zúñiga.

A todos aquellos que tuvieron que ver con el desarrollo de este trabajo.

INDICE

	Pagina
Lista de figuras	I
Lista de Tablas	III
Resumen	IV
Abstract	VI
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
PROBLEMA	9
OBJETIVOS	10
MATERIAL Y MÉTODOS	11
- Estructura por tallas	13
- Relación peso-longitud	14
- Relación longitud del pez y radio de la espina	14
- Determinación de edad	15
- Periodicidad de las marcas de crecimiento	15
- Retrocálculo de longitudes	16
- Crecimiento	17
- Estructura por edades	18
- Mortalidad	18
RESULTADOS	19
- Estructura por tallas	19
- Relación peso-longitud	23
- Relación longitud del pez y radio de la espina	25
- Determinación de edad	25
- Periodicidad de las marcas de crecimiento	26
- Retrocálculo de longitudes	27
- Crecimiento	28
- Estructura por edades	30
- Mortalidad	31
DISCUSION	32
- Estructura por tallas	32
- Relación peso-longitud	37
- Relación longitud del pez y radio de la espina	34
- Determinación de edad	36
- Periodicidad de las marcas de crecimiento	37
- Retrocálculo de longitudes	38
- Crecimiento	39
- Estructura por edades	42
- Mortalidad	42
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFIA.	45



Lista de Figuras

	Pagina
Figura 1. Área de pesca de la flota deportiva con base en el puerto de Mazatlán, Sinaloa, México.	12
Figura 2. Medidas registradas del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> capturado en la costa sur de Sinaloa, México.	13
Figura 3. Esquema de la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela.	13
Figura 4. Marcas de crecimiento, radios parciales y total en los cortes de la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela (R_1 = Radio a la marca 1; R_2 = Radio a la marca 2; R_3 = Radio a la marca 3).	17
Figura 5. Temperatura superficial del mar (TSM) y tamaño de muestra por mes del pez vela durante el periodo de septiembre del 2002 a agosto del 2003, en el área de Mazatlán, Sinaloa. El número sobre las barras indica los ejemplares muestreados.	19
Figura 6. Distribución de tallas del pez vela en la costa sur de Sinaloa, México.	20
Figura 7. Distribución de tallas del pez vela por sexo, en la costa sur de Sinaloa, México.	20
Figura 8. Distribución de tallas estacional del pez vela en la costa sur de Sinaloa, México.	21
Figura 9. Distribución de tallas del pez vela por sexo en el periodo frío (Diciembre-Abril), en la costa sur de Sinaloa, México.	22
Figura 10. Distribución de tallas del pez vela por sexo en el periodo cálido (Mayo-noviembre), en la costa sur de Sinaloa, México.	22
Figura 11. Distribución de pesos del pez vela para sexos combinados, machos y hembras.	23
Figura 12. Relación peso-longitud mandibular del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> capturado por la flota de pesca deportiva en la costa sur de Sinaloa, México.	24
Figura 13. Relación entre la longitud mandibular y el radio de la espina del pez vela.	25
Figura 14. Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento de <i>Istiophorus platypterus</i> de la costa sur de Sinaloa, México (Barras: % de bordes opacos; Línea: Incremento marginal).	26
Figura 15. Incremento marginal IM (mm) y temperatura superficial del mar (°C), para el periodo de estudio.	27
Figura 16. a) Longitud mandibular observada y b) retrocalculada por grupo de edad del pez vela.	29
Figura 17. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de pez vela. (Círculos rellenos: promedio LM machos; círculos vacíos: promedio LM hembras; barras verticales desviación estándar).	29



Figura 18.	Modelo decrecimiento de von Bertalanffy con datos observados y retrocalculados de longitud mandibular del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> . (Círculos rellenos: promedio LM observada; círculos vacíos: promedio LM retrocalculada; barras verticales desviación estándar).	30
Figura 19.	Porcentaje de aparición de los grupos de edad en la muestra de pez vela de la costa sur de Sinaloa.	31
Figura 20.	Comparación de las curvas de crecimiento para pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> estimado por diferentes autores en las diferentes áreas.	41



Lista de Tablas

		Pagina
Tabla 1	Valores de los parámetros en la relación PT-LM del pez vela en la costa sur de Sinaloa.	24
Tabla 2	Número de marcas de crecimiento encontradas en los cortes de la 4 ^a espina de la aleta dorsal del pez vela.	26
Tabla 3	Valores de la constante a por intervalo de talla, utilizada para el retrocálculo.	28
Tabla 4	Promedio de tallas retrocalculadas y observadas del pez vela en la costa sur de Sinaloa.	28
Tabla 5	Parámetros de crecimiento del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> estimados por diferentes autores, en diferentes zonas.	41
Tabla 6	Valores de mortalidad total (Z) para el pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> .	43



RESUMEN

En el periodo de septiembre de 2002 a agosto de 2003, se muestrearon 572 organismos de pez vela de los desembarques de la pesca deportiva de Mazatlán, Sinaloa, a los cuales se les midió la longitud total (LT), la longitud mandibular (LM) y la longitud postorbital (LD), se les registro el peso total (PT), sexo y estadio de madurez y se colectó la 4ª espina de la aleta dorsal para la determinación de la edad. La estructura de tallas varió entre 109 a 229 cm de LM y se detectaron diferencias significativas por sexo (Wald-Wolfowitz, $Z=9.04$, $p<0.05$). Al evaluar la estacionalidad de la estructura de tallas se encontraron diferencias significativas (Wald-Wolfowitz, $Z=4.9$, $p<0.05$), la LM durante el periodo frío (187.6 ± 17.6 cm) fue mayor que durante el periodo cálido (184.6 ± 12.9 cm). Al analizar la estructura de tallas por sexo y por periodo, se apreciaron diferencias significativas en talla durante el periodo frío (machos LM= 172.2 ± 24.7 cm, hembras LM= 192.6 ± 11.6 cm; Wald-Wolfowitz, $Z=2.18$, $p<0.05$) y la proporción H:M fue de 3.35:1; durante el periodo cálido la estructura de talla por sexo fue muy semejante (machos LM= 182.9 ± 12.5 cm, hembras LM= 186.7 ± 12.9 cm; Wald-Wolfowitz, $Z=0.89$, $p>0.05$) y la proporción H:M fue de 0.73:1. Los resultados sugieren un reclutamiento diferente a la zona de pesca asociado al sexo y que los machos migran más intensamente que las hembras. Mientras que la estructura de tallas para las hembras permanece relativamente similar durante todo el año, la talla en los machos se incrementa de frío a cálido. También se detectó un cambio en la madurez sexual, durante el periodo frío los peces presentaron únicamente gónadas inmaduras y durante el periodo cálido se observaron gónadas desde inmaduras a maduras. La relación PT-LM mostró un crecimiento alométrico ($b<3$, t-test, $p<0.05$) para el pez vela ($PT=0.00002*LM^{2.64}$). La relación entre la LM y el radio de la espina (RE) presentó una proporcionalidad positiva. En los cortes de las espinas se detectaron siete grupos de edad (1-7), siendo el mejor representado el grupo 4. Al analizar porcentaje mensual de espinas con borde opaco y el incremento marginal se detectó un patrón anual (octubre a septiembre) en la formación de las marcas de crecimiento. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy se ajustó de manera adecuada a los datos de edad y longitud



retrocalculada ($r^2=0.86$): $LM = 219.5 [1 - e^{-0.32(t+1)}]$. La mortalidad total (Z) del pez vela encontrada fue de 1.2 por año.



ABSTRACT

During September 2002 to August 2003, 572 sailfish were sampled from the landings of the sport fishing in Mazatlán, to which were measured the total length (TL), the mandibular length (ML) and the postorbital length (PL). Also were registered the total weight (TW), sex and maturity stage and for the age determination the fourth spine of the dorsal fin was recollected. The size structure varies among 109 to 229 cm ML, significant differences were detected in the size by sex (Wald-Wolfowitz, $Z=9.04$, $p<0.05$). However, evaluating the seasonality of the size structure significant difference was founded (Wald-Wolfowitz, $Z=4.47$, $p<0.05$), the ML during the cold period (187.6 ± 17.6 cm) was bigger than the warm period length (184.6 ± 12.9 cm). When analyzing this size structure by sex and period, significant differences were appreciated in size during the cold period (male LM= 172.2 ± 24.7 cm, female LM= 192.6 ± 11.6 cm; Wald-Wolfowitz, $Z=2.18$, $p<0.05$) and the proportion F:M was of 3.35:1; during the warm period the size structure for sex was very similar (male ML= 182.9 ± 12.5 cm, female ML= 186.7 ± 12.9 cm; Wald-Wolfowitz, $Z=0.89$, $p>0.05$) and the proportion F:M was of 0.73:1. The results suggest a different recruitment pattern to the fishing area associated to the sex and that the migration of male is very intensely that the females. While the female sailfish size structure remains relatively similar during the whole year, the males showed a size increment of cold to warm period. Also were detected changes in the sexual maturity, during the cold period the fishes only presented immature gonads and during the warm period were observed fishes with immature to mature gonads. The relationship total weight (TW)-ML showed an allometric growth ($b < 3$, T-test, $p < 0.05$) for the sailfish ($TW=0.00002*ML^{2.64}$). The relationship between the ML and the radius of the spine (SR) shows proportionality among these two variables. Observing the spines section seven age-groups were detected (1-7), being the most represented the age-group 4. When analyzing the monthly change of the percentage of opaque border spine and of the width of the marginal increment we detected an annual pattern (October to September) in the formation of the growth marks. The fitting of the von Bertalanffy growth model to the age-



backcalculate length data shows a good fitting ($r^2=0.86$): $ML = 219.5 [1-e^{-0.328(t+1)}]$.
The total mortality (Z) of the sailfish was 1.2 by year.



INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Xiphiidae, son denominados picudos o peces de pico por tener la mandíbula superior extremadamente larga (Nelson, 1994), constituyen un grupo de especies pelágicas altamente migratorias, distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos. La familia incluye cuatro géneros y doce especies, de las cuales concurren en los océanos Pacífico e Índico: *Xiphias gladius* (pez espada), *Istiophorus platypterus* (pez vela), *Tetrapturus angustirostris* (pez aguja corta), *Tetrapturus audax* (marlin rayado), *Makaira nigricans* (marlin azul), y *Makaira indica* (marlin negro) (Nakamura, 1985; Joseph *et al.*, 1986).

El pez vela *Istiophorus platypterus* es una especie pelágica, migratoria que habita en la columna de agua sobre la termoclina, se distribuye entre los 40–45° N y 40° S en los océanos Pacífico e Índico y entre los 40° N y 35–40° S en el Atlántico. En México el pez vela es el recurso más importante para la pesca deportiva. Esta actividad genera una importante derrama económica de manera directa, así como indirecta por la demanda de servicios colaterales como son el transporte, hospedaje, alimentación, taxidermia, etc. (Macías-Zamora *et al.*, 2000).

La pesca deportiva es una pieza importante en el desarrollo del sector turístico. Causa por la cual, este sector manifestó su inconformidad contra la propuesta de modificación del reglamento vigente de la Ley de Pesca en lo relativo a permitir la pesca comercial sobre especies destinadas exclusivamente a la pesca recreativa (Hernández-Herrera, 2001). Uno de los motivos de esa inconformidad es que la pesca comercial disminuiría la disponibilidad de los peces a la pesca deportiva y además afectaría indiscriminadamente a peces de tallas chicas. La propuesta de modificación fue discutida en la Cámara de Diputados en abril de 2004 siendo rechazada cualquier modificación a esta ley.



En ese sentido, y dada la importancia del pez vela para la pesca deportiva es necesario obtener datos básicos sobre la biología del recurso, principalmente sobre estructura de tallas, hábitos alimenticios, reproducción, edad y crecimiento, edad de primera madurez, edad de reclutamiento, edad máxima, temporadas y áreas de reproducción, fecundidad, etc., información esencial para evaluar los cambios estacionales e interanuales del estado del recurso. En este contexto, este trabajo plantea abordar la determinación de la edad, el crecimiento y la mortalidad del pez vela capturado en las costas de Mazatlán, Sinaloa, con la finalidad de generar información complementaria a la de otras zonas de pesca en el Noroeste de México. Lo anterior permitirá diseñar estrategias adecuadas de administración y explotación del recurso, mismas que tendrán como base las características biológicas de la especie, y no solamente aspectos económicos o sociales.



ANTECEDENTES

Las primeras estimaciones de edad y tasas de crecimiento en peces de pico estuvieron basadas en progresiones modales de las distribuciones de frecuencia de longitud o peso (Strasburg, 1970). El primer reporte de edad y crecimiento para el pez vela *Istiophorus platypterus* fue en especímenes capturados en el Atlántico, utilizando las curvas de frecuencia de tallas (De Sylva, 1957), se menciona que la especie tiene un crecimiento muy rápido y un ciclo de vida corto (4 años); Koto y Kodama (1962, citados en Williams, 1970) estimaron el crecimiento del pez vela, en el mar de China oriental, utilizando la talla promedio por grupo modal para un intervalo de 140 a 210 cm de longitud postorbital, estimando una tasa de crecimiento de 35 cm/año para el primer grupo de edad (n), 20 cm/año para el grupo n+1, y 15 cm/año para el grupo n+2. Sin embargo, Radtke (1983) comenta que este método no es adecuado ya que el traslape de los grupos modales a medida que los organismos tienen tallas más grandes hace difícil la discriminación de las modas.

Actualmente el crecimiento de los peces de pico se evalúa a partir de marcas de crecimiento que se depositan en estructuras duras como espinas, vértebras y en otolitos (Berkeley y Houde, 1983; Radtke y Hurley, 1983; Wilson y Dean, 1983; Hill *et al.*, 1989; Prince *et al.*, 1991; Ehrhardt, 1992). Las técnicas de preparación y observación han cambiado con el tiempo, sin embargo, la finalidad sigue siendo la misma, contar y valorar la periodicidad de las marcas de crecimiento.

El primer reporte de edad utilizando la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela *Istiophorus platypterus*, fue el de Jolley (1974) de ejemplares capturados en la costa de Florida. Se identificaron hasta siete grupos de edad, con predominancia de los grupos tres, dos y cuatro respectivamente. Posteriormente, Jolley (1977) reporta ocho grupos de edad para la misma zona, del cero al siete siendo más abundantes los individuos de los grupos de edad cuatro, tres y cinco de ambos sexos. Menciona que las marcas de crecimiento estuvieron compuestas por una



zona opaca (formada durante primavera–verano) y una zona hialina (formada durante otoño–invierno), y que el pez vela es una especie de rápido crecimiento durante su primer año de vida.

Radtko y Dean (1981), analizaron la estructura externa de los otolitos del pez vela del Atlántico, encontrando marcas que denominaron crestas fuertemente correlacionadas con el peso corporal. La formación de las crestas fue anual y los peces con cuatro crestas fueron los dominantes. Los resultados indicaron que el pez vela desarrolla una gran masa muscular en un periodo corto (< 4 años), similar a lo reportado por Jolley (1977). También hicieron una comparación entre tres métodos usados en la determinación de la edad: el de frecuencia de tallas de Petersen (utilizado por De Sylva, 1957), el de marcas anuales en la espina dorsal (utilizado por Jolley 1977) y el que ellos utilizaron, marcas anuales en otolitos. Comentan que la relación edad–crecimiento en su estudio y por Jolley (1977) presentaron variaciones menos marcadas, en comparación al método de Petersen, reportando que el peso de los organismos a los 3 primeros años, era aproximadamente 50% más que el obtenido en los otros métodos. Concluyendo que estructuras como espinas y otolitos son más adecuadas para describir el crecimiento y estimar edad en el pez vela.

Debido a la importancia del pez vela para la pesca deportiva en las costas de Florida y a la diferencia en el crecimiento a las primeras edades reportada por otros autores, Hedgepeth y Jolley (1983) analizaron la edad y crecimiento del pez vela utilizando cortes transversales de la 4ª espina de la aleta dorsal, llevando a cabo un muestreo más enfocado a establecer la composición de edades y de tallas de la captura de la pesca deportiva, así como describir su tasa de crecimiento. Recolectaron 1071 espinas de las cuales 569 fueron legibles para determinar la edad (259 machos y 310 hembras), encontrando que los peces que tenían 3 y 4 años eran los más abundantes y la distribución de tallas oscilaba entre los 60 a 155 cm de longitud del tronco (distancia de la parte posterior del ojo a la parte anterior de la aleta caudal) estando la mayoría de la muestra entre los



100 y los 145 cm de longitud del tronco. Las longitudes a la edad fueron retrocalculadas utilizando la ecuación propuesta por Tesch (1971) y Ricker (1975) (citados en Hedgepeth y Jolley, 1983). A los datos retrocalculados les ajustaron la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy siguiendo el método propuesto por Ricker (1975), las ecuaciones de crecimiento encontradas por sexo fueron:

$$l_t = 147[1 - \exp(-0.3014)(t + 1.959)] \text{ Machos}$$

$$l_t = 183[1 - \exp(-0.1586)(t + 3.212)] \text{ Hembras}$$

Mencionan que esta especie presenta un crecimiento acelerado durante sus primeros tres años de vida, ya que al parecer después de pasar esta edad los peces alcanzan la madurez sexual y por lo tanto su tasa de crecimiento disminuye.

Prince *et al.* (1986) realizaron un estudio sobre la edad máxima y los métodos para determinar la edad en una hembra de *Istiophorus platypterus* que fue marcada y recuperada 10 años después, utilizaron tanto la 4^a, 5^a, 6^a espina de la aleta dorsal y los otolitos. En las espinas solo se encontraron 5 marcas de crecimiento, mientras que los otolitos proveyeron estimados menos erróneos de la edad ya que se evidenciaron 10 marcas de crecimiento, concluyendo que este organismo fácilmente pudiera tener entre 13-15+ años y que su edad máxima podría ser de más de 20 años.

Alvarado Castillo (1993) determinó la edad y crecimiento para *Istiophorus platypterus* en varias localidades al sur del Golfo de California, La Paz y Cabo San Lucas B.C.S., Mazatlán, Sinaloa, Puerto Vallarta, Jalisco y Manzanillo, Colima. Utilizó la cuarta espina dorsal y concluye que el conjunto de una zona opaca seguida por una hialina, representan un periodo anual, que la formación de la zona opaca ocurría en los meses de verano y otoño y se relacionaba con temperaturas altas, mientras que la zona hialina se formaba en el invierno y se relacionaba con temperaturas bajas. El crecimiento fue de tipo alométrico en un intervalo de tallas de entre 155 y 235 cm de LM, reportando peces de hasta 7 años, siendo los grupos más abundantes los de 3, 2 y 4 años, respectivamente.



Alvarado-Castillo y Félix- Uraga (1998) reanalizando los datos de Alvarado-Castillo (1993) concluyen que durante el primer año de vida, el pez vela tiene una alta tasa de crecimiento, alcanzando hasta 110 cm de LM, lo que representa más del 50% de la longitud infinita estimada. Sin embargo, la carencia de peces juveniles produjo una sobre estimación de la talla promedio para las tres primeras edades, ya que estos no están completamente reclutados a la pesca deportiva.

Los trabajos realizados en la costa sur de Sinaloa sobre pez vela *Istiophorus platypterus* tratan sobre: caracteres merísticos y morfométricos (Osuna-Flores *et al.*, 1986), análisis de capturas (Sánchez-Espinoza y Gutiérrez-Martínez, 1989); aspectos reproductivos (Barcelata *et al.*, 1990) y descripción de su pesquería (Valdez y Luque-Espinoza, 1999).

Macías-Zamora *et al.* (2000) describieron la edad, crecimiento y mortalidad del pez vela *Istiophorus platypterus* en Manzanillo, Colima, ellos estimaron 10 grupos de edad, siendo mas abundantes los grupos 4, 3 y 5. El intervalo de tallas que analizaron fue de 135 a 225 cm de longitud postorbital, los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy fueron $L_{\infty}=177.16$ cm longitud postorbital, $k=0.29/\text{año}$ y $t_0=-0.016$ y el estimado de mortalidad total en el área de estudio fue de $Z=1.09/\text{año}$.

Hernández-Herrera (2001), describe algunos aspectos biológicos del pez vela al Sur del Golfo de California. Entre estos, la edad y crecimiento (tomado de Alvarado-Castillo, 1993), el patrón reproductivo y la composición específica de la dieta. Reconoce una amplia temporada de reproducción, durante primavera hasta principios de invierno, encontrando que la talla de reclutamiento a la reproducción fue a los 175 cm de LD y reconoce a esta especie como un depredador con hábitos generalistas que se alimenta de especies pelágicas que forman cardúmenes en las zonas nerítica y oceánica.



Chiang *et al.* (2004) determinaron la edad y crecimiento del pez vela en aguas de Taiwán, colectaron 1166 espinas. De las cuales 1135 (97%) fueron leídas satisfactoriamente (699 machos y 436 hembras). El análisis del incremento marginal mensual indicó que las marcas de crecimiento se forman una vez por año. Emplearon dos métodos para retrocalcular la longitud (lineal y potencial) y el crecimiento lo describieron por medio del modelo de von Bertalanffy y el modelo de Richards, concluyen que este último presentó un mejor ajuste y que es más apropiado para describir el crecimiento del pez vela capturado en esta zona. También encuentran que el crecimiento difiere significativamente entre sexos; las hembras crecen mucho más rápido y a mayores tallas que los machos, la máxima talla que encontraron para una hembra fue de 232 cm LM, mientras que para machos fue de 221 cm LM. Los grupos de edad encontrados en este trabajo difieren con los encontrados por otros autores ya que encuentran individuos de hasta 12 años siendo los más abundantes los machos de los grupo 4 y hembras del grupo 5. Esta diferencia es resultado de un ajuste al número de marcas de crecimiento leídas (8 marcas máxima), en función al tamaño de la zona de vascularización de la espina.

Hoolihan (*com. pers.*)(Environmental Research and Wildlife Development Agency P.O. Box 45553 .Abu Dhabi, United Arab Emirates), determinó la edad y el crecimiento del pez vela *Istiophorus platypterus* en el Golfo de Arabia (Golfo Pérsico), encuentra 9 grupos de edad (0-8), siendo más abundantes los organismos del grupo de edad 1 y 0 respectivamente, el intervalo de tallas reportado por este autor para machos es de 129 a 199 cm de LM, para hembras de 125 a 177 cm LM. El ajuste del modelo de crecimiento de von Bertalanffy indicó que la especie tiene una tasa de crecimiento acelerada durante sus dos primeros años de vida, menciona que cuando la longitud se estabiliza para los machos las hembras continúan creciendo, tanto en longitud como en peso.



En el presente trabajo se estima la edad, se describe el crecimiento y se estima la mortalidad total del pez vela, utilizando las marcas de crecimiento en cortes transversales de la 4ª espina de la aleta dorsal.



PROBLEMA

Debido a la naturaleza migratoria y amplia distribución geográfica, los peces de pico son capturados por flotas de varios países. Aunado a esto, la práctica de la pesca comercial y deportiva ha provocado un conflicto de intereses en algunos países, haciendo muy difícil la toma y aplicación de medidas para administrar esta pesquería, en este aspecto México no es la excepción. Además, la información biológica con la que se cuenta es escasa, lo que hace necesario estudios como el que aquí se plantea, que aborden la dinámica poblacional de las especies explotadas y los resultados obtenidos sirvan como base a las autoridades en la toma de medidas necesarias para la explotación racional del recurso.

Por lo anterior se plantean las siguientes preguntas de investigación: 1). ¿Cuál es la edad predominante del pez vela capturado en las costas de Mazatlán, Sinaloa?; 2). ¿Cuáles son los parámetros de crecimiento del pez vela?; y 3). ¿Cuál es la mortalidad total del pez vela?



OBJETIVO

Estimar la edad, describir el crecimiento individual y estimar la mortalidad total del pez vela *Istiophorus platypterus* capturado por la flota de pesca deportiva en la costa de Mazatlán, Sinaloa.

Metas específicas:

- Estimar la estructura por tallas y evaluar la diferencia entre sexos.
- Establecer la relación peso-longitud.
- Determinar si la 4ª espina de la aleta dorsal refleja adecuadamente el crecimiento, estableciendo una relación entre la longitud del pez y el radio de la espina.
- Determinar la edad de acuerdo al número de marcas de crecimiento en los cortes transversales de la 4ª espina de la aleta dorsal.
- Determinar cualitativa y cuantitativamente la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento, utilizando el tipo de borde de la espina y el ancho de la banda marginal.
- Estimar la longitud a edades pretéritas.
- Estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy utilizando los datos de edad y longitud.
- Estimar la estructura por edades.
- Estimar la mortalidad total.



MATERIAL Y MÉTODOS

Durante septiembre de 2002 a agosto de 2003, se realizaron muestreos semanales en los desembarcos de la captura de pez vela de la flota deportiva que opera en el área de Mazatlán, Sinaloa. La flota deportiva emplea el método tradicional de pesca superficial, en donde por lo general se utilizan dos a cuatro líneas con carnada artificial (curricán) o carnada viva por embarcación.

El área donde opera la flota deportiva es de aproximadamente 6000 km² (latitudes 22° 40' N y 23° 38' N a los 105° 50' W y 106° 45' W). Teniendo como punto de partida el puerto de Mazatlán y en dirección suroeste con una distancia de 40 millas de radio (Barcelata-Ortiz *et al.*, 1990).

La flota de pesca deportiva ha ampliado su radio de acción hasta las 50 millas náuticas, de acuerdo al decreto publicado por la secretaria de pesca en 1984. De esta manera la zona de pesca de la flota de pesca deportiva con base en el puerto de Mazatlán, Sinaloa, tiene como límite aproximado al sur el sistema lagunar Huizache-Caimanero (23° 11' N-106° 05' W) y al norte entre las localidades de Marmol y Dimas (24° 14' N-106° 46' W) (Fig. 1).

A cada organismo muestreado se le midió la longitud furcal (LF) (de la mandíbula superior a la furca), la longitud mandibular (LM) (de la mandíbula inferior a la furca), y la longitud postorbital (LD) (del límite posterior del ojo a la furca), utilizando una cinta métrica flexible (± 1 cm) (Fig. 2). El peso total se registró usando una balanza de resorte con capacidad de 100 kg (± 0.1 kg). Se asignó el sexo y el estadio de madurez por apreciación visual de las gonadas al momento de ser eviscerados. También se recolectó la 4^a espina de la aleta dorsal para la determinación de la edad. Las espinas fueron secadas al sol para eliminar la mayor cantidad de tejido muscular y piel. Las gonadas y el estómago se preservaron en formol al 10% y las espinas se etiquetaron y se guardaron en seco hasta su procesamiento.



Figura 1. Área de pesca de la flota deportiva con base en el puerto de Mazatlán, Sinaloa, México.

En el laboratorio, a las espinas se les midió el ancho de la base del cóndilo y el 50% y 25% de esa distancia se marco sobre el largo de la espina a partir de la base del cóndilo (Fig. 3). En esa área se obtuvieron dos cortes transversales de aproximadamente 0.6 mm de ancho, utilizando una cortadora Isomet Buehler de baja velocidad con navaja de filo de diamante de 10.16 cm de diámetro. Los cortes fueron almacenados durante dos semanas en alcohol etílico para eliminarles la grasa (Prince *et al.*, 1986), posteriormente se secaron al ambiente y se montaron en portaobjetos de vidrio con resina sintética.

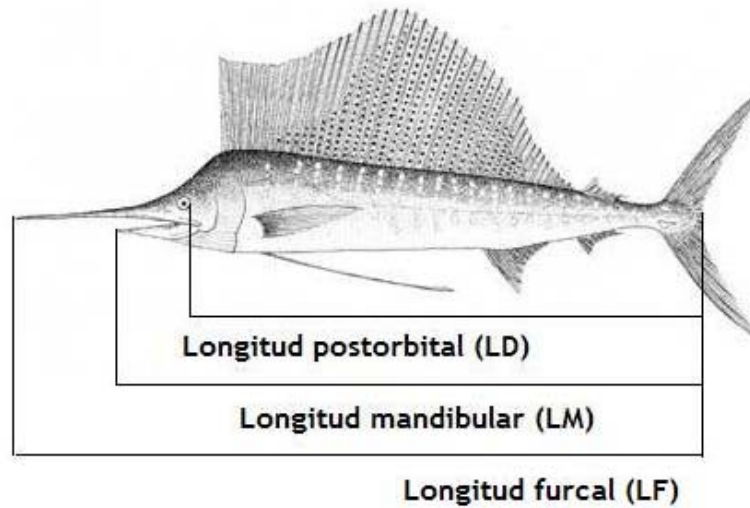


Figura 2. Medidas registradas del pez vela *Istiophorus platypterus* capturado en la costa sur de Sinaloa, México.

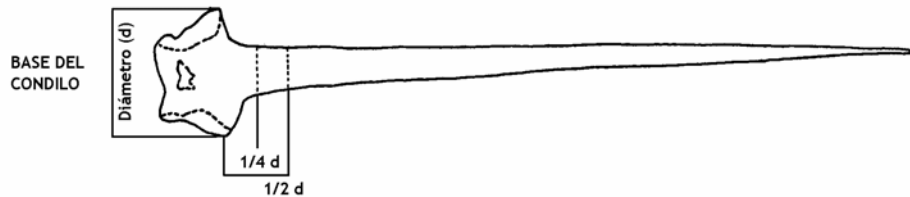


Figura 3. Esquema de la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela.

Estructura por tallas

La longitud mandibular fue la medida que se considero más apropiada para describir la estructura de tallas, debido a que es la que presenta menos variaciones, además en algunos ejemplares al momento de ser capturados presentan el pico roto ocasionando problemas para medir la longitud furcal. La longitud mandibular se agrupó en intervalos de 10 cm y se evaluó su normalidad con una prueba Kolmogorov-Smirnov; posteriormente se contrastó la distribución de tallas por sexo aplicando una prueba Walt-Wolfowitz.



Relación peso-longitud

Para evaluar la relación peso – longitud se utilizó la siguiente ecuación:

$$PT = a * LM^b$$

Donde:

PT = Peso total

LM = Longitud mandibular

a = Ordenada al origen o factor de condición

b = Pendiente o parámetro de alometría (Hilborn y Walters, 1992)

Para estimar los coeficientes (*a* y *b*) de la regresión lineal se empleó el método de ajuste de mínimos cuadrados transformando logarítmicamente (base 10) los datos de talla y peso. Esta relación se estimó por sexo y sus diferencias se evaluaron con un análisis de covarianza (ANCOVA) del programa STATISTICA. Para conocer el tipo de crecimiento del pez vela se comparó el valor del coeficiente ó parámetro de alometría utilizando una prueba t.

Relación longitud del pez y radio de la espina

Para evaluar la proporcionalidad entre el crecimiento somático y de la espina se estimó la relación LM y radio del corte de la espina (distancia del foco al borde de la espina), se midió sobre la imagen digitalizada de la espina utilizando el programa Sigma Scan Pro 5. El sistema digitalizador consistió de un microscopio estereoscopio, conectado a una cámara de video y esta a su vez a una computadora y a un monitor de alta resolución. Las imágenes se capturaron a 12X de aumento utilizando luz transmitida (Fig. 4). El radio de la espina se agrupó en intervalos de 3 mm y se obtuvo el promedio de LM para cada intervalo (Ehrhardt, 1992; Melo-Barrera, *et al.*, 2003).

$$LM = a + b * RE$$

Donde:

LM = Longitud mandibular

RE = Radio de la espina

a = Punto de intersección con el eje LM

b = Pendiente de la recta



Los coeficientes de la regresión lineal se estimaron a través de mínimos cuadrados y la proporcionalidad entre las variables se evaluó con el coeficiente de determinación.

Determinación de la edad

Para determinar la edad, las imágenes de los cortes de las espinas se desplegaron en un monitor de alta resolución y las marcas de crecimiento se contaron por dos lectores de manera simultánea. Una marca de crecimiento consistió de una zona opaca y una zona hialina. En los casos que no hubo coincidencia en el número de marcas de crecimiento, la espina fue descartada para los análisis posteriores. Durante este proceso, también se registró el tipo de borde (opaco o hialino) de la espina y se marcaron los radios a cada marca de crecimiento y al radio total (R_i , margen externo de la banda hialina: R_T , radio total) para su posterior medición.

Periodicidad de las marcas de crecimiento

Para determinar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento se emplearon dos métodos, uno cualitativo y otro cuantitativo. El primero consistió en estimar el porcentaje mensual de espinas con borde opaco en el cual se utilizaran todos los grupos de edad, valores mínimos indicaron el momento de formación de una marca de crecimiento. El segundo método consistió en analizar el promedio mensual del incremento marginal (Campana, 2001).

$$IM = [(RE - R_n) / (R_n - R_{n-1})] * 100$$

Donde:

RE= Radio de la espina

R_n = Radio a la última marca de crecimiento

R_{n-1} = Radio a la penúltima marca de crecimiento



Retrocálculo de longitudes

La pesca deportiva esta dirigida hacia organismos de tallas grandes, los organismos de tallas pequeñas están poco o no representados en la captura. El utilizar la talla a la edad de los organismos muestreados produce una sobre estimación de la talla promedio para las primeras edades, para reducir este sesgo en la talla estimada se utilizó el retrocálculo de la longitud a edades pretéritas.

Para el retrocálculo de lo longitud se midió, sobre la imagen digitalizada de la espina, el radio a cada marca de crecimiento (R_i) utilizando el programa Sigma Scan Pro 5.0 (Fig. 4). Estas medidas fueron incorporadas a la ecuación propuesta por Fraser (1916) y Lee (1920) (Citados en Duncan, 1980).

$$LM_i = a + (LM_c - a)RE / R_i$$

Donde:

LM_i = LM al tiempo de formación de la i^a marca de crecimiento

a = Constante de proporcionalidad, punto de intercepción de la relación LM-RE

LM_c = LM al momento de la captura

RE = Es la distancia medida al radio de la espina

R_i = Es la distancia medida al radio i

Para el cálculo de la constante a , se empleó el método de Duncan (1980):

$$a = \frac{R_1(\ln L_2) - R_2(\ln L_1)}{R_2 - R_1}$$

Donde:

R_1 = Radio más pequeño para el intervalo de talla

R_2 = Radio más grande para el intervalo de talla

L_1 = LM del pez más pequeño para el intervalo de talla

L_2 = LM del pez más grande del intervalo de talla



Los intervalos de talla se seleccionaron de acuerdo a la tendencia de la estructura de talla acumulada con la finalidad de obtener un mejor ajuste en la talla retrocalculada para los primeros grupos de edad.

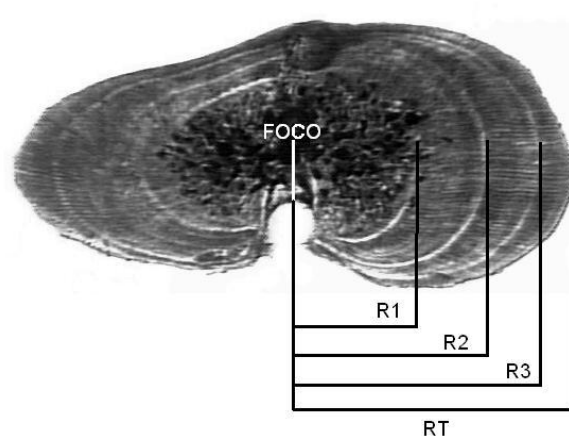


Figura 4. Marcas de crecimiento, radios parciales y total en los cortes de la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela (R^1 = Radio a la marca 1; R^2 = Radio a la marca 2; R^3 = Radio a la marca 3).

Crecimiento

Para describir el patrón de crecimiento del pez vela se ajustó el modelo de von Bertalanffy a los datos de edad y LM retrocalculada, ya que este modelo se ajusta a un amplio intervalo de patrones de crecimiento y sus parámetros tienen un significado fisiológico. La formulación del modelo es:

$$LM_t = LM_{\infty} \left[1 - \exp(-k^{(t-t_0)}) \right]$$

Donde:

LM_t = Longitud mandibular a la edad t

LM_{∞} = Longitud mandibular asintótica (teórica)

k = Tasa anual de crecimiento

t_0 = Edad teórica cuando la longitud es igual a 0

t = Edad

Utilizando el modelo de crecimiento se estimó por edad la tasa de crecimiento.



Estructura por edades

Para estimar la estructura de edad de la captura del pez vela desembarcado en la costa de Mazatlán, Sinaloa, por la flota de pesca deportiva, se elaboró una clave edad longitud para asignar edad a los organismos que no se les recolectó la espina. La estructura por edad se construyó con base a la frecuencia de aparición de cada grupo de edad del total de la muestra.

Mortalidad

Para la estimación de la mortalidad total (Z) del pez vela en el periodo del 2002 al 2003 se empleó el método de la curva de captura linealizada, basada en la composición por edades (Sparre y Venema, 1989).

$$\ln C(t_1, t_2) = a - bt$$

Donde:

$C_{(t_1, t_2)}$ = Número de organismos por edad

t = Edad en años

El valor de la pendiente (b) es un estimado promedio de la mortalidad Z .



RESULTADOS

En el área de Mazatlán, Sinaloa, el pez vela *Istiophorus platypterus* es la especie más capturada por la flota deportiva durante todo el año, aunque su disponibilidad varía estacionalmente. Durante septiembre de 2002 a agosto de 2003 se midieron y pesaron 572 ejemplares de pez vela en los desembarques de la pesca deportiva y se recolectaron 547 espinas para la determinación de la edad. La disponibilidad del pez vela, para la pesca deportiva, presentó un patrón estacional bien definido, siendo mayor durante el periodo cálido (mayo-noviembre) y durante el resto del año (periodo frío) su abundancia se reduce significativamente (Fig. 5).

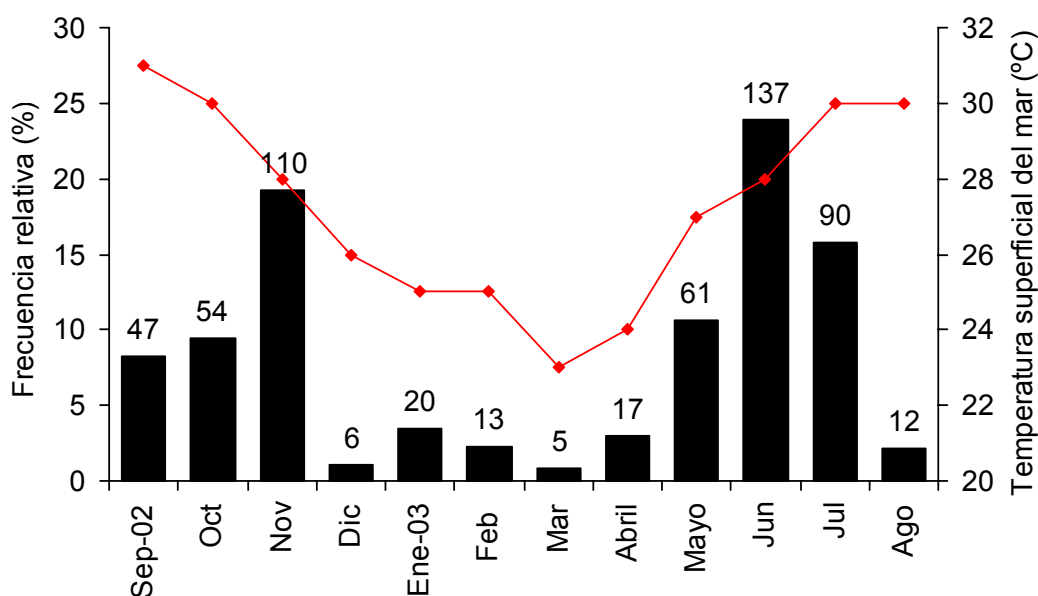


Figura 5. Temperatura superficial del mar (TSM) y tamaño de muestra por mes del pez vela durante el periodo de septiembre del 2002 a agosto del 2003, en el área de Mazatlán, Sinaloa. El número sobre las barras indica los ejemplares muestreados. La TSM fue obtenida de la base de datos atmosféricos de la NOAA (http://www.saa.noaa.gov/cocoon/nsaa/products/search?datatype_famiy=sst14NA&submit.x=21&submit.y=15).

Estructura por tallas

La distribución de la frecuencia de tallas del pez vela, capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, varió entre 109 a 229 cm de LM, con un promedio de 185



cm de LM. El 89.5 % de los organismos estuvieron en un intervalo de talla de 175 a 205 cm LM (Fig. 6).

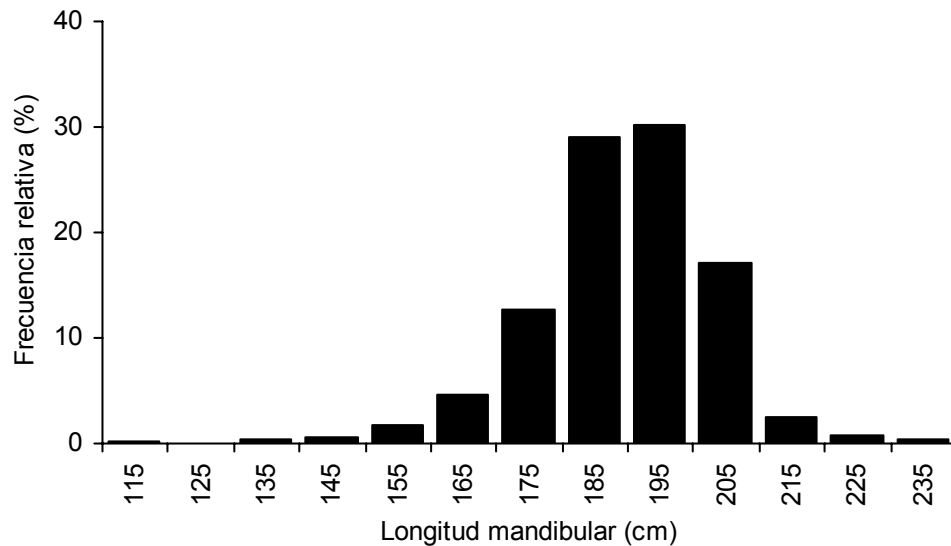


Figura 6. Distribución de tallas del pez vela en la costa sur de Sinaloa, México.

Para evaluar el efecto del sexo en la longitud, se contrastó la estructura de tallas por sexo mediante la prueba de Wald Wolfowitz. Las diferencias en longitud fueron significativas ($Z=9.04$, $p<0.05$) (Fig. 7). Se apreció que se capturaron más hembras en los intervalos de mayor longitud.

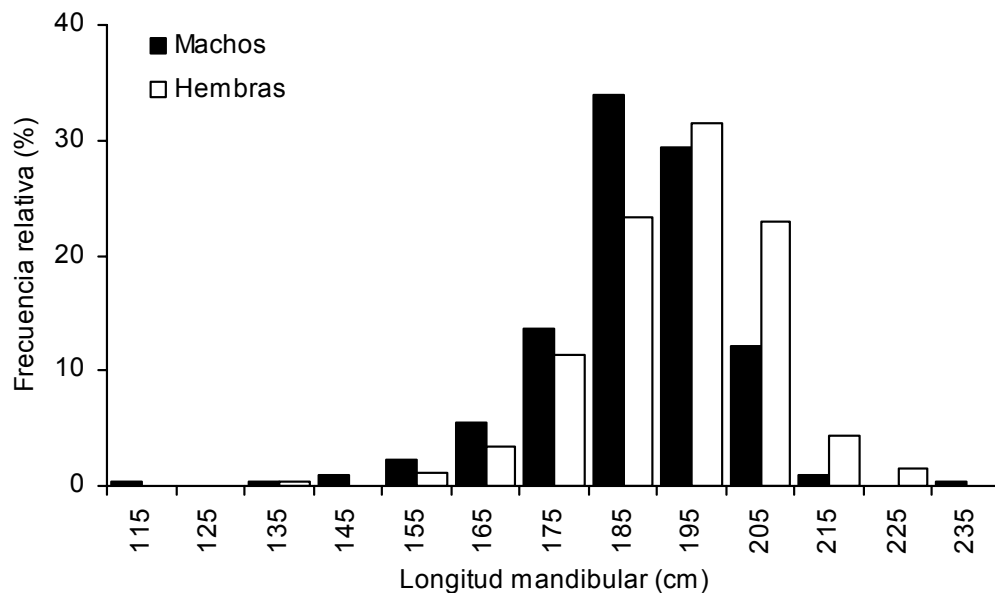


Figura 7. Distribución de tallas del pez vela por sexo, en la costa sur de Sinaloa, México.



Al evaluar el patrón estacional de la estructura de tallas, considerando un periodo cálido durante mayo a noviembre, y un periodo frío de diciembre a abril, la prueba Wald-Wolfowitz también identificó diferencias significativas en longitud ($Z=4.9$, $p<0.05$) (Fig. 8).

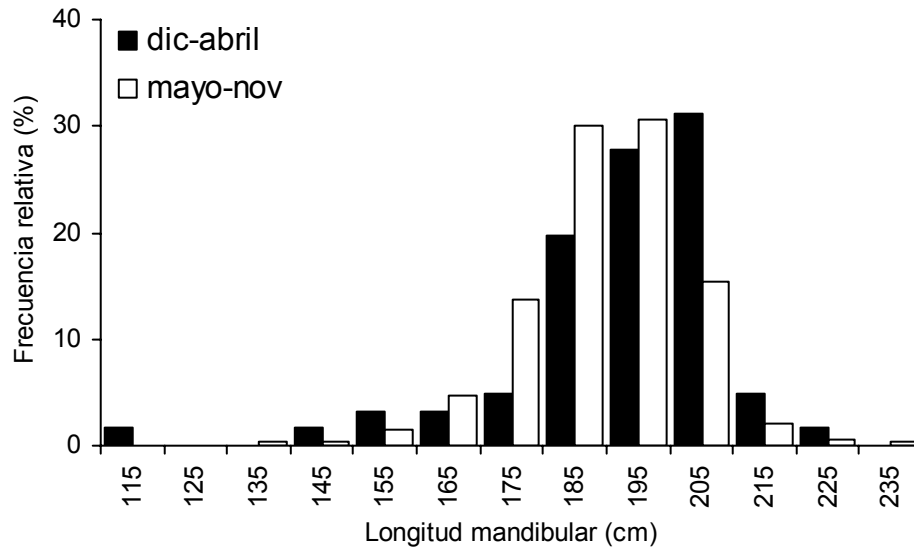


Figura 8. Distribución de tallas estacional del pez vela, en la costa sur de Sinaloa, México.

Al detectar estas diferencias estacionales en la longitud, se procedió a evaluar la estructura de tallas por sexo en cada uno de los periodos. Las diferencias en longitud durante el periodo frío (promedio machos LM=172.2 cm, promedio hembras LM=192.6 cm) fueron significativas (Wald-Wolfowitz, $Z=2.18$, $p<0.05$) y la proporción de H:M fue de 3.35-1 (Fig. 9).

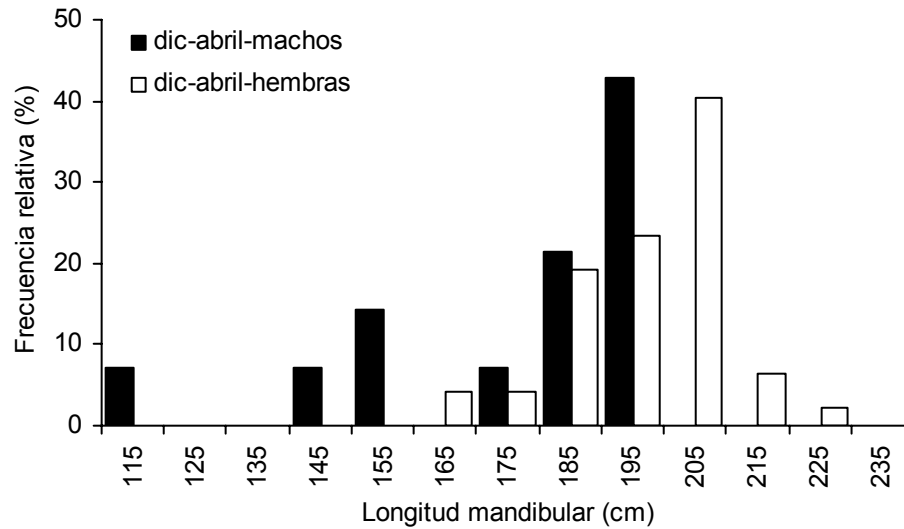


Figura 9. Distribución de tallas del pez vela por sexo en el periodo frío (diciembre-abril), en la costa sur de Sinaloa, México.

Mientras que durante el periodo cálido, la diferencia en la estructura por tallas por sexo no fue significativa (machos LM=182.9 cm, hembras LM=186.7 cm; Wald-Wolfowitz, $Z=0.89$, $p>0.05$) y la proporción H:M fue de 0.73-1 (Fig. 10).

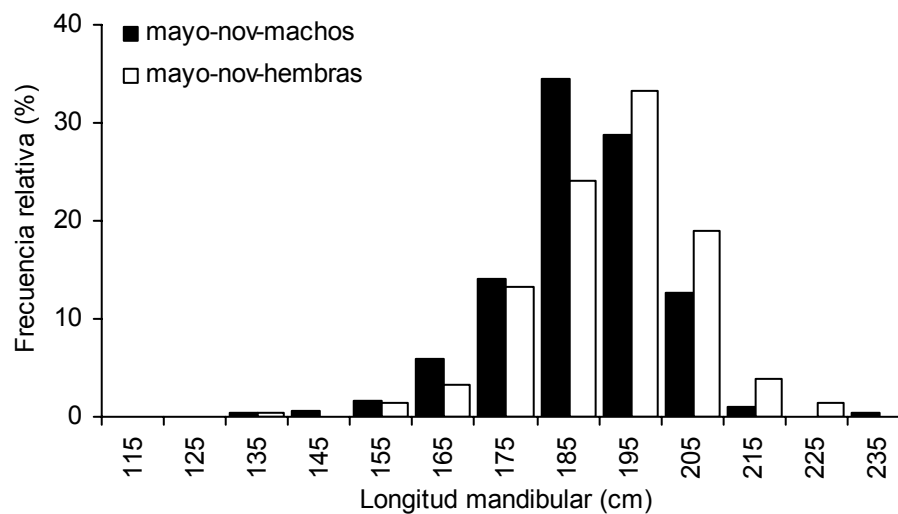


Figura 10. Distribución de tallas del pez vela por sexo en el periodo cálido (mayo-noviembre), en la costa sur de Sinaloa, México.



Relación peso-longitud

El pez vela capturado en Mazatlán, Sin., presentó un intervalo de peso entre 5 y 45 kg con una moda en 20 kg, tanto para sexos combinados, machos y hembras (Fig. 11).

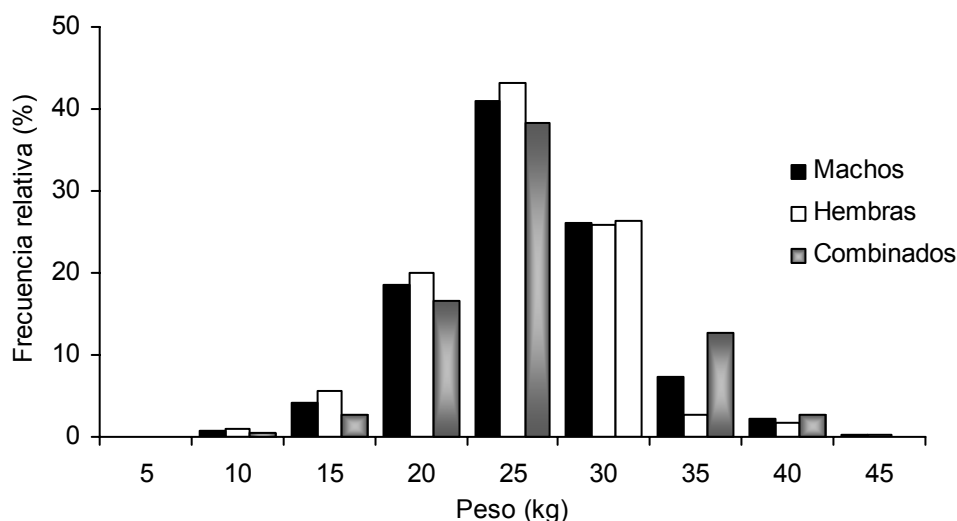


Figura 11. Distribución de pesos del pez vela *Istiophorus platypterus* para sexos combinados, machos y hembras.

La relación PT-LM del pez vela se estimó para sexos separados y se aplicó un análisis de covarianza para evaluar sus diferencias. Las diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$), por lo que se obtuvo una relación general sin considerar el sexo de los individuos (Fig. 12).

En la tabla 1 se muestran los parámetros de la relación PT-LM encontrados para sexos combinados, machos y hembras. Se aplicó una prueba t para evaluar el coeficiente de alometría. El valor de la pendiente de la relación PT-LM fue $b=2.64$ siendo significativamente diferente de 3 (prueba t, $p < 0.05$) por lo que el pez vela capturado por la flota de pesca deportiva en Mazatlán, Sin., presenta un crecimiento de tipo alométrico en el intervalo de longitud analizado.

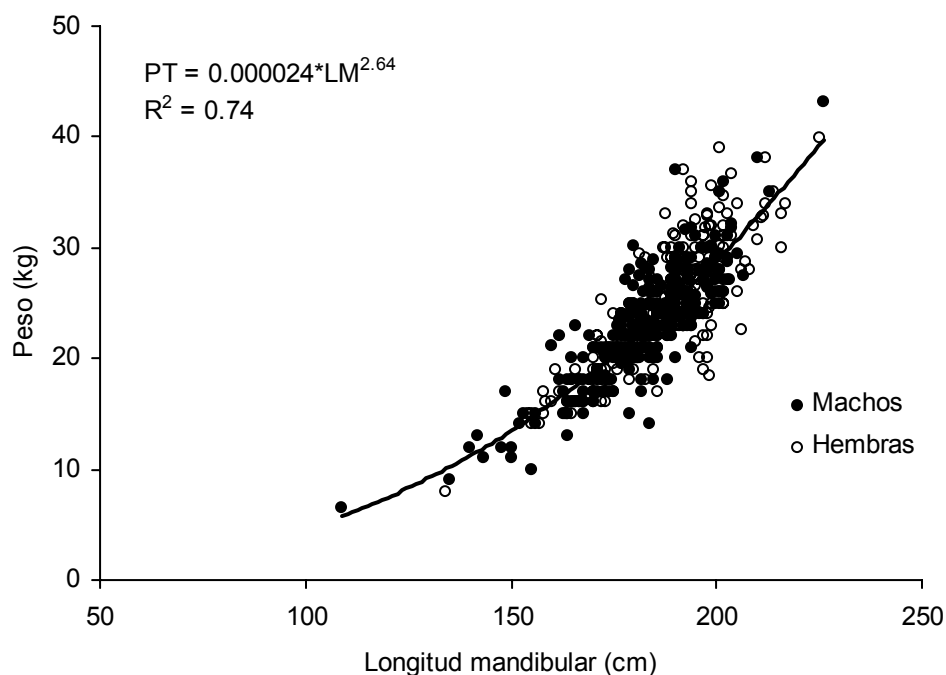


Figura 12. Relación peso-longitud mandibular del pez vela *Istiophorus platypterus* capturado por la flota de pesca deportiva en la costa sur de Sinaloa, México.

Tabla 1. Valores de los parámetros en la relación PT-LM del pez vela en la costa sur de Sinaloa.

	Machos	Hembras	Combinados
a	0.0000238	0.0000226	0.0000235
b	2.64	2.65	2.64
R ²	0.77	0.69	0.74
n	299	253	560
indiferenciados			12



Relación longitud mandibular radio de la espina.

La tendencia del promedio de la longitud mandibular por intervalo de 0.3 mm del radio de la espina (LM-RE), muestra que existe una proporcionalidad significativa ($p < 0.05$) entre estas dos variables ($LM = 89.53 + 22.38 * RE$). Esta relación justifica la utilización de la espina para describir el crecimiento del pez vela, ya que a un mayor radio de la espina le corresponde una mayor longitud (Fig. 13).

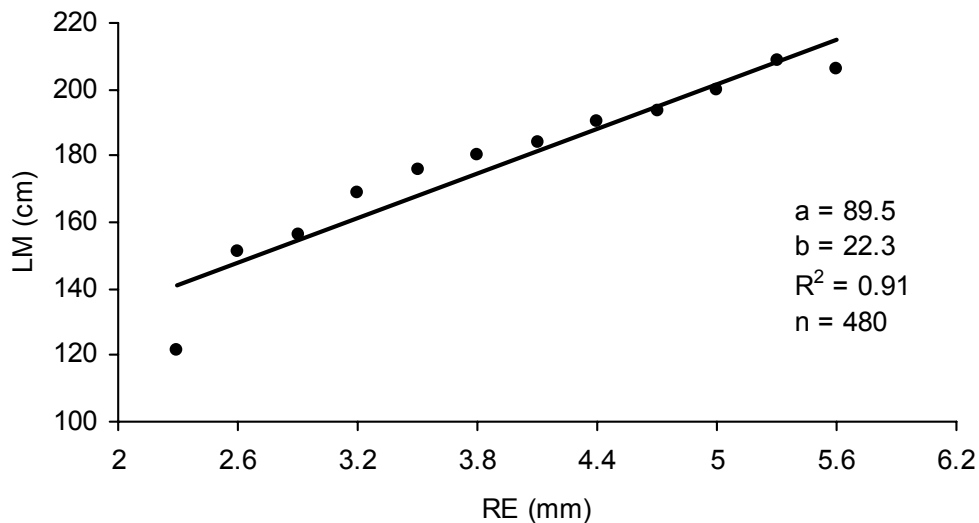


Figura 13. Relación entre la longitud mandibular y el radio de la espina del pez vela.

Determinación de edad

De las 547 espinas que se recolectaron para la determinación de la edad, 480 (87.7%) se leyeron satisfactoriamente. En el conteo de las marcas de crecimiento en los cortes de las espinas se identificaron hasta 7 marcas, correspondientes a los grupos de edad del 1 al 7. El grupo de edad 4 fue el que predominó en las capturas, seguido por el 3 y el 5, los grupos 1 y 7 fueron muy escasos (Tabla 2).



Tabla 2. Número de marcas de crecimiento encontradas en los cortes de la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela.

Marcas	Frecuencia	Porcentaje
1	1	0
2	26	5
3	133	28
4	189	39
5	96	20
6	32	7
7	3	1
N	480	100

Determinación de la periodicidad de las marcas de crecimiento

Al analizar el porcentaje mensual de espinas con borde opaco, se observó una disminución importante en primavera, periodo en el cual se presenta el máximo en el incremento marginal (Fig. 14). Esto sugiere que el patrón de formación de las marcas de crecimiento es anual. La zona hialina se asocia a un lento crecimiento somático debido a que gran parte de la energía destinada a este proceso fisiológico es utilizado en la reproducción y por el contrario, la zona opaca es depositada durante el periodo de rápido crecimiento (Fig. 14).

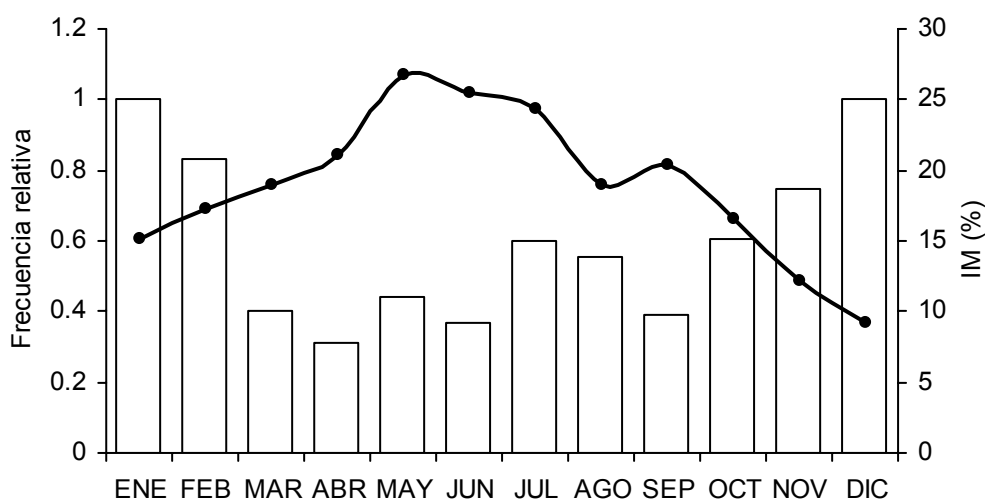


Figura 14. Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento (Barras: % de bordes opacos; Línea: incremento marginal).



Al comparar el cambio mensual del incremento marginal contra la temperatura superficial del mar se apreció el patrón antes mencionado. Se observó que cuando la temperatura superficial del mar presenta valores debajo de los 28 °C ocurre el máximo en el incremento marginal y por el contrario, cuando las temperaturas son mayores a 28 °C se presentaron los valores máximos de espinas con borde opaco. Estos resultados sustentan que la formación de una marca de crecimiento es anual (Fig. 15).

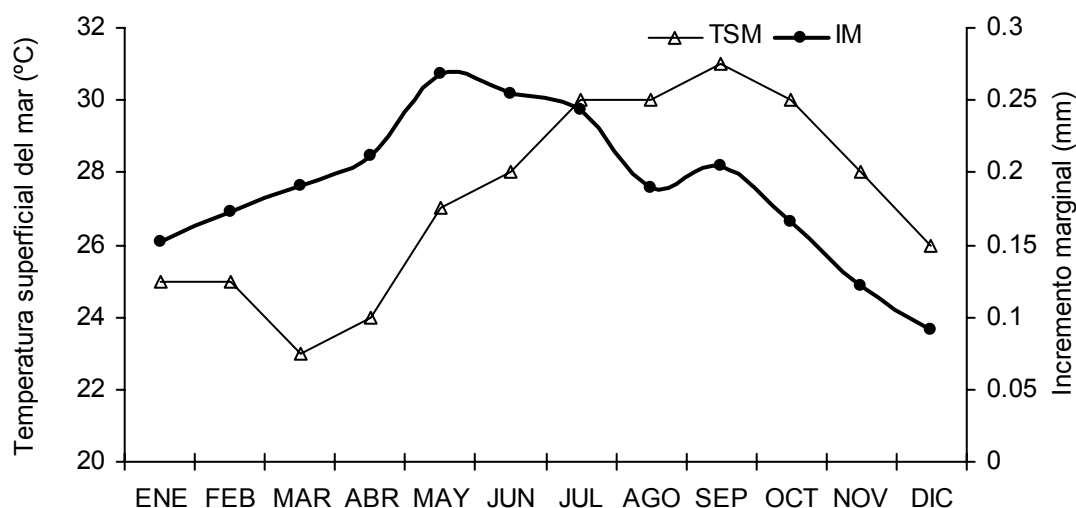


Figura 15. Incremento marginal IM (mm) y temperatura superficial del mar (°C), para el periodo de estudio.

Retrocálculo de la longitud

Para el retrocálculo de la longitud se estimó el valor de “a” (intercepción de la relación LM-RE) por intervalo de longitud (Duncan, 1980). Se seleccionaron cinco intervalos de acuerdo al cambio en la estructura de tallas acumulada y se utilizó cada valor de “a” dependiendo de su intervalo de talla, los estimados del valor de “a” se muestran en la Tabla 3. Las tallas observadas por grupo de edad son mayores a las retrocalculadas, siendo muy notoria esta diferencia, en los primeros 4 grupos de edad, ya que a partir del grupo de edad 5 tienden a ser similares (Tabla 4, Fig. 16).



Tabla 3. Valores de la constante a por intervalo de talla, utilizada para el retrocálculo.

Intervalo de talla	a
109-142	6.99
143-159	10.87
160-180	9.49
181-200	14.75
>200	20.62

Tabla 4. Promedio de tallas retrocalculadas y observadas del pez vela en la costa sur de Sinaloa.

Edad	LM retrocalculada	LM observada
1	105	109
2	136	158
3	160	177
4	176	186
5	186	191
6	199	203
7	214	217

Estimación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy

Para describir el patrón de crecimiento del pez vela se ajustó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy a los datos de edad y LM retrocalculada. El diagrama de dispersión de la LM retrocalculada a la edad presentó una secuencia positiva de la LM con la edad. Esta tendencia se observó tanto en las tallas observadas como en la retrocalculadas (Fig. 16).

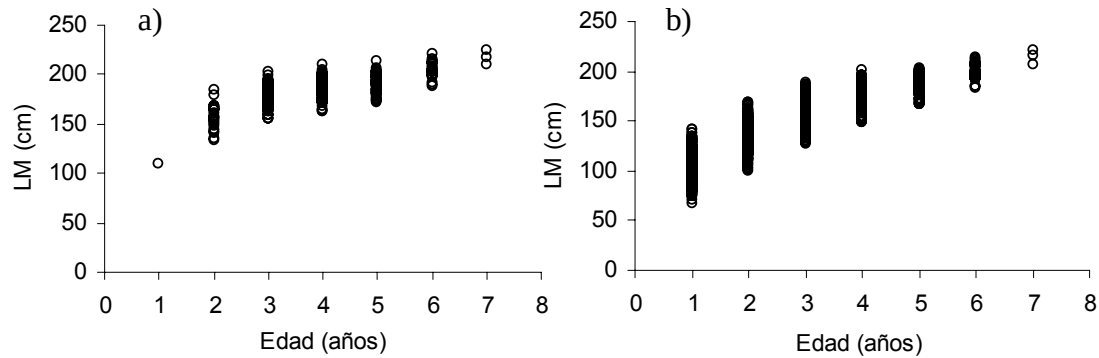


Figura 16. a) Longitud mandibular observada y b) retrocalculada por grupo de edad del pez vela.

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy se ajustó a los datos promedio de edad-LM retrocalculada por sexos separados, para evaluar el efecto del sexo en el crecimiento, una prueba Chi-cuadrado indicó que el efecto no fue significativo ($X^2 = 1.987$, $p > 0.05$) (Fig. 17).

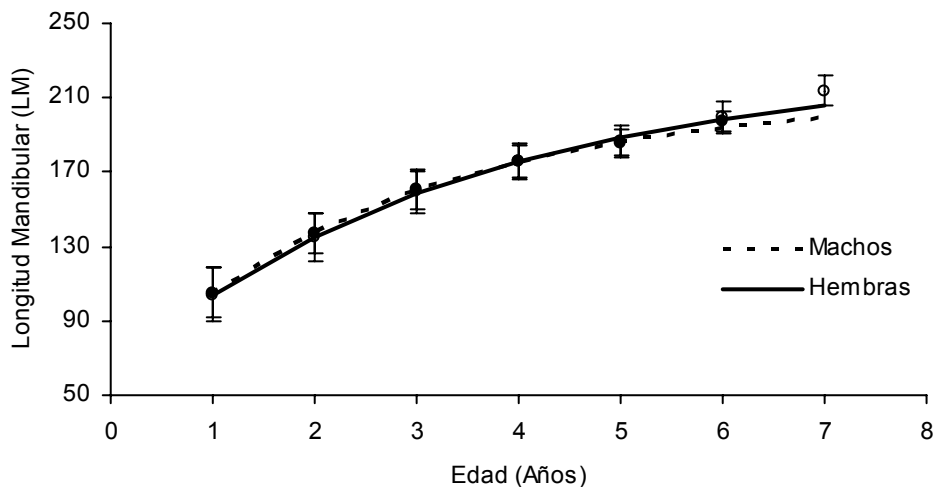


Figura 17. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de pez vela (círculos rellenos: promedio LM machos; círculos vacíos: promedio LM hembras; barras verticales desviación estándar).

Por lo anterior, el modelo de crecimiento se ajustó a todos los datos sin considerar el sexo (Fig. 18). Se observó que el pez vela tiene una tasa de crecimiento rápida durante sus primeros tres años de vida, alcanzando en



promedio 34 cm por año y a partir de la edad 4 el crecimiento se estabilizó en 13 cm por año.

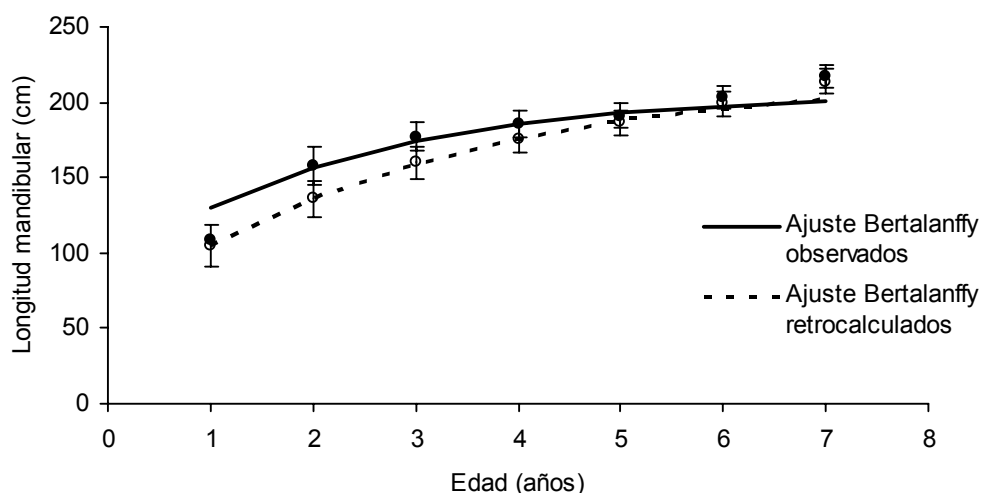


Figura 18. Modelo decrecimiento de von Bertalanffy con datos observados y retrocalculados de longitud mandibular del pez vela *Istiophorus platypterus*. (Círculos rellenos: promedio LM observada; círculos vacíos: promedio LM retrocalculada; barras verticales desviación estándar).

A pesar de que para los datos observados el modelo se ajusta adecuadamente ($LM_{\infty}=207$ cm, $K=0.42$ por año, $t_0=-1.35$ años, $R^2=0.54$), pero al utilizar los datos retrocalculados la varianza explicada de la longitud por edad se incrementó significativamente ($LM_{\infty}=219.5$ cm, $K=0.32$ por año, $t_0=-1$ años, $R^2=0.86$). Al observar la frecuencia acumulada de talla para los datos de longitud retrocalculados, la LM al 50% es 149 cm y le corresponde 3 años de edad. Esta talla sería una estimación promedio de la talla de reclutamiento a la pesca. Cuando se calculó esta talla con los datos observados resultó una LM de 175 cm, la diferencia entre estos dos valores reflejó la magnitud de la sobre estimación del crecimiento a edades tempranas utilizando los datos observados para estimar los parámetros de crecimiento.

Estructura por edades y mortalidad total

Utilizando una clave edad longitud, se asignó la edad a los organismos que no se les recolectó espina para su determinación de edad, así como a los organismos cuya espina se desechó durante la lectura y se estimó la estructura



por edades de la captura del pez vela (Fig. 19). Durante el periodo de estudio se encontraron individuos de 1 a 7 años de edad, siendo los de 4 años los más abundantes, representando el 39%. Los grupos de edad de 3 y 5 años le siguen en orden de importancia, representando el 28% y 20% respectivamente. Los grupos de edad 1, 2, 6 y 7 años estuvieron poco representados (13%).

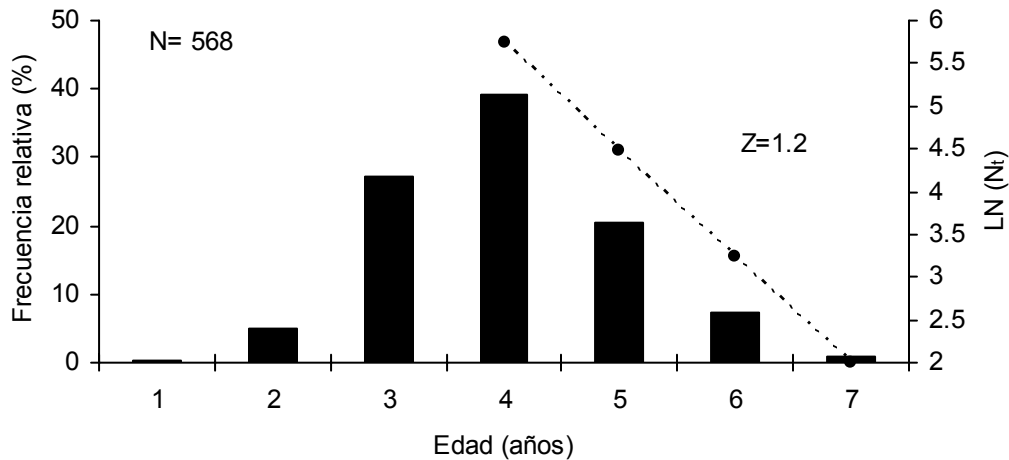


Figura 19. Porcentaje de aparición de los grupos de edad en la muestra de pez vela de la costa sur de Sinaloa.

Para la estimación de la mortalidad total (Z) se utilizó el número de individuos desde la edad de 4 a 7 años y resultó un valor de $Z=1.2$.



Discusión

Estructura por tallas.

El intervalo de tallas sobre el cual incide la pesca deportiva en el área de Mazatlán, Sin., es reducido (Fig. 6), debido a que esta actividad está enfocada a obtener organismos de tallas grandes, por lo que en los muestreos es difícil obtener información de organismos pequeños esto debido a que ejemplares menores de 100 cm de LM son escasos y esto puede ser resultado de que aun no se reclutan a la pesca y/o que son liberados por no ser un trofeo adecuado por su talla, por lo que no son reportados en las capturas.

En el presente trabajo encontramos organismos desde los 109 a los 229 cm de LM, se identificaron diferencias significativas en la estructura de tallas por sexo, y esta diferencia tuvo su origen en la estructura de tallas de las hembras durante el periodo frío. No obstante que durante ese periodo la disponibilidad del recurso disminuye, las hembras son más grandes que los machos y también más abundantes (H:M de 3.35:1). Este tipo de diferencias también han sido reportadas en diferentes regiones. Jolley (1974) comenta, que en la costa de Florida, las hembras del pez vela son más grandes que los machos y que la proporción de sexos cambia apreciablemente durante el periodo frío (diciembre-mayo) ya que el 65% (412 organismos) de la muestra examinada fueron hembras.

Hedgepeth y Jolley (1983) detectaron diferencias en talla, principalmente cuando los organismos llegan a los dos años de edad. Comentan que las hembras crecen más que los machos y que muestran mayor variación en longitud y peso. Estiman valores de longitud y peso desde la edad uno (machos 90 cm LT y 5.7 kg; hembras 92 cm LT y 9.1 kg) hasta la edad seis en machos (135 cm LT y 19.3 kg) y hasta la edad siete en hembras (151 cm LT y 34.6 kg). Chiang *et al.* (2004) para las costas de Taiwán, reportan diferencias en talla por sexo, mencionan que las hembras (80 a 232 cm LM) son significativamente más grandes que los machos (78 a 221 cm LM). Mientras que Hoolihan (*com. pers.*) para el pez vela en el Golfo



de Arabia encuentra que las hembras exhiben un intervalo de tallas mayor de 129 a 199 cm LM, mientras que para machos es de 125 a 177 cm LM.

Las evidencias sugieren que existe una diferencia real en la talla por sexo del pez vela, las hembras alcanzan tallas mayores que los machos. En el área de estudio se detectó tal diferencia durante el periodo frío (invierno-primavera), a causa de que los machos durante ese periodo son menos abundantes y de menor talla que las hembras. Suponemos que los machos realizan migraciones más activas que las hembras hacia las zonas de alimentación (por ejemplo Mazatlán) y hacia zonas de reproducción (sur de la costa mexicana del Pacífico). Las hembras que no han desarrollado las gónadas lo suficiente para reproducirse permanecen en la zona de alimentación ya que los estadios registrados no exceden la fase II. Eso podría caracterizar a la zona de Mazatlán como una zona de transición, también reconocida por otros autores como zona de alimentación (Rosas-Alayola, 2002; Arizmendi-Rodriguez, 2004) para el pez vela donde su principal alimento se basa en *D. gigas* y *Argonauta spp.*

Por otro lado, Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) analizan un intervalo de tallas más reducido del pez vela en el Golfo de California que el analizado en el presente trabajo, incluyen tallas más grandes (155 a 235 cm LM) y no encuentran diferencias en talla por sexo. Comentan que en la zona de Mazatlán, La Paz y Cabo San Lucas se presentan los organismos de tallas más pequeñas durante abril, mayo y junio, coincidiendo con los resultados del presente trabajo ya que durante abril-junio se registraron los ejemplares con menores tallas (<165 cm LM).

Relación peso-longitud

En lo que respecta a la relación entre el PT y la LM del pez vela, no se detectaron diferencias significativas entre sexos (análisis de covarianza, $p > 0.05$) además el tipo de crecimiento del pez vela fue alométrico ($b = 2.64$). Estos resultados coinciden con los encontrados por Lenarz y Nakamura (1974) para el pez vela del Atlántico occidental, no encuentran diferencias por sexo y reportan



un valor de $b=2.27$. Skillman y Yong (1974) no encuentran diferencias significativas entre sexos para el pez vela del Pacífico central y estimando un valor de $b=2.60$. Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) reportan los coeficientes de alometría más bajos (Mazatlán $b=2.15$ y Cabo San Lucas 2.016), pero en sus resultados no menciona alguna diferencia entre sexos.

Chiang *et al.* (2004) reportan diferencias significativas (análisis de covarianza, $p<0.05$) entre sexos y un valor de $b= 2.98$ para el pez vela en las costas de Taiwán. Por otra parte Jolley (1974) si encuentra diferencias significativas (prueba t ; $p<0.05$) en la relación peso-longitud por sexo, encontrando que las hembras de 137 cm LT eran notablemente más pesadas que los machos de longitudes similares. El valor estimado del coeficiente de alometría (b) menor de 3 (isometría) significa que la especie tiene un mayor crecimiento en talla que en peso. Sin embargo, en el presente estudio no se detectaron tales diferencias, ya que una hembra de una longitud determinada, le correspondió un peso similar al de un macho de talla semejante. Esto podría tener su origen en que las hembras que permanecen en el área de Mazatlán, no tienen una fase gonadal desarrollada por lo tanto su peso y su talla con respecto a los machos no varía considerablemente; esto también lo notó Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) en cinco localidades al sur del Golfo de California. El hecho de que los machos de tallas grandes realicen las migraciones hacia las zonas de reproducción nos podría estar ocultando alguna diferencia entre sexos al analizar los datos para todo el periodo de estudio.

Relación longitud del pez vs el radio de la espina

Entre los primeros trabajos sobre la determinación directa de la edad y crecimiento del pez vela, Jolley (1974) evaluó varias estructuras duras encontrando que la 4ª espina de la aleta dorsal fue la más adecuada, ya que fue la de más fácil extracción y la que mostró un crecimiento proporcional significativo ($r=0.90$) en relación a la longitud del pez, justificando su utilización en la determinación de edad.



Radtke y Dean (1981) evalúan el uso de los otolitos para la determinación de la edad del pez vela y encuentran una fuerte correlación ($r=0.92$) entre el número de marcas de crecimiento en el otolito y el peso del organismo. No obstante, comentan de la dificultad para extraer los otolitos ya que son muy pequeños (0.75 a 1.5 mm). Posiblemente eso ha promovido el uso más frecuente de la 4ª espina de la aleta dorsal en los estudios de edad en el pez vela. En el presente trabajo evaluamos la proporcionalidad del crecimiento somático y de la espina (LM-RE) de acuerdo a la forma propuesta por Ehrhardt (1992) y Melo-Barrera *et al.* (2003), se encontró una proporcionalidad significativa ($p<0.05$) lo que justificó el uso de la 4ª espina para la determinación de edad. Hedgepeth y Jolley (1983) para la misma especie, encontraron una relación significativa entre la longitud del tronco y el radio de la espina ($r=0.77$). Chiang *et al.* (2004) muestran la relación entre la longitud del pez y el radio de la espina por sexo utilizando dos métodos (lineal y potencial) encontrando diferencias significativas (lineal; $F_{698, 435}=56.07$, $p<0.01$; potencial; $F_{698, 435}=59.93$, $p<0.01$), concluyen que presenta un mejor ajuste el método potencial, por lo tanto el maneja parámetros separados para machos y hembras en sus posteriores análisis. En los diferentes estudios se ha demostrado la utilización de la 4ª espina de la aleta dorsal para la determinación de la edad del pez vela, debido a la fuerte correlación que presenta con la longitud del organismo, las diferencias entre estos coeficientes de correlación pueden deberse a un crecimiento no simétrico de algunas espinas o a diferencias en el tamaño de muestra de los diferentes estudios.



Determinación de edad

En el presente trabajo fue posible observar marcas de crecimiento en el 87.7% de los cortes de la 4ª espina de la aleta dorsal del pez vela, ambos lectores observaron hasta 7 marcas de crecimiento y las espinas que tenían 4 marcas fueron las más abundantes en la muestra. Se observó la presencia de marcas dobles o triples, así como también espinas con la zona vascularizada muy amplia lo cual obscurece las primeras marcas de crecimiento en individuos grandes, esta característica también han sido notada para otras especies como el pez espada (Berkeley y Houde, 1983; Tserpes y Tsemenides, 1995), para la Albacora (Megalofonou, 2000), para el atún patudo (Sun *et al.* 2001, 2002) y para el mismo pez vela (Jolley, 1974; 1977; Radtke y Dean, 1981; Hedgepeth y Jolley, 1983; Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1998; Chiang *et al.* 2004; Hoolihan, *comunicación personal*).

En el presente estudio a pesar de que la zona vascularizada estaba presente en la mayoría de las espinas esta no era muy extensa y en las que si llegaba a serlo eran descartadas del análisis, por lo que se considera que esto no afectó de manera importante las estimaciones de edad. En los primeros trabajos de edad del pez vela, se utilizaron las curvas de frecuencia de tallas (De Sylva, 1957; Koto y Kodama, 1962), evidenciando hasta 3 grupos de edad, subestimaron la edad del pez vela. Esto fue comprobado por Jolley (1974; 1977) al analizar cortes de la 4ª espina de la aleta dorsal que contó hasta 8 marcas de crecimiento. Hedgepeth y Jolley (1983) para el pez vela en las costas de Florida encontró hasta 7 marcas, Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) encuentran hasta 8 marcas para el pez vela al sur de Golfo de California, Macías-Zamora *et al.* (2000) encontraron hasta 10 marcas para ejemplares de las costas de Manzanillo, Colima, Hoolihan (*com. pers.*) reporta hasta 9 marcas para ejemplares del Golfo de Arabia. Chiang *et al.* (2004) reportan un número mayor de marcas, pero esto debido al ajuste que hicieron al incluir marcas dentro de la zona vascularizada, pero ellos en si contaron hasta 8 marcas en las espinas del pez vela de las costas de Taiwán.



Por lo que se ha evidenciado al analizar los diferentes trabajos que han utilizado la espina dorsal para la determinación de edad que no reportan más de 10 marcas de crecimiento y hay una gran abundancia de organismos que presentan de 3 a 5 marcas, esto mismo también fue reportado por Radtke y Dean (1981) quien encontró hasta 7 marcas analizando los otolitos de 65 pez vela del Atlántico, y los de 4 marcas fueron los más abundantes, por otra parte Prince *et al.* (1986) reportan 10 marcas en el otolito de una hembra que recuperaron 10 años después de haber sido marcada pero el criterio que utilizaron para asignar la edad antes de que este organismo fuese marcado no es muy claro y en el otolito las primeras 3 marcas estaban borradas por la concentración de carbonato de calcio y la espina que utilizaron para hacer la comparación de edad presentaba una zona vascularizada muy amplia, por lo que debió haber sido descartada. Así que el establecer que el pez vela puede tener una edad entre 13 y 15 años no es muy evidente.

Determinación de la periodicidad de las marcas de crecimiento

Los resultados del método cualitativo, que consistió en el análisis de aparición de espinas con borde opaco, y del método cuantitativo, porcentaje de incremento marginal, indicaron que la formación de las marcas de crecimiento es anual. Jolley (1974; 1977); Hedgepeth y Jolley (1983) suponían que la formación de una banda opaca seguida por una hialina era anual, pero no realizaron ningún método de validación.

Prince *et al.* (1986) mencionan que no existe ningún método disponible para validar la edad en picudos y que las estimaciones más precisas podrían lograrse con buenos estudios de marcado y recaptura. Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998), analizando la aparición del tipo de borde opaco-hialino para el pez vela al sur del Golfo de California encontraron que la formación de una banda opaca ocurre entre los meses de mayo a noviembre asociada con las altas temperaturas y la banda hialina se formaba durante los meses de invierno y principios de



primavera, asociado a bajas temperaturas, aunque no fueron concluyentes debido a la falta de muestras.

Chiang *et al.* (2004), utilizan el incremento marginal para validar las estimaciones de edad del pez vela en Taiwán, encontrando que una marca de crecimiento se forma cada año de septiembre a noviembre para machos y de octubre a noviembre para hembras, lo cual coincide con el periodo de reproducción en estas aguas que se da en los meses de abril hasta septiembre. Mientras que en la región al sur del Golfo de California, el periodo reproductivo del pez vela, reportado por Hernández-Herrera (2001), se reconoce desde finales de primavera hasta principios de invierno, periodo en que coincide con valores altos en el incremento marginal, la depositación de la banda hialina, y el periodo en el cual la tasa de crecimiento es menor comparada con la depositación de la banda opaca.

Retrocálculo de la longitud

La utilización del retrocálculo de longitudes pretéritas se ha venido implementando debido a que cuando se trabaja con las tallas observadas se puede sobre estimar la longitud de los primeros grupos de edad, este tipo de situaciones son más notorias cuando las muestras provienen de la pesca deportiva, ya que esta dirigida a capturar organismos de tallas grandes. Al comparar las longitudes retrocalculadas para el pez vela de la costa sur de Sinaloa, puede observarse como estas tallas y las observadas son diferentes entre si, aunque esta diferencia es más notoria en los primeros grupos de edad (hasta 22 cm en el grupo de edad 2) y esta diferencia se reduce a partir del grupo de edad 5 (5 cm).

Ehrhardt (1992) notó estas diferencias para longitudes retrocalculadas en el pez espada y encontró que estas se encuentran subestimadas (hasta 26 cm) en los grupos 1 y 2, comparándolas con las observadas por Berkeley y Houde (1983) ya que estos últimos autores utilizaron un modelo lineal para ajustar el radio de la



espina y la longitud del pez. Hedgepeth y Jolley (1983) hacen una comparación de la longitud observada, retrocalculada y teórica (utilizando la relación peso-longitud) encontrando que los promedios de estas longitudes estimadas a la edad son muy similares y consistentes en los organismos que ellos analizaron (hasta 10 cm máximo). Chiang *et al.* (2004) estimó las longitudes retrocalculadas para machos y hembras mediante dos métodos (el primero suponía que la relación radio de la espina-longitud mandibular era lineal de acuerdo al trabajo de Berkeley y Houde (1983), y el segundo que era potencial de acuerdo a Ehrhardt (1992) concluyendo que tiene un mejor ajuste de las longitudes a las primeras edades cuando se utiliza el modelo potencial, pero entre sus resultados no menciona la comparación con sus datos observados, por lo que creemos que el capturar a los organismos de tallas más grandes como es el caso de la pesca deportiva, nos está reflejando la selectividad de los anzuelos y es por eso que se notan estas diferencias en los primeros grupos de edad, la cual se observa en los diferentes trabajos que han utilizado retrocálculo.

Crecimiento

En el presente trabajo se analizó el crecimiento con el modelo de von Bertalanffy. No se detectaron diferencias al evaluar el crecimiento por sexo, y encontramos que la tasa de crecimiento es acelerada durante los tres primeros años de vida (34 cm/año) para disminuir a partir de la edad cuatro (13 cm/año).

En los primeros trabajos sobre crecimiento de pez vela (De Sylva, 1957; Koto y Kodama, 1962), subestimaron la edad y sobre estimaron la tasa de crecimiento (aproximadamente 130 cm de longitud del tronco en los primeros 2 años) (Fig.20), esto debido a que utilizaron las curvas de frecuencia de tallas, a diferencia de otros autores que utilizaron los datos edad- talla provenientes de las estimaciones con estructuras duras. Hedgepeth y Jolley (1983) fueron los primeros en analizar el crecimiento del pez vela con el modelo de von Bertalanffy encontrando que la longitud reportada en los trabajos antes mencionados la alcanzaron los ejemplares que ellos analizaron hasta los 5 años, mencionan que



durante el primer año de vida la tasa de crecimiento es igual para ambos sexos, pero después del segundo año las hembras crecen más aceleradamente.

Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) no reportan diferencias por sexo en el crecimiento del pez vela al sur del Golfo de California y mencionan que los individuos del grupo de edad 3 (grupo reclutado a la pesquería) llegan a alcanzar una talla promedio de 197 cm de LM, esto mismo se evidenció en el presente trabajo cuando utilizamos las tallas observadas, más no así con las retrocalculadas ya que esta talla promedio a los tres años de edad fue de 150 cm de LM.

Chiang *et al.* (2004) encuentran diferencias en el crecimiento por sexo y reportan al igual que en el presente estudio una tasa de crecimiento de 35 cm/año para ambos sexos durante los primeros tres años de vida de la especie. Hoolihan (*com. pers*) también reporta diferencias en el crecimiento por sexo pero entre sus resultados no menciona el valor de la tasa de crecimiento en los primeros años de vida de la especie solo concluye que cuando los machos alcanzan los tres años de vida se estabilizan en una cierta talla, mientras que las hembras aun continúan incrementándola. Por tanto notamos que las diferencias en cuanto a los parámetros de crecimiento encontrados en las diferentes áreas (tabla 5) pueden ser debidas a diferencias espaciales en crecimiento, debido al rango de tallas que se halla analizado o al método de estimación de las tallas.

La tabla 5 muestra los diferentes estudios realizados sobre edad y crecimiento del pez vela que utilizaron el modelo de von Bertalanffy y resume los parámetros de crecimiento, mientras que la figura 20 muestra las curvas de crecimiento encontradas por los diferentes autores.



Tabla 5. Parámetros de crecimiento del pez vela *Istiophorus platypterus* estimados por diferentes autores, en diferentes zonas.

Zona de Estudio	Autor	N	Parámetros			Talla
			L_{∞} (cm)	K	t_0	
Costas de Florida	Hedgepeth y Jolley (1983)	259♂	147	0.30	-1.59	LT
		310♀	183	0.15	-3.32	
Sur del Golfo de California	Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998)	754	207.3	0.752	-0.002	LM
Costa de Colima	Macías-Zamora <i>et al.</i> (2000)	1216	177.16	0.297	-0.016	LD
Costas de Taiwan	Chiang <i>et al.</i> (2004)	699♂	252.6	0.115	-3.91	LM
		436♀	261.4	0.110	-4.11	
Golfo de Arabia	P. Hoolihan (Com. Pers.)	35♂	160	0.42	-4.9	LM
		50♀	191	0.29	-4.3	
Sur de Sinaloa	Presente estudio	480	218.6	0.328	-0.982	LM

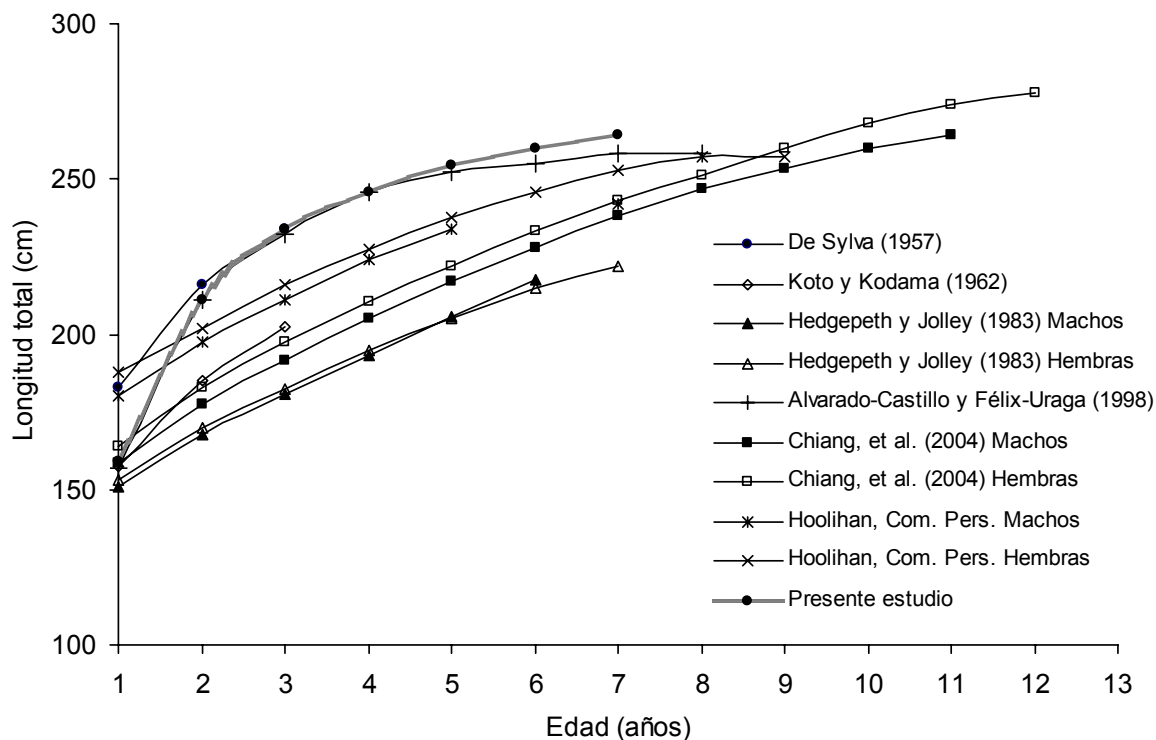


Figura 20. Comparación de las curvas de crecimiento para pez vela *Istiophorus platypterus* estimado por diferentes autores en las diferentes áreas.



Estructura por edades

Los grupos de edad más abundantes en este estudio fueron el 4, 3 y 5, similar a lo reportado por Jolley (1977), Hedgepeth y Jolley (1983) y Chiang *et al.* (2004) para el pez vela del Atlántico y de las costas de Taiwan respectivamente. Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) reportan los mismos grupos de edad que en los trabajos anteriores pero en distinto orden de importancia en el sur del Golfo de California (3, 2 y 4) y Hoolihan, (*com pers*) reporta que la mayoría de los organismos analizados correspondieron a los grupos de edad 0 y 1. El máximo grupo de edad encontrado en el presente estudio fue el 7, similar a lo reportado por Hedgepeth y Jolley (1983) para el pez vela del Atlántico; Jolley (1977) reporta 8 grupos de edad (0-7); Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) 8 grupos (0-7); Hoolihan (*com. pers.*) encuentra 9 (0-8) y 6 (0-5) para hembras y machos respectivamente. Chiang *et al.* (2004) reportan machos de 11 años y hembras de 12 años, estos valores de deben a una corrección del número de marcas de crecimiento en la zona vascularizada de la espina. Los resultados de las edades estimadas a través del conteo de marcas de crecimiento en espinas no ha llevado a contar más de 9 marcas en las diferentes estructuras. Las determinaciones de edad de Prince (1986) y Chiang *et al.* (2004) que superan los 9 grupos de edad sugieren la presencia de organismos más viejos, por lo que se tiene que validar de alguna manera sus resultados. Posiblemente, el método empleado por Chiang *et al.* (2004) resulte ser adecuado para evaluar el número de marcas de crecimiento reabsorbidas por la vascularización de la espina y complementar las asignaciones de edad utilizando la espina con lecturas de otolitos de organismos grandes.

Mortalidad

En lo que respecta a la estimación de la mortalidad total, pocos han sido los trabajos que la han analizado, por lo que en el presente trabajo utilizando la estructura de edades de los diferentes trabajos sobre edad y crecimiento de pez vela y con el método de la curva linealizada obtuvimos su estimado de Z (resumidos en la Tabla 6). Puede observarse como solo el trabajo de Hedgepeth y



Jolley (1983) es el que presenta los valores más altos, ellos utilizaron varios métodos como el de Heinke, Jackson, Chapman y Robson, y Beverton y Holt obteniendo estimados muy altos (1.0, 1.0, 1.15, 1.35, respectivamente) mencionan que eso fue resultado de no contar con organismos de edades avanzadas. Por lo que nosotros consideramos que el promedio de 1.09 es un estimado promedio de mortalidad total para el pez vela en aguas del Pacífico mexicano.

Tabla 6. Valores de mortalidad total (Z) para el pez vela *Istiophorus platypterus*.

Autor	Año	N	Z
Jolley	1974	64	0.65
Jolley	1977	75♂	0.87
		74♀	0.88
Hedgepeth y Jolley	1983	259♂	1.91
		310♀	1.06
Alvarado-Castillo y Félix-Uraga	1998	754	0.81
Macias-Zamora <i>et al</i>	2000	1216	1.09
Chiang, <i>et al.</i>	2004	699♂	0.86
		436♀	0.60
Hoolihan	<i>Com. pers</i>	35♂	1.60
		50♀	1.61
Presente estudio	2005	480	1.24
Promedio			1.09



CONCLUSIONES

- Se detectaron diferencias significativas en la estructura de tallas por sexo y se observó que hay más hembras de tallas grandes que machos en el periodo frío (hembras $LM=192.6 \pm 11.6$ cm, machos $LM=172.2 \pm 24.7$ cm).
- No se detectaron diferencias significativas en la relación peso-longitud por sexo ($PT= 0.000024*LM^{2.64}$), el tipo de crecimiento fue alométrico.
- Se detectó una proporcionalidad significativa entre el crecimiento somático y el crecimiento de la espina.
- Se identificó una periodicidad anual de las marcas de crecimiento en las espinas. El porcentaje mensual de espinas con borde opaco indicó que la banda opaca se forma de septiembre a febrero y el máximo del incremento marginal se detectó en mayo-junio, coincidiendo con la formación de la banda hialina (marzo a agosto).
- Se detectaron 7 grupos de edad (1-7) predominando los individuos de 4 años.
- Los parámetros del modelo de von Bertalanffy fueron:
 $L_{\infty}=219.5$, $k=0.32$ y $t_0=-1$. La tasa de crecimiento individual indicó un crecimiento acelerado durante los primeros tres años de vida con promedio de 34 cm/año y a partir de la edad 4 el crecimiento se estabiliza en 13 cm por año.
- Se estimó una tasa de mortalidad total $Z=1.2$



BIBLIOGRAFIA

- Alvarado Castillo, R. 1993. Edad y Crecimiento de *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) Al sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN. 57 p.
- Alvarado-Castillo, R. y R. Félix-Uraga. 1998. Crecimiento de *Istiophorus platypterus* en la boca del Golfo de California. Rev. Biología Tropical. 46 (1):115-118 p.
- Arizmendi-Rodríguez, D. I. 2004. Hábitos alimenticios del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 91p.
- Barcelata, O. M. E., J. Girón de la O., y L. González Márquez. 1990. Aspectos reproductivos de las especies pez vela *Istiophorus platypterus* y dorado *Coryphaena hippurus* capturados en las costas de Mazatlán Sinaloa en 1988. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa 57 pp.
- Berkeley, S. A., E. H. Houde.1983. Age determination of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the straits of Florida, using anal fin spine section: in: E.D. Prince and L.M. Pulos (editors). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, billfishes and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-8. p137-143 p.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of Fish Biology 59: 197-242.



-
- Chiang, W. C., C. L. Sun., S. Z Yeh., 2004. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. Fishery Bulletin. 102: 251-263.
- De Sylva, D. P. 1957. Studies on the age and growth of the Atlantic sailfish *Istiophorus americanus* (Cuvier), using length frequency curves. Bulletin Marine Science Gulf Caribbean. 7:1-20.
- Duncan, K. W. 1980. On the back-calculation of fish lengths; modifications and extensions to the Fraser-Lee equation. Journal Fish Biology 16, 725-730.
- Ehrhardt, N. M. 1992. Age and growth of swordfish *Xiphias gladius*, in the Northwestern atlantic. Bulletin of Marine Science. 50(2):292-301.
- Hedgepeth, M., J. W. Jolley Jr. 1983. Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus*, using cross sections from the fourth dorsal fin spine. In: E.D. Prince and L.M. Pulos (editors). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, billfishes and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-8. p:131-136 p.
- Hernández- Herrera, A. 2001. Biología del pez vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw y Nodder, 1791) al Sur del Golfo de California, México, Tesis Doctor en Ciencias. CIBNOR. La Paz, BCS, México. 65 p.
- Hilborn, R. y C. J Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York. 570 p.
- Jolley, J. W. Jr. 1974. On the biology of Florida east coast Atlantic sailfish (*Istiophorus platypterus*) In: R. S. Shomura and F. Williams (editors). Proceedings of the international billfish symposium, Kailua-Kona. Hawaii, 9-12 august 1972, part 2, Review and contributed papers, 81-88 p. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFSSSRF-675.



- Jolley, J. W. Jr. 1977. The biology and fishery of Atlantic Sailfish *Istiophorus platypterus*, from Southeast Florida. Florida Marine Research Publications (28)1-31 p.
- Joseph, J. Klawe W., y P. Murphy. 1986. Atunes y peces espada, los peces sin patria. Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla California 46 pp.
- Lenarz, W. H. y E. L. Nakamura. 1974. Analysis of length and weight data on three species of billfish from the western Atlantic Ocean. In: R.S. Shomura and F. Williams (editors), Proceeding of the international billfish symposium. Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 august 1972, part 2, Review and contributed papers, p 121-125. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech Rep. NMFS SSRF-675.
- Macías-Zamora, R., A. L. Vidaurri-Sotelo, H. Santana-Hernández, J. J. Valdez-Flores y R. Beltrán-Pimienta. 2000. Pez Vela, 389-410 pag. En: Anónimo (ed.). Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo 1999-2000. INP-SEMARNAP, Mexico, D.F.
- Megalofonou, P. 2000. Age and growth of Mediterranean albacore. Journal Fish. Biology. 57:700-715 p.
- Melo-Barrera, F. N., R. Félix-Uraga y C. Quiñónez-Velázquez. Crecimiento y relación peso longitud del marlin rayado, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae), en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas 29(3):305-313 p.
- Nakamura, I. 1985. Species catalogue. Billfishes of the World. A annotated and Illustrated Catalogue of Marlins, Sailfishes, Spearfishes, and Swordfishes Know to date. FAO Fish. Synop., (125)5: 1 – 65 p.



- Nelson, J. S. 1994. Fishes of the world, 3rd edition. John Wiley and Sons, New York, 600 p.
- Osuna-Flores I., P. Farias-Cuevas y H. M. Sainz-García. 1986. Estudio de los caracteres merísticos y morfométricos de dos especies de la familia Istiophoridae capturados en aguas cercanas a Mazatlán Sinaloa (1984). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa 108 p.
- Prince, E. D., D. W. Lee, C. A. Wilson y J.M. Dean. 1986. Longevity and age validation of a tag-recaptured Atlantic sailfish, *Istiophorus platypterus* using dorsal spine and otoliths. Fishery Bulletin. 84(3): 493-502 p.
- Prince, E. D., D. W. Lee., J. R. Zweifel. 1991. Estimating age and growth of young Atlantic blue marlin, *Makaira nigricans* from otolith microstructure. Fishery Bulletin. 89 (3): 441-459 p.
- Radtko R. L., D. M. Dean. 1981. Morphological features of the otoliths of the Sailfish, *Istiophorus platypterus*, useful in age determination. Fishery Bulletin. Vol. 79 (2): 360 – 366 pp.
- Radtko, 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. In: E.D. Prince and L.M. Pulos (editors), Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks, p 123-129. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-8.
- Rosas-Alayola, J., A. Hernández-Herrera., F. Galván-Magaña., L.A. Abitia-Cárdenas., A.F. Muhlia-Melo. 2002. Diet composition of sailfish (*Istiophorus*



-
- platypterus*) from the southern Gula of California, México. Fisheries Research 57: 185-195 p.
- Sánchez-Espinoza A. H., A. A. Gutiérrez-Martínez. 1989. Análisis de las capturas de picudos realizadas por la flota de pesca deportiva en Mazatlán, Sinaloa; de Noviembre de 1986 a Noviembre de 1987. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 54 pp.
- Skillman, A. R. y M. Y. Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. In: R.S. Shomura and F. Williams (editors), Proceeding of the international billfish symposium. Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 august 1972, part 2, Review and contributed papers, p 126-137. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech Rep. NMFS SSRF-675.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*. 525p.
- Strasburg, D. W. 1970. A report on the billfishes of the central Pacific Ocean. Bulletin Marine Science. 20(3):575-604 p.
- Sun, C. L., C. L. Huang, y S.Z. Yeh. 2001. Age and growth of the bigeye tuna, *Tunnus obesus*, in the western Pacific Ocean. Fishery Bulletin. 99:502-509 p.
- Sun, C. L., S. P. Wang, y S. Z. Yeh. 2002. Age and growth of swordfish, (*Xiphiias gladius* L.,) in the waters around Taiwan determined from anal fin rays. Fishery Bulletin. 100:822-835 p.
- Tserpes, G. y N. Tsimenides. 1995. Determination of age and growth of swordfish, *Xiphiias gladius* L., 1758, In the eastern Mediterranean using anal-fin spines. Fishery Bulletin. 93:549-602 p.



Valdez L. E., J. A. Luque Espinoza. 1999. Descripción de la flota de pesca deportiva y su operación, en el sur de Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 58 pp.

Williams, F. 1970. The sport fishery for sailfish at Malindi, Kenya, 1958-1968, with some biological notes. Bulletin Marine Science. 20(4):830-852 p.