



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

TESIS

“BIOENERGÉTICA DE LA REPRODUCCIÓN DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus*, EN EL AREA DE MAZATLÁN SINALOA MEXICO”

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

P R E S E N T A:

SALVADOR GRANADOS ALCANTAR

D I R E C T O R:

DR. CARLOS VILLAVICENCIO GARAYZAR

LA PAZ, BCS., MÉXICO. NOVIEMBRE, 2011

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por permitirme realizar mis estudios de doctorado en el Posgrado de Ciencias Marinas y Costeras.

Al CONACyT por la beca otorgada y al proyecto: "Biología y dinámica poblacional del pez vela *Istiophorus platypterus* en el área del Pacífico mexicano; Clave CONACyT-SEP 60376".

A la Universidad de Occidente por el permiso dado para hacer posible este paso en mi formación académica.

A la ayuda que recibí de los responsables de los laboratorios de la Universidad Autónoma de Baja California Sur: de Histología al B. M. Carlos Aguilar y de Alimentos, a cargo de la Dra. Maurila Rojas.

A mi comité tutorial integrado por el Dr. Carlos Villavicencio Garayzar (Director interno) por su ayuda, al Dr. Andrés Abitia Cárdenas (Director Externo), por su disposición para dirigir y concluir este trabajo, al Dr. Agustín Hernández por sus comentarios y aportaciones, al Dr. Cesar Ruiz, por su contribución y ayuda a mi desarrollo académico y al Dr. Carlos Sánchez por sus atinados comentarios.

Al M. en C. Marcial Villalejo por la ayuda en el laboratorio de Histología del CICIMAR, al grupo de trabajo de ictiología con los que conviví, Xchel, Bere, Arturo Tripp, Yassir, al Dr Álvaro Reyes por la asesoría en análisis mutivariados, al Dr. J. Ángel trigueros por su ayuda en los análisis estadísticos, así como a la C. Dra. Ruth Escamilla por sus constantes criticas constructivas a este trabajo, su

asesoría en estadística gracias, al M en C. Napoleón Gudiño (qpd) por su aporte en los muestreos de este recurso.

DEDICATORIA

A mi esposa Ruth y mis hijos José Pablo y María Monserrat por todas las ausencias que soportaron, a mis hermanos, Eva, Carmela, Lolis, Aracely, Jorge, Aurelio, Guadalupe, Erasmo (qpd) en especial a mi madre María de Jesús (qpd), a todos mis amigos y colegas de esta área del conocimiento y a ti amiga, amigo que involuntaria y voluntariamente ayudaste en este trabajo.

ÍNDICE

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Lista de figuras.....	III
Lista de tablas.....	V
Introducción.....	1
Antecedentes.....	4
Sistemática y taxonomía.....	4
Distribución.....	5
Pesquerías.....	6
Pesca comercial.....	8
Pesca deportiva.....	11
Edad.....	14
Crecimiento.....	16
Biología trófica.....	18
Biología reproductiva.....	21
Fecundidad.....	24
Índices morfofisiológicos.....	25
Bioenergética.....	26
Justificación.....	28
Objetivo general.....	29
Objetivos particulares.....	29

Área de estudio.....	30
Material y métodos.....	32
Recolecta de muestras.....	32
Trabajo de laboratorio y análisis de la información.....	27
Épocas climáticas.....	33
Distribución de tallas, pesos y proporción de sexos.....	33
Biología reproductiva.....	34
Estimación de talla primera madurez.....	35
Fecundidad.....	36
Índices morfofisiológicos.....	37
Índice gonádico.....	37
Factor de condición.....	37
Índice hepatosomático.....	38
Biología trófica.....	38
Análisis cualitativo y cuantitativo del espectro trófico.....	38
Análisis bioenergéticos.....	40
Metodología calorimétrica.....	40
Análisis estadísticos.....	42
Resultados.....	44
Abundancia por época climática por sexo.....	44
Distribución de tallas.....	45
Estructura de la población por frecuencias de tallas.....	45

Proporción sexual.....	50
Biología reproductiva.....	52
Índices morfofisiológicos	52
Índice gonádico.....	52
Factor de condición.....	55
Índice hepatosomático.....	57
Análisis histológico.....	59
Fases de desarrollo.....	59
Porcentaje de aparición de las fases de desarrollo en las gónadas...	62
Talla primera madurez.....	63
Fecundidad.....	63
Biología trófica.....	65
Espectro tróficos.....	65
Espectro trófico general y épocas climáticas.....	69
Análisis calorimétricos de los tejidos.....	71
Espectro trófico energético por sexos y épocas climáticas.....	73
Análisis calorimétricos de los tejidos: Gónada, Músculo e Hígado....	75
Relación de los índices morfofisiológicos y la temperatura.....	79
Análisis multivariado de la fisiología energética.....	82
Discusión.....	85
Conclusiones.....	114
Recomendaciones.....	117
Literatura citada.....	118

RESUMEN

El pez vela *Istiophorus platypterus* es una especie que se distribuye en zonas tropicales y subtropicales de todos los océanos y es abundante en el Océano Pacífico mexicano, en el área de Mazatlán Sinaloa las investigaciones sobre la biología del pez vela son mínimas, la presente investigación constituye el primer trabajo en donde se aborda el estudio de la variación estacional, consumo, distribución y almacenamiento de energía y su relación con la reproducción. Durante dos ciclos anuales de muestreo, de agosto del año 2002 a septiembre del 2004, se obtuvieron 862 organismos, de los cuales 407 fueron hembras y 455 machos. La distribución de tallas total de la muestra, presentó un intervalo de 99.5 a 198.5 cm y la talla promedio fue de 158 cm de longitud posorbital, con el peso de la gónada para machos y hembras se estimó la variación mensual del índice gonádico, para ambos sexos los valores más altos se presentaron en verano y los valores mínimos en invierno, esta tendencia fue más clara en hembras, Con el peso del hígado se calculó el índice hepatosomático, los valores máximos para hembras, se presentaron en el mes de mayo - octubre del 2003 y marzo del 2004 y los valores mínimos en agosto - diciembre del 2003 y mayo del 2004. Se calculó el factor de condición de Fulton (Nikolsky, 1963), para hembras los mayores valores se registraron en agosto de 2002, mayo del 2003 y mayo del 2004, para machos los mayores valores se presentaron en septiembre del 2002, octubre del 2003 y diciembre del 2004, y los valores mínimos en diciembre del 2002, febrero del 2003 y mayo del 2004. Se realizó el proceso histológico y se determinaron cinco fases de desarrollo y una distribución polimodal de los ovocitos. Se estimó la fecundidad parcial en 30 hembras, el número promedio de ovocitos fue de 3,177,596 de ovocitos para organismos con talla promedio de 169.5 cm de longitud postorbital. El intervalo en el número de ovocitos fue un mínimo de 610,847 (para un organismo de 159 cm. longitud postorbital con un peso de 24.8 Kg), y un máximo de 8,184,733 (para un ejemplar de 188 cm. de longitud postorbital con 30 Kg de peso), la fecundidad relativa promedio fue de 169 huevos por gramo de peso corporal. En relación a la bioenergética, los valores calóricos determinados del tejido muscular variaron de un valor promedio mínimo de 5251.20 cal/gr en el mes de diciembre, y un valor promedio máximo en el mes de octubre de 5797.70 cal/gr., los valores de calorías contenidas en la gónada el valor promedio mínimo se presentó en el mes de febrero con 5287.69 cal/gr., el valor máximo se presento en agosto con 5877.22 cal/gr, por lo que respecta al contenido de la energía en calorías en el tejido hepático el valor mínimo promedio se presento en el mes de agosto con 6055.88 cal/gr., el valor máximo se presento en octubre con 6550.56 cal/gr. En relación a la bioenergética y la reproducción, el contenido calórico del tejido hepático fue mayor al tejido muscular, no obstante no se encontró una relación evidente en la acumulación y transferencia de energía entre el hígado y el músculo hacia las gónadas.

ABSTRACT

Sailfish *Istiophorus platypterus* distributes in tropical and subtropical zones of all the oceans and is abundant in the Mexican Pacific Ocean, in Mazatlan Sinaloa's area the investigations on the biology of sailfish are minimal, the present investigation constitutes the first work where there is approached the study of the seasonal variation, consumption, distribution and storage of energy and his relation with reproduction. During two annual cycles of sampling, from august 2002 to september 2004, there were obtained 862 organisms, which 407 were females and 455 males. The total distribution of heights of the sample showed an interval from 99.5 to 198.5 cm and the average height was 158 cm of postorbital length, with the weight of the gonad for males and females the monthly variation of gonadic index was estimated, for both sexes the highest values appeared in summer and the minimal values in winter, this trend was clearer in females. With liver's weight the hepatosomatic index was calculated, the maximum values for females appeared in may - october, 2003 and march 2004 and the minimal values in august - december, 2003 and may 2004. The condition's factor of Fulton (Nikolsky, 1963) was calculated, for females the highest values were registered in august 2002, may 2003 and may 2004, for males the highest values appeared in september 2002, october 2003 and december 2004, and the minimal values in december 2002, february 2003 and may 2004. The histological process was conducted and there was established five phases of development and a polymodal distribution of the ovocits. The partial fecundity was estimated in 30 females, the average number of ovocits was of 3,177,596 ovocits for organisms with average height of 169.5 cm of postorbital length. The interval in the number of ovocits was a minimum of 610,847 (for an organism of 159 cm postorbital length with weight of 24.8 kg), and a maximum of 8,184,733 (for an organism of 188 cm ff postorbital length with 30 kg of weight), the relative average fecundity was 169 eggs per gram of corporal weight. In relation to bioenergetic, the caloric values found in the muscular tissue changed of an average minimal value of 5251.20 cal/gr in december, and an average maximum value in october of 5797.70 cal/gr, the minimal average of calories contained in the gonad appeared in february with 5287.69 cal/gr, the maximum value was found in august with 5877.22 cal/gr, the minimal average value of the energy content in the hepatic tissue was found in august with 6055.88 cal/gr, the maximum value was foud in october with 6550.56 cal/gr. In relation to bioenergetic and reproduction, the caloric content of the hepatic tissue was bigger than the muscular tissue, nevertheless did not find an evident relation in the accumulation and transfer of energy between the liver and the muscle towards the gonads.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Pez vela <i>I. platypterus.</i>	4
Figura 2	Área de estudio.....	31
Figura 3	Variación de la temperatura en grados Celsius (°C) y número de <i>Istiophorus platypterus</i> capturados en las costas de Mazatlán, Sinaloa, México, durante agosto 2002- septiembre 2004.....	45
Figura 4	Distribución de frecuencia de tallas (longitud posorbital), de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002- 2004.....	46
Figura 5	Figura 5. Distribución de frecuencia de tallas (longitud posorbital) de machos de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004.....	47
Figura 6	Distribución de frecuencia de intervalo de tallas, de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en el periodo 2002-2004 en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sin.....	47
Figura 7	Distribución de frecuencia de tallas (longitud posorbital), por época de hembras y machos de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004.....	49
Figura 8	Proporción de sexos de <i>Istiophorus platypterus</i> de 2002-2004 en la zona de pesca deportiva de Mazatlán, Sinaloa.....	50
Figura 9	Variación anual del índice gonádico de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p<0.05$).....	53
Figura 10	Variación anual del índice gonádico de machos de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004. Literales diferentes denotan diferencias	

	significativas p<0.05).....	(Tukey 54
Figura 11	Variación anual del factor de condición de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey p<0.05).....	55
Figura 12	Variación anual del factor de condición de machos de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey p<0.05).....	56
Figura 13	Variación anual del índice hepatosomático de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey p<0.05).....	57
Figura 14	Variación anual del índice hepatosomático de machos de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey p<0.05).....	58
Figura 15	Microfotografías de secciones de ovario mostrando los diferentes estadios de desarrollo de los ovocitos de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> . Fases de desarrollo del ovario. A) Fase I (Inmaduro) diámetro promedio 70 µm. B) Fase II (Vitelogénesis) diámetro promedio 170 mµ. C) Fase III (Hidratados) diámetro promedio 780 µm D) Fase IV (Desovados), diámetro promedio 70 mµ. y E) Fase V (Reabsorción) diámetro promedio 88 mµ. Barra = a 100 µm. 10X...	61
Figura 16	Porcentaje de aparición de las fases de desarrollo de las gónadas de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004.....	62

Figura 17	Ajuste logístico de la proporción acumulada de hembras maduras de <i>Istiophorus platypterus</i> de 2003-2004 en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa	63
.....		
Figura 18	Ajuste potencial al diagrama de dispersión entre el peso total de las hembras y los valores de fecundidad observados de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004	65
.....		
Figura 19	Porcentaje de biomasa por sexo. <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004	70
.....		
Figura 20	Figura 19.- Variación anual del contenido calórico en hígado, gónada y músculo de hembras gónada de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2003 al 2004	78
.....		
Figura 21	Figura 23.- Temperaturas superficiales del mar (TSM) y factor de condición. a) machos, b) hembras	66
.....		
Figura 22	Temperatura superficial del mar (TSM) e índice gonádico	80
.....		
Figura 23	Temperatura superficial del mar (TSM) e índice hepático	81
.....		
Figura 24	Modelo conceptual de la bioenergética de la reproducción del pez vela	113
.....		
.....		

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Valores de la χ^2 de para la proporción sexual por mes de <i>Istiophorus platypterus</i> , de 2002 al 2004 en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa. (*Marca de clase donde se presentaron diferencias significativas, $p < 0.05$).	51
Tabla 2	Valores de la χ^2 de para la proporción sexual por intervalo de longitud de tallas de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004 (* marca los meses que presentaron diferencias significativas, $p > 0.05$).....	52
Tabla 3	Tabla 3. Valores del índice gonádico en machos y hembras con respecto a las épocas climáticas de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.....	54
Tabla 4	Valores del factor de condición en machos y hembras con respecto a las épocas climáticas de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004	56
Tabla 5	Valores del índice hepatosomático en machos y hembras con respecto a las épocas climáticas de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004	59
Tabla 6	Estimación de fecundidad parcial de <i>Istiophorus platypterus</i> de 2003-2004 en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa. Longitud posorbital (LP), peso de la gónada (P. GON.).....	64
Tabla 7	Espectro trófico de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2003 a 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales del método de frecuencia de aparición (FO) y gravimétrico (P).....	67

Tabla 8	Valores promedio, mínimo y máximo de peso y talla de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa del 2003 a 2004	71
.....		
Tabla 9	Valores energéticos de las principales presas de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 a 2004.....	72
Tabla 10	Contenido energético total del alimento consumido por las hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2003 al 2004.....	73
Tabla 11	Determinaciones calorimétricas del tejido muscular de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa, del 2003 al 2004	75
Tabla 12	Determinaciones calorimétricas de la gónada de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa del 2003 al 2004	76
Tabla 13	Determinaciones calorimétricas del hígado de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa del 2003 al 2004..	77
Tabla 14	Análisis de correlación múltiple de Spearman de los índices gonádico, hepático, factor de condición y contenido de calorías de los tejidos muscular, gonádico y hepático.....	78
Tabla 15	Matriz de los valores de almacenamiento de músculo, gónada e hígado y calorías en peso húmedo acumuladas totales Kcal/g peso fresco.....	82
Tabla 16	Varianza explicada por los ejes del análisis de correspondencia distendido.....	82
Tabla 17	Correlaciones de Pearson de las variables morfométricas y fisiológicas con los ejes DCA. Los valores marcados con asterisco (*)	

	son las variables que presentaron correlaciones altamente significativas	83
Tabla 18	Correlaciones de Pearson y Spearman entre la temperatura y los ejes de ordenación del DCA.....	84

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por permitirme realizar mis estudios de doctorado en el Posgrado de Ciencias Marinas y Costeras.

Al CONACyT por la beca otorgada y al proyecto: "Biología y dinámica poblacional del pez vela *Istiophorus platypterus* en el área del Pacífico mexicano; Clave CONACyT-SEP 60376".

A la Universidad de Occidente por el permiso dado para hacer posible este paso en mi formación académica.

A la ayuda que recibí de los responsables de los laboratorios de la Universidad Autónoma de Baja California Sur: de Histología al B. M. Carlos Aguilar y de Alimentos, a cargo de la Dra. Maurila Rojas.

A mi comité tutorial integrado por el Dr. Carlos Villavicencio Garayzar (Director interno) por su ayuda, al Dr. Andrés Abitia Cárdenas (Director Externo), por su disposición para dirigir y concluir este trabajo, al Dr. Agustín Hernández por sus comentarios y aportaciones, al Dr. Cesar Ruiz, por su contribución y ayuda a mi desarrollo académico y al Dr. Carlos Sánchez por sus atinados comentarios.

Al M. en C. Marcial Villalejo por la ayuda en el laboratorio de Histología del CICIMAR, al grupo de trabajo de ictiología con los que conviví, Xchel, Bere, Arturo Tripp, Yassir, al Dr Álvaro Reyes por la asesoría en análisis mutivariados, al Dr. J. Ángel trigueros por su ayuda en los análisis estadísticos, así como a la C. Dra. Ruth Escamilla por sus constantes criticas constructivas a este trabajo, su

asesoría en estadística gracias, al M en C. Napoleón Gudiño (qpd) por su aporte en los muestreos de este recurso.

DEDICATORIA

A mi esposa Ruth y mis hijos José Pablo y María Monserrat por todas las ausencias que soportaron, a mis hermanos, Eva, Carmela, Lolis, Aracely, Jorge, Aurelio, Guadalupe, Erasmo (qpd) en especial a mi madre María de Jesús (qpd), a todos mis amigos y colegas de esta área del conocimiento y a ti amiga, amigo que involuntaria y voluntariamente ayudaste en este trabajo.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre el flujo de energía en los ecosistemas, se han venido incrementado desde que Lindeman (1942), formuló el concepto de dinámica trófica. Dicho concepto propició un rápido progreso del uso de la teoría termodinámica en estudios ecológicos (Abitia-Cardenas *et al.*, 2002).

De manera particular los peces pueden ser vistos como un sistema que consume alimentos que proveen energía y materiales para producir la progenie, el proceso de reproducción no se limita a la producción de gametos, e incluye al desarrollo de caracteres sexuales secundarios tales como cambios de color, liberación de feromonas, migración ligada a la reproducción, cortejo de apareamiento, cuidados parentales, lo cual se suma al gasto energético de producir gametos (Pianka, 1976).

El costo energético invertido para el evento reproductivo o mejor denominado esfuerzo reproductivo (Williams, 1966), se considera la función con mayor gasto energético que efectúan los organismo, ya que la energía metabolizable durante esta etapa se conduce principalmente a dos grandes funciones reproductivas que es la formación de las estructuras reproductivas y el comportamiento asociado a la reproducción (Crawford y Balon, 1996).

En peces pelágicos el análisis energético se ha usado para estudiar la relación entre el ciclo anual de almacenamiento de energía y los procesos de ingestión, reproducción y crecimiento. Este análisis requiere de información concerniente a períodos de alimentación, crecimiento, periodicidad de los eventos

reproductivos, tasas de metabolismo y ciertas eficiencias energéticas (Mackinnon, 1972). Sin embargo en el caso de los peces de pico (familia Istiophoridae y Xiphiidae) la obtención de mediciones directas (en vivo) de estos parámetros no es posible obtenerlos por tratarse de organismos grandes de hábitos pelágicos, lo cual implica grandes y severos problemas logísticos (Abitia-Cardenas 2000).

En este sentido para estas especies en particular los valores calóricos determinados por la producción de calor durante la combustión de las muestras biológicas (biomasa expresada en unidades de energía) en un calorímetro adiabático, han sido usados para proveer de una estimación relativa del consumo, distribución, almacenamiento y uso de la energía (Abitia-Cardenas *et al.*, 1997, 2002).

En México los picudos son especies reservadas para la pesca deportiva, y de manera particular el pez vela *Istiophorus platypterus* es el recurso principal, por lo que 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, 2001).

A pesar de la gran importancia que el pez vela tiene en las capturas deportivas y comerciales, los conocimientos que se tienen sobre aspectos de fisiología energética son nulos. En este contexto y tomando como base los métodos calorimétricos e histológicos en la presente investigación, se analizó la bioenergética reproductiva del pez vela del área de Mazatlán Sinaloa, México, con la finalidad de validar o descartar la hipótesis de que la boca del Golfo de

California, además de ser una zona importante de consumo y almacenamiento de energía para el pez vela, constituye también un área de desove en el Pacífico mexicano.

ANTECEDENTES

Sistemática y taxonomía

Los picudos en el océano Pacífico oriental, están representados por dos familias y seis especies; la familia Xiphiidae con su única especie el pez espada *Xiphias gladius* y la familia Istiophoridae representada por 5 especies: el marlín rayado *Kajikia audax*, marlín azul *Makaira nigricans*, marlín negro *Makaira indica*, pez vela *Istiophorus platypterus* y el pez pico corto *Tetrapturus angustirostris*. Estas especies se caracterizan por poseer el maxilar superior extremadamente alargado, formando un rostrum largo o pico el cual origina el calificativo de picudos (Nelson, 2006; Collete *et al.*, 2006), figura 1.

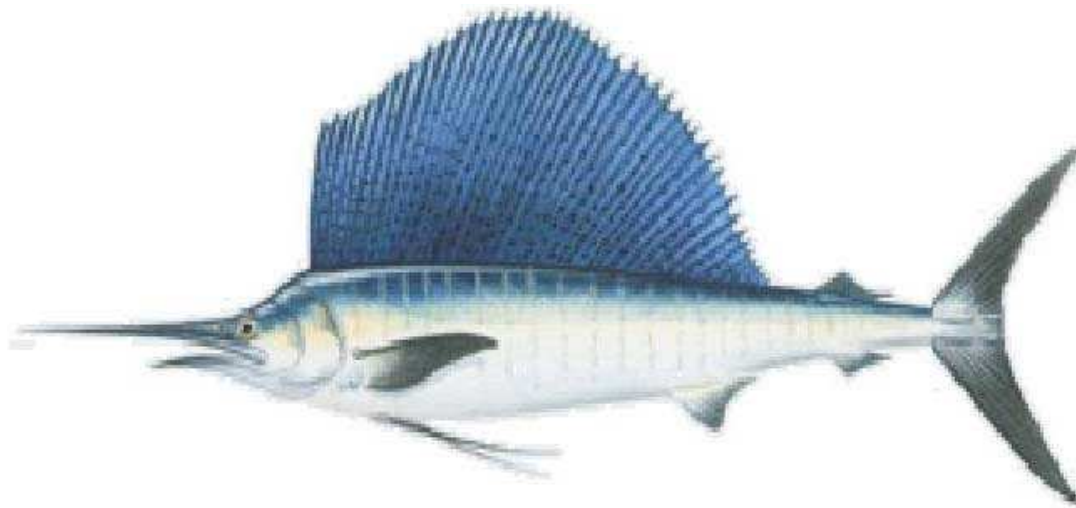


Figura 1. Pez vela *I. platypterus*.

El pez vela *I. platypterus* se describe como especie monoespecífica dentro del género *Istiophorus* (Morrow y Harbo, 1969), se caracteriza por tener un cuerpo

comprimido lateralmente, alcanzando una longitud total hasta de 340 cm., su característica distintiva es tener la primera aleta dorsal en forma de vela, con una dimensión mayor que la altura del cuerpo y las aletas pélvicas muy largas pudiendo alcanzar el orificio anal, sin embargo Nakamura *et al.*, (1968), consideran al pez vela del océano Atlántico como una especie diferente en razón de su menor tamaño y a que la forma de la espina dorsal es diferente, y la Asociación Internacional de Pesca Deportiva, mantiene los registros de sus torneos separados en los dos océanos, ya que el mayor registro del pez vela en el océano Pacífico es de 100.2 kg y los registros subsecuentes han pesado mas de 70 kg, mientras que el espécimen más grande del océano Atlántico es de 58.1 kg y en más de la mitad de los reportes de torneos de pesca deportiva, se registran pesos menores a los de 50 kg (Christensen y Clifford, 1980).

Distribución

Son organismos pelágicos, oceánicos y migratorios, se distribuye en zonas tropicales y subtropicales de todos los océanos, se encuentra en forma frecuente por encima de la termoclina. Es el menos oceánico de los picudos y presenta una tendencia a acercarse a las costas continentales, islas y arrecifes (de Sylva, 1974; Nakamura, 1985).

En el Atlántico central occidental, en aguas de Florida EUA, frente al Golfo de México y en el mar Caribe, se reporta que el pez vela forma cardúmenes durante los meses de invierno, y durante el verano muestran una mayor dispersión hacia el norte, a lo largo de la costa este de Estados Unidos, siguiendo el borde

interior de la Corriente del Golfo. En el Atlántico central oriental, el desplazamiento de pez vela en sentido Norte y Sur a lo largo de la costa de África occidental parece estar asociado a la isoterma del agua de 28°C, en la cual los peces se mueven hacia el Norte durante la primavera y parecen volver al Sur durante el otoño. El período de aumento de abundancia de pez vela coincide con el período de temperatura más cálida del agua en superficie (N'goran *et al.*, 2001).

En el Pacífico occidental se encuentra desde los 27° S hasta los 40° N. en el Pacífico oriental su distribución es más estrecha y se sitúa entre los 5° S y los 25° N (Joseph *et al.*, 1974 ; Squire, 1974). Su distribución y abundancia en el océano Pacífico oriental coincide con el desplazamiento de la isoterma de los 28°C (Kume y Joseph 1969 a).

En el océano Atlántico, se encuentra ampliamente distribuido en las aguas subtropicales, tropicales y en ocasiones en aguas templadas en el mar Mediterráneo. Los límites geográficos, que se basan en capturas comerciales, están comprendidos entre 40°N y 40°S en el Atlántico oeste, y de 50°N a unos 40°S, pero éstas son menos abundantes en aguas del Atlántico norte central (25°N a 40°N) y del Atlántico sur central (25° a 40°S) (Arocha, 2006).

Pesquerías

Para el océano Atlántico la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico y especies afines (CICAA), he establecido en base a criterios biológicos, índices de migración y distribución geográfica de las capturas del pez vela en dos unidades de manejo divididas en Atlántico oriental y occidental (Anon,

2002), en relación a las capturas comerciales de picudos, las capturas de pez vela se reportan junto con el marlín trompa larga *Tetrapturus pfluegeri* y marlín blanco *Tetrapturus belone* por las flotas palangreras de ambos bordes continentales, capturas importantes de peces de pico sin clasificar se informaron a la ICCAT del 2001 al 2004 en este periodo la captura de marlines sin clasificar fue del 12% a 30% del total de las capturas peces de pico, esto hace que las estimaciones de las capturas de pez vela sean difíciles, los reportes de capturas combinadas de ambas especies en el 2004 fueron 1,119 t para el Este y 1,258 t en el oeste, informes preliminares e incompletos de las capturas en el 2005 fueron de 722 t para la región oeste y 970 t para la región este. (Anónimo, 2005).

A pesar de los intentos de evaluar cuantitativamente el estado de estas dos poblaciones (oriental y occidental del pez vela), desde el 2001, se han reportado descensos de la biomasa de estas dos poblaciones. Estos descensos probablemente han disminuido la biomasa de las poblaciones a niveles que podrían producir capturas por debajo del Rendimiento Máximo Sostenible (Pallarés *et al.*, 2009).

En relación al océano Pacífico Oriental Tropical, las evaluaciones de los stocks de picudos son mínimas, solo para *Xiphias gladius*, se mantiene registros permanente de su captura, debido a su importancia comercial en el mercado mundial, Hinton y Alvarado-Bremer 2007.

En contraste de lo que se informa para las especies de pico del Océano Atlántico, donde los stocks se consideran sobreexplotados o en riesgo (Die, 2006), las

evaluaciones de los stocks del Océano Pacífico oriental muestran que se encuentran en buen estado. No obstante, estas estimaciones no son confiables (Skilman, 2000), ya que los estudios de los stocks se basan en forma principal en las capturas de la flota palangrera de Japón, Korea y Taiwán que opera en el área. Una de las limitantes más importantes para llevar a cabo una correcta evaluación del recurso, es la carencia de una serie de tiempo apropiada.

Adicionalmente, las capturas de *I. platypterus* y del pez de trompa corta *Tetrapturus angustirostris* Tanaka, 1915, se han reportaron de manera conjunta.

Pesca comercial

En la costa oriental del océano Atlántico en aguas de Ghana, Bannerman, (2007), analizó las capturas de pez vela desde 1980 al 2005, en la cual la CPUE medida como Kg por viaje, disminuyó de 140 kg en 1980 a 15 kg en el 2004.

Para la Costa de Marfil, N'Da y Dedo (2009), reportaron para el pez vela, a partir de las capturas de la pesquería artesanal desde 1988, el seguimiento de los parámetros operativos (esfuerzo pesquero, captura total, talla media y captura por unidad de esfuerzo-CPUE) mostrando dos hechos relevantes. El incremento del esfuerzo pesquero con el transcurrir de los años y una constancia en la talla media explotada en la CPUE, que podría considerarse como un buen indicador de una explotación racional, en las cuales las capturas se mantienen estables, con una media de captura por embarcación de 25 kg.

En Senegal, Ngom y Ndaw (2009), reportaron disminuciones en la captura de pez vela de 1040 t en 1991 a 266 t en el año del 2008.

Para las costas del océano Índico John *et al.*, (1997), encontraron que la CPUE en las aguas de la India fueron de 22 a 23 kg por mil anzuelos, en los dos primeros trimestres y aumentaron a hasta 53 Kg por mil anzuelos los dos últimos trimestres de 1993 a 1995, situándolos en las capturas más altas que las reportadas por las pesquerías de Japón y Taiwán.

Maldeniya *et al.*, (1998), efectuaron el análisis de las pesquerías en aguas del Océano Índico, reportando que las CPUE del pez vela en Kg por operación de embarcación nocturna registraron valores promedios bajos (5 kg por embarcación por trimestre) de 1992 a 1994, ya que la pesca de picudos es captura incidental, debido a que la pesca objetivo son los atunes.

Kume y Shaefer (1966), analizaron las pesquerías de palangreros que operaron en el océano Pacífico oriental, y reportaron tasas de capturas de 10.6 peces por 1000 anzuelos para el año de 1964, estas capturas disminuyeron a 5.8 peces por 1000 anzuelos, para el año de 1966, en la misma área Kume y Joseph (1969b), encontraron que durante el periodo de 1964, 1965 y 1966 el esfuerzo de pesca fluctuó entre 62, 44 y 47 millones de anzuelos por año, sin embargo las capturas por día tanto en cantidad como en peso permanecieron estables. Shingu *et al.*, (1974), realizaron un análisis de la pesca de 1967 a 1970, reportando 2200 anzuelos por operación de pesca, ellos mencionaron que la composición de picudos fue diferente en los años analizados, ya que en 1968 las capturas del pez vela fueron mayores que en 1967, El análisis de las pesquerías durante el período 1971-1980 fue descrito Miyabe y Bayliff (1987), estos autores reportaron que la

captura del pez vela contribuyo con el 40% del total registrado para los picudos, hasta mediados de los setentas, y disminuyó a finales de 1980 con un 10 % del total.

Shingu *et al.*, (1974), Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992), describieron para el océano Pacífico oriental la presencia de una población importante de pez vela, a lo largo de la costa entre México y Ecuador, con un límite Norte en el área de la Boca del Golfo de California. Esta población aparentemente efectúa migraciones Sur-Norte y Norte-Sur, que están relacionadas con el desplazamiento de la isoterma de los 28°C (Kume y Joseph, 1969a).

Para la parte occidental del Océano Pacífico Xiao-Jie *et al.*, (2001), reportaron capturas incidentales de picudos de palangreros chinos durante 1994-1996, donde el pez vela contribuyó con capturas bajas ya que las CPUE medidas como número de organismos por 1000 anzuelos fueron valores mensuales de 0.2.

Para la parte del Océano Pacífico mexicano Klett-Traulsen (1987), realizó estudios del efecto del esfuerzo pesquero sobre el recurso y aplicó el modelo de producción excedente de Fox, estimó un rendimiento máximo sostenible (RMS) de 163,077 individuos al aplicarse un esfuerzo de 25 millones de anzuelos, mencionando además que el nivel de explotación al que se ha sometido el recurso excede el necesario para alcanzar el RMS.

Arias-Olais (2007) realizó un análisis de la pesca incidental del pez vela en el área de operaciones de la flota palangrera en el Océano Pacífico oriental mexicano de los años de 1983 a 1996 la CPUE medidos como número de peces por 1000 anzuelos, y determinó un promedio de 38/1000 anzuelos.

En el Golfo de Tehuantepec en el Océano Pacífico oriental mexicano, Cerdaneres-Ladrón de Guevara, Analiza las capturas incidentales en la pesca comercial a pequeña escala, para determinar la tasa de explotación del pez vela, por parte de la flota artesanal y reporta que el grupo de tallas de 174.5 cm de longitud posorbital, es el que más contribuye a las capturas, presentando una tasa de explotación de 50%, además informa que la CPUE no presentó una tendencia clara, con valores promedio de 2.5 organismos por viaje.

Pesca deportiva

Para el Océano Atlántico occidental en aguas de Venezuela Gaertne *et al.*, (1989), realizaron un análisis de la pesquería deportiva de 1961 a 1987, en relación a los picudos encontrando para el pez vela un promedio estabilizado de capturas de 0.4 ejemplares por salida de la flota deportiva, en general las hembras registraron mayores tallas que los machos.

Para las costas de Brasil, Mourato *et al.*, (2009). Utilizaron un modelo lineal generalizado (GLM) para generar series de CPUE para el pez vela capturado por la flota deportiva que tiene su base en los Estados de São Paulo y Río de Janeiro, desde 1996 hasta 2007. Los resultados sugieren una tendencia estable de la CPUE de pez vela. Sin embargo, los datos utilizados cubren sólo una pequeña

zona en el Atlántico suroccidental, los resultados deberán considerarse con precaución, ya que podrían ser más el reflejo de la disponibilidad local del stock que de su abundancia real.

En el Océano Pacífico la pesca de picudos como deporte inicia en la parte sur de California, según Talbot y Wares (1975), Squire. (1974, 1983, 1984 y 1987) reportó para el periodo de 1969 a 1985 las actividades y resultados de la pesca deportiva, determinando las tendencias de las capturas de picudos por pescador/día (CPUE) en los principales centros turísticos del Pacífico mexicano como son: Mazatlán, Sinaloa, extremo Sur de la península de Baja California, Acapulco Guerrero, y citó que las tendencias de la CPUE durante este periodo presentaron una cierta estabilidad, así como también un aumento en los valores de la CPUE a partir del año de 1976, cuando se estableció La Zona Económica Exclusiva de México (ZEEM).

Eldridge y Wares (1974), estimaron la CPUE (expresada como número de individuos por bote-día), y el porcentaje de esfuerzo aplicado durante los años de 1967-1969 para el pez vela capturado en Mazatlán, Sinaloa, obteniendo que las mayores abundancia se presentaron durante los meses de mayo, junio, y julio con capturas de 1.8, 1,6 y 1.1 organismos por bote/día respectivamente, para la misma área.

García *et al.*, (1982), realizaron un análisis estadístico de las capturas de pez vela durante las temporadas de 1973-1975 y 1981-1982 en Mazatlán, Sinaloa y Puerto Vallarta Jalisco, el resultado de éstos análisis indicaron que el pez vela

está presente en todos los meses del año en Mazatlán, Sin., pero su captura y abundancia son mayores en los meses de junio y noviembre; para Puerto Vallarta, Jalisco, encontraron que también la especie se presentó durante el año aunque los meses de mayor abundancia fueron de octubre a diciembre manteniéndose hasta el mes de enero.

Lizárraga-Chávez (1989), para la zona de operación de la pesca deportiva de Mazatlán, Sinaloa, reportó la captura por unidad de esfuerzo por mes (número de lanchas por mes) y mencionó que las mayores capturas se efectuaron en los meses cálidos.

Para la parte del océano Pacífico oriental mexicano Osuna-Flores (1991), analizó las pesquerías deportivas y comerciales del pez vela, y mencionó que los niveles de captura y los índices de CPUE en todas las zonas presentaron una tendencia a la declinación, observó una alta predominancia de pez vela en el Golfo de Tehuantepec, misma que tuvo una tendencia a disminuir hacia el Noroeste (B.C.S.). En la pesca deportiva los mayores índices de abundancia se presentaron en Acapulco, Guerrero y Puerto Vallarta, Jalisco y en menor proporción aunque abundante también en Mazatlán, Sinaloa y los niveles más bajos de abundancia se registraron en Baja California Sur.

Macías-Zamora (1993), analizó las relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela en el Pacífico mexicano y mencionó que la pesquería deportiva del pez vela ha alcanzado un aparente nivel de equilibrio a partir de

1976, asociado a la reducción del esfuerzo pesquero internacional provocado por el establecimiento de la ZEEM de 200 millas.

Edad

Para la parte occidental del océano Atlántico, de Sylva, (1957), determinó la edad y crecimiento en el pez vela basado en la frecuencia de longitud y análisis de progresión modal, concluye que este organismo tiene una tasa de crecimiento rápida en los primeros tres años de vida y un ciclo de vida corto, sin validar con estructuras duras.

Jolley (1974) para el pez vela del Atlántico en aguas de Florida (EUA), examinó partes duras tales como espinas dorsales, anales, radios de las branquiespinas, huesos operculares y vértebras para determinar edad y crecimiento y eligió las espinas dorsales por ser más fácil de procesar y de muestrear, determino 7 grupos de edad sin embargo estudios posteriores llevados a cabo por el mismo autor (Jolley, 1977) mencionó que las primeras edades están subestimadas por el hecho de que el núcleo de las espinas están vascularizadas y no se alcanza observar claramente la separación de anillos de crecimiento y encontró un año más de edad, situando en 8 años la edad de estos peces en aguas de Florida.

Hedgepeth y Jolley (1983), determinaron la edad y el crecimiento del pez vela de la Florida, en total se analizaron 1071 organismos, por medio de la espina dorsal, del total sólo 569 (53%) fueron legibles, y estimaron 7 grupos de edad,

además reportaron que las hembras y machos crecen igual hasta los tres años de edad, pero posteriormente son las hembras las que crecen más que los machos.

El uso de otolitos para determinar la edad y el crecimiento ha sido utilizado poco debido al tamaño pequeño de esta estructura, sin embargo se han realizado determinaciones utilizándolos, Radtke y Dean (1980, 1981), por medio de microscopía electrónica de barrido, determinaron la edad, basado en la cuantificación de los bordes del lóbulo rostral y encuentran que se correlaciona en forma positiva, los bordes contra el peso de los organismos, los resultados apoyaron las conclusiones encontradas con espinas de la aleta dorsal, indicando un rápido crecimiento del pez vela durante los tres primeros años de vida (Jolley 1974, 1977). Sin embargo los resultados no fueron validados por ningún método.

Prince *et al.*, (1986), informaron que un pez vela capturado y liberado en aguas de Florida, EUA sirvió para validar el trabajo de Radtke y Dean (1980, 1981). Este organismo fue recapturado después de 10 años y se analizaron los bordes de los otolitos sagitta mediante microscopía electrónica de barrido, así como espinas de la aleta dorsal. El análisis reveló 13 bordes, lo que sugirió que cada borde representó un año, y que tenía al menos 13 años de edad, mientras que los resultados de la espina dorsal, fueron variables y menos precisos ya que se estimaron sólo 2 años utilizando la tercera espina dorsal y un total de 7 años con la sexta espina dorsal.

En el océano Pacífico mexicano Alvarado-Castillo (1993) reportó que el pez vela alcanza hasta 7 años de edad, y el grupo más abundante es el que presenta

4 años de edad, determinada a partir de la cuarta espina dorsal, en muestras que provienen de los puertos de Los Cabos B.C.S., Mazatlán Sinaloa, Puerto Vallarta Jalisco y Manzanillo Colima. Ramírez- Pérez. (2005) encuentra igual resultado en la misma área de estudio, pero con muestras que provienen solo de Mazatlán Sinaloa.

Crecimiento

Voss, (1953), describió la morfología de 13 larvas y juveniles de pez vela que registraron tallas que fueron de los 39 hasta 208 mm de longitud estándar y dividió en tres etapas la descripción de estos especímenes y determinó que el período de desove se extendió de mayo a agosto, alcanzando un máximo en junio y julio.

Gehring (1956) contribuyó a la comprensión de la morfología macroscópica y el crecimiento de las larvas y juveniles de pez vela del Atlántico, este autor categorizó en tres periodos a las larvas, el primero va de un tamaño inicial de 7 mm , a un tamaño medio de 7 a 20 mm y larva tardía mayor a 20 hasta 100 mm, de ahí en adelante, las características distintivas de larvas, tales como espinas pteróticas, espinas preoperculares principales y dientes mandibulares desaparecen y es más apropiado cambiar el término de larvas a juveniles.

de Silva (1957) analizó las frecuencias de talla de un tamaño de muestra representativo (n = 8630) de las áreas de la Florida, el oeste de Bahamas y el Golfo de México. Supuso que los tamaños de longitud de tronco (medidos desde el borde posterior de la órbita del ojo a la inserción anterior de las quillas caudales) para las edades de alrededor de 1, 2 y 3 años fueron 183, 216 y 234 cm,

respectivamente, mientras que los valores de peso para los mismos grupos de edad mide 9,5, 19,5 y 28,5 Kg sin embargo no hizo distinción entre sexos introduciendo sesgos por dimorfismo sexual.

Para el pez vela del Indo-Pacífico Merrett (1968), comparó las relaciones talla-peso de pez vela, con una muestra 70 machos y 50 hembras, no encontró diferencias en las longitudes, debido a que los pesos máximos registrados de ambos sexos fueron semejantes, debido a que sus capturas provienen de la pesca incidental del atún.

Skillman y Yong (1974), en aguas del océano Pacífico central, analizaron por medio de regresión lineal a partir de frecuencias de tallas y de pesos de seis especies de peces de pico, para comprobar si el crecimiento es isométrico, sus resultados indicaron que para el pez vela el crecimiento es isométrico, sin embargo, sus resultados están sesgados ya que tienen un tamaño de muestra pequeño ($n = 18$) y con organismos de tallas grandes.

Para la parte oriental del océano Pacífico Wares y Sakagawa (1974) utilizaron medidas morfométricas del pez vela y compararon los datos con los obtenidos por Morrow y Harbo (1969) para esta misma especie y encontraron que los caracteres morfológicos, se podrían utilizar para diferenciar stocks diferentes entre las poblaciones, debido a que peces vela de la misma edad tienen tallas mayores en el océano Pacífico que los del océano Atlántico.

Este dimorfismo sexual, es reportado para el pez vela en aguas del Océano Pacífico mexicano por Ramírez- Pérez (2005) ya que encontró diferencias

significativas en las tallas por sexo, e informa que las hembras son más grandes que los machos en el periodo frío.

Biología trófica

Voss (1953) contribuyó al conocimiento de la conducta trófica del pez vela de Florida, reportando que este pez se alimenta en grupos, formando cardúmenes entre 6 y 30 peces para cazar y alimentarse. Su estrategia es nadar en círculos para evitar que el cardumen de presas (sardina, anchoveta, macarela) se disperse, mientras que uno o dos peces lo atraviesan golpeando a las presas para aturdir las y comerlas.

En África Oriental Williams (1963) reportó que el pez vela se alimentó de peces los peces *Decapterus* spp., *Rastrelliger* spp., *Euthynnus* spp. y *Dactyloptena* spp., así como de cefalópodos.

Para el océano Atlántico oriental, Ovchinnikov (1970), registró variaciones estacionales en la composición de la dieta del pez vela; durante el mes de febrero, las especies presa dominantes fueron cefalópodos, anchovetas y peces (Género *Otoperca*), en abril la presa principal fue *Sardinella* spp. y en mayo *Scomber* spp. Para el océano Atlántico Jolley (1977) menciona que los peces de la familia Scombridae fueron las presas preferenciales, seguidos de los calamares y peces de las familias Belonidae, Carangidae, Clupeidae y Exocoetidae.

Post *et al.*, (1997) reportó que el pez vela es un depredador ápice, que en su etapa larvaria se alimenta de copépodos y posteriormente cambia su ingesta a

peces y cefalópodos a tallas mayores de 6,0 mm LE (longitud estándar o notocordal),

Para aguas del Atlántico en el sur del Mar Caribe, García de los Salmones *et al.*, (1989), describieron el espectro trófico pez vela, reportando que la dieta se constituyó en orden de importancia por el pez sierra, *Scomber* spp, el atún melva *Auxis* spp, la sardina *Sardinella aurita*, y el pez volador *Dactylopterus volitans*.

Para el pez vela en el área del Atlántico norte y tropical, Sato *et al.*, (2004), reportaron que las presas principales fueron peces con un 62.6 %, las familias Bramidae y Gemplydae fueron las más importantes, mientras que a los cefalópodos correspondió el 37.4%.

En el Atlántico ecuatorial occidental, Junior *et al.*, (2004), mencionaron que las presas más importante para el pez vela fueron la perca, *Brama brama*, el pez serpiente, *Gempylus serpens*, y el pez volador *Dactylopterus volitans*. Así como los cefalópodos, *Ornithoteuthis antillarum*, *Omastrephes bartrami*, *Hyaloteuthis pelagica*, y *Tremoctopus violaceus*.

En el área del sur Atlántico frente a las costas de Brasil, Pimenta *et al.*, (2005), describieron la dieta del pez vela, reportando que los peces contribuyeron con el total del espectro trófico, las especies dominantes fueron, *Diodon hystrix* (31.5 %), *Exocoetus volitans* (20.3%), *Caranx crysos* (14.8%) y *Dactylopterus* spp (7.4 %).

Para el Océano Pacífico, Nakamura (1985), reportó que las presas más importantes del pez vela del Indo-Pacífico fueron peces (*Bramidae*, *Stromateidae*,

Carangidae, *Gempylidae*, *Belonidae*, *Balistidae*) y cefalópodos (calamares). Para el océano Pacífico oriental, Galván-Magaña (1999), reportó que el pez vela se alimenta principalmente de *Vinciguerria lucetia*, *Auxis* spp. *Decapterus macrosoma*, *Dosidicus gigas* y *Benthoosema panamense*.

Para el océano Pacífico oriental mexicano, Evans y Wares (1972) en dos zonas del Sur del Golfo de California (Buena Vista y Mazatlán), analizaron el contenido estomacal de 197 peces vela durante el periodo de 1967 a 1968, las presas más importantes en la zona de Mazatlán, Sinaloa, fueron peces del género *Polydactilus* spp. calamares y el cefalópodo *Argonauta* spp. mientras que para la zona de Buena Vista, Baja California Sur, las presas más importantes fueron calamares, y dos especies de peces (*Etrumeus teres* y *Fistularias* spp.).

Eldridge y Wares (1974), analizaron los hábitos alimenticios de 33 organismos y encontraron cambios en la composición de la dieta, las presas más importantes de acuerdo al método volumétrico fueron los peces *Etrumeus teres*, *Fistularia* spp. *Euthynnus lineatus* y *Auxis* spp.

Rosas-Alayola *et al.*, (2001) analizaron de 1989 a 1991 el contenido estomacal de 576 peces vela que se capturaron en seis diferentes zonas del Pacífico Mexicano. Las presas dominantes en la zona de La Paz, B.C.S., fueron el calamar *Dosidicus gigas* y los peces *Scomber japonicus* y *Auxis* spp. Para la zona de Cabo San Lucas, B.C.S., los peces *Auxis* spp., *Selar crumenophthalmus* y *Lagocephalus lagocephalus*; mientras que para la zona de Mazatlán Sin., Puerto

Vallarta, Jal., Barra de Navidad, Jal. y Manzanillo, Col., los cefalópodos *Argonauta* spp. *D. gigas* y el pez *Auxis* spp. fueron las presas principales

Pérez-España *et al.*, (2002) en la zona de Manzanillo, Colima, encontró que las presas más importantes fueron calamar, *Decapterus* spp. *Lagocephalus lagocephalus*, *Fistularia* spp. y *Auxis* spp.

Arizmendi-Rodríguez *et al.*, (2006) para la zona de Mazatlán, Sinaloa analizaron 463 estómagos de pez vela durante un ciclo anual y registraron 77 tipos de presa, las cuales fueron agrupados en tres categorías alimenticias: cefalópodos, peces y crustáceos. De acuerdo al índice de importancia relativa, se encontró que las presas más importantes fueron *Dosidicus gigas* con el 66 %, seguido de *Argonauta* spp. con 24 %, *Balistes polylepis* el 6%, picos de cefalópodos 1% y *Auxis* spp. 1%.

Biología reproductiva

Jolley (1977), para el océano Atlántico occidental, analizó la actividad reproductiva por medio de la técnica histológica, proponiendo cinco fases de desarrollo de la gónada en hembras y caracterizándolo como un desovador parcial cuya época reproductiva es de finales de mayo hasta principios de septiembre.

Merret (1971) para el océano Índico analizó el desarrollo de ciclo reproductivo de picudos por medio de histología y para el pez vela mencionó que durante el desarrollo de ovocitos algunos grupos no son expulsados, reabsorbiéndose.

García de los Salmones *et al.*, (1989), para las costas de Venezuela, reportaron que el pez vela no se reproduce en esa área ya que encontraron hembras con gónadas en fase dos, evaluadas con una escala morfocromática.

Para las costas de Brasil frente al estado de Río de Janeiro, Pimenta *et al.*, (2005) a partir de una escala morfocromática de las gónadas, establecen que desova, de diciembre y finaliza en marzo.

Para el océano Atlántico Frente a Costa de Marfil N'Da y Soro (2009), estudiaron la actividad reproductiva por el aspecto macroscópico de gónadas de las hembras por medio de una escala morfocromática y a través del seguimiento del índice gonadal, utilizaron la técnica histológica para asignar las fases de desarrollo de los ovocitos y demostraron que el pez vela se reproduce en aguas de Costa de Marfil.

Por lo que respecta al océano Pacífico Kume y Joseph (1969b), reportaron que en aguas de América Central en el área de Costa Rica se detectaron hembras de pez vela en condición de desove.

Yurov y González (1971) documentaron desoves en el Golfo de Tehuantepec, de febrero a abril, utilizando métodos indirectos, a partir de retrocálculo de índices de crecimiento de larvas y juveniles de pez vela.

Eldridge y Wares (1974), reportaron actividad reproductiva del pez vela de abril a julio, evaluada con el índice gonádico, ellos no reconocen la característica de desovador parcial, en organismos que provienen del área del océano Pacífico mexicano del área de Mazatlán Sinaloa.

Lizárraga-Chávez (1989), para la zona de Mazatlán determinó por medio del índice gonádico y una escala morfocromática que el pez vela se reproduce de agosto a octubre.

Para el océano Pacífico oriental mexicano, Hernández-Herrera (1994), en un estudio del patrón reproductivo del pez vela al Sur del Golfo de California, caracterizó a la especie como un desovador parcial, ya que registró ovocitos intraováricos en diferentes grados de desarrollo, que refleja una distribución polimodal de frecuencias del diámetro de las células reproductoras, e informa de un gradiente de reproducción sur-norte, en la que la zona sur que corresponde a Manzanillo Colima, Barra de Navidad, Puerto Vallarta Jalisco y Mazatlán Sinaloa presentó la mayor actividad de reproducción y la zona norte que comprende a Cabo San Lucas y La Paz B.C.S., una menor importancia en relación a la reproducción y determinó que el pez vela se reproduce de junio a diciembre.

García-Guevara (1995) evaluó la actividad de reproducción del pez vela en la parte central del océano Pacífico oriental mexicano a través del índice gonádico y determinó que existe un desplazamiento de hembras en desove, de la parte de Manzanillo Colima y Barra de Navidad Jalisco a Zihuatanejo Guerrero. Para la parte occidental del océano Pacífico Wei-Chuan *et al.*, (2006), evaluaron la fecundidad parcial y frecuencia de desove a partir de la técnica histológica e indicaron que el pez vela se reproduce en los meses de abril a septiembre.

Fecundidad

Se ha estimado la fecundidad para el pez vela en diferentes océanos, con resultados variables, Voss (1953) para el océano Atlántico en las costas de Florida determinó, que en una gónada 1.4 kg había 2.3 millones de huevos; también obtuvo conteos de hasta 4.7 millones de huevos, en una hembra cuya gónada medía 50.8 cm y pesaba 3.6 kg, Merrett (1971) en 4 hembras de la costa oriental de África, encontró una relación directa entre la fecundidad y el peso total en hembras, con un intervalo entre 35.8 – 48.5 kg, él contó ovocitos cuyo diámetros median entre 487 y 537 μm , con una variación del número de ovocitos de 1.9 hasta 19.5×10^6 , Jolley (1977), para la parte occidental del océano Atlántico reportó un valor promedio de 4.8×10^6 ovocitos para una hembra de 34.4 kg.

Para el pez vela de la boca del Golfo de California, Eldridge y Wares (1974), contaron ovocitos con diámetros de 900 a 1300 μm y obtuvieron valores de fecundidad entre 1.8 y 5.1 millones de huevos, para cuatro hembras cuyo intervalo de longitud ojo-furca estuvo entre 163 y 187 cm, García–Guevara (1995) analizó la fecundidad para 30 hembras capturadas en el océano Pacífico oriental mexicano con un rango de valores de 5.7 a 23.8×10^6 ovocitos para organismos de 1.81 a 1.95 cm de longitud ojo furca, Macías-Zamora (2001), determinó que la fecundidad vario entre 5.7 y 23.8×10^6 ovocitos, no reportándose el diámetro de los ovocitos, en organismos que midieron 1.81 y 1.75 m. respectivamente.

Para el Océano Pacífico occidental, Wei-Chuan *et al.*, (2006) determinaron, fecundidades con valores que van de 2×10^5 a 2.48×10^6 ovocitos, con un diámetro promedio de 1100 μm , en organismos de un peso de 19 a 41 kg

En el Pacífico mexicano, Hernández-Herrera *et al.*, (2000), determinaron una fecundidad promedio de 1.68×10^6 ovocitos por desove cuyo diámetro promedio fue de 1265 μm .

Índices morfofisiológicos

La variación de indicadores morfofisiológicos como el índice gonádico y hepático, permite establecer algunas regularidades del ritmo fisiológico y su relación con los principales procesos biológicos, entre ellos la reproducción, durante un ciclo anual, reflejando los cambios que ocurren en el metabolismo de los peces con la sucesión de las diferentes fases del ciclo reproductivo.

Determinar el índice gonádico es un procedimiento relativamente rápido para medir los grados de madurez sexual, en comparación con la dificultad de medir el diámetro de los ovocitos.

Para el Pacífico Oriental, Kume y Joseph (1969b) determinaron que un valor del índice gonádico igual o mayor de 3 para el marlín rayado *Tetrapturus audax*, se relaciona con hembras maduras. Hernández-Herrera (1994) validaron por medio de la técnica histológica, que el índice gonádico con valores de 3 o más corresponden a hembras, con estadios de madurez avanzados. García-Guevara (1995) encontró valores promedios arriba de 3 en 4 de 6 meses analizados en organismo obtenidos de Barra de Navidad Jalisco y Manzanillo Colima.

Bioenergética

Para picudos (familia Istiophoridae y Xiphiidae), los estudios desde el punto de vista de la bioenergética son escasos, Abitia-Cárdenas *et al.*, (1997), estudiaron los hábitos alimenticios y valores energéticos de las presas del marlín rayado *Tetrapturus audax*, reportando que es un depredador generalista, ya que se alimentó de una amplia variedad de especies, tanto de la zona epipelágica como de ambiente mesopelágicos. A partir de la metodología calorimétrica estos autores, registraron valores energéticos de las presas consumidas, los cuales variaron entre valores mínimos de 3.42 Kcal/g de peso seco para el crustáceo *Pleuroncodes planipes*, y valores máximos de 6.14 Kcal/g de peso seco para el pez agujón *Fistularia* spp., ellos reportaron que los peces pelágicos y los cefalópodos contribuyeron con más del 80% del contenido calórico sin embargo se reportó que el aporte total de la energía, contenida en los estómagos de los organismos analizados, están subestimadas ya que los estómagos tenían un 30 por ciento de llenado.

En el estudio de la dinámica trófica y energética estacional del marlín rayado *Tetrapturus audax*, Abitia-Cárdenas *et al.*, (2002), analizaron el consumo y almacenamiento de energía durante un ciclo anual en los años de 1995-1996. En este trabajo se reportó que el consumo y almacenamiento de energía (Kcal/ g) del marlín rayado mostró diferencias significativas, en donde el mayor consumo de alimento y acumulación de energía en músculo y ovario, se presentó durante el verano. Con base a las evidencias presentada en la investigación los autores

concluyen que las aguas oceánicas de la región sur de la Península de Baja California (costa occidental de Baja California Sur y Boca del Golfo de California), constituyen una de las zonas más importante de alimentación del marlín rayado en el Pacífico Nororiental, confirmándose la hipótesis de que la región de Los Cabos es una zona del circuito de migración del marlín rayado, en el cual una fracción de la población con longitud modal menor a 200 cm de longitud posorbital (LP) se encuentra en la zona consumiendo y almacenando energía para prepararse para el evento reproductivo.

JUSTIFICACIÓN

El área de Mazatlán es una zona importante de pesca deportiva para la captura el pez vela durante todo el año, sin embargo el estudio de este recurso se ha limitado a estudios de la pesquería y algunos aspectos básicos de su biología por lo que abordar el estudio de la reproducción y la bioenergética permitirán conocer el papel que desempeña en la ecología del área, relacionado con los flujos de energía, almacenamiento, distribución y utilización en peces y así entender procesos metabólicos relacionados con el crecimiento y la reproducción. Asimismo permiten valorar el impacto de factores ambientales y químicos que afectan a los stocks de peces Faahraeus-Van Ree y Spurrell, (2003).

En relación al pez vela no hay estudios que aborden la reproducción desde el punto de vista bioenergético, por esta razón se analizará el reparto de la energía consumida y su inversión en el proceso reproductivo.

El generar información sobre el proceso reproductivo y bioenergético del stock explotado por la flota deportiva fortalecerá los elementos básicos para conocer el estado de salud del stock mismo que permitirá considerar adecuaciones a las estrategias de manejo de esta pesquería.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la bioenergética de la reproducción del pez vela *Istiophorus platypterus* en el área de Mazatlán, Sinaloa.

Objetivos particulares

- Analizar la distribución de tallas por sexos.
- Describir a partir de métodos histológicos, las diferentes etapas del ciclo reproductivo del pez vela.
- Determinar las variaciones de los índices morfofisiológicos (índice gonádico, hepatosomático y factor de condición) y su relación con la época de reproducción de la especie.
- Estimar la fecundidad del pez vela.
- Cuantificar el espectro trófico energético del pez vela
- Analizar el contenido energético de, los tejidos muscular, gonádico y hepático del pez vela.
- Relacionar el ciclo reproductivo e índices morfofisiológicos del pez vela y su relación con la variación de la cantidad de energía consumida y la registrada en los diferentes tejidos.
- Caracterizar la variación estacional del consumo, distribución y almacenamiento de energía y su relación con la reproducción.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de pesca de pez vela correspondiente al puerto de Mazatlán Sinaloa; se considera de 6000 km² aproximadamente que comprende de los 105° 50' Longitud Oeste a los 106° 45' Longitud Oeste y de los 22° 40' Latitud Norte a los 23° 38' Latitud Sur. Teniendo como punto de partida el puerto de Mazatlán y en dirección Suroeste con una distancia de 40 millas y deteniéndose en forma de abanico (hacia el Sur y hacia el Norte) figura 2.

La pesca deportiva ha ampliado su radio de acción hasta las 50 millas náuticas, a través del decreto publicado por la Secretaria de Pesca en 1984. Teniendo que la zona de pesca correspondiente a las costas cercanas a Mazatlán, Sinaloa; tiene como límite aproximado al Sur el sistema Lagunar Huizache Caimanero (Latitud 23° 11' Longitud 106° 05'), y al Norte entre las localidades de Mármol y Dimas (Latitud 24° 14' Longitud 106° 46'), hay que especificar que la pesca se extiende al Sur a veces hasta los límites con Teacapán.

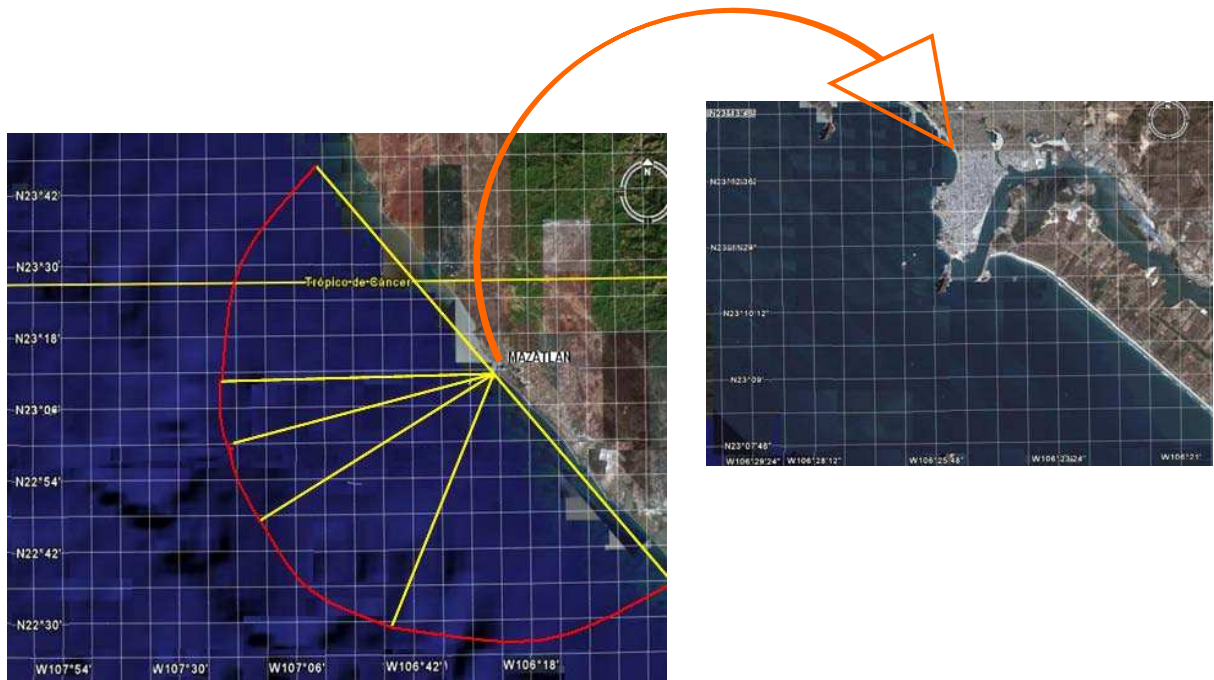


Figura 2. Área de estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolecta de muestras

Durante el período de agosto del 2002 a agosto del 2004, se realizaron muestreos semanales en los desembarcos de las capturas de pez vela de la flota de pesca deportiva que opera en el área de Mazatlán, Sinaloa. El arte de captura utilizado por esta flota deportiva es el método de pesca superficial, en donde por lo general se utilizan de dos a cuatro líneas con carnada artificial (curricán) o carnada viva por embarcación.

De cada organismo muestreado se midió la longitud posorbital, (del límite posterior del ojo a la furca) y longitud total con una cinta métrica flexible (± 1 cm). El peso total de los organismos se registró con una báscula de resorte (± 0.1 Kg).

Se extrajo, gónadas, tejido muscular e hígado y posteriormente se congelaron, el estómago fue removido, determinándose el porcentaje de llenado con base a la metodología de Stillwell y Kohler (1982), agrupándolos en 4 categorías (1-25%, 26-50%, 51-75% y de 76- 100%). El contenido estomacal se colocó en bolsas de plástico.

De las gónadas se registró su peso total, se determinó en forma preliminar el sexo y estado de madurez (macroscópicamente), asimismo del hígado se registró su peso total.

Épocas climáticas

Se establecieron 2 épocas durante el periodo de estudio (fría y cálida), los registros \leq a los 26°C se le considero época fría, mientras que las temperaturas $\geq 26^{\circ}\text{C}$ correspondió a la época cálida, de tal manera que durante el periodo de muestreo (agosto del 2002 -abril del 2004), se determinaron tres épocas cálidas y dos épocas frías, lo anterior se estableció con base a la temperatura del agua superficial obtenida por el sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) de los satélites NOAA 14 y NOAA 16, los cuales tienen una resolución espacial de 14 km, fueron tomados de la base de internet del satélite, Archive NOAA. (http://saa.noaa.gov/cocoon/nsaa/products-sarch?data_type_famy=sst14NA&submit.x=21&submit.y=15).

Distribución de tallas, pesos y proporción de sexos

La distribución de tallas se estimó con las medidas de la longitud posorbital de cada uno de los organismos analizados. Se establecieron arbitrariamente 10 clases de talla con intervalos de 10 cm.

Se determinó el sexo de cada uno de los organismos por medio de la observación microscópica del tejido gonadal. La proporción de sexos se analizó para el total del periodo muestreado y mensualmente, se obtuvo dividiendo el número total de hembras entre el número total de los machos.

Para determinar si existía diferencia de 1:1 en la proporción de sexos por mes, en el total y por clases de tallas, se hicieron pruebas de hipótesis, asumiendo que la distribución muestral es aproximadamente normal, de acuerdo con el

teorema de límite central. Se analizó bajo la hipótesis nula de que existe una proporción 1:1. Utilizando el estadístico de prueba de χ^2 .

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde: O = La proporción de hembras o machos observada; E= La proporción de hembras o machos esperada.

La regla de decisión se realizó con una confianza del 95%, no aceptando la hipótesis cuando el valor de χ^2 calculado fuera mayor de 3.86, para la proporción sexual por mes y por longitud posorbital (Sokal y Rohlf, 1979).

Para determinar si existen diferencias significativas en la distribución de tallas en general y por sexos se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, con un nivel de significancia de (0.01),

Biología reproductiva

En el laboratorio se realizó el proceso histológico *i. e.* corte de la muestra, deshidratación, inclusión en parafina, corte con micrótopo de rotación (7 mm de grosor), coloración con hematoxilina-eosina y montaje en portaobjetos para su posterior observación al microscopio (Davenport, 1960) y se determinó el sexo microscópicamente

La caracterización de los estadios del ciclo gonádico de hembras se realizaron según el criterio establecido por Hernández-Herrera (1994), la cual propone una escala de madurez dividida en cinco fases, tomando en cuenta el diámetro de los ovocitos, presencia de folículos postovulatorios y atresias de

diferentes edades, el diámetro de los ovocitos se determinaron de acuerdo al método de Grant y Tyler (1983), se revisaron cinco preparaciones histológicas por mes, a partir de imágenes, capturadas en forma digital, se midió el diámetro de 50 ovocitos por mes seccionados a través del núcleo, seleccionados al azar, utilizando una cámara digital Nikon 5MDLS acoplada a un microscopio óptico Nikon Optiphot de campo claro a través del software Image-Pro Plus 5.0.

Para la separación de modas se utilizó el método de Bhattacharya (Sparre y Venema, 1992), el cual es un método para separar cohortes o grupos de edad en análisis pesqueros. Funciona dividiendo una distribución compuesta en sus correspondientes distribuciones normales, cuando una misma muestra incluya varios grupos o cohortes.

Estimación de talla primera madurez

Para estimar la talla a la que el 50 % de las hembras alcanza la madurez, se utilizó la metodología propuesta por Hernández-Herrera (1994), utilizando solo las hembras que presentaron un índice gonádico mayor a 3. El estimado de la talla de reclutamiento fue basado en el ajuste de la función de distribución logística al porcentaje acumulado de hembras maduras dentro de una clase de talla. Como herramienta para obtener la función de la distribución logística se utilizó el programa Curve expert 1.2 con el modelo de Richards (1959):

$$Y = \frac{a}{(1 + e^{b-c})^{1/d}}$$

donde: Y = Porcentaje acumulado de organismos maduros; x = Talla de los organismos cm (LP); a, b, c, d, = Parámetros de la ecuación.

Los valores obtenidos fueron del 50% de probabilidad de madurez.

Fecundidad

Para estimar la fecundidad parcial se utilizaron 30 hembras con gónadas visiblemente maduras, que tenían ovocitos hidratados, sin presencia de folículos posovulatorios, el peso de la muestra utilizada fue de 0.05 g para hacer el conteo de los ovocitos, determinado a partir de un ejercicio de muestra mínima, Hernández-Herrera (1994), el método utilizado para el cálculo individual de la fecundidad se realizó de la siguiente manera: se drenó el fijador de la gónada por gravedad y con ayuda de papel secante, se tomó una porción de la gónada pesándose en una balanza analítica marca Sartorius modelo M 220, con una precisión de 0.0001 g, cada muestra pesada se colocó en un portaobjeto con una gota de glicerina y con ayuda de una aguja de disección se apartó el tejido conjuntivo de los ovocitos, estos se extendieron en hileras de tres, se contó los ovocitos hidratados con ayuda de un estereoscopio, una vez finalizado el conteo se extrapolo a el peso total en cada gónada.

Se aplicó un análisis de regresión para ver la correlación con diferentes modelos para explicar si existía relación entre el número de ovocitos contra el incremento en peso de las hembras.

Índices morfofisiológicos

Índice gonádico

Con el peso de la gónada se estimó y analizó la variación mensual del índice gonádico. El índice está expresado como una proporción del peso de la gónada con respecto al peso total del pez, de acuerdo a la siguiente relación (Uchiyama y Shomura, 1974):

$$IG = (Pg/Pt) \cdot 100$$

Donde: Pg = peso de la gónada, en gramos (g) y Pt= peso total del pez, en gramos (g).

Factor de condición

El factor de condición, está basado en la relación que guarda la longitud posorbital del pez con su peso. Explica fundamentalmente la condición física que guarda el organismo en relación con el cambio en la talla o peso durante su vida. Esta puede ser grande o pequeña, progresiva o cíclica relacionada directamente con su crecimiento y/o madurez sexual. Para el cálculo del factor de condición, se empleó el factor de condición de Fulton (Nikolsky, 1963) mediante la siguiente relación:

$$Q = (W \times 100) / LP^3$$

Donde :Q= es el factor de condición; W = es el peso total del pez (kg); LP= es la longitud posorbital (cm) .

Índice hepatosomático

Con el peso del hígado se estimó y analizó la variación mensual del índice hepatosomático. El índice esta expresado como una proporción del peso hígado con respecto al peso total del pez, de acuerdo a la siguiente relación.

$$IHS = \frac{Ph}{Pt} \times 100$$

Donde: Ph es el peso del hígado (g) y Pt peso total del organismo (kg).

Biología trófica

Análisis cualitativo y cuantitativo del espectro trófico

Para el análisis del contenido estomacal, se procedió a separar las diferentes especies presa de acuerdo al grupo taxonómico fijándose con una solución de formaldehído al 10%, en Laboratorio se identificaron hasta el menor taxón posible, de acuerdo al estado de digestión de las presas.

Para la determinación taxonómica se usaron las claves especializadas según el tipo de presa. Para el caso de los peces, la identificación se realizó por medio del esqueleto axial. Para las características vertebrales (conteo, número, posición) se utilizaron las claves de Clothier (1950), Monod (1968) y Miller y Jorgensen (1973). Para los peces que presentaron un estado de digestión mínimo se utilizaron las claves de Thomson *et al.*, (2000), Allen y Robertson (1994) y Fischer *et al.*, (1995).

En cefalópodos debido a la rápida digestión de las partes blandas de su cuerpo, se utilizó el aparato mandibular (pico), para la identificación. Para este grupo en particular se emplearon los trabajos de: Clarke (1962, 1986), Iverson y Pinkas (1971) y Wolff (1982, 1984).

Para cuantificar los diferentes tipos de especies presas consumidas, se utilizaron los métodos de frecuencia de aparición y gravimétrico de acuerdo con Hyslop (1980) y Cailliet *et al.*, (1996):

Frecuencia de Aparición: Con este método, se obtuvo el número de estómagos que contenían uno o más tipos de categorías alimenticias (especies presa).

$$FA = \frac{n}{NE} * 100$$

Donde: n= Número de estómagos que presentaron un determinado tipo de alimento; NE= Número total de estómagos con alimento.

Importancia gravimétrica: El método gravimétrico se empleó para obtener información de la biomasa de las presas consumidas. Cada tipo de alimento fue separado y su peso fue registrado en una balanza. El peso fue referido al peso total estimado para todas las presas contenidas en los estómagos analizados y se expresó como un porcentaje del mismo, de acuerdo a la siguiente relación.

$$P = \frac{P}{PT} * 100$$

Donde: p= Peso (g) de un determinado tipo de alimento (especies); PT= Peso (g) de la totalidad de especies.

Análisis bionenergéticos

Metodología calorimétrica

El contenido calórico de muestras mensuales durante un ciclo anual del tejido muscular, tejido gonádico, hígado y de las principales presas consumidas por el pez vela, se estimaron con un calorímetro adiabático.

Las muestras analizadas se les administro un tratamiento previo, el cual dependió de sus características físicas, las gónadas e hígado fueron pesados completos, registrándose su peso con una balanza de precisión de 0.01g y posteriormente se tomó una muestra de 50g, la cual se congelo, asimismo del tejido muscular, se tomó muestras de 50g y se congelo.

Todas las muestras en forma individual se procedieron a su deshidratación en una cámara liofilizadora, para posteriormente ser transferidas a una estufa a 65°C durante 24 horas, hasta obtener un peso constante, el cual es considerado como peso seco. El contenido de humedad se calculo restando el peso seco al peso fresco.

Inmediatamente después, las muestras secas se fraccionaron en un molino de aspas, luego se colocaron en estufa durante 24 horas y se transfirió a un desecador. Finalmente se tomaron muestras de aproximadamente 0.200 mg (3 réplicas de cada muestra), las cuales se compactaron en forma de pastillas, para posteriormente transferirlas a la estufa por 24 horas, colocándolas en el desecador

hasta el momento de su pesado y determinación calorimétrica (Parr Instrument Co., 1980). Los valores de energía obtenidos, fueron expresados como kilocalorías por gramo (kcal/g) de peso seco, peso fresco y libres de cenizas de acuerdo con Phillipson (1964) y el manual Parr Instrument (1980).

Para la cuantificación del espectro trófico energético (ETE), se consideraron los valores calóricos estimados para cada una de las principales presas (kcal/g de peso fresco), los cuales fueron extrapolados a sus respectivos valores de biomasa (estimación método gravimétrico), por lo que el ETE fue el resultado de la suma de los valores de energía de las principales presas consumidas durante un ciclo anual (Abitia-Cárdenas *et al.*, 2002).

El patrón estacional de almacenamiento de energía (AET) se estimó de acuerdo con Mackinnon (1972) y Abitia-Cárdenas *et al.*, (2002), a partir de la suma de los valores de energía estimados por mes tanto para tejido muscular (AEM), gonádico (AEG) y hepático (AEH), en un ciclo anual ($AET = AEM + AEG + AEH$).

Los valores energéticos obtenidos (ETE, AEM, AEG, AEH Y AET), fueron comparados estadísticamente mediante un análisis de Varianza (ANDEVA) con el fin de evaluar las diferencias entre los valores calóricos estimados mensualmente.

Con la finalidad de evaluar el posible efecto de la temperatura del agua en la dinámica energética (disponibilidad y utilización de la energía) del pez vela se efectuó un análisis de regresión de los índices morfofisiológicos, para este proceso se contó con los registros mensuales de la temperatura superficial del mar,

correspondientes al periodo de muestreo analizado, se establecieron 2 épocas climáticas durante el periodo de estudio, considerando que el intervalo igual o menor a los 26°C se le considero época fría y el intervalo igual o mayor a 26°C época cálida, lo anterior se estableció con base a la temperatura del agua superficial obtenida por el sensor: Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) de los satélites NOAA 14 y NOAA 16, los cuales tienen una resolución espacial de 14 km y fueron tomados de la base de internet del. Satellite Active Archive de la NOAA (http://www.saa.noaa.gov/cocoon/nsaa/Products/search?datatype_family=sst14NA&submit.x=21&submit.y=15).

Análisis estadísticos

Para apreciar las tendencias de los valores mensuales de los índices gonádico, hepático y factor de condición así como su relación del contenido de energía a lo largo del año, se graficó, la media y el error estándar, además se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA), de dos vías, entre los meses y entre las estaciones del año (época cálida y fría).

Se aplicó análisis de χ^2 (chi cuadrada) para evaluar la proporción sexual entre meses y por tallas.

Cuando los valores de las determinaciones calorimétricas de los tejidos del músculo, gónada e hígado cumplieron con los supuestos de normalidad y homoscedasticidad, se les aplicó un ANDEVA de una vía.

Asimismo para determinar que factores biométricos y fisiológicos influyen en la reproducción y el gasto de energía se utilizó un análisis multivariado, por medio

de análisis de correspondencia distendido (DCA por sus siglas en inglés para Detrended Correspondence Analysis). Con el fin de identificar las variables que explicaran la relación existente entre la reproducción y la utilización de la energía, se tomo en cuenta 17 variables fisiológicas y biométricas, del pez vela tales como factor de condicion, peso del organismo, calorías, cenizas y humedad del músculo, peso de la gónada, calorías, cenizas y humedad de la gonáda, peso del hígado, calorías, cenizas y humedad del hígado, índice hepático, índice gonádico, longitud posorbital, al concluir, se realizó un análisis de Correlacion de Pearson para comprobar si existían diferencias entre los conglomerados obtenidos, asi como la influencia entre el evento reproductivo y la temperatura superficial del mar.

RESULTADOS

Abundancia por época climática y sexo

La amplitud que registró el gradiente de la temperatura superficial del mar durante el periodo de estudio, permitió establecer dos épocas climáticas, las lecturas \leq a los 26°C se le considero época fría, mientras que las temperaturas $\geq 26^{\circ}\text{C}$ correspondió a la época cálida, por lo que durante el periodo de muestreo, se determinaron tres épocas cálidas y dos épocas frías, las tres épocas cálidas quedaron determinadas de agosto a noviembre del 2002, mayo a noviembre 2003 y mayo a agosto 2004 y las dos épocas frías quedaron ubicadas en diciembre del 2002 a abril del 2003 y de diciembre del 2003 a abril del 2004.

Durante el muestreo de agosto del 2002 a agosto del 2004 se capturaron 862 organismos de *I. platypterus*. La variación de la abundancia por épocas presento un máximo en junio de 2004 con 145 organismos (época cálida), mientras que la mínima fue en marzo de 2003 y abril de 2004 con 10 organismos (época fría), figura 3.

En cuanto a la abundancia por sexos se observó que en las época cálidas, en general se presentaron un mayor número de machos (415) que de hembras (328.) y en esta estación se presentó el más alto número de organismos de ambos sexos, mientras que en la época fría la mayor proporción fue de hembras con respecto a los machos, pero con un número menor de organismos.

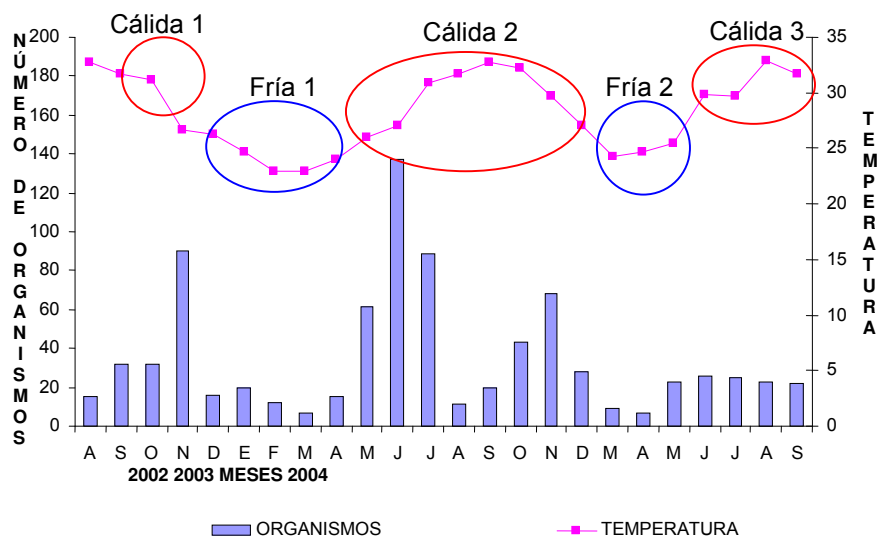


Figura 3. Variación de la temperatura en grados Celsius (°C) y número de *Istiophorus platypterus* capturados en las costas de Mazatlán, Sinaloa, México, durante agosto del 2002 a septiembre del 2004.

DISTRIBUCIÓN DE TALLAS

Estructura de la población por frecuencias de tallas

Durante el periodo agosto del 2002 a agosto del 2004 se recolectaron un total de 862 organismos de *I. platypterus* con un intervalo de longitud posorbital entre 99.5 cm y 198.5 cm, con una talla promedio de 158 cm \pm 11.9. El peso mínimo registrado fue de 9 kg y el máximo de 43 kg, con un peso promedio de 23.8 Kg \pm 5.9. Los organismos más pequeños, se recolectaron durante los meses de abril y mayo del 2003, de 99.5 y 114 cm de longitud posorbital, y los más grandes se recolectaron en noviembre del 2002, 198.5 y 195 cm de longitud posorbital en noviembre, para hembras y machos, figura 4.

Los intervalos de tallas que se presentaron para los organismos de *I. platypterus* van de 105 a 195 cm de longitud posorbital, se presentó una

distribución de tipo unimodal siendo la talla más frecuente la de 166 cm (277 organismos). Al comparar la distribución de tallas de la población total sin tomar en cuenta los sexos no se observaron diferencias significativas (Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, $p > 0.01$).

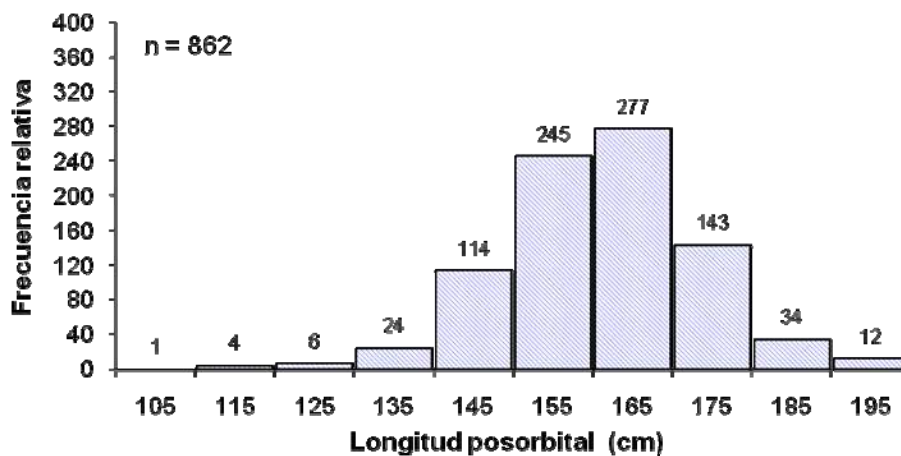


Figura 4. Distribución de frecuencia de tallas (longitud posorbital), de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Para los machos los intervalos de tallas que se presentaron van de los 105 a 195 cm de longitud posorbital, donde la talla más representada es a los 155 y 165 cm, Figura 5.

El intervalo de tallas en que se presentan las hembras es de 105 a 195 cm de longitud posorbital, donde la talla frecuente es a los 165 cm (Fig. 4). Al comparar la distribución de frecuencias de tallas de los machos con respecto a las hembras, se observaron diferencias significativas (Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, $p < 0.01$) en donde los organismos pequeños (juveniles) es mayor el número de machos que de hembras, figuras 5 y 6.

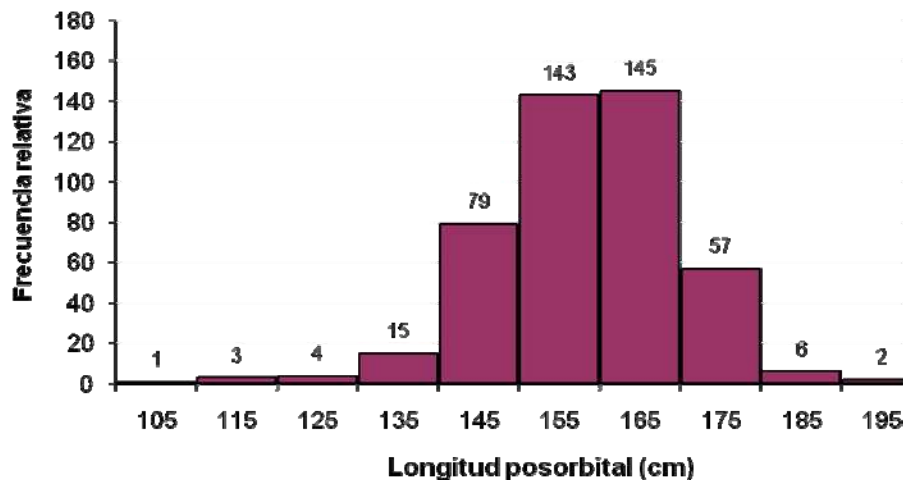


Figura 5. Distribución de frecuencia de tallas (longitud posorbital) de machos de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

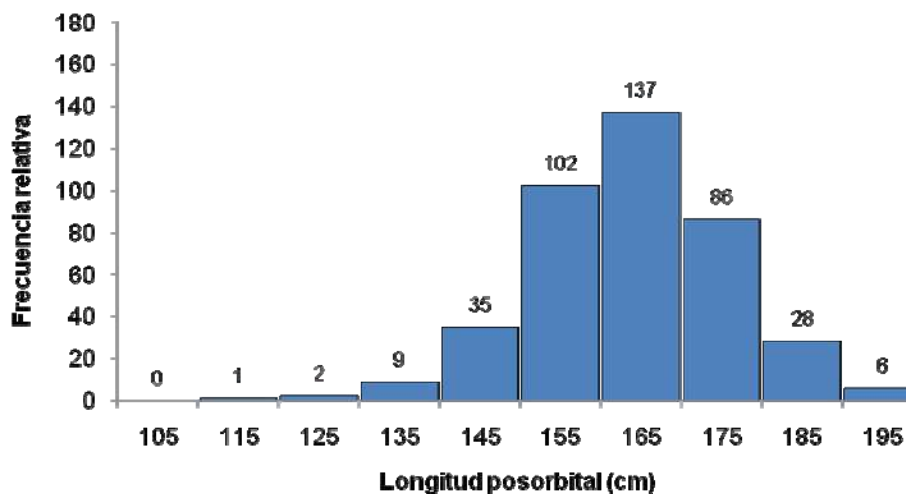


Figura 6. Distribución de frecuencia de intervalo de tallas (longitud posorbital) de hembras de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

En relación a la distribución de tallas por épocas climáticas en las hembras se observan dos grupos principales, el primero formado por organismos juveniles

de entre 109 a 119 cm de longitud posorbital, que se observó en la época cálida 2003 y en la fría 2004, el segundo grupo lo conforman los organismos adultos con un rango de 129 a 199, con presencia en todas las épocas climáticas. Las mayores frecuencias de hembras juveniles se presentaron en la época cálida de 2003, mientras que la mayor frecuencia de organismos adultos se presentó en la cálida 2002 y 2003, figura7.

En los machos, la distribución de tallas también presenta dos grupos en donde los organismos juveniles entre 99 a 119 cm de longitud posorbital, se encontraron en la época fría y cálida del 2003. Los organismos adultos, comprendidos entre 129 a 99 cm, se observan en todas las épocas del ciclo de muestreo. El mayor número de juveniles se presentaron en la época fría y cálida 2003, mientras que la mayor frecuencia en la época cálida 2002, 2003 y 2004, figura 7.

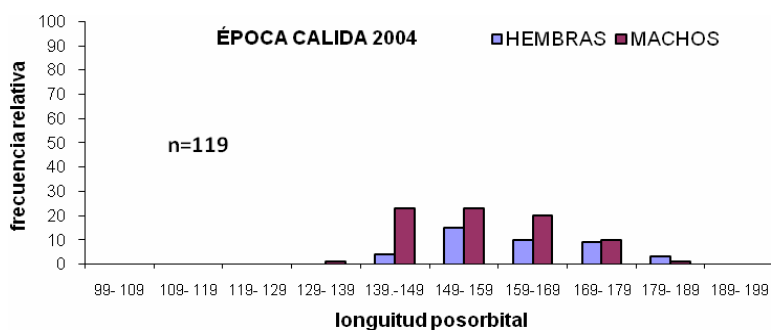
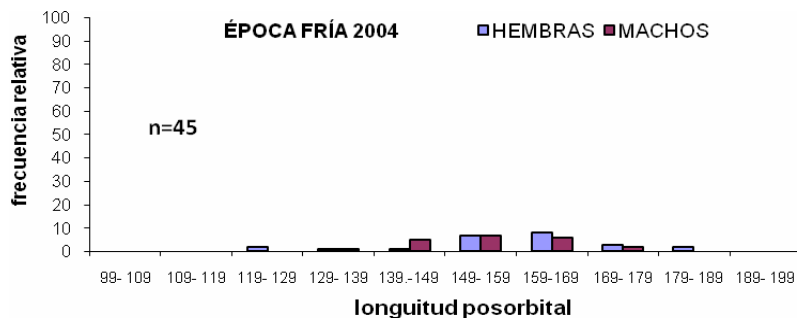
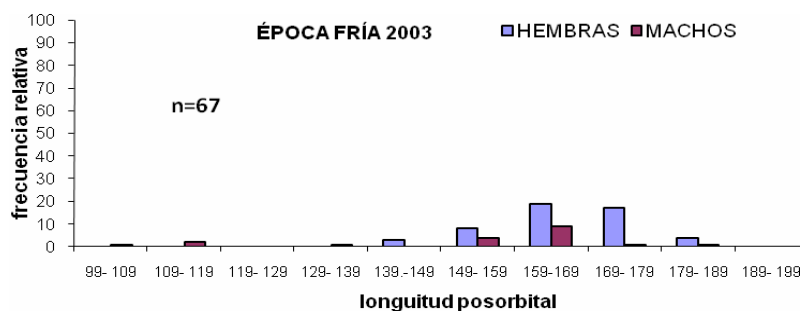
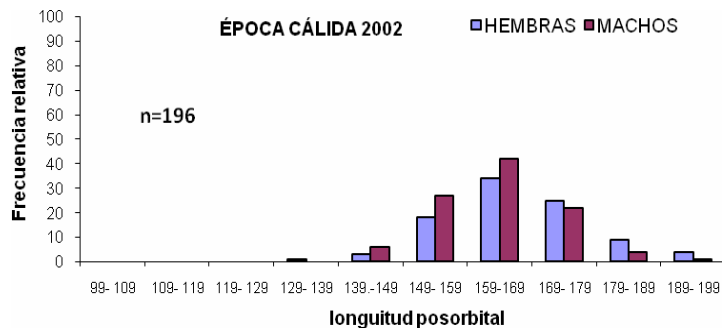


Figura 7. Distribución de frecuencia de tallas (longitud posorbital), por época de hembras y machos de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Proporción sexual

En cuanto a la proporción de sexos se observó una ligera predominancia de machos 53% (455) sobre las hembras 47% (407), figura 8.

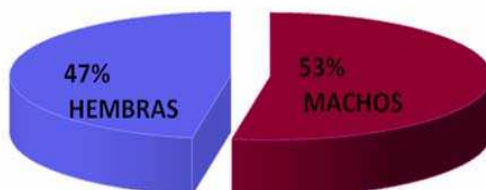


Figura 8. Proporción de sexos de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

En la tabla 1 se muestran las frecuencias absolutas de hembras y machos por mes, el correspondiente valor de χ^2 así como la proporción de sexos. En cuanto al análisis de la proporción de sexos total no se encontró diferencias significativas en la relación 1:1, ($\chi^2 = 2.6$, $p > 0.05$).

Para el análisis de la proporción de sexos por mes, se presentó una variación significativa, observándose que en los meses de enero (0.2M:1H), febrero (0.2M:1H), marzo (0.0M:1H), junio (2.1M:1H) noviembre del 2003 (0.4M:1H) mayo (3.6M:1H) y junio (5.5M:1H) de 2004 en donde la proporción por sexos fue diferente a 1:1, tabla 1.

Tabla 1. Valores de la χ^2 de para la proporción sexual por mes de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. (* Marca de clase donde se presentaron diferencias significativas, $p < 0.05$).

FECHA	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	χ^2	PROPORCION
2002					
AGOSTO	8	7	15	0.07	1.1 M: 1H
SEPTIEMBRE	16	16	32	0.00	1M: 1H
OCTUBRE	26	25	51	0.02	1.04M: 1H
NOVIEMBRE	52	48	100	0.16	1.08M: 1H
2003					
DICIEMBRE	6	10	16	1.00	0.6M: 1H
ENERO	4	17	21	8.05*	0.2M: 1H
FEBRERO	2	10	12	5.33*	0.2M: 1H
MARZO	0	7	7	7.00*	0.0M: 1H
ABRIL	7	8	15	0.07	0.8M: 1H
MAYO	41	20	61	3.61	2 M: 1H
JUNIO	94	43	137	18.99*	2.1M: 1H
JULIO	43	46	89	0.10	0.9M: 1H
AGOSTO	7	4	11	0.82	1.7M: 1H
SEPTIEMBRE	8	12	20	0.80	0.6M: 1H
OCTUBRE	22	21	43	0.02	1M: 1H
NOVIEMBRE	20	48	68	11.53*	0.4M: 1H
2004					
DICIEMBRE	14	14	28		1M: 1H
MARZO	5	5	10	0.00	1M: 1H
ABRIL	2	5	7	1.29	0.4M: 1H
MAYO	18	5	23	7.35*	3.6M: 1H
JUNIO	22	4	26	12.46*	5.5M: 1H
JULIO	15	10	25	1.00	1.5M: 1H
AGOSTO	12	11	23	0.04	1.0M: 1H
SEPTIEMBRE	11	11	22	0.00	1M: 1H
TOTAL	455	407	862	2.6	1.1M: 1H

Al comparar la proporción por sexos separando por intervalo de tallas se observo un número mayor de machos en el intervalo de 140-150 y 150-160, ($\chi^2 = 19.96$) y ($\chi^2 = 7.06$) mientras que en el intervalo 170-180 y de 180 a 190, es mayor el número de hembras ($\chi^2 = 6.13$) y ($\chi^2 = 24.49$), tabla 2.

Tabla 2. Valores de la χ^2 de para la proporción sexual por intervalo de longitud de tallas de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. (* marca los meses que presentaron diferencias significativas, $p > 0.05$).

LIMITE INFERIOR	MARCA DE CLASE	LIMITE SUPERIOR.	MACHOS	HEMBRAS	χ^2
99.5	104.5	109.5	1	0	0.25
109.5	114.5	119.5	3	1	1.33
119.5	124.5	129.5	4	2	0.75
129.5	134.5	139.5	15	9	1.60
139.5	144.5	149.5	64	10	19.96*
149.5	154.5	159.5	123	82	7.06*
159.5	164.5	169.5	122	113	0.23
169.5	174.5	179.5	38	67	6.13*
179.5	184.5	189.5	6	28	24.49*
189.5	194.5	199.5	2	6	2.67

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

Índices Morfofisiológicos

Índice gonádico

Durante el periodo de estudio se observó que los valores máximos del índice gonádico para hembras se registraron en octubre (3.86 ± 0.58), noviembre de 2002 (3.66 ± 0.54) y agosto de 2004 (3.06 ± 0.88) mientras que los mínimos en enero (0.74 ± 0.07), marzo de 2003 (0.75 ± 0.10) y mayo de 2004 (0.75 ± 0.17), presentándose diferencias significativas durante los meses de análisis ($F(19,287) = 3.549$, $p < 0.05$), figura 9.

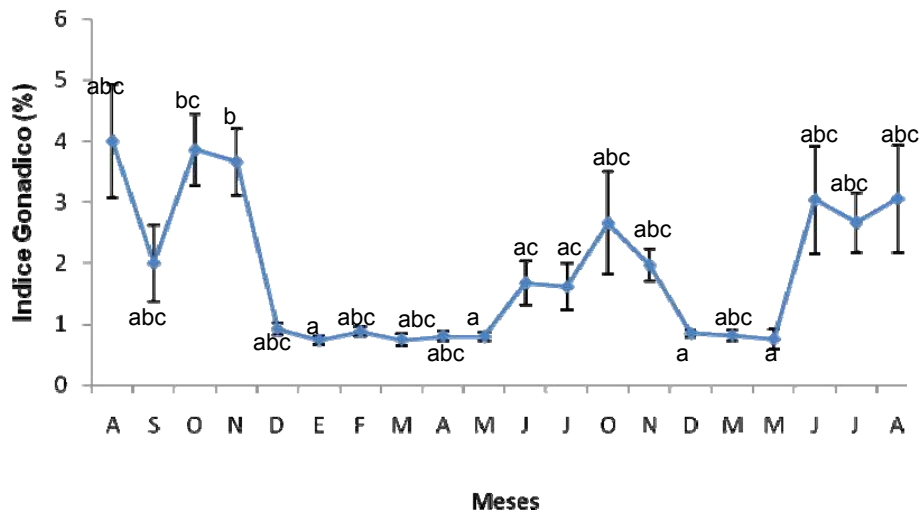


Figura 9. Variación anual del índice gonádico de hembras de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

Para machos los valores promedios en general fueron bajos en comparación con los de las hembras, los valores máximos se observaron en noviembre de 2002 (0.60 ± 0.02) y septiembre de 2003 (0.59 ± 0.08), mientras que los mínimos fueron en febrero de 2003 (0.18 ± 0.07) y enero (0.12 ± 0.03) y marzo de 2004 (0.18 ± 0.04), figura 10.

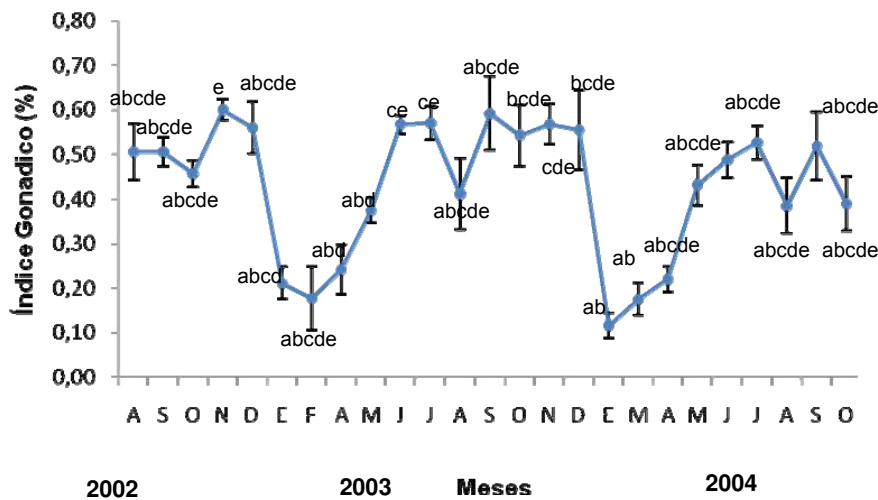


Figura 10. Variación anual del índice gonádico de machos de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

El índice gonádico por épocas en los machos el valor máximo se registró en la cálida de 2002 (0.5381 ± 0.016) y el mínimo en la fría de 2004 (0.3372 ± 0.051) se presentaron diferencias significativas ($F_{(4,447)} = 8.84, p < 0.05$) (Tabla 5).

En las hembras el índice gonádico en relación a las épocas variaron significativamente ($F_{(4,302)} = 13.189, p < 0.05$), observándose que en la época cálida de 2002 se registró el valor máximo (3.588 ± 0.41), mientras que el mínimo fue en la época fría de 2003 (0.803 ± 0.04), tabla 3.

Tabla 3. Valores del índice gonádico en machos y hembras con respecto a las épocas climáticas de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Épocas	Meses	Hembras	Machos
Cálida 2002	Agosto-noviembre 2002	3.588 ± 0.41^b	0.5381 ± 0.016^b
Cálida 2003	Mayo-noviembre 2003	1.735 ± 0.17^a	0.5282 ± 0.015^b
Fría 2003	Diciembre 2002-abril 2003	0.803 ± 0.04^a	0.3258 ± 0.046^{ab}
Cálida 2004	Mayo-agosto de 2004	2.540 ± 0.05^{ab}	0.4718 ± 0.021^a
Fría 2004	Diciembre 2003-abril 2004	0.840 ± 0.05^a	0.3372 ± 0.051^a

Letras diferentes (^{a, b}) indican diferencias significativas entre épocas climáticas ($p < 0.05$),

Factor de condición

Los valores mensuales máximos del factor de condición en hembras se registraron en los meses de agosto de 2002 (0.68 ± 0.03), mayo de 2003 (0.62 ± 0.031) y abril de 2004 (0.67 ± 0.04), que los valores mínimos en octubre de 2002 (0.51 ± 0.02), agosto (0.45 ± 0.04) y septiembre de 2003 (0.51 ± 0.02), presentando diferencias significativas en el periodo de estudio. ($F_{(24,447)} = 1.98, p < 0.05$), figura 11.

Para los machos el índice de condición más bajo se presentó en febrero de 2003 (0.54 ± 0.027) y el más alto en enero 2004 (0.71 ± 0.04). La variación mensual presentó diferencias significativas ($F_{(24,447)} = 1.98, p < 0.05$), figura 12.

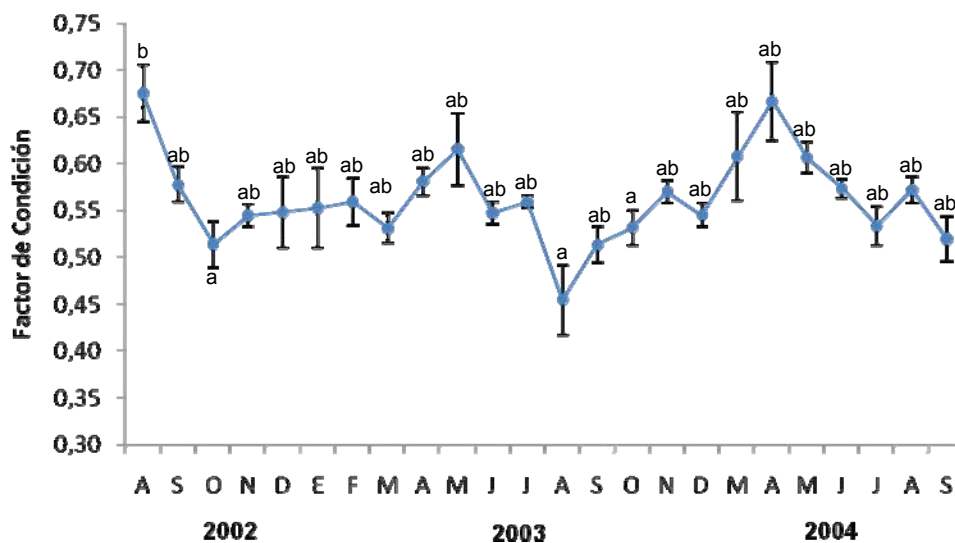


Figura 11. Variación anual del factor de condición de hembras de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

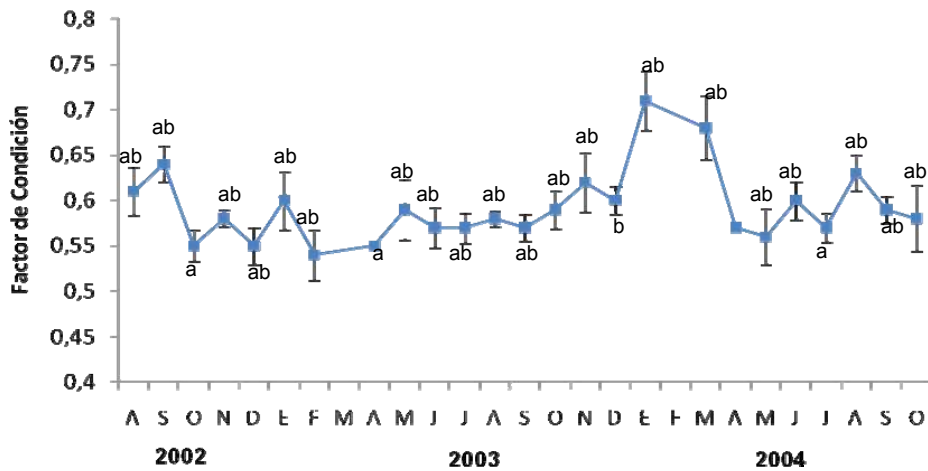


Figura 12. Variación anual del factor de condición de machos de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

Con respecto a las épocas climáticas la tendencia del factor de condición en hembras se observó que el valor máximo fue en la época fría de 2004 (0.59 ± 0.01) y el mínimo en la época cálida de 2002 y 2004 (0.55 ± 0.01), en este caso no se encontraron diferencias significativas entre las épocas ($F_{(4,401)} = 1.15$, $p > 0.05$). En los machos la época que presentó el mayor factor de condición fue la fría de 2004 (0.627 ± 0.002) y el mínimo en la fría 2003 (0.560 ± 0.002), al igual que en las hembras no hay una variación significativa entre las épocas ($F_{(4,447)} = 2.36$, $p > 0.05$), tabla 4.

Tabla 4. Valores del factor de condición en machos y hembras con respecto a las épocas climáticas de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Épocas	Meses	Hembras	Machos
Cálida 2002	Agosto-noviembre 2002	0.55 ± 0.01^a	0.584 ± 0.007^{ab}
Cálida 2003	Mayo-noviembre 2003	0.56 ± 0.01^a	0.581 ± 0.005^a
Fría 2003	Diciembre 2002-abril 2003	0.58 ± 0.02^a	0.560 ± 0.014^a
Cálida 2004	Mayo-agosto de 2004	0.55 ± 0.01^a	0.585 ± 0.009^{ab}
Fría 2004	Diciembre 2003-abril 2004	0.59 ± 0.01^a	0.627 ± 0.002^b

Letras diferentes (^a, ^b, ...) indican diferencias significativas entre las épocas climáticas ($p < 0.05$),

Para el factor de condición en machos en relación a las épocas se llevo a cabo un análisis de variancia de una sola vía y, no se registraron diferencias significativas entre las épocas ($p= 0.0947$) (Tabla 9).

Índice hepatosomático

Durante el periodo de estudio para hembras se observó que los valores promedios altos se presentaron en el mes de mayo (1.28 ± 0.16) y junio del 2003 (1.29 ± 0.20), los valores más bajos se registraron en septiembre de 2003 (0.73 ± 0.10) y junio de 2004 (0.79 ± 0.15), figura 13, encontrándose diferencias significativas en el periodo de estudio ($F_{(12, 132)} = 2.74, p < 0.05$). Para los machos los valores mayores se presentaron en el mes de abril (1.49 ± 0.27) y junio (1.38 ± 0.16) del 2003, disminuyendo para los meses de julio (0.51 ± 0.06) y agosto (0.56 ± 0.07) de 2004, encontrándose variaciones significativas en el comportamiento mensual del índice ($F_{(7, 155)} = 4.21, p < 0.05$), figura 14.

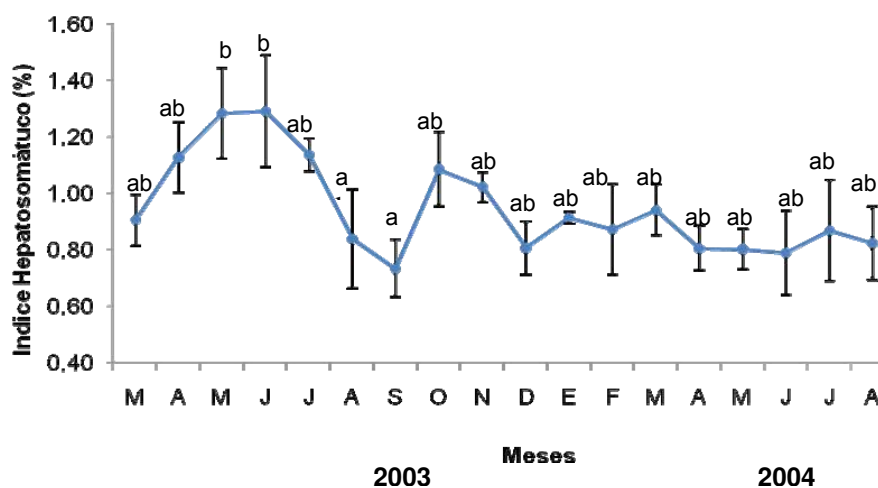


Figura 13. Variación anual del índice hepatosomático de hembras de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

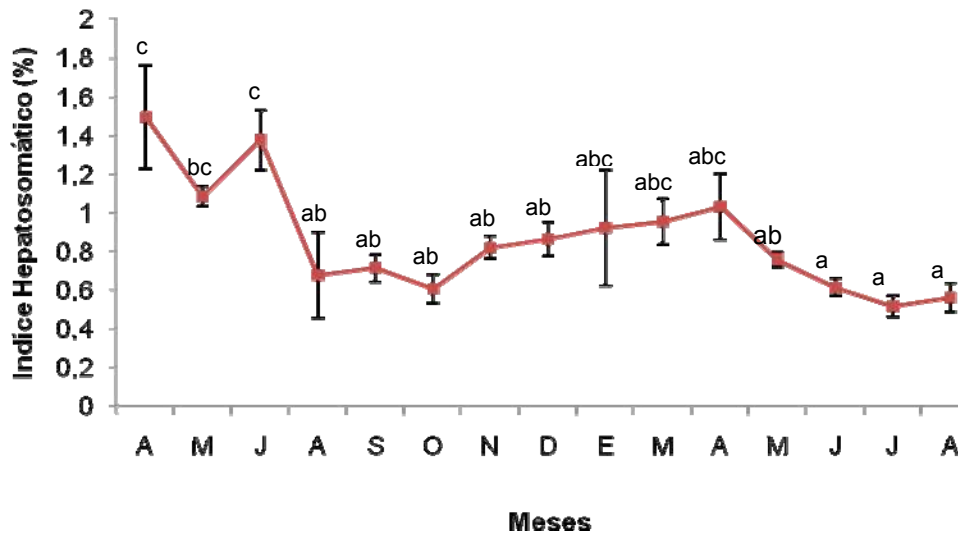


Figura 14. Variación anual del índice hepatosomático de machos de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Literales diferentes denotan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

Al relacionar los valores del índice hepatosomático con las épocas climáticas en los machos se presentó una variación significativa ($F_{(3,166)} = 6.28$, $p < 0.05$) en donde el máximo índice se observó en la época fría de 2003 (1.494 ± 0.05) y el mínimo en la cálida de 2004 (0.637 ± 0.05). Con respecto a la hembras en la cálida de 2003 se observó el mayor índice (1.494 ± 0.26) y el menor en la fría de 2004 (0.819 ± 0.05), observándose diferencias significativas entre ellas ($F_{(3,146)} = 16.89$, $p < 0.05$), tabla 5.

Tabla 5. Valores del índice hepatosomático en machos y hembras con respecto a las épocas climáticas de *Istiophorus platypterus* en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Épocas	Meses	Hembras	Machos
Cálida 2002	Agosto-noviembre 2002	-	-
Cálida 2003	Mayo-noviembre 2003	1.073 ± 0.05 ^b	0.907 ± 0.05 ^b
Fría 2003	Diciembre 2002-abril 2003	0.906 ± 0.09 ^c	1.494 ± 0.26 ^c
Cálida 2004	Mayo-agosto de 2004	0.826 ± 0.04 ^a	0.637 ± 0.02 ^a
Fría 2004	Diciembre 2003-abril 2004	0.819 ± 0.05 ^b	0.911 ± 0.06 ^b

Letras diferentes (^{a, b, c}) indican diferencias significativas (Prueba de Tukey) entre las épocas climáticas ($p < 0.05$).

Análisis histológico

Fases de desarrollo

El pez vela presenta las mismas características de las células sexuales de los demás peces teleósteos, a partir del desarrollo de éstas y de acuerdo a los resultados del presente trabajo se caracterizaron cinco fases de desarrollo gonadal para las hembras, las cuales se describen a continuación:

Estadio I (Inmaduro). Los ovocitos presentaron una forma poliédrica, citoplasma con fuerte basofilia, núcleos esféricos poco coloreados, se observaron nucléolos que se situaron en la periferia del núcleo, el diámetro promedio fue de 78 μm .

Estadio II (Vitelogénesis). Los ovocitos tenían una forma redondeada, núcleo grande y a su alrededor aparecieron vesículas vitelínicas que no se tiñeron, esta fase se puede caracterizar por vitelogénesis inicial intermedia o avanzada, el citoplasma fue granuloso con menor basofilia que el anterior estadio, aumentó el número de nucléolos que permanecieron en la periferia del núcleo, mismos que en fase avanzada no se distinguieron, el diámetro promedio fue de 170 μm .

Estadio III (Hidratados). Los ovocitos aumentaron notablemente de tamaño y perdieron su forma redonda, teniendo forma ameboidea, además se observaron ovocitos en todas sus etapas de crecimiento, el diámetro promedio fue de 780 μm . en esta etapa se observaron los mayores diámetros de todas las fases presentes (1169 μm .).

Estadio IV (Desovados). Se apreciaron folículos postovulatorios y pocos ovocitos hidratados, la distribución de diámetros de los ovocitos intraovaricos no presentaron grupo modal desfasado, el diámetro promedio fue de 183 μm .

Estadio V (Reabsorción). Se registraron ovocitos atresicos y la distribución de diámetros de los ovocitos intraovaricos fue unimodal, el diámetro promedio fue de 88 μm , figura 15.

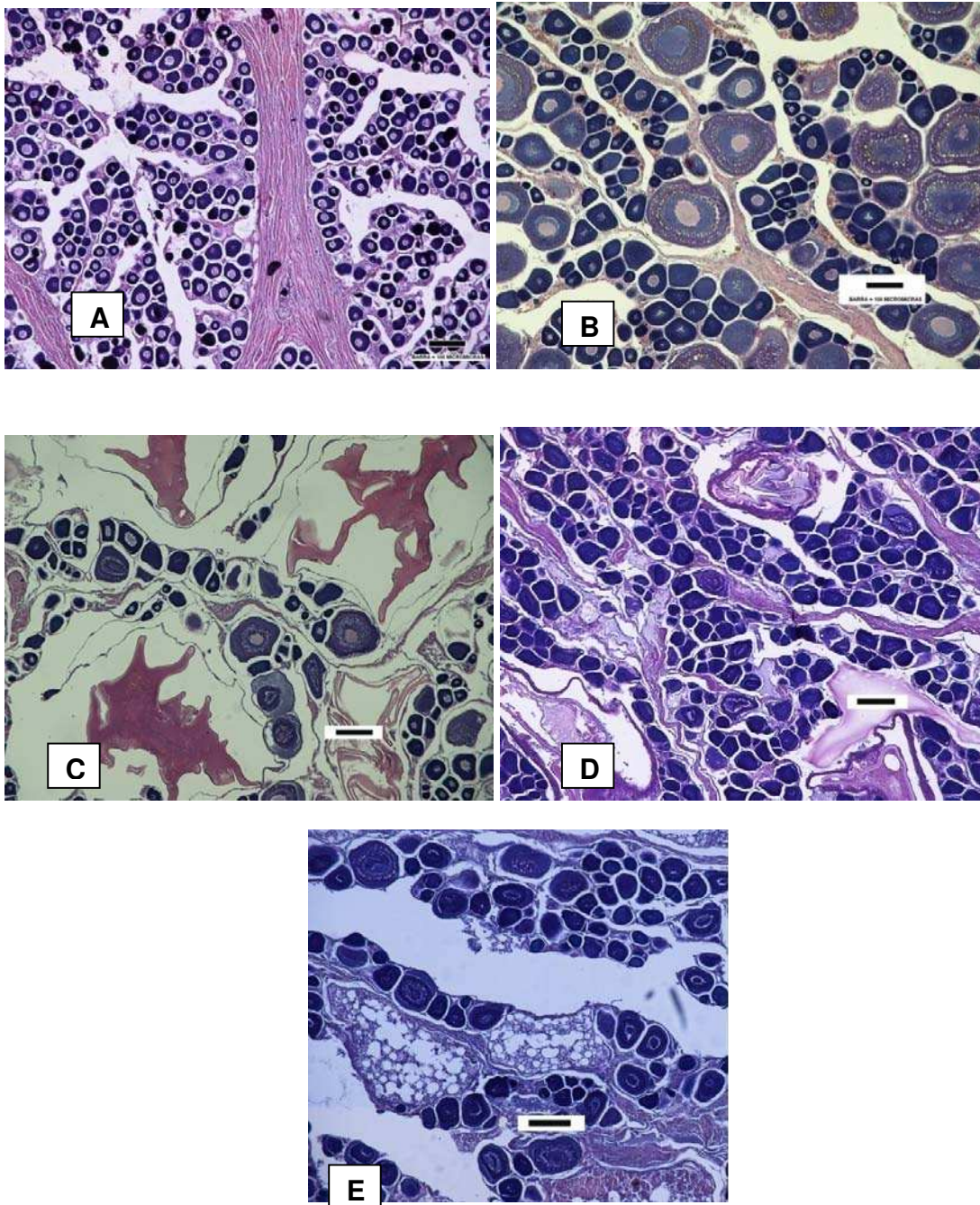


Figura 15. Microfotografías de secciones de ovario mostrando los diferentes estadios de desarrollo de los ovocitos de hembras de *Istiophorus platypterus*. A) Fase I (Inmaduro) diámetro promedio 70 μm . B) Fase II (Vitelogénesis) diámetro promedio 170 μm . C) Fase III (Hidratados) diámetro promedio 780 μm D) Fase IV (Desovados), diámetro promedio 70 μm . y E) Fase V (Reabsorción) diámetro promedio 88 μm . Barra = a 100 μm . 10X

Porcentaje de aparición de las fases de desarrollo en las gónadas

En lo que se refiere a la presencia de los organismos en cada uno de los estadios de reproducción para *I. platypterus* a lo largo del periodo de estudio, se observó que le mayor porcentaje de los pez vela analizados, el estadio I con alrededor del 68% del total de la muestra analizada, siguiendo el estadio II con un 14% y en una menor proporción el estadio III 9%, seguido de la fase IV con 6% y la fase V 3%.

De acuerdo con el porcentaje de aparición, por estadio, se observó, que el estadio I y II se presentó a lo largo de todo el ciclo reproductivo, mientras que el estadio III, IV y V se registró en la época cálida, figura 16.

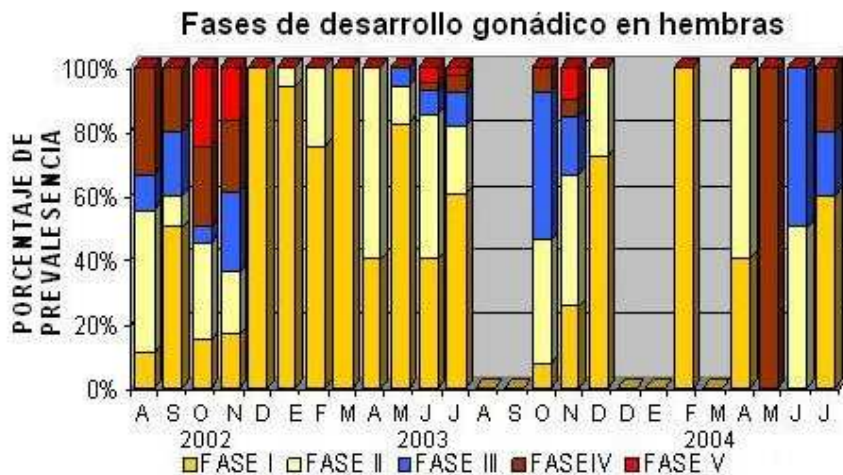


Figura 16. Porcentaje de aparición de las fases de desarrollo de las gónadas de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Talla de primera madurez

La talla en la cual el 50% de las hembras del pez vela presentó la madurez sexual fue de 173.9 cm (LP), calculada mediante una curva sigmoideal de madurez; la clasificación de las hembras se realizó por el método histológico tomando en cuenta a las que se encontraban en el estadio III, figura 17.

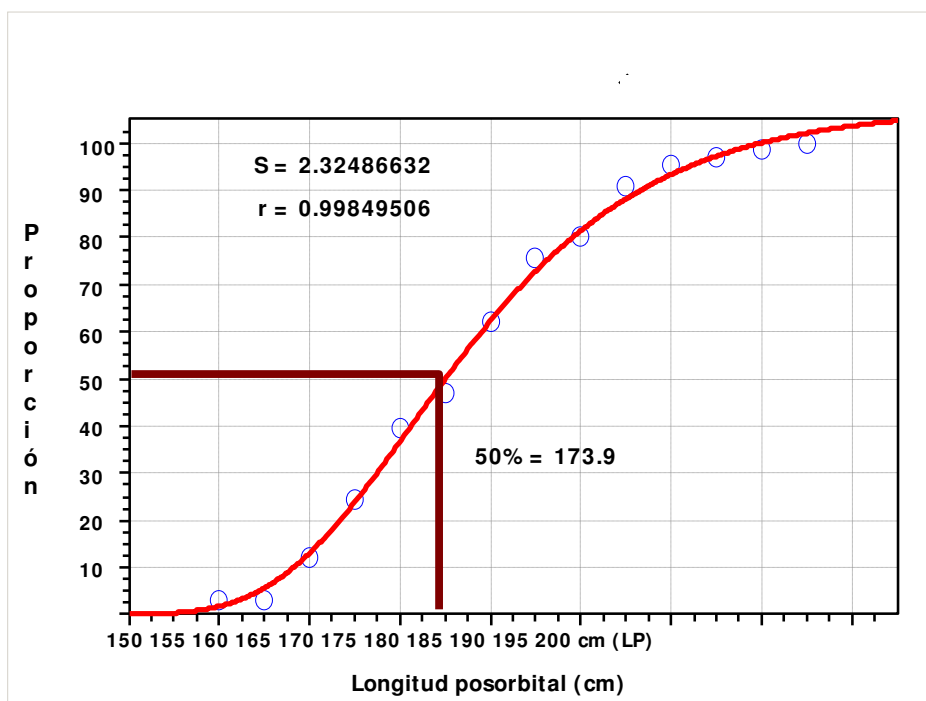


Figura 17. Ajuste logístico de la proporción acumulada de hembras maduras de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Fecundidad

Se estimó la fecundidad parcial en 30 hembras de pez vela, el número promedio de ovocitos fue de 3,177,596, para hembras con una talla promedio de 169.5 cm de longitud posorbital (LP), el diámetro mínimo de los ovocitos tomados en cuenta para el conteo fue de 1000 μm .

El número total de huevos estimados para las hembras tuvo un rango de 610,847 ovocitos (para un organismo de 159 cm LP con un peso de 24.8 Kg), hasta 8,184,733 (para un ejemplar de 188 cm de LP con 30 Kg de peso), tabla 6.

La fecundidad relativa promedio para las hembras de pez vela fue de 169 huevos por gramo de peso corporal.

Tabla 6. Estimación de fecundidad parcial de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004. Longitud posorbital (LP), peso de la gónada (P. GON.)

ORGANISMO	PESO (Kg)	LP (cm)	P. GON.(g)	FECUNDIDAD
1	24	164	2,995	3,993,333
2	26	174	2,510	2,978,533
3	23	166	1,635	1,853,000
4	17	147	2,015	1,773,200
5	31	164	2,245	1,302,100
6	31	182	2,093	1,883,700
7	23	156	1,655	1,831,533
8	25	159	1,553	610,847
9	19	156	1,630	3,455,600
10	22	151	940	802,133
11	30	171	3,394	2,126,593
12	26	170	1,675	1,083,167
13	34	166	2,220	828,800
14	33	182	2,540	4,775,200
15	25	183	1,296	2,462,400
16	20	153	690	943,000
17	34	173	1,900	4,382,667
18	29	175	2,013	5,958,480
19	25	198	1,400	2,856,000
20	39	162	3,102	6,328,080
21	29	178	1,609	3,421,807
22	30	168	3,130	4,966,267
23	18	153	750	1,540,000
24	33	176	2,665	5,276,700
25	29	164	3,130	7,303,333
26	31	180	1,925	3,144,167
27	28	169	1,639	3,495,467
28	30	188	3,710	8,186,733
29	38	185	970	2,528,467
30	30	172	1,261	3,236,567

Del análisis de los datos de fecundidad se determinó que esta se encuentra relacionada potencialmente con el peso total del pez vela con un coeficiente de correlación de 0.1684, mismo que no fue significativo, sin embargo en general las hembras de mayor talla y peso presentaron valores más altos de fecundidad, figura18.

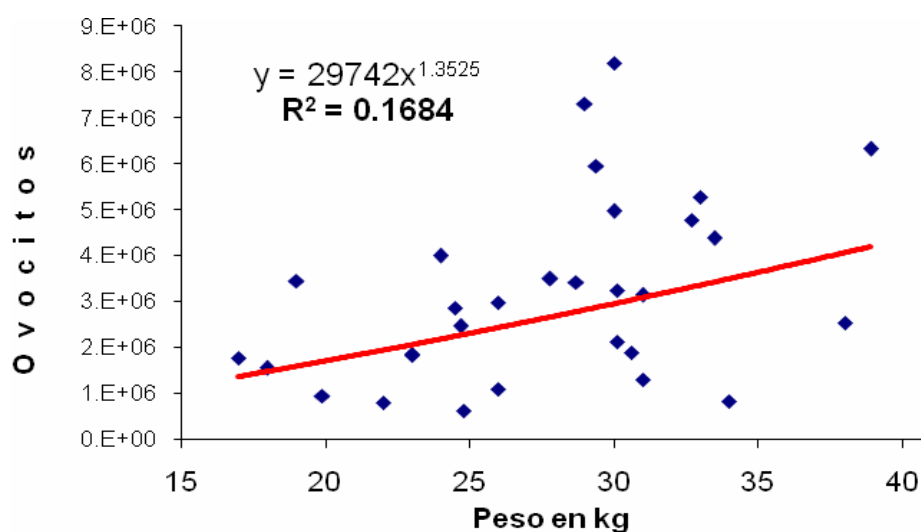


Figura 18. Ajuste potencial al diagrama de dispersión entre el peso total de las hembras y los valores de fecundidad observados de *Istiophorus platyteru*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

BIOLOGÍA TRÓFICA

Espectro trófico

Para el análisis del espectro trófico de *Istiophorus platyterus* se muestrearon 463 organismos donde el 87 % presentaron estómago con alimento, y 13 % sin alimento. De acuerdo al índice de repleción gástrica se encontró que el 94.4% correspondió al porcentaje de llenado de 1-25%, el intervalo 26-50%

presentó 3.7%, 0.4% en el intervalo de llenado 51-75% y 1.5% en el intervalo 76-100% de llenado.

En relación a la alimentación, se registraron 62 tipos de presa, agrupados en tres categorías alimenticias: Cefalópodos (6 especies) Peces (52 especies) y Crustáceos (4 especies). El espectro trófico se constituyó de 38 familias, 53 géneros y 53 especies. De acuerdo a la frecuencia de aparición, *Dosidicus gigas* aportó el 67%, (en 311 estómagos), seguido de *Argonauta spp.* con el 58% (268 estómagos) y los peces *Balistes polylepis* 40% (183 estómagos) y *Auxis spp.* el 14% (63 estómagos).

Las presas en los estómagos acumularon un peso de 37,720 g. De acuerdo al método gravimétrico, los componentes más importantes fueron los cefalópodos *D. gigas* con 60% (22,534 g) y *Argonauta spp.* el 9% (3459.7 g), seguido de los peces *Opisthonema spp.* 4% (1596.3 g), *B. polylepis* 4% (1514.6 g) y *Mugil cephalus* 3% (1198.7 g), tabla 7.

Tabla 7. Espectro trófico de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales del método de frecuencia de aparición (FO) y gravimétrico (P).

Mollusca	Tipo presa	FO	%P	P	%P
Cefalopoda					
Loliginidae	<i>Loliginidae</i>	1	0.2	0.1	0.003
Enoploteuthidae	<i>Abraliopsis affinis</i>	7	2	144.1	0.38
Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	311	67	22.534	59.74
Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis spp</i>	22	5	1.82	0.005
Octopodidae	<i>Octupos</i>	1	0,2	0.01	0
Argonautidae	<i>Argonauta cornuta</i>	268	58	3459.7	9.17
	<i>Picos de cefalopodos</i>	35	8	106.41	0.38
Crustacea	<i>Isopoda</i>	4	1	2.49	0.01
Penaeoidea	<i>Camarón</i>	22	5	25.22	0.07
Solenoceridae	<i>Solenocera floera</i>	4	1	17.75	0.05
	R. de crust	16	3	13.64	0.04
Portunidae	<i>Euphylax dovii</i>	3	1	3.09	0.01
Portunidae	<i>Portunus xantussi affinis</i>	2	0.4	1.76	0.05
	Restos de brachiura	1	1	25.89	0.07
Chordata					
Osteichthyes					
Clupeidae	<i>Ophistonema spp</i>	7	2	1.596.3	4.23
	<i>Opisthonema libertate</i>	1	0.2	1.07	0.003
	<i>Sardinops caeruleus</i>	1	0.2	1.07	0.003
Engraulidae	<i>Engraulis mordax</i>	2	0.4 0	74.5	0.2
Stomiiformes					
Phosichthyidae					
Phosichthyidae	<i>Vincigueria lucetia</i>	9	2	10.37	0.03
Aulopiformes					
Synodontidae					
Synodontidae	<i>Synodus spp</i>	25	5	51.76	0.14
Synodontidae	<i>Synodus scituliceps</i>	1	0.2	3.21	0.01
Lampriformes					
Trachipteridae	<i>Desmodema polysticum</i>	3	1	0.59	0.002

Continúa tabla 7.

Chordata Osteichthyes	Tipo presa	FO	%FO	P	%P
Ophidiiformes					
Ophididae	<i>Ophididae</i>	5	1	88.37	0.23
Batrachoididae	<i>Porichthys analis</i>	1	0.2	0.25	0.001
Mugiliformes					
Mugilidae	<i>Mugil spp</i>	6	1	99.72	0.26
	<i>Mugil cephalus</i>	18	4	1,198.7	3.18
Beloniformes					
Belonidae					
Beryciformes					
Holocentridae					
Gasterosteiformes	.				
Syngnathidae	<i>Hippocampus ingens</i>	3	1	9.32	0.02
Fistulariidae	<i>Fistularia corneta</i>	51	11	167.46	0.44
Scorpaeniformes					
Scorpaenidae	<i>Sebastodes spp</i>	9	2	19.46	0.05
Perciformes					
Nemastistiidae					
Nemastistiidae	<i>Nemastistius pectoralis</i>	1	0.2	5.86	0.02
Coryphaenidae					
Coryphaena equiselis	<i>Coryphaena equiselis</i>	8	2	182.53	0.48
Carangidae	<i>Carangidae</i>	6	1	4.2	0.01
	<i>Caranx caballus</i>	12	3	490.08	1.3
	<i>Caranx orthogrammus</i>	2	0.4	2.91	0.01
	<i>Caranx orthogrammus</i>	2	0.4	2.91	0.01
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	1	0.2	7.08	0.02
	<i>Caranx vinctus</i>	13	3	11.71	0.03
	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	12	3	10.56	0.03
	<i>Decapterus spp</i>	27	6	70.78	0.19
	<i>Decapterus macarellus</i>	1	0.2	0.22	0.001
	<i>Decapterus macrosoma</i>	18	4	94.11	0.25
	<i>Elegatis bipinnulata</i>	2	0.4	388.57	1.03
	<i>Naucrates ductor</i>	14	3	19.35	0.05

Continúa tabla 7.

Chordata Osteichthyes	Tipo presa	FO	%FO	P	%P
	<i>Oligoplites alus</i>	2	0.4	2.05	0.01
	<i>Oligopites saurus</i>	1	0.2	8.76	0.02
	<i>Selar crumenophthalmus</i>	2	0.4	34.78	0.09
	<i>Selene peruviana</i>	18	4	87.58	0.23
Lutjanidae	<i>Lutjanidae</i>	1	0.2	0.08	0.002
Scianidae	<i>Cynoscion parvipinnis</i>	2	0.4	4.48	0.01
Scombridae	<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.2	0.3	0.001
Scombrido	<i>Scomberomorus sierra</i>	17	4	259.33	0.69
Scombrido	<i>Scomber japonicus</i>	27	6	113.83	0.3
Xiphiidae					
Istiphoridae	<i>Istiophorus platypterus</i>	2	0.4	0.96	0.003
Stromateidae					
Stromateidae	<i>Prepilus medius</i>	1	0.2	130.5	0.35
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	183	40	1,514.6	.02
Tetradontidae	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	19	4	325.99	0.86
Tetradontidae	<i>Sphoeroides spp</i>	3	1	11.5	0.03
Tetradontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i>	23	5	52.02	0.14
Tetradontidae	<i>Sphoeroides lobatus</i>	2	0.4	227.2	0.6
Diodontidae	<i>Diodon spp</i>	1	0.2	0.06	0.002
	Restos de peces	89	19	906.42	2.4
	Vertebras	2	0.4	9.24	0.02
	MONI	52	11	210.2	0.56
Chelonidae	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	0.2	16.5	0.04
Total		463	100	37,720	100

Espectro trófico general y épocas climáticas

Se analizaron 463 organismos en total de los cuales, 202 (44%) de los que presentaron estomago eran hembras, 255 (55%) machos y 6 (1%) indiferenciados. Las hembras registraron una longitud posorbital mínima de 114 cm y un máximo de 198.5 cm, mientras que en los machos las tallas fluctuaron entre 99.5 cm como

mínimo y 193 cm como máximo de longitud posorbital. De manera particular el espectro trófico en ambos sexos se constituyó por cefalópodos, peces y crustáceos, figura 19.

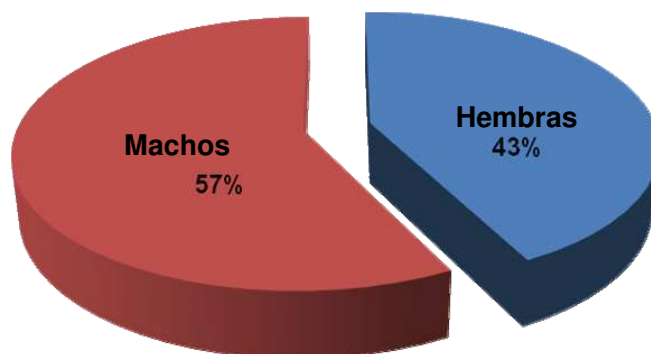


Figura 19. Porcentaje de biomasa por sexo. *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

La dieta de las hembras se conformó por 62 tipos presa correspondiente a 45 especies, 42 géneros y 32 familias, siendo *D. gigas* la presa más frecuente y que aportó la mayor biomasa con 68 y 58% respectivamente. mientras que *Argonauta spp.* representó el 32% de la abundancia numérica y *B. polylepis* el 11%. Las presas en los estómagos acumularon un peso de 37,719.7 g. De acuerdo al método gravimétrico, los componentes más importantes fueron los cefalópodos *D. gigas* con 60% (22,534 g) y *Argonauta spp.* el 9% (3,459.7 g), seguido de los peces *Opisthonema spp.* 4% (15,96.3 g), *B. polylepis* 4% (1,514.6 g) y *Mugil cephalus* 3% (1198.7 g) tabla 7.

Para la época cálida del 2002 la presa que aportó la mayor biomasa fue *D gigas* con 42.4 %, seguido de las presas *Opisthonema sp.* 11% y *Auxis sp. B. polylepis* con el 8 % respectivamente. Para la época fría del 2003, *Dosidicus gigas* aportó el 74 %, seguido de *Strongylura spp* 6 % *Argonauta spp.* con el 5% *Mugil cephalus.* 4%. Para la época cálida del 2003, *Dosidicus gigas* aportó el 63 %, seguido de *Argonauta spp.* Con el 14 % *Mugil cephalus.* 2.9 % y *B. polylepis* 2 %.

Análisis calorimétricos del alimento

Para la determinación de la calorimétrica del contenido alimenticio se utilizaron 457 peces que presentaron estomago con alimento, con un promedio de longitud posorbital de 159.5 ± 13.05 y un peso promedio de 23.40 ± 5.10 ; una talla mínima 128 de cm y una máxima de 185 cm (LP) un registro mínimo de 15 kg y un máximo de 35 kg, tabla 8.

Tabla 8. Valores promedio, minino y máximo de peso y talla de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

	Longitud Posorbital (cm)	Peso (Kg)
Media	163.61 ± 3.99	$29.6 \text{ kg} \pm 1.5$
Mínimo	128	15
Máximo	185	35

En la tabla 9, se presentan los valores energéticos, kilocalorías por gramo (kcal/g) de peso fresco, peso seco y peso seco libre de cenizas de las especies presa de mayor importancia gravimétrica en la dieta de *I. platypterus* del área de Mazatlán, Sinaloa. Para los valores calóricos en el peso fresco se observó que el valor mínimo fue de 1.07 ± 13.45 kcal/g para *Argonauta spp* y el máximo $1.57 \pm$

3.45 kcal/g en *Dosidiscus gigas*, en el caso del peso seco los valores fluctuaron entre $3,901 \pm 12$ kcal/g para *Argonauta* spp. y $4,972.45 \pm 9.03$ kcal/g peso de *Dosidiscus gigas* y en el peso seco libre de cenizas *Dosidiscus gigas* presento el máximo con $5,289.89 \pm 8.23$ kcal/g el menor en *Mugil cephalus* $4,465.43 \pm 7.78$ kcal/g. No se presento una variación significativa entre los valores energéticos de las presas alimenticias en el contenido estomacal de *I. platypterus* ($F_{(1,387)} = 2.60$, $p > 0.05$)

Tabla 9. Valores energéticos de las principales presas de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Especies- presa	% de humedad	% de cenizas	K/cal gr peso fresco	K/cal gr peso seco	K/cal gr seco libre de cenizas	% de aporte a la dieta
<i>Dosidiscus gigas</i>	89.56	6.56	1.57 ± 3.45	$4,972.45 \pm 9.03$	$5,289.89 \pm 8.23$	60%
<i>Argonauta spp</i>	51.1	14.67	1.07 ± 13.45	$3,901.45 \pm 12.0$	$4,473.98 \pm 2.45$	9%
<i>Balisties spp.</i>	75.89	5.89	1.47 ± 7.90	$4,612.78 \pm 5.89$	$4,883.64 \pm 3.12$	4%
<i>Mugil cephalus</i>	74.09	7.45	1.22 ± 12.03	$4,156.73 \pm 8.92$	$4,465.43 \pm 7.78$	3%
<i>Auxis spp.</i>	71.23	5.67	1.51 ± 3.23	$4,458.36 \pm 21.1$	$4,711.71 \pm 6.34$	2%
<i>Opisthonema spp</i>	72.45	5.23	1.23 ± 2.45	$4,234.89 \pm 7.67$	$4,489.12 \pm 4.89$	1%

La biomasa total del alimento consumido por *I. platypterus* durante el período 2002-2003 fue de 37,720 g, el valor energético promedio del alimento consumido por el pez vela fue de 1.29 kcal/g de peso fresco, con una estimación de consumo total de 48,658.8 Kcal/g.

En relación a el análisis de la regresión entre los valores de consumo energía (Kcal) y la temperatura superficial del mar (TSM), se observó que el

consumo energético de la especie no está relacionada con la TSM, ya que el coeficiente de correlación entre estas variables fue bajo de $R^2 = 0.039$.

Espectro trófico energético por sexos y épocas climáticas

Para las hembras de *I. platypterus*, se realizó una comparación del contenido energético total del alimento como calorías en peso húmedo, entre épocas, observándose que *D. gigas* presenta los mayores valores en la época cálida 2003 (40.2198 ± 20.04 cal), época fría 2004 (210.99 ± 109.41 cal) y época cálida 2004 (30.573 ± 8.430 cal), mientras que los mínimos fueron para *Argonauta*, época cálida 2003 (0.0016 ± 0.0003 cal), época fría 2004 (0.0157 ± 0.0081 cal) y época cálida 2004 (0.0127 ± 0.002 cal) (Tabla 10), además hay una variación significativa entre las épocas con respecto a la densidad calórica ($F(2,386) = 5.6014$, $p < 0.05$), tabla10.

Tabla 10. Contenido energético total del alimento consumido por las hembras de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2003 al 2004.

Época	Tipo de Alimento	Contenido energético (cal)
Cálida 2003	<i>D. gigas</i>	40.21 ± 20.04
	<i>Argonauta</i>	0.016 ± 0.03
	<i>Auxis spp</i>	27.94 ± 11.82
	<i>Balistes</i>	1.84 ± 0.37
Fría 2004	<i>D. gigas</i>	210.99 ± 9.41
	<i>Argonauta</i>	0.015 ± 0.01
	<i>Auxis spp</i>	7.12 ± 3.54
	<i>Balistes</i>	2.01 ± 0.38
Cálida 2004	<i>D. gigas</i>	30.57 ± 8.43
	<i>Argonauta</i>	0.012 ± 0.02
	<i>Balistes</i>	1.87 ± 0.90

Con respecto a la contenido energético por meses se encontraron diferencias significativas ($F_{(11,377)} = 5.558$, $p < 0.05$), en donde le valor máximo se presento en enero de 2004 (234. 7624 cal) y el mínimo en agosto de 2003 (0.001).

En cuanto al aporte calórico por presas la presa *D. gigas* aportó la mayor cantidad de calorías, seguido de *Argonauta* spp *Balistes polylepis*, *Opisthonema* spp, y *Mugil cephalus*, y la presa que aporto la menor cantidad de energía fue *Auxis* spp encontrándose diferencias entre la mayor cantidad de calorías aportadas a las hembras del pez vela ($F_{(3,385)} = 6.7798$, $p > 0.05$)

Para los machos de pez vela se realizó una comparación de la densidad calórica del alimento consumido medido como calorías en peso fresco entre épocas, empleando un análisis de variancia de una sola vía, encontrándose que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) $F_{(1,793)} = 0,16827$.

Para machos en lo que respecta a los meses, se llevo a cabo un análisis de variancia de una sola vía encontrándose diferencias significativas ($p > 0.05$) $F_{(9,785)} = 3.1485$; los meses en los que se encontraron diferencias fueron diciembre del 2003 y mayo del 2004.

Para machos se analizó el aporte calórico por presas; la variancia de una sola vía indicó que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) $F_{(3,791)} = 41.809$; la presa *D. gigas* fue la que aportó la mayor cantidad de calorías, seguido de *Argonauta* spp, *Balistes polylepis* spp, *Opisthonema* spp, *Mugil cephalus*, mientras que la presa que aporto la menor cantidad de energía fue *Auxis* spp.

Análisis calorimétricos de los tejidos: Gónada, músculo e hígado

Para el análisis del contenido calórico se utilizaron 136 hembras en un ciclo anual de febrero del 2003 a marzo del 2004 con un promedio de longitud posorbital de 163.61 ± 3.99 cm y un peso promedio de 24.65 ± 1.32 kg., Se determinaron los valores calóricos para cada tejido, para el tejido muscular se observó que en el mes de diciembre el valor promedio mínimo de 5.2 ± 1.57 Kcal/g en el mes de diciembre de 2004 y máximo en el mes de octubre de 2004 5.7 ± 3.69 Kcal/g. y el valor promedio durante todo el ciclo fue de 5.5 Kcal/g, tabla 11.

Tabla 11. Determinaciones calorimétricas del tejido muscular de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

MÚSCULO							
Mes	Longitud Posorbital	Peso (kg)	% Humedad	% Cenizas	Peso Seco Cal/g	Cal/g peso fresco	cal/g peso seco libre de cenizas
Febrero	173.01 ± 4.26	28.125 ± 1.04	71.62 ± 1.49	4.65±0.15	5,571.92 ± 157.4	1,581.93±93.59	5,831.08±63.79
Abril	160.46 ± 4.32	25.51 ± 1.40	71.82 ± 1.04	5.52±0.09	5,708.44 ± 73.27	1,613.51±74.38	6,023.54±56.98
Mayo	160.33 ± 2.25	24.25 ± 0.84	72.58 ± 0.56	5.98±0.05	5,454.64 ± 75.89	1,497.25±42.59	5,780.82±67.34
junio	155.89 ± 2.53	22.214 ± 0.88	72.47 ± 0.89	5.75±0.12	5,604.43 ± 76.28	1,549.14 ±69.43	5,926.68±23.21
Julio	150.34 ± 2.01	20.12 ± 1.04	71.49 ± 1.48	5.41±0.1	5,715.11 ± 76.89	1,630.91± 106.39	6,024.29±115.43
Agosto	163.07 ± 2.14	25.61 ± 0.98	73.51 ± 0.85	5.19±0.1	5,579.71 ± 72.45	1,482.83±58.41	5,069.29±34.23
Sep	166.51 ± 5.39	25.33 ± 2.26	74.47 ± 2.24	4.93±0.26	5,697.76 ± 74.40	1,457.65±134.41	5,978.65±70.113
Octubre	164.21 ± 2.58	24.91 ± 1.80	71.89 ± 1.60	4.52±0.12	5,797.71 ± 73.69	1,634.56±106.79	6,059.72±77.43
Noviembre	165.62 ± 3.35	26.11 ± 1.56	72.93 ± 0.83	5.24±0.11	5,531.49 ± 91.36	1,506.03±74.91	5,821.34±13.32
Diciembre	165.56 ± 6.38	26.34 ± 1.31	73.42 ± 0.75	5.25±0.21	5,251.21 ± 194.5	1,401.03±77.16	5,526.85±56.75
Enero	174.71 ± 8.66	22.64 ± 1.38	72.09 ± 1.54	5.42±0.22	5,707.07 ± 113.5	1,595.82±103.97	6,016.39±56.34
Marzo	170.54 ± 5.23	24.15 ± 1.23	71.45 ± 1.12	3.67±0.34	5,432.23 ± 99.56	1,329.67±79.56	5,631.59±93.34
PROMEDIO	164.19	24.61	72.48	4.7	5,587.65	1,523.36	5,874.19

En relación a los valores de las calorías contenidas en la gónada el valor promedio mínimo se presentó en el mes de febrero con 5.2 Kcal/g., el valor máximo en agosto con 5.8 cal/g, y el valor promedio durante todo el ciclo fue de 5.5 Kcal/g, tabla 12.

Tabla 12. Determinaciones calorimétricas de la gónada de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

GONÁDA							
Mes	Longitud Pos orbital	Peso gónada (g)	% Humedad	% Cenizas	Peso seco Cal/g	Peso Húmedo Cal/g	Peso Seco libre de cenizas Cal/g
Febrero	173.01 ± 4.26	235.62 ± 20.49	74.63 ± 0.27	4.75±0.15	5,287.69 ± 114.3	1,316.14±69.24	5,538.85±1.34
Abril	160.46 ± 4.32	207.51 ± 22.57	72.73 ± 0.70	6.52±0.59	5,359.07 ± 82.60	1,460.01±66.74	5,708.48±0.57
Mayo	160.33 ± 2.25	201.66 ± 13.94	73.94 ± 0.43	4.88±0.05	5,461.91 ± 76.20	1,422.99±99.51	5,728.45±0.78
junio	155.89 ± 2.53	450.64 ± 185.99	73.78 ± 1.23	6.95±1.12	5,431.31 ± 101.7	1,424.73±67.55	5,808.78±1.45
Julio	150.34 ± 2.01	240.11 ± 59.59	73.97 ± 0.56	3.61±0.81	5,532.38 ± 65.70	1,442.92±86.27	5,732.09±0.82
Agosto	163.07 ± 2.14	1105.11 ± 260.35	74.82 ± 0.62	4.89±1.18	5,877.22 ± 114.6	1,481.65±93.03	6,164.61±1.12
Septiembre	166.51 ± 5.39	431.51 ± 150.31	72.17 ± 0.37	3.93±1.11	5,627.82 ± 194.6	1,568.12±57.07	5,848.99±0.91
Octubre	164.21 ± 2.58	889.51 ± 206.41	72.01 ± 0.63	5.72±0.82	5,863.56 ± 142.4	1,622.42±72.96	6,198.95±0.59
Noviembre	165.62 ± 3.35	428.81 ± 131.83	72.88 ± 0.71	4.24±0.71	5,597.22 ± 76.96	1,516.15±66.63	5,834.54±1-21
Diciembre	165.56 ± 6.38	348.81 ± 11.15	73.02 ± 0.95	4.65±0.76	5,459.61 ± 113.0	1,477.67±79.04	5,713.48±0.48
Enero	174.71 ± 8.66	207.85 ± 29.17	72.39 ± 1.05	3.45±0.83	5,330.52 ± 55.63	1,468.33±50.48	5,514.42±0.56
Marzo	170.54 ± 5.23	215.45 ± 31.34	73.15 ± 0.97	4.54±0.58	5,334.34 ± 65.34	1,389.45±89.45	5,576.51±0.78
PROMEDIO	164.19	413.53	73.3	4.8	5,505.23	1,465.88	5,780.68

Por lo que respecta al contenido de la energía en calorías en el tejido hepático el valor mínimo promedio se presentó en el mes de agosto con 6.0 Kcal/g, el valor máximo se registró en octubre con 6.5Kcal/g, y el valor promedio durante todo el ciclo fue de 6.2 Kcal/g, tabla 13.

Tabla 13. Determinaciones calorimétricas del hígado de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

HIGADO							
Mes	Longitud Posorbital	Peso hígado (g)	% Humedad	% Cenizas	Peso seco Cal/g	Peso Húmedo Cal/g	Peso Seco libre de cenizas Cal/g
Febrero	173.01 ± 4.26	236.87 ± 31.71	69.48 ± 0.67	4.75±0.15	6,140.17 ± 121.1	1,877.63±0.49	6,431.82±0.78
Abril	160.46 ± 4.32	261.07 ± 33.28	68.83 ± 0.49	6.52±0.59	6,425.56 ± 116.7	2,003.84±0.83	6,844.51±0.67
Mayo	160.33 ± 2.25	249.16 ± 21.01	69.89 ± 0.56	4.88±0.05	6,202.19 ± 80.48	1,868.75±0.78	6,504.85±0.49
junio	155.89 ± 2.53	292.85 ± 35.07	70.11 ± 1.05	6.95±1.12	6,096.27 ± 91.68	1,825.08±0.77	6,519.96±0.87
Julio	150.34 ± 2.01	206.87 ± 17.82	70.49 ± 0.61	3.61±0.81	6,076.21 ± 98.07	1,794.86±0-93	6,295.56±0.96
Agosto	163.07 ± 2.14	232.14 ± 23.43	69.88 ± 0.85	4.89±1.18	6,055.88 ± 173.0	1,837.99±1.43	6,352.01±1.42
Septiembre	166.51 ± 5.39	175.83 ± 31.84	67.99 ± 1.33	3.93±1.11	6,513.47 ± 209.1	2,095.2±0.56	6,769.44±0.56
Octubre	164.21 ± 2.58	276.11 ± 37.38	68.73 ± 1.15	5.72±0.82	6,550.56 ± 120.6	2,052.23±0.37	6,925.25±0.67
Noviembre	165.62 ± 3.35	233.26 ± 20.24	69.99 ± 0.56	4.24±0.71	6,213.03 ± 69.07	1,866.35±0.95	6,476.46±0.71
Diciembre	165.56 ± 6.38	240.87 ± 38.77	67.79 ± 1.18	4.65±0.76	6,326.06 ± 88.14	2,032.78±0.56	6,620.22±0.69
Enero	174.71 ± 8.66	170.11 ± 20.21	66.38 ± 1.48	3.45±0.83	6,489.09 ± 135.1	2,170.03±0.83	6,712.96±0-89
Marzo	170.54 ± 5.23	197.34 ± 17.34	68.34 ± 1.32	4.54±0.58	6,345.92 ± 111.9	1,866.35±0.67	6,634.02±0.64
PROMEDIO	164.19	231.03	69.05	4.8	6,286.2	1940.92	6,590.59

En cuanto al aporte calórico de los tres tejido analizados se presentaron diferencias significativas entre ellos ($F_{(2,363)} = 129.49$, $p < 0.05$), siendo similares los valores entre la músculo y la gónada (5,539.889 a 5,607.191 cal/g), durante los meses de muestreo, mientras que en el hígado se presentaron los mayores contenidos calóricos (6,247.896 cal/g) en los meses de junio y septiembre, figura 20.

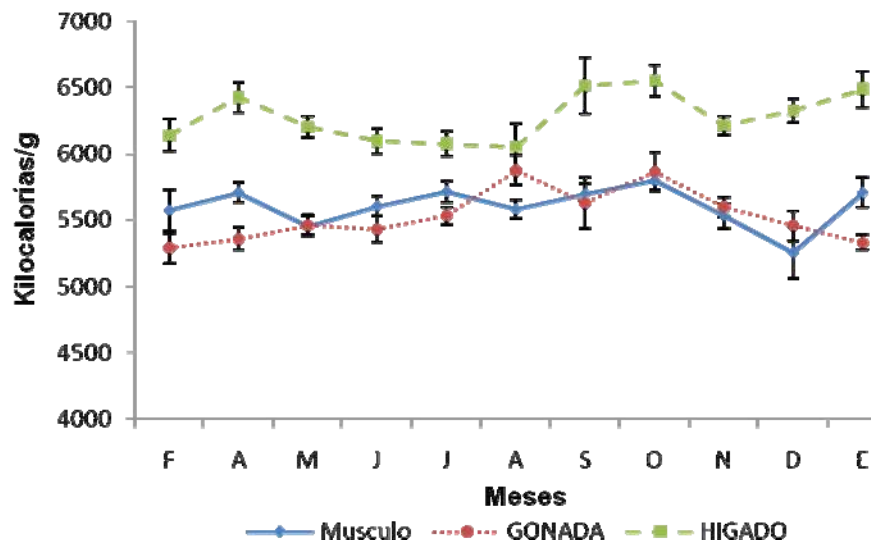


Figura 20. Variación anual del contenido calórico en hígado, gónada y músculo de hembras gónada de *Istiophorus platypterus*, en la zona de pesca deportiva de Mazatlán Sinaloa de 2002 al 2004.

Para saber si existe una relación entre los índices gonádico, hepático y factor de condición y las valores energéticos registrados en los tejidos muscular, gonádico y hepático, se realizó un análisis de correlación múltiple de Spearman, en donde se observó que solo se relacionó de manera positiva el contenido energético de la gónada con el índice gonádico ($r = 0.19$, $p < 0.05$), mientras que las demás variables no mostraron ninguna relación, tabla 14.

Tabla 14. Análisis de correlación múltiple de Spearman de los índices gonádico, hepático, factor de condición y contenido de calorías de los tejidos muscular, gonádico y hepático.

Variable	Factor de condición	Índice Gonádico	Índice hepatosomático
Músculo cal/g	0.1	0.09	-0.1
Gónada cal/g	-0.11	0.19*	0.01
Hígado cal/g	0.09	-0.1	-0.16

Relación de los índices morfofisiológicos y la temperatura.

En relación al comportamiento de la temperatura y el factor de condición por sexos se observó que en los machos los valores mínimos del factor de condición se presentaron cuando la temperatura también es menor que los valores medios de ambos factores mostraron una relación inversa, marcada a partir de marzo del 2003 hasta agosto del 2004, figura 21.

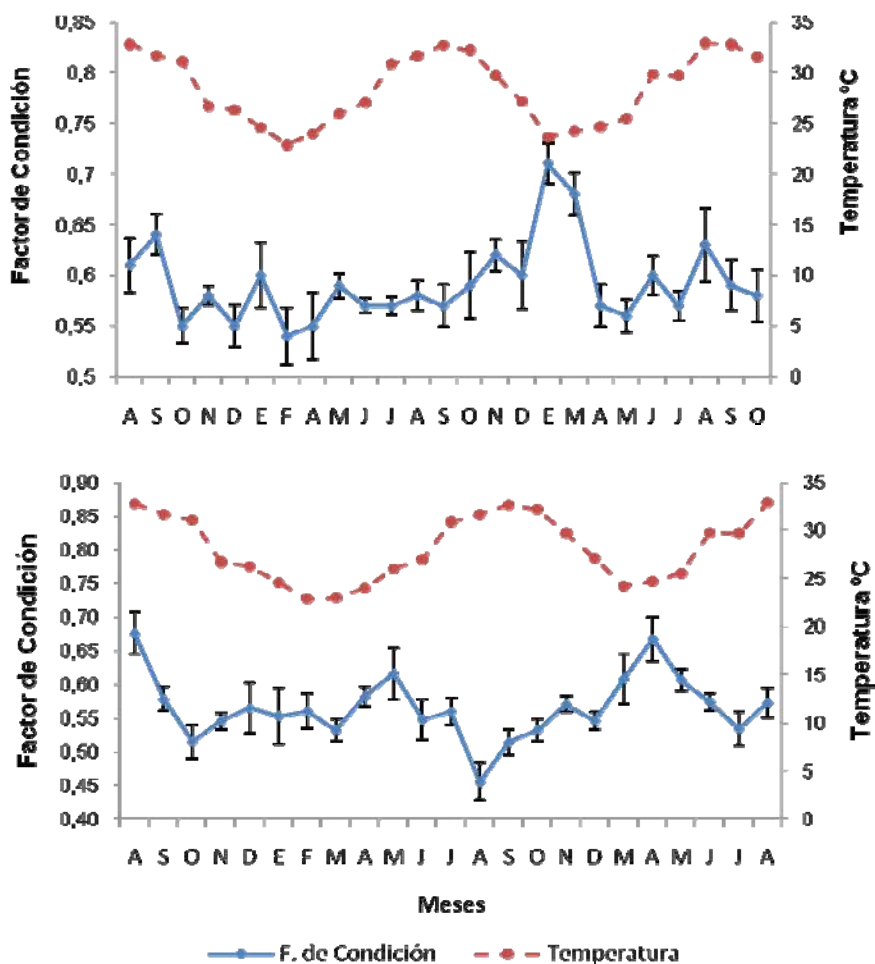


Figura 21. Temperaturas superficiales del mar (TSM) y factor de condición. a) machos, b) hembras.

Por lo que respecta al comportamiento de la temperatura y el índice gonádico, se observó que se presentó una relación directa entre estos dos factores ya que a los valores altos del índice gonádico correspondieron a los valores máximos de temperatura, figura 22.

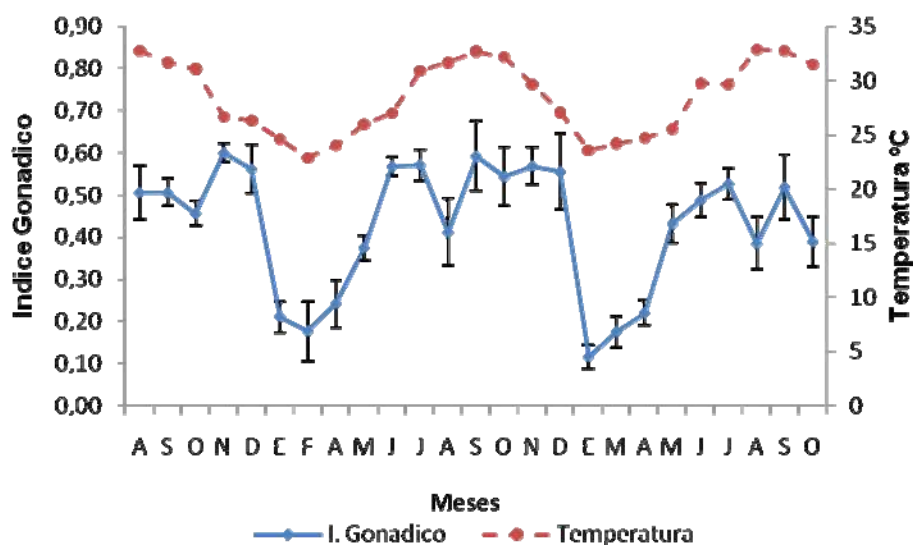


Figura 22. Temperatura superficial del mar (TSM) e índice gonádico.

En cuanto al comportamiento de la temperatura y el índice hepático no se observó una tendencia directa o inversa, figura 23.

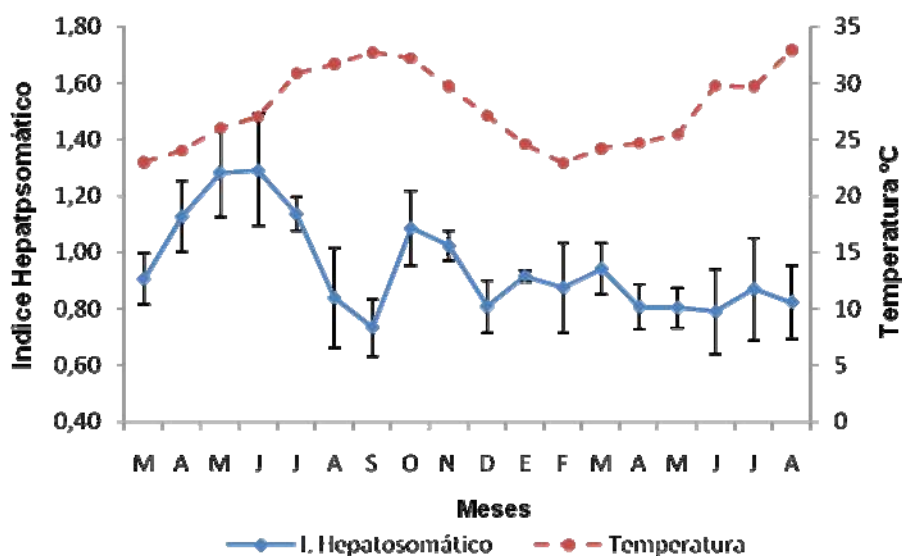


Figura 23.- Temperatura superficial del mar (TSM) e índice hepático.

Se realizó una comparación entre época fría y cálida en un ciclo anual y la acumulación de energía entre los tejidos muscular, gonádico y hepático, observándose que la energía en el tejido de la gónada se almacena durante la época cálida ya que se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$).

Los valores totales acumulados por mes de almacenamiento de energía en kilocalorías, en peso húmedo para el músculo, gónada e hígado, se muestran en la tabla 23, en relación al músculo el valor mínimo se presentó en el mes de diciembre del 2004 (221900 Kcal) y el máximo se presentó en el mes de abril del 2003 (574770 Kcal). Por lo que respecta a la gónada el valor mínimo se presentó en el mes de marzo del 2004 (1554 Kcal) y el máximo se presentó en el mes de agosto del 2003 (22895.6 Kcal). Para el hígado el valor mínimo se presentó en

septiembre del 2003 (2194 Kcal) y el máximo se presentó en el mes de octubre del 2003 (6215.6 Kcal), tabla15.

Tabla 15. Matriz de los valores de almacenamiento de músculo, gónada e hígado y calorías en peso húmedo acumuladas totales Kcal/g peso fresco.

2003	P. Tot. (g)	Kcal Músculo	Peso Gónada (g)	Kcal Gónada	Peso Híg. (g)	Kcal Hígado	KCal Músculo	Kcal Gónada	Kcal Hígado	Suma
Feb.	225000	1.58	1885	1.34	1895	1.87	355500	2525.9	3543.65	361,570
Abril	357000	1.61	2905	1.46	3655	2	574770	4241.3	7310	586,321
Mayo	291000	1.5	2420	1.42	2990	1.87	436500	3436.4	5591.3	445,528
Junio	311000	1.54	6309	1.42	4100	1.82	478940	8958.78	7462	495,361
Julio	322000	1.63	3840	1.44	3310	1.79	524860	5529.6	5924.9	536,315
Ago	358500	1.48	15470	1.48	3250	1.82	530580	22895.6	5915	559,391
Sep.	249000	1.45	8895	1.57	1055	2.08	361050	13965.15	2194.4	377,210
Oct.	339500	1.63	5574.5	1.64	3032	2.05	553385	9142.18	6215.6	568,743
Nov.	196500	1.5	2790.5	1.52	1927	1.86	294750	4241.56	3584.22	302,576
Dic.	158500	1.4	1455	1.47	1190	2.04	221900	2138.85	2427.6	226466
Ene	164500	1.59	1290	1.47	1099	2.18	261555	1896.3	2395.82	265,847
Mar	172500	1.57	1110	1.4	1104	2.01	270825	1554	2219.04	274,598

Análisis multivariado de la fisiología energética

La densidad calórica, del hígado, gónada y músculo, así como el contenido de cenizas, humedad y la relación con los índices morfofisiológicos y la longitud posorbital y total de 138 organismos utilizando el análisis de correspondencia distendido mostró una varianza acumulada en los 3 ejes de 95.8%, tabla 16.

Tabla 16. Varianza explicada por los ejes del análisis de correspondencia distendido.

Ejes	Valores eigen	Varianza explicada	Varianza acumulada
Eje 1	0.03467	89.4	89.4
Eje 2	0.00166	4.3	93.7
Eje 3	0.00083	2.1	95.8
Varianza total de los datos:	0.0388		100

Para determinar que factores estaban correlacionados se utilizó Coeficiente de correlación de Pearson, encontrando que el primer eje está asociado en primer lugar con el peso de las gónadas ($r= 0.99$) y en segundo lugar con el índice gonádico ($r=0.97$) y el contenido calórico de las gónadas ($r=0.60$), tabla 17.

Tabla 17. Correlaciones de Pearson de las variables morfométricas y fisiológicas con los ejes DCA. Los valores marcados con asterisco (*) son las variables que presentaron correlaciones altamente significativas.

Variables Morfométricas	Ejes de DCA		
	1	2	3
Peso del músculo (Kg)	0.25	0.43	-0.09
Factor de condición	0.32	0.21	0.05
Humedad del músculo (%)	0.18	-0.07	-0.28
Cenizas del músculo (%)	-0.19	-0.12	0.09
Calorías del músculo (cal/g)	-0.05	0.07	0.51*
Longitud total del pez (cm)	0.18	0.23	-0.05
Longitud posorbital (cm)	0.16	0.33	-0.06
Peso de las gónadas (g)	0.99*	0.70	-0.29
Calorías de las gónadas (cal/g)	0.60*	0.08	-0.41
Humedad de las gónadas (%)	0.03	-0.04	0.08
Cenizas de las gónadas (%)	0.02	-0.01	-0.09
Peso del hígado (g)	0.48	0.86*	0.35
Calorías del hígado (cal/g)	-0.26	0.19	-0.34
Humedad del hígado (%)	0.13	-0.10	0.07
Cenizas del hígado (%)	-0.06	-0.15	-0.15
Índice hepático	0.40	0.71	0.41
Índice gonádico	0.97	0.65	-0.29

La temperatura se correlacionó con los ejes DCA en los meses cálidos y fue altamente significativa para el primer eje ($r=0.35$, $P<0.0001$; tabla 18).

Tabla 18. Correlaciones de Pearson y Spearman entre la temperatura y los ejes de ordenación del DCA.

Ejes	Pearson	P	Spearman	P
dca1	0.35721	<.0001	0.37052	<.0001
dca2	0.01528	0.8674	0.00877	0.9236
dca3	-0.2526	0.005	-0.3041	0.0007

Discusión

Abundancia por épocas, proporción de sexos y análisis de tallas

En relación a la época del año la abundancia del pez vela *I. platypterus* mostro estar asociada a la estacionalidad, donde en la época cálida se presentó el mayor número de organismos, se identificaron diferencias en la proporción por sexos, en general para la época cálida, las hembras fueron menos abundantes que los machos, no obstante la proporción sexual total para todo el periodo de estudio fue de 1:1, similar a lo descrito para el pez vela en la misma zona de estudio por Hernández-Herrera (1994), el describe que la zona de Mazatlán la proporción de sexos fue cercana a 1:1 durante todo el año, aunque en verano se observó un sesgo hacia los machos, sin embargo para la parte norte en la boca del Golfo de California la proporción fue mayor para hembras, mientras que para la parte sur del Océano Pacífico mexicano la proporción de sexos fue variable a lo largo del año, observándose la predominancia de hembras durante el invierno y primavera, para el verano la proporción alcanzó valores cercanos a 1:1 y durante el otoño estuvo sesgada hacía los machos. Por lo que la parte norte y sur del Océano Pacífico mexicano difiere a lo registrado en el presente trabajo, sin embargo

Wei-Chuan *et al.*, (2006), para el área de Taiwán y en un periodo de 4 años de muestreos trimestrales los machos fueron más abundantes en cada uno de los trimestres con una proporción de 0.4:1 y en tallas mayores a 230 cm mandíbula inferior–furca únicamente se presentaron hembras.

En la misma área de estudio Sheng-Ping *et al.*, (2006), determinaron la proporción sexual, asociada a la talla, para varias especies de peces de pico entre ellas al pez vela y reportaron que a tallas mayores de de 230 cm mandíbula inferior-furca, todos los especímenes de pez vela son hembras, lo cual concuerda con lo encontrado por Wei-Chuan *et al.*, (2004), sin embargo ambos estudios no coinciden con lo reportado en este trabajo.

Mourato *et al.*, (2009), analizaron la proporción sexual en dos áreas de las costas de Brasil para la zona 1 situada en la parte norte, la proporción reportada fue de 1.6 :1, lo cual difiere con lo reportado en el presente estudio. Por el contrario, en la zona 2 ubicada en la parte sur la proporción sexual fue de 1:1, similar a lo encontrado en el presente trabajo.

Este comportamiento del cambio en las proporciones sexuales ha sido reportado para el Océano Atlántico en la costa de Florida por Jolley (1974), quien reportó que la proporción de sexos cambió apreciablemente durante el periodo frío (diciembre-mayo) ya que de 412 organismos de la muestra examinada 268 fueron hembras.

En relación a las tallas en el presente trabajo se encontraron hembras de pez vela *I. platypterus* de los 99.5 a 198.5 cm de LP, y machos de 114 cm a 1.95 cm longitud postorbital LP. S se debe destacar que del total de organismos solo tres registraron tallas < 100 cm.

En los resultados del análisis de tallas en este trabajo se encontraron diferencias significativas para machos en tallas menores, mientras que a tallas mayores las diferencias fueron

para las hembras, se realizó un análisis de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, $p > 0.01$, no encontrando diferencias significativas en las tallas para ambos sexos, lo cual coincide a lo encontrado para el pez vela por Hernández-Herrera (1994), lo que para este caso se concluye que no hay una mortalidad diferencial asociada al sexo.

Para la misma área de este estudio, Ramírez-Pérez *et al.*, (2011), reportaron que las hembras alcanzan tallas mayores que los machos y detectaron diferencias durante el periodo frío (invierno-primavera) a causa de que los machos durante este tiempo son menos abundantes y de menor talla que las hembras.

Alvarado-Castillo (1993), informa que las capturas en las tallas pequeñas de peces vela menores a 170 cm de longitud mandibular son realizadas en La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur mientras que el área de Mazatlán Sinaloa, lo considera una zona intermedia de captura en relación a las tallas, lo cual difiere a lo encontrado en este trabajo, ya que las tallas son menores, Macias-Zamora (1993) para el pez vela capturado en Manzanillo Colima reporta tallas de 114 cm de longitud posorbital, las cuales son mayores a las encontradas en este trabajo. No obstante la amplitud de tallas reportadas del pez vela, que es capturado por la flota deportiva, en el Océano Pacífico mexicano estas son reducidas debido a que el objetivo de esta pesca, es obtener organismos de tallas grandes, por lo que es difícil obtener organismos de tallas menores a 1 m de (LP).

Se señala que lo anterior puede deberse a que aun los organismos con tallas pequeñas a 100 cm no se reclutan a la pesca o bien porque estos son liberados por no ser un ejemplar adecuado, por lo que no son reportados en las capturas.

En relación a la diferencia en tallas, en este trabajo las hembras fueron mas grandes que los machos, similar a lo informado por Jolley (1974), el reporta que las hembras del pez vela fueron más grandes que los machos.

Estas diferencias en tallas en el pez vela las reportaron Hedgepeth y Jolley (1983) para las costas de Florida en el Océano Atlántico, estos autores argumentaron que el dimorfismo sexual se presenta a partir del primer año de edad, ya que las hembras crecen más que los machos y muestran mayor variación en longitud y peso.

Este crecimiento acelerado, en los primeros meses de vida del pez vela, también fue reportado por Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1998) ya que encontraron que durante el primer año de vida, el pez vela a 221 cm LM), sin embargo para las mismas costas de Taiwán, Sheng-Ping *et al.*, (2006), encontraron que no presentan evidencias de dimorfismo sexual en un numero de organismos que superan en 12 ordenes de magnitud a los analizados por Wei-Chuan *et al.*, (2004), lo cual atribuyeron a que el esfuerzo de muestreo fue mayor, así como por el hecho de utilizar diferentes análisis estadísticos.

Para el Océano Índico, en el Golfo de Arabia Hoolihan (2005) reportó que las hembras registraron un intervalo de tallas de 110 a 170 cm LP, mientras que en los machos el intervalo fue de 117 a 152 cm LP. Asimismo señalaron que el crecimiento se estabiliza a los dos años de edad para machos y las hembras siguen creciendo alcanzando tallas y pesos mayores que los machos.

Índices morfofisiológicos

La evaluación de la reproducción se puede dar a varios niveles, dependiendo de la información que se desee obtener. En el caso particular de los índices morfofisiológicos, estos pueden ser usados como indicadores primarios de la fisiología energética y fases reproductivas de las especies, por lo que en el presente estudio se utilizaron los índices gonádico, hepatosomático y factor de condición. La determinación del índice gonádico, es un procedimiento relativamente rápido para medir los grados de madurez sexual, comparada con la aplicación de la técnica histológica en el tejido gonádico para valorar la actividad reproductiva. La utilidad en la valoración del desarrollo gonadal en hembras a través de este índice en los peces picudos fue inicialmente empleado por Ueyanagi, (1957), este autor trabajo con 22 hembras de marlín rayado capturadas en el Océano Pacífico Occidental de, registrando que el 50% de los ejemplares (11) presentaron valores ≥ 3 (citado por Kume y Joseph 1969b).

A partir del anterior trabajo, la utilización del valor de 3, se amplió a los demás peces de pico (Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff 1987; Nakano y Bafliff 1992; Hernández–Herrera 1994; García–Guevara 1995; Usoaky y Bayliff 1999), el índice gonádico detectado para el pez vela en este trabajo, con valores de 3 o mas coincide con los trabajos citado, sin embargo como lo anota Hernández–Herrera (1994) y García–Guevara (1995) para el pez vela, el índice gonádico nos brinda información del proceso reproductivo, pero no de la intensidad del mismo.

Para hembras y machos se aplicó un análisis de variancia de una vía, para ambos sexos del índice gonádico, se encontraron diferencias significativas y se

aplico una prueba a posteriori de Tukey, donde la estación que marca la diferencia es la época fría en donde se presentan los valores más bajos, para ambos sexos.

La probabilidad de encontrar hembras con valores del índice gonádico ≥ 3 es mayor en aguas con temperaturas igual o mayor a 28°C y muestra una estacionalidad ya que al igual que las fases de desarrollo, el índice gonádico y el desarrollo de los ovocitos es máximo en la época cálida, esta relación entre la temperatura y el índice gonádico es informado por Mejuto y García-Cortez (2006), para el pez espada *Xiphias gladius*, en el area del Océano Atlántico noroccidental tropical, ellos mencionan que las isothermas de los 23° C son las que determinan la presencia de valores promedio del índice gonádico de 5.33 y máximos de 17.77, para el Océano Pacífico occidental Wei-Chuan *et al.*, (2006) y para la parte oriental Hernández-Herrera y Ramírez-Rodriguez (1998), aunque no hacen un análisis de los cambios en la temperatura superficial del mar y la variación del índice gonádico, mencionan que las isothermas 26-29° C y 27-30 ° C están asociadas a la condición de madurez en las gónadas de hembras y esta a su vez tiene relación a valores del índice iguales o mayores a 3, similar a lo reportado en este trabajo.

No hay antecedentes en la utilización del factor de condición en el pez vela, sin embargo este, se ha utilizado como un indicador de la energía disponible almacenada en los músculos y vinculado al ciclo reproductivo, tal como lo reporta para el arenque *Clupea herengus* por Wilkins (1967) y para la sardina del Pacífico, *Sardinops sagax* por Lasker (1970).

En el presente trabajo, la variación del factor de condición muestran una disminución en los valores en la época cálida y aumenta en la temporada de frío, esto es posible que sea un reflejo de la estacionalidad del evento reproductivo, sugiriendo que durante las etapas de menor desarrollo gonadal, asociado a la época fría los organismos están almacenando energía; mientras que durante las etapas de mayor desarrollo gonádico relacionado con la época cálida, el factor de condición disminuye, lo cual sugiere que la energía de los organismos esta empleándose en el proceso de crecimiento de los ovocitos, esto lo confirma el hecho que al aplicar un análisis de variancia de una vía para ambos sexos, se encontraron diferencias significativas solo para hembras y al aplicar una prueba a posteriori de Tukey, la estación que marco la diferencia es la época fría en donde se presentan los valores más altos, lo cual para hembras la relación índice gonádico y factor de condición es inversamente proporcional.

La asociación del factor de condición y la reproducción lo reporta, Granados-Alcantar (2002), en el barrilete *Katswonus pelamis*, el informa que factor de condición e índice gonádico se muestran inversamente relacionados en función de el desarrollo gonadal de las hembras, lo cual coincide con el presente trabajo, contrario a lo reportado por González-Ramos (1992), para el barrilete de la zona de las islas Canarias, en el Océano Atlántico ya que menciona que no encuentra relación entre al índice de condición e índice gonádico y lo vincula a que no es zona de reproducción y si de alimentación,

El índice hepatosomático en los peces tiene relación con la acumulación de lípidos en el hígado y su transferencia al músculo y gónadas así como a depósitos subcutáneos y en la cavidad abdominal. El músculo e hígado son considerados los depósitos de mayor importancia.

Ando *et al.*, (1993) determinaron que existe una correlación negativa entre los lípidos musculares y hepáticos, por lo que las distintas especies de peces pueden ser agrupadas en función de dicho cociente. El primer grupo lo forman los peces grasos, que almacenan los lípidos de forma preferente en el músculo esquelético. El segundo grupo lo forman los peces denominados “magros”, que acumulan los lípidos preferiblemente en el hígado.

Sin embargo, según la especie varia la forma de almacenar y utilizan de forma preferente uno u otro (Love, 1980; Weatherlay *et al.*, 1987).

En este estudio, en relación al índice hepatosomático, se realizó un análisis de variancia de una sola vía entre épocas por sexos, en hembras no se encontró diferencias significativas, esto podría indicar que las hembras del pez vela no acumulan energía en forma de lípidos en el hígado, y es posible que exista un flujo continuo de energía del alimento que metaboliza el hígado y lo transfiere hacia las gónadas, igual a lo reportado por González (2002) para la perca de arena *Pinguipes chilensis* ya que en las hembras reporta una relación lineal positiva y significativa ($p=0.007$), pero con un coeficiente de determinación bajo ($r^2=0.08$) entre el índice gonádico y el índice hepatosomático, esta especie desova en forma parcial y su época de reproducción es en verano-otoño, similar a el pez vela.

Similar comportamiento encuentra Sánchez-Cárdenas (2007), para el botete *Sphoeroides annulatus*, ya que analizo el almacenamiento y utilización de nutrientes, y reporta que los lípidos están más concentrados en el hígado que en el ovario y el músculo, lo cual muestra que el hígado es un sitio importante de almacenamiento de lípidos, sin embargo su variación no tiene relación con el ciclo reproductivo, esto último es apoyado por la falta de correlación entre el IGS y el IHS, no obstante encuentra una correlación inversa y significativa, en la concentración de lípidos en el hígado y los tejidos muscular y gonádico, por lo que variación temporal de lípidos en el metabolismo general, parece estar enmascarando la utilización de lípidos durante la maduración ovárica, esta falta de relación entre el índice hepático y la reproducción medido como índice gonádico coincide con lo encontrado en el presente trabajo.

Para machos, el índice hepatosomático presento diferencias significativas en la época fría, lo que indicó que es posible que en este periodo acumulen energía para el desarrollo del tejido testicular y lo utilice en la época cálida.

Fases de desarrollo y caracterización del ciclo reproductivo

En los estudios iniciales de la biología del pez vela, Eldridge y Wares (1974), en el área del Océano Pacífico oriental, reportan que no encontraron evidencia de que el pez vela, presente un desove fraccionado, lo cual no coincide con los posteriores estudios realizados al respecto, ya que para el Océano Atlántico (Jolley, 1977), el Océano Pacífico occidental (Wei-Chuan *et al.*, 2006) y Océano Pacífico oriental mexicano Hernández-Herrera *et al.*, (2000), se ha

reportado que esta especie es un desovador parcial, ya que presenta un desarrollo y maduración diferencial de los ovocitos y folículos posovulatorios de diferentes edades. A este respecto y al igual que en los estudios anteriores, en el presente trabajo se encontró la presencia de una distribución polimodal del diámetro de ovocitos intraovarios y ovocitos hidratados sin embargo no se observaron aparentemente la presencia de folículos posovulatorios.

En este sentido para el barrilete *Katsuwonus pelamis* Hunter *et al.*, (1986), mencionaron que los folículos posovulatorios se reabsorben en 24 horas y Goldberg y Au (1986), indicaron que es raro capturar hembras de barrilete con presencia de folículos posovulatorios ya que la hidratación es un proceso rápido y el desove se lleva a cabo en pocas horas, este mismo fenómeno pudo haberse presentado para el pez vela ya que su comportamiento reproductivo es similar al del barrilete.

En relación a la descripción de las fases del ciclo gonádico de hembras por medio de las técnicas histológicas, se logró caracterizar cinco estadios de los ovocitos, la separación de cada fase se basó en la presencia y frecuencia de ovocitos en diferentes etapas de desarrollo, según el criterio establecido por Hernández- Herrera (1994), para el área del Océano Pacífico oriental mexicano, en la zona de pesca del pez vela del Golfo de Tehuantepec, Cerdaneres-Ladrón de Guevara 2011, realiza la descripción de las fases de desarrollo de los ovocitos y divide en ocho subestadios basándose en el criterio dado por De Silva & Breder (1997) específico para la familia Istiophoridae, lo cual difiere a lo descrito en este

trabajo. Para el Océano Atlántico el evento reproductivo del pez vela fueron descritas por Jolley (1977) en aguas de Florida, pero se basó en la metodología propuesta por Moe (1969), para la descripción de las fases de *Epinephelus morio*, Para el Océano Atlántico frente a Costa de Marfil, N'Da, K. y Soro. (2009), utilizaron la técnica histológica para asignar las fases de desarrollo y propusieron seis estadios para caracterizar los ovocitos en el pez vela, y dos características histológicas más para valorar la actividad reproductiva en hembras, lo cual difiere con lo reportado en el presente trabajo.

Al comparar la actividad reproductiva en el pez vela del Atlántico con el del Pacífico, coincide en que esta se efectúa en la época cálida, ya que en ambas zonas muestra una clara estacionalidad asociada a los cambios de temperatura (Jolley, 1977; Hernández-Herrera *et al.*, 2000) El valor promedio de la fecundidad para el pez vela fue de 3,177,596 ovocitos, para organismos de talla promedio de 169.5 cm de longitud posorbital, se aplicó un análisis de regresión a 30 hembras, el rango mínimo y máximo fue de 610,847 de ovocitos (para un organismo de 159 cm. longitud ojo-furca con un peso de 24.8 Kg), a 8,184,733 (para un ejemplar de 188 cm. de longitud ojo-furca con 30 Kg de peso) el cual no fue estadísticamente significativo, los valores de fecundidad encontrados coinciden con los reportados por Eldridge y Wares (1974), cuyas muestras provienen de la boca del Golfo de California, ellos cuantificaron el número de ovocitos a 4 hembras y obtuvieron valores de 1,800,000 a 5,100,000, con un valor promedio de 3,450,000 ovocitos. Esto difiere con lo reportado por Hernández-Herrera *et al.*, (2000), cuyas muestras

proviene de el Océano Pacífico oriental mexicano ya que el valor promedio de la fecundidad fue de 1,672,484, esto podría deberse a un sesgo ocasionado por las mismas características de los ovarios y ovocitos medidos y contados, sin embargo este trabajo coincide con lo encontrado por Herrera *et al.*, (2000), ya que hembras más grandes registraron valores de fecundidad mayores y en el análisis de regresión aparentemente no se presentó una relación significativa entre los pesos de las 21 hembras analizadas y la fecundidad relativa, igual relación encontrada en el análisis de regresión de este trabajo cuyo coeficiente de correlación fue bajo.

Para el Océano Pacífico occidental Wei-Chuan *et al.*, (2006) analizaron la frecuencia del desove y la fecundidad parcial en aguas de Taiwán y determinaron que la fecundidad fue de 200,000 a 2,480,00 con un promedio de 1,300,000, además encuentran que la fecundidad está relacionada linealmente con el peso de las hembras ($r^2= 0.724$), el valor promedio de la fecundidad del anterior estudio no coincide con este trabajo.

Para el pez vela del Océano Atlántico Jolley (1974, 1977) en aguas de Florida, reportó valores de fecundidad de 750,000 a 1'600,000 ovocitos, y difiere a lo encontrado en este estudio, esto probablemente se deba al menor número de muestras (10 hembras analizadas), o por la utilización de una metodología diferente para el conteo de los ovocitos (metodología volumétrica aplicada a peces de agua dulce) y a que las hembras son más pequeñas con respecto a las del Océano Pacífico.

Valores altos de fecundidad en el Océano Pacífico oriental mexicano son reportados por García–Guevara (1995), quien encontró valores de 5.7 a 23.8 X 10⁶ ovocitos para organismos de 1.81 a 2.07 m de longitud ojo furca, de los valores de fecundidad individual de 30 hembras, lo cual difiere a lo encontrado en este estudio. Merrett (1971) reportó para 4 hembras de la costa oriental de África, una relación directa entre la fecundidad y el peso total de los organismos, este autor registró una variación del número de ovocitos de 1.9 hasta 19.5 X 10⁶, con una media de 10.7 X 10⁶ ovocitos, cuyos diámetros variaron entre 487 y 537 µm lo cual no coincide a lo reportado en este trabajo, posiblemente debido al menor diámetro utilizado.

La talla de primera madurez, en que la proporción acumulada de hembras maduras alcanza el 50%, se estimó en 173.9 cm de longitud ojo-furca, valor cercano al reportado por Hernández- Herrera (1994), que lo evaluó en 175 cm, sin embargo para el pez vela del Golfo de California Eldridge y Wares (1974) estimaron una talla de primera madurez entre 160 y 165 cm ojo-furca, menor a lo reportado en este trabajo, aparentemente sus muestreos inciden sobre tallas reducidas, esto nos lleva a inferir que las hembras de pez vela, empiezan a estar aptas para la reproducción a tallas más pequeñas que a las encontradas en el presente trabajo, las hembras capturadas en el Océano Pacífico mexicano, al menos se habrán reproducido una vez.

Dinámica energética

En relación a la alimentación, el índice de repleción gástrica, nos indicó que el mayor porcentaje de llenado fue el de 1-25% con un 94.4 % del total de estómagos, indicando posiblemente que el pez vela se alimenta por la mañana, lo cual coincide con Voss (1953), el cual menciona que el pez vela del Atlántico se alimenta alrededor de las nueve de la mañana, según Ovchinnikov, (1970), las variaciones del porcentaje de llenado estomacal se relaciona con la hora del día en el que se alimentan los peces.

Asimismo el contenido estomacal presento un estado de digestión muy avanzado, las presas ingeridas, en su mayoría no tenían piel y el músculo estaba muy digerido o solo se encontraron los esqueletos, la causa que influyó fue la hora de captura del pez vela, ya que sus operaciones de pesca las realizan de las ocho de la mañana a las dos de la tarde y la hora de muestreo fue entre las cinco a las siete de la tarde, por lo que el intervalo de tiempo que pasa entre la hora de captura y el de muestreo es amplio, esto da como consecuencia que la digestión continúe degradando el alimento, por lo cual se encontró un porcentaje de llenado bajo, lo cual concuerda con lo reportado por Abitia-Cárdenas *et al.*, (1998), ya que mencionan que en el marlín rayado, las enzimas gástricas siguen desdoblado la materia orgánica hasta la digestión total después de la pesca del ejemplar. En particular las presas preferenciales del pez vela, (*D. gigas* y *Argonauta spp.*), presentaron un estado de digestión muy avanzado y solo se encontró las mandíbulas, lo cual puede atribuirse a que el tejido blando de calamares se digiere rápido; En atunes (*Euthynnus lineatus* y *Thunnus albacares*) se ha estimado que

se digiere en un periodo de cinco a diez horas (Olson y Boggs, 1986), sin embargo Yang y Livingston (1994) mencionan, que otros factores pueden ser responsables de la presencia de estómagos vacíos o semivacíos, tales como regurgitado del contenido estomacal, tamaños de la presa, ya que presas pequeñas son digeridas mas rápido que presas grandes, así como variaciones en la densidad poblacional espaciales y latitudinales de las presas, esto mismo es posible que suceda para el pez vela.

Por lo que respecta al espectro trófico es amplio para el pez vela, representado por 77 especies presa; no obstante mostró una preferencia por presas que tienden a formar agregaciones como los cefalópodos (*D. gigas* y *Argonauta spp.*), además de la sardina *Opisthonema spp.* Asimismo, se alimento de organismos que se caracterizan por permanecer en la zona oceánica, como son los juveniles de *Balistes polylepis* y *Auxis spp.* y en menor grado el espectro trófico se constituyó de presas de hábitat nerítico, así como las que se asocian con el bentos (*Diodon spp.* *Hippocampus ingens* y *Mugil cephalus*).

El pez vela es un depredador ápice, Post *et al.*, (1997), mencionan que en su etapa larvaria se alimentan de copépodos, cambia su ingesta a peces y cefalópodos a tallas mayores de 6,0 mm LE (longitud estándar o notocordal), ingiere en forma preferente peces, pero los cefalópodos en algunas áreas de alimentación contribuye con un porcentaje alto en el consumo del alimento, como lo encontrado en el presente trabajo, Jolley (1977) informo que para el Océano Atlántico los peces de la familia Scombridae fueron las presas preferentes,

seguidos de los calamares y peces de las familias Belonidae, Carangidae, Clupeidae y Exocoetidae, así mismo. Sato *et al.*, (2004), para el área del Atlántico Norte y tropical, mencionan que el consumo principal de presas del pez vela fueron peces de la familia Bramidae y Gempylidae y en menor orden de importancia de cefalópodos, lo cual difiere a lo reportado en este trabajo.

En aguas del Atlántico en el sur del Mar Caribe, García de los Salmones *et al.*, (1989)., describe el espectro trófico pez vela que se compone del pez sierra, *Scomber* sp y el atún melva *Auxis* spp, de la sardina *Sardinella aurita*, y del pez volador *Dactylopterus volitans*.

En el Atlántico ecuatorial occidental, Junior *et al.*, (2004). Mencionan que las presas más importante para el pez vela son la perca, *Brama brama*, el pez serpiente, *Gempylus serpens*, y el pez volador *Dactylopterus volitans*. Entre los cefalópodos, los calamares *Ornithoteuthis antillarum*, *Omastrephes bartrami*, *Hyaloteuthis pelagica*, y el octópodo *Tremoctopus violaceus*.

Mientras que en el área del sur Atlántico frente a las costas de Brasil, Pimenta *et al.*, (2005), describen la dieta del pez vela, donde los peces contribuyen con el total del espectro trófico, las especies dominantes fueron, *Diodon hystrix* y *Exocoetus volitans*, y las especies consideradas abundantes por su aporte al porcentaje total fueron: *Caranx crysos* y *Dactylopterus*.

Nakamura (1985), en el Indo-Pacífico, reportó que se alimento principalmente de peces de la familia: (Balistidae, Belonidae, Bramidae, Carangidae, Gempylidae, Stromateidae) y calamares, en África Oriental Williams

(1963) reportó, que el pez vela se alimentó de peces: *Decapterus spp.* *Rastrelliger spp.* *Euthynnus spp.* *Dactyloptena spp.* y de cefalópodos.

Galván-Magaña (1999), analizó las relaciones tróficas de peces epipelágicos, y encontró que las presas principales del el pez vela en el Pacífico Oriental fueron *Vinciguerria lucetia*, *Decapterus macrosoma*, *Auxis spp.* y *D. gigas*.

El calamar gigante *D. gigas*, es un organismo que posee características oceánicas, cuya distribución parece estar asociada a zonas de surgencias, ricas en nutrientes, además la distribución de *D. gigas* en el Golfo de California, esta asociada a la de los grandes recursos pelágicos como: sardinas y macarelas, es una especie que como la mayoría de los cefalópodos, se encuentra en niveles tróficos intermedios, los cuales son consumidos en su mayoría en los estadios de vida juvenil (Ehrhardt *et al.*, 1986). *D. gigas* y *Argonauta spp.* conformaron la dieta preferencial del pez vela y se caracterizan por ser organismos que realizan migraciones verticales por la noche hacia la superficie con la finalidad de alimentarse (Fischer *et al.*, 1995).

El pez *Balistes polylepis* (cochito), se caracteriza por ser pelágico en estadio juvenil, pero en estado adulto es demersal y se asocia a zonas de arrecifes rocosos; además de ser considerado como una especie solitaria (Fischer *et al.*, 1995), en el presente trabajo se encontró una gran cantidad (63 peces) en un solo estómago, posiblemente en esta zona se agrupa en cardúmenes, para efectos de defensa, protección y reproducción, esto coincide con lo reportado por Abitia-Cárdenas (2000), el menciona que el marlín rayado en Cabo San Lucas

B.C.S, se alimenta de grandes cantidades de presas que se encuentran disponibles. Galván-Magaña (1999) reporta que *Auxis* spp. es la presa más común en los atunes y otros depredadores del Pacífico Oriental, entre los cuales se incluye a los peces de pico, el gran consumo de este pez en la dieta analizada, se puede deber a que en los picudos, es una presa importante el cual le da un gran aporte energético (Klett-Traulsen *et al.*, 1996), asimismo Rosas-Alayola *et al.*, (2001) encuentran que el pez vela en seis zonas del Pacífico Mexicano incide frecuentemente sobre este escómbrido. Considerando que el pez vela se alimenta de cardúmenes de *B. polylepis* y *Auxis* spp. es un indicativo de que estos peces son abundantes y disponibles en la zona de Mazatlán, Sinaloa. El que se haya constituido el espectro trófico del pez vela en esta área por 77 tipos presa, muestra la importancia que representa este organismo en dicha zona.

En los hábitos alimenticios por sexo no se encontraron diferencias, siendo las presas preferenciales: *D. gigas*, *Argonauta* spp. y *B. polylepis*, encontrando en machos algunas variaciones en la cantidad de presas consumidas y una mayor biomasa que las hembras. En este sentido Hernández-Herrera (2000), menciona que los machos del pez vela en el Océano Pacífico Mexicano ocupan zonas de alta productividad (mayor alimento) que les permita crecer e iniciar rápidamente su participación en la reproducción sin alcanzar tallas grandes, en cambio las hembras buscan incrementar su tamaño, retardar su maduración y por lo tanto, maximizar su potencial reproductivo. Para el Pacífico mexicano, en relación a juveniles de pez vela encontrados en los estómagos analizados se debe a que el

pez vela se reproduce en esta área en la época cálida, Hernández-Herrera *et al.*, (2000).

El pez vela en ambos sexos se caracterizó por consumir una mayor cantidad de presas durante la fase reproductiva en desarrollo, además de una gran diversidad y biomasa de presas, lo cual le permite obtener y almacenar energía para el evento reproductivo. Ovchinnikov (1970), para el Océano Atlántico encuentra este mismo comportamiento.

En otros peces de pico como el pez espada *Xiphias gladius*, en el Océano Atlántico no se encontraron diferencias en las preferencias alimenticias entre sexos (Stillwell y Kohler, 1985); mientras que Escobar-Sánchez (2002) para el marlín rayado de Cabo San Lucas encuentra lo contrario a lo analizado en este estudio es decir, que las hembras presentaron un amplio espectro trófico y una mayor biomasa de presas consumidas que los machos.

El encontrar que el espectro trófico de ambos sexos tenía las mismas presas preferenciales, indica una repartición equilibrada de las presas, esto es posible que refleje la abundancia y disponibilidad de los organismos de los que se alimenta el pez vela en el área de Mazatlán, Sinaloa.

Mackinnon, (1972) menciona que los procesos de ingestión, metabolismo, reproducción y crecimiento pueden ser investigados a partir del análisis energético, para llevar a cabo este tipo de análisis se requiere, información de hábitos alimenticios, determinar el crecimiento, cuando se lleva a cabo la reproducción, índices metabólicos y ciertas eficiencias energéticas, lo cual no es

posible realizar en el pez vela ya que hasta la fecha no se ha conseguido tener en cautiverio a este organismo, debido a su tamaño y a que su hábitat es pelágico. Al respecto la Comisión Interamericana del Atún Tropical CIAT, 2002. (Anónimo 2005) informa que inicio esfuerzo por mantener vivos a especímenes de pez vela, en cautiverio, con el fin de investigar fases tempranas de su ciclo de vida, a la fecha se ha capturado 8 organismos y no han sobrevivido al confinamiento, asimismo en el análisis de la energética estacional del marlín rayado Abitía-Cárdenas *et al* 1997 menciona estas mismas restricciones para el marlín rayado por lo cual no es posible realizar mediciones directas de estas variables.

En relación al aporte calórico del alimento, por épocas para ambos sexos, se realizo un análisis de variancia de una vía, no encontrando diferencias significativas, sin embargo para hembras el almacenamiento de energía se da en la época fría mientras que para machos es en la época cálida, no obstante en el análisis por meses ambos sexos mostraron diferencias significativas, hembras ($p < 0.05$, $F = 11.377$), machos ($p < 0.05$, $F = 9.785$) lo cual coincide a lo reportado por Abitía-Cárdenas *et al.* 1997 para el marlín rayado ya que encuentran diferencias significativas en el contenido calórico de las presas por meses ($F = 5.99$; $P = 0.001$), y el mayor consumo de alimento y de energía ocurre durante el verano, esto difiere a lo encontrado para el pez vela ya que las hembras acumulan más energía en la época fría, Nikolsky (1963) y MacKinnon (1972), mencionan que la estrategia de un ciclo estacional de consumo y almacenamiento de energía en el modo de vida de las especies tienen implicaciones evolutivas en la adaptación al

medio, y que los incrementos en la eficiencia del uso de la energía en los sistemas biológicos de este tipo, les proporciona una gran estabilidad en situaciones en donde se presenta fluctuaciones en la abundancia y disponibilidad del alimento.

En relación a las presas por sexos se encontraron diferencias significativas en el aporte calórico, las cuales coinciden con lo evaluado con el método gravimétrico, donde los componentes más importantes fueron para hembras cefalópodo *D. gigas*, *Auxis spp* , *Balistes polylepis* y *Argonauta spp.*, para machos seguido de los peces *B. polylepis* mientras que para machos *D. gigas* fue la presa que aportó la mayor cantidad de calorías, seguido de *Argonauta spp*, *Balistes polylepis* y la presa que aportó la menor cantidad de energía fue *Auxis spp*.

Los valores calóricos de las presas del tiburón *Negaprion brevirostris* encontrados por Cortes y Gruber (1990), son de 4813 cal/gr peso seco y de 679 cal/gr peso húmedo, para el pulpo *Octopus spp.*, de 3202 cal/gr peso seco y 1044 cal/gr peso húmedo; para la jaiba (crustáceo), *Callinectes spp.*, y entre 3386 - 4729 cal/gr peso seco y 957 -1863 cal/gr peso húmedo, para el molusco cefalópodo *Dosidiscus gigas* fue de 4972.96 cal/gr peso seco y de 1.2 cal/gr peso húmedo, y para peces vario entre 4234.74 y 4458.36 cal/gr peso seco y 1.2 y 1.8 cal/gr peso húmedo, estos valores son similares para presas del pez vela reportados en este trabajo.

Brian y Freiburger (1996) analizan las variaciones de energía entre tres especies de peces depredadores y sus presas en el lago Oahe, Dakota del sur, y mencionan que las densidades energéticas de las presas y sus depredadores

muestran variaciones estacionales, y los depredadores acumulan energía en el otoño para utilizarlo en el invierno en el evento reproductivo, esto coincide con la acumulación de energía con el pez vela ya que muestra una relación inversa entre el valor de la densidad calóricas del músculo y la gónada, aunque la estacionalidad es opuesta a lo reportado en el anterior trabajo debido a que tres especies de peces y sus presas son de clima templado y el pez vela se encuentra en aguas cálidas,

MacKinnon (1972), evalúa en un ciclo anual al lenguado *Hippoglossoides platesoides*, el almacenamiento de energía en el verano y su utilización en el metabolismo de invierno, asociado a la maduración de las gónadas, determina las calorías en músculo, gónada y contenido gástrico, sin identificación de presas, el aporte calórico de la ingesta de alimento es de 23.3 Kcal./mes y su alimentación es en verano (solo se alimenta 7 meses al año), lo cual difiere al metabolismo energético del pez vela ya que se alimenta en ambas épocas del año.

Kelso (1973) describe cambios estacionales en el almacenamiento de la energía del lucio *Sander vitreus*, a partir del análisis de las presas consumidas y menciona que los peces contribuyen con el mayor peso y aporte energético al almacenamiento de energía del lucio, y exhibe cambios estacionales en primavera (menor almacenamiento de energía) y otoño (mayor densidad calórica), lo cual difiere a lo encontrado en este estudio ya que la acumulación aparentemente se da en la época fría y su utilización se da en la época cálida.

Abitía-Cárdenas (2000) para el marlín rayado menciona que el 72% de los estómagos presentaron un llenado de $\leq 50\%$, por lo que el valor energético para las presas, encontrados en este trabajo esta subestimado lo cual coincide a lo reportado para el pez vela en el presente estudio ya que el 94.4 % de los estómagos presentaron un llenado de 0 al 25%.

En relación a las variaciones del contenido energético en los tejidos de la gónada, hígado y músculo, en todo el periodo de estudio, el hígado presento más contenido de energía que el músculo y la gónada, sin embargo en el análisis de variancia de una sola vía donde se relaciona los valores de Kcal/g de el hígado, gónada y músculo contra los meses, se encontró que solo en los valores calóricos de la gónada existieron diferencias significativas ($p < 0.05$). Se aplico una prueba a posteriori, de Tukey para determinar en qué meses se presentaron diferencias, y se encontró que los meses de junio a octubre se presentaron, lo cual coincidió con el mayor desarrollo gonadal en hembras y concuerda con la época cálida, así mismo se realizo un análisis de correlación múltiple de Spearman entre los índices gonádico, hepático y factor de condición y las calorías de los mismos tejidos, obteniendo correlación significativa positiva entre las calorías de la gónada e índice gonádico. ($p < 0.05$).

En relación al pez vela no hay antecedentes sobre la determinación de energía en los tejidos sin embargo Abitía-Cárdenas *et al.*, (1998, 2002), realizó determinaciones calorimétricas de las principales presas de la dieta que consume, del tejido gonádico y muscular del marlín rayado *Tetrapturus audax* en el área de

la parte sur de la Península de Baja California Sur, especie que es taxonómicamente cercana al pez vela, en relación a la energía determinada en el tejido de las gónadas y muscular para el marlín rayado los valores máximos de ambos tejidos se presentaron en la época cálida, mientras que para el pez vela en este estudio mostró una densidad calórica, mayor para ambos tejidos en la época fría, por lo que respecta a los promedios de acumulación de energía somática para el marlín rayado no muestran un patrón definido de transferencia a las gónadas, por lo que se considera que realiza una acumulación de energía para utilizarla después en la reproducción, por lo que consideran que el área de muestreo es un sitio de alimentación, contrario a lo que presenta el pez vela, esto es posible que sea un reflejo del metabolismo energético asociado al evento reproductivo, ya que la densidad energética somática es baja en la época cálida y alta en la época fría, mientras que el tejido gonádico muestra un comportamiento inverso.

Dawson *et al.*, (1980), han puesto en duda la importancia del hígado en el metabolismo energético ya que no todas las especies de peces reflejan una acumulación de lípidos relacionados con la reproducción, algunas especies muestran cambios pequeños en su contenido energético, ellos lo atribuyen a variaciones en la ingesta de alimento en forma estacional que cambia las proporciones de lípidos y proteínas en el peso del hígado, esto coincide con lo encontrado en el pez vela ya que aparentemente no acumula energía para la reproducción y su contenido energético no se relaciona con la temperatura superficial del mar,

Doria *et al.*, (1997), realizan en un ciclo anual un análisis de la variación del contenido de calorías en músculo, hígado y gónada en hembras de dos especies de peces, y no encuentran diferencias significativas en la prueba de comparación múltiple de tukey $p (< 0.05)$, en hígado y músculo a excepción del tejido gonádico en la fase de vitelogenénesis, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente trabajo así mismo el contenido de calorías del hígado no mostró ninguna diferencia significativa y tiene una densidad energética similar a los demás tejidos lo cual difiere a lo encontrado en el pez vela, sin embargo ellos utilizan el índice de grasa visceral y encuentran diferencias significativas e inversamente proporcionales entre el índice gonádico y el índice de grasa visceral.

dos Santos *et al.*, (2010), analizaron el reparto de la energía en tres especies de peces de agua dulce (*Acestrorhynchus falcirostris*, *Pygocentrus nattereri* y *Hoplosternum littorale*), por medio de la metodología calorimétrica del músculo y la gónada y de los índices gonádico y de la grasa de la cavidad corporal, encuentran una relación en las fases de las gónadas maduras en maduración y postdesove con el índice gonádico con valores significativos ($p < 0.01$), la maduración de la gónada no guarda relación con el contenido de la energía del músculo en la especie *A. falcirostris* este resultado concuerda con lo encontrado en el pez vela.

Fernández *et al.*, (2009), determinaron el contenido calórico, de hígado, músculo y gónadas de 9 especies de peces del canal de Beagle, en el Océano Pacífico argentino, el total de las especies muestran valores de densidades

calóricas mayores en el tejido hepático en relación al músculo y gónadas, a través del análisis de componentes principales determinan que el primer eje de la combinación hígado-músculo, explican más del 50 % de la variación total de los datos y un segundo eje influenciado por las gónadas explican el 32 % de la variación total de los datos, similar a las estimaciones de la densidad calórica de los mismos tejidos del pez vela y en el análisis multivariado encontrados en este trabajo,

Espínola *et al.*, (2008), analizaron las variaciones de la energía en el músculo y su relación con el desarrollo gonadal para ambos sexos, en el pez piscívoro *Salminus brasiliensis*, encontrando variaciones del contenido de la energía según la fase de desarrollo en hembras, en el análisis de variancia de una vía encontraron diferencias significativa ($F=6,53$; $p<0,05$) en fases avanzadas de desarrollo con relación al contenido de energía, lo cual difiere a lo encontrado en este trabajo, sin embargo los valores del índice gonádico y el factor de condición son mayores en hembras que en machos, lo cual coincide a lo reportado en este trabajo lo cual indica para el pez vela que la energía es transferida en forma de lípidos del cuerpo a la gónada.

La energía asignada a crecimiento somático y a la reproducción tiene relación con factores ambientales entre los que se encuentra la temperatura, ya que el alimento varía su disposición en forma estacional (Wootton, 1990). En el presente trabajo se analizó la influencias de la temperatura en la acumulación de energía en el pez vela, se realizó un análisis de regresión entre la densidad

calórica de los tejidos muscular, gonádico y hepático, encontrando valores significativos en la acumulación de energía en gónada y músculo asociadas a la temperatura, por lo que respecta al hígado, este tejido mostró valores no significativos lo cual aparentemente no acumula energía en forma estacional.

Crossin *et al.*, (2004), estudiaron el efecto de la temperatura superficial del mar sobre la acumulación de la energía del salmón rojo *Oncorhynchus nerka*, encontrando una correlación significativa entre el contenido calórico y dos indicadores del clima del Océano (temperatura superficial del mar y el índice del Océano Pacífico del Norte), en el lapso de tiempo entre el año 1999 al 2000, se presentaron cambios en los valores del índice del Océano Pacífico del Norte que mide cambios en las surgencias oceánicas, producción de fitoplancton y zooplancton asociados con temperaturas altas de la superficie del mar, esto dio como consecuencia una densidad calórica baja en los salmones. A este respecto Jobling, (1993) mencionó, que cambios en la ingesta de alimentos y la tasa metabólica están asociados con los cambios de temperatura, por lo que cuando son desfavorables podrían reducir la inversión de energía en el crecimiento y reproducción indirectamente por una reducción en el consumo de alimentos, sin embargo cuando las condiciones son favorables la alimentación podría llevar a la maduración sexual temprana (Kjesbu, 1991) y a la producción de más gametos (Lambert y Dutil, 2000).

El concepto de esfuerzo reproductivo ha sido importante en el análisis de las estrategias de vida en peces, este se puede definir como la proporción de

energía que invierten en la reproducción en su etapa fértil de la vida y tiene una relación directa con la ingesta de alimento (Wotton 1990), la estimación del esfuerzo reproductivo y su relación con la predicción del reclutamiento lo realizaron Marshal *et al.*, (1999), con el bacalao del atlántico *Gadus mohrua*, ellos describen un índice de energía total de lípidos almacenado en el hígado y determinaron que 547 calorías equivalen a la producción de 1000 ovocitos.

El bacalao es un desovador total y su metabolismo asociado a la reproducción le permite almacenar energía en forma de lípidos en el hígado, contrario a lo reportado en este trabajo ya que en el caso del pez vela este es un desovador parcial y su energía para la reproducción aparentemente no la adquiere del hígado, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en entre los valores energéticos de los tres tejidos, el hígado no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tascheri y Claramunt (1996) evaluaron el esfuerzo reproductivo, medido por la cantidad de energía presente en la gónada, como peso seco, en la sardina *Sardinops sagax* en el norte de Chile, encontrando que la densidad calórica de la reproducción mostró una estacionalidad, similar a la registrada en el pez vela, lo cual coincide a lo reportado en este estudio.

MacKinnon (1972), evaluó el desplazamiento de periodos óptimos de buena alimentación y la producción de huevos y larvas del pez lenguado de aguas templadas *Hippoglossoides platessoides*, encontrando que los valores de densidad calórica promedio del cuerpo del pez (5 Kcal/g) fueron consistentes con

los reportados por Winberg (1956) para la mayoría de las especies de peces, ya que los grandes cambios se presentaron en hembras en avanzado estado de madurez gonadal donde se registraron aumentos del 58 % arriba de la media.

La acumulación de energía en gónadas de hembras maduras y en reposo fue similar a lo reportado por Mackinnon (1972) ya que el contenido de energía y el índice gonádico y el peso de la gónada mostraron valores significativos durante el periodo de reproducción, pero difiere en relación a la estacionalidad, ya que el pez vela lo lleva a cabo en la época cálida mientras que la reproducción del lenguado se da en el invierno.

En los análisis de las variaciones de la energía, que es utilizada para maduración de las gónadas, en el lenguado Mackinnon (1972), sugiere que una fracción proviene de la ingesta del alimento durante el verano y otra parte de la energía que se transfiere de alguna parte del cuerpo durante el periodo invernal, periodo en el cual se lleva a cabo la reproducción. No obstante de que la acumulación de energía, aportada por la dieta no mostro valores significativos por épocas, en el presente estudio la acumulación de energía se lleva a cabo en invierno ya que el evento reproductivo se realiza en verano, contrario a lo reportado para el lenguado.

La evaluación energética del costo reproductivo, en peces con desoves parciales debe de considerar, número de desoves, tamaño de huevos por desove, la energía existente en la gónada madura, costo metabólico de la maduración de los ovocitos, variaciones en las densidades calorías de los ovocitos y

comportamiento reproductivo, Hunter y Leong (1981) determinaron la energética del desove en hembras de la anchoveta norteña *Engraulis mordax*, ellos reportaron a partir de mediciones realizadas en peces en cautiverio y del medio silvestre que la energía para el desove es canalizada del contenido en grasa del cuerpo y de la ingesta de alimento, detectando un gasto diferencial por edades de la energía que utilizan en un año, estos valores fueron de de 10 Kcal para hembras de 1 a 2 años, 21 Kcal 2 a 3 años y 34.3 Kcal 3 a 4 años de edad. Para el pez vela la energía utilizada en la maduración de gónadas aparentemente es transferida de el musculo a la gónada ya que las variaciones entre el contenido de energía de las gónadas y musculo tienen un comportamiento inverso sin embargo no se evaluó la capacidad de almacenar grasa mesentérica o visceral, la cual en algunas especies de peces cumple una función de almacenamiento de energía (Luksienè y Svedäng, 1997), y en relación al contenido energético del alimento y su acumulación, este mostró valores no significativos, lo cual muy posiblemente se deba al bajo porcentaje de llenado de los estómagos lo cual ocasiona un sesgo en el cálculo de la acumulación de energía.

Modelo conceptual de la bioenergética de la reproducción del pez vela, en el área de pesca de Mazatlán Sinaloa

El gasto energético en la reproducción se destina a tres componentes: Para la formación de caracteres sexuales secundarios, en el comportamiento reproductivo y para la formación de las gónadas, en este contexto para el pez vela es evidente por el desarrollo de los ovocitos que la energía de las presas se transfirió a las gónadas, aunque en los análisis del contenido de energía de las presas y su acumulación, no mostró una relación evidente con el desarrollo de los ovocitos, sin embargo el comportamiento de los índices morfofisiológicos indican una relación entre la acumulación de energía en el cuerpo del pez vela y el ciclo reproductivo ya que en el periodo frío los ovocitos no mostraron acumulación de energía y se clasificó como inmaduro (fase I) y el Índice Gonádico (Í.G) y Factor de Condición (F.C), mostraron una relación inversa (Í.G. bajo y F.C. alto), lo cual indica que el pez vela acumuló energía para el desarrollo de los ovocitos en la época cálida por lo que para este periodo, el índice gonádico mostro valores \geq a 3 y el factor de condición que es un indicador indirecto de la acumulación de energía fue bajo ya que una parte de la energía se utilizó en el desarrollo de los ovocitos los cuales en las fases II y III mostraron acumulación de vitelo y se hidrataron, este desarrollo estacional, de la maduración de las gónadas en hembras, es informado por Jolley 1977 y Hernández-Herrera *et al.*, 2000, figura 24.

En relación a las variaciones del contenido energético en los tejidos de la gónada, hígado y músculo y en el análisis de variancia de una sola vía donde se relaciona los valores de energía del hígado, gónada y músculo con los meses, solo el contenido energético de la gónada existieron diferencias significativas y en

la prueba de Tukey se encontró que los meses de junio a octubre (época cálida) se presentaron diferencias significativas, en relación a los índices morfofisiológicos se realizó el análisis de correlación múltiple de Spearman entre los índices gonádico, hepático y factor de condición y las calorías de los mismos tejidos, obteniendo correlación significativa positiva entre las calorías de la gónada e índice gonádico ($p < 0.05$). por lo que en el presente trabajo no se encontró una relación entre la acumulación de energía en los tejidos muscular, hepático y el desarrollo de los ovocitos en hembras del pez vela, es posible que el hígado en el pez vela no sea un sitio de acumulación de energía que utilicen en la maduración de los ovarios ya que Dawson *et al.*, (1980), menciona que no todas las especies de peces utilizan el hígado para este fin, resultados similares reporta Doria *et al.*, (1997), en dos peces de agua dulce (Characidos y Siluridos), lo cual coincide a lo encontrado en el presente trabajo, no obstante ellos encuentran una relación entre el índice de grasa visceral y el índice gonádico, figura 24.

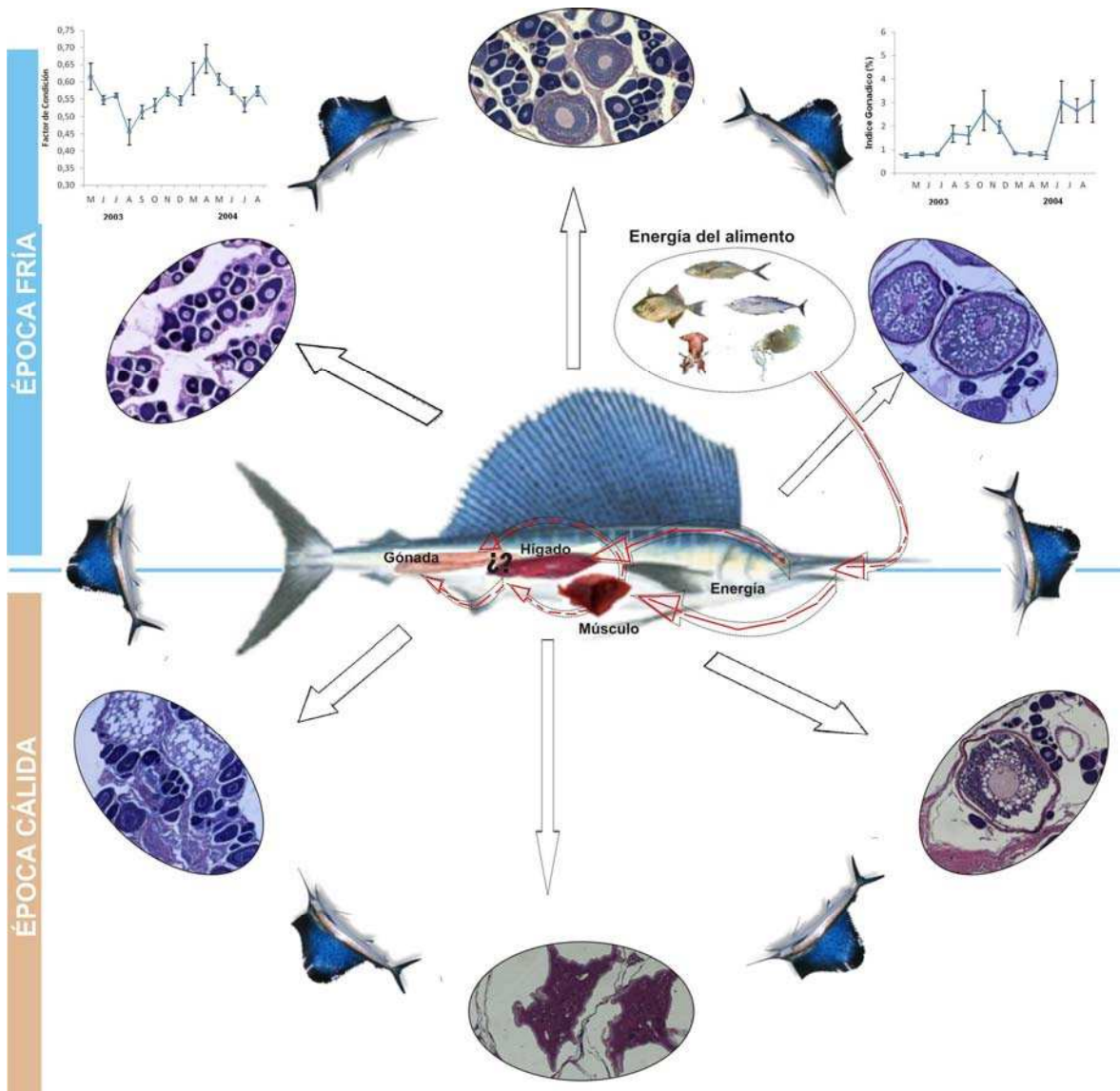


Figura 24. Modelo conceptual de la bioenergética de la reproducción del pez vela, en el área de pesca de Mazatlán Sinaloa.

CONCLUSIONES

- 1.- El pez vela en la zona de estudio presento una distribución de tallas de 98 cm a 198 cm, donde las hembras presentaron longitudes mayores a los machos y su abundancia estacional absoluta es mayor en verano que en invierno.
- 2.- La proporción sexual en todo el periodo de estudio fue cercana a la unidad, pero entre tallas y meses esta proporción fue diferente a 1.
- 3.- Los índice morfofisiológicos mostraron variaciones temporales a excepción del índice hepático, el índice gonádico vario en función a el desarrollo de las gónadas en hembras, los valores del factor de condición aumentaron en los meses fríos y disminuyeron en los meses cálidos.
- 4.- Se describen 5 fases de desarrollo de las gónadas de hembras, la talla de primera madurez fue de 173.9 cm y la fecundidad promedio fue de 3,177,596 para un pez de una talla promedio de 169.5 cm de longitud posorbital y la temporada de reproducción quedo definido de primavera a principios de invierno ,

5.- El espectro trófico encontrado fue de 62 tipos de presa, agrupados en tres categorías alimenticias, cefalópodos, peces y crustáceos, las presas en los estómagos acumularon un peso de 37,720 g. De acuerdo al método gravimétrico, los componentes más importantes fueron los cefalópodos *D. gigas* con 60%, *Argonauta spp.* el 9%, seguido de los peces *Opisthonema spp.* 4%, *B. polylepis* 4% y *Mugil cephalus* 3%.

6.- En el análisis calorimétricos del alimento, se utilizaron los valores calóricos de las seis presas más importantes de acuerdo al método gravimétrico, los valores calóricos fluctuaron entre 4972.45 kcal/g peso seco del cefalópodo *Dosidiscus gigas* y 3901 kcal/g peso seco del cefalópodo *Argonauta spp.*, el alimento consumido por el pez vela fue de 37,720 g., y el valor energético promedio del alimento fue de 1.29 kcal/g de peso fresco, el consumo total en Kcal/g fue de 48,658, no se encontró relación entre la energía del alimento y las temperaturas superficial del mar.

7.- En el espectro trófico energético por sexos y épocas climáticas, no se encontró diferencias significativas, para hembras en relación a los meses se encontró diferencias significativas en septiembre del 2003 y enero del 2004, en machos se presento diferencias significativas en los meses de diciembre del 2003 y mayo del 2004.

.Por presas, para ambos sexos, el aporte calórico presento diferencias significativas, donde la presa *D. gigas* aportó la mayor cantidad de calorías y el aporte menor fue de *Auxis pp.*

8.- El contenido energético de los tejidos y la temperatura superficial del mar se relaciono linealmente, con los tejidos muscular y gonádico, el hígado no se relaciono con esta variable, este mismo comportamiento mostraron los índices morfofisiológicos y la temperatura, a excepción del índice hepático.

9.- El contenido de energía de los tejidos, mostro que el hígado es mas energético que el músculo y la gónada, el tejido que mostro diferencias significativas fue la gónada, de junio a octubre son los meses que se presentaron las diferencias, en el análisis de correlación múltiple de Spearman entre los índices gonádico, hepático y factor de condición y las valores energéticos registrados, solo el índice gonádico y las calorías de la gónada presentan una correlación significativa, por épocas solo la gónada mostro diferencias significativas, los valores que se presentaron fueron, en tejido muscular el valor mínimo se presentó en el mes de diciembre del 2004 (221900 Kcal) y el máximo se presento en el mes de abril del 2003 (574770 Kcal), en el tejido gonádico el valor mínimo se presento en el mes de marzo del 2004 (1554 Kcal) y el máximo se presento en el mes de agosto del 2003 (22895.6 Kcal) y en el tejido hepático el valor mínimo se presentó en septiembre del 2003 (2194 Kcal) y el máximo se presentó en el mes de octubre del 2003 (6215.6 Kcal).

10.- El análisis mutivariado mostro relación significativa entre la energía y el peso de la gónada y el índice gonádico.

RECOMENDACIONES

El estudio de los recursos marinos debe de ser constante en relación a cualquier aspecto tanto biológico, pesquero, impacto económico y social, en este caso para el pez vela, por ser un recurso pesquero de amplia distribución, es necesario continuar su estudio en zonas donde se tiene acceso a esta especie así como donde no hay una pesquería establecida, para comparar zonas y ver si en realidad tienen el mismo comportamiento descrito en esté y anteriores trabajos, en especial la biología reproductiva que muestra variaciones en cuanto a los valores de

fecundidad y aparentemente la talla de primera madurez esta sobrestimada por el hecho de que las muestras provienen de capturas selectivas debido el método de pesca y al objetivo de la misma, en relación a los estudios de la energía contenida en sus tejidos, es necesario tomar muestras de diferentes partes del cuerpo de este pez, ya que no se encontró una relación clara, que indique de donde transfiere la energía que acumula en la gónada, por lo que sugiero se muestre la zona muscular, que rodea la cavidad abdominal, así como la área mesentérica cercana a las gónadas ya que se ha encontrado que la grasa mesentérica se acumula y transfiere su energía en el evento reproductivo en otros peces.

LITERATURA CITADA

Alvarado-Castillo, R. (1993). Edad y Crecimiento de *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) Al sur del Golfo de California. Tesis de Mestria Centro

- Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. La Paz Baja California Sur. México. 57 p.
- Allen, G. R. y D. R. Robertson. (1998). Peces del Pacifico Oriental Tropical. CONABIO, Agrupación Sierra Madre y CEMEX. México, D.F. 327 p.
- Anónimo (2002). Annual Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission (2002) la Jolla California. 46 p.
- Anónimo. (1987). Serie histórica de la operación de los barcos palangreros en México. Dirección General. de Administración. de Pesquerías. 117 p.p.
- Anonimo. (2005). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Report for biennial period, 2000-0.1, 2001-02, 2002-03, 2004-05. Parte I, II y III Volumen 1, II y III. Madrid España.
- Abitia-Cardenas L.A., F. Galvan-Magaña y J. Rodriguez-Romero. (1997). Food habits and energy values of prey of striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) off the coast of Mexico. Fishery Bulletin, 95: 360-368 p.
- Abitia-Cárdenas, L. A., F. Galván-Magaña, y A. F. Muhlia-Melo. (1998). Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887), en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 33(2):277-290 p.
- Abitia-Cárdenas, L.A. (2000). Dinámica trófico – energética del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en el área de los Cabos, B.C.S. México. Tesis Doctorado en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 115 p.

- Abitia-Cardenas, L.A., A. Muhlia-Melo, V. Cruz-Escalona, F. Galvan-Magaña. (2002). Trophic dynamics and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* in southern Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, (57), 287-295.
- Ando, S., Mori, Y., Nakamura, K., y Sugawara, A. (1993). Characteristics of lipid accumulation types in five species of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59, 1559-1564.
- 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.
- Anon, H. (2002). Report of the 2001 Billfish Species Group session. *Collect. Vol. Sci. Pap. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*, 54 (3): 649-754.
- Arias-Olais, F. (2007). Distribucion espacio temporal de la CPUE del pez vela *Istiophorus paltypterus* en el Pacífico mexicano. Tesis de Mestria Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. La Paz Baja California Sur. 69 p.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 Mestria Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. La Paz Baja California Sur. 91 p.

- Arizmendi-Rodríguez, D. I., Abitia-Cárdenas, L. A. Galván-Magaña, F. y Trejo-Escamilla, I. (2006). Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* off Mazatlán, Sinaloa México. *Bulletin of Marine Science*. 79(3): 777–791p.
- Arocha, F. (2006). Los peces de la familia Istiophoridae capturados por las flotas de Venezuela: Aspectos biológicos, pesquerías y gestión pesquera. Trabajo de ascenso para profesor asociado en la Universidad de Oriente, 141 p.
- Bannerman, P. (2007). Preliminary approach at assessing landings and size composition of drifting nets in Ghanaian coastal fishery for billfishes. *Col. Vol. Sci. Pap. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas* 60(5): 1616-1621.
- Brian, D.S. y E. Ch. Freiburger. (1996). Caloric densities of three predatory fishes and they prey in lake Oahe in south Dakota. *J. of freshwater Ecology*, 11. 2.
- Cailliet, M. G. Love, M.S. y Ebeling, A.W. (1996). *Fishes. A field and laboratory manual on their structure identification, and natural history*. Wadsworth Publishing Company. 194 p.p.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G. 2011. *Biología del pez vela Istiophorus platypterus (Shaw y Nodder, 1792) en el Golfo de Tehuantepec*. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. 135 pp.

- Clarke, M. R. (1962). The identification of cephalopod beaks and the relationship between beak size and total body weight. *Bulletin British Museum (Natural History)*. 8: 422-480.
- Clarke, M. R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford. 273 p.
- Clothier, C. R. (1950). A key to some southern California fishes based on vertebral characters. California Department of Fish and Game. *Fishery Bulletin*. 79- 83 p.
- Collete, B. B. J. R. McDowell. y J. E. Graves. (2006). Phylogeny of recent billfishes, (Xiphoidei). *Bulletin of Marine Science*, 79(3): 455-468.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*. 56: 707-717.
- Cortés, E. y Gruber. S. H. (1990). Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia*, 1990 (1): 522-560
- Crawford, S.S. y E.K. Balon. (1996). Cause and effect of parental care in fishes. p.53-107. In: J.S. Rosenblatt and C.T. Snowdon (ed.) "Parental Care: Evolution, Mechanisms, and Adaptive Significance" *Advances in the Study of Behavior*. 25. Academic Press. Toronto Canada.
- Crossin, T. G. Hinch, G.S. Farrell, P.A. Higgs, A.D. y Healey, C.M. (2004). Somatic energy of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* at the onset of upriver migration: a comparison among ocean climate regimes. *Fishery Océanography* . 13:5, 345–349.

- Curtis, H., N.S. Barnes, A. Schnek y G. Flores. (2000). *Biología*. 6ta ed. Editorial Médica Panamericana, España. 1496 p.
- Christensen, J.D. y W. Clifford. (1980). Size And Possible Origin Of Sailfish, *Istiophorus Platypterus*, From The Eastern Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*: Vol. 78, No.3, 1980.
- Davenport, H. A. (1960). *Histological and Histochemical Technics*. W.B. Saunder Company. Philadelphia. 401 p.
- Dawson, A.S. y Grimm, A.S. (1980). Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy content of carcass, ovaries and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa*. *Journal of Fish. Biology*. 16:193-504.
- deSylva DP (1957) Studies on the Age and Growth of the Atlantic Sailfish, *Istiophorus americanus* (Cuvier), Using Length-Frequency Curves. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 7: 1-20.
- de Sylva, D.P. (1974). A review of the world sport fishery for billfishes (Istiophoridae and Xiphiidae). National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report. NMFS. (Spec.Sci.Rep.-Fish.Ser.). (675) Part 2:12-23.
- de Sylva, D.P. y Breder, P.R. 1997. Reproduction, gonad histology, and spawning cycles of north Atlantic Billfishes (Istiophoridae). *Bull. Mar. Sci.*, 60: 668-697.
- Die, D.J. 2006. Are Atlantic marlins overfished or endangered? Some reasons why we may not be able to tell. *Bull. Mar. Sci.*, 79: 529–544.
- Doria, C, R, C. y Andrian, I, F. (1997). Variation in energy content of somatic and reproductive, tissues related to the reproductive cycle and feeding of female

Pimelodus maculatus Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borellii* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). Revista UNIMAR 19(2):421-437.

dos Santos, N.R., Amadio, S., y Efrem J. G. Ferreira, G. E.J. (2010) Patterns of energy allocation to reproduction in three Amazonian fish species Neotropical Ichthyology, 8(1):155-16.

Ehrhardt, N. M., A. Solis, N., J. Pierre, S., J. Ortiz, C., P. Ulloa, R., G. González, D. y F. García, B. (1986). Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, durante 1980. Ciencia Pesquera. Pesca. 5:63-76.

Eldridge, M. B. y P. G. Wares. (1974). Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. En: Shomura. R. S. and F. Williams (editores.). Proceeding of the international billfish symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 august 1972 part 2, Review and contributed papers, p. 89-101 U. S. Dep Commer. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report. NMFS SSRF-675.

Espínola, A.L. Domingues, M. W. y Benedito, E. (2008). Variaciones en el contenido de energía en músculos de *Salminus brasiliensis* en diferentes estados de desenvolvimiento gonadal en el área de influencia del reservatório de Manso, Mato Grosso, Brasil. Iheringia, Série zoológica., Porto Alegre, 98 (1): 143-147.

- Evans, D.H. y P.G. Wares. (1974). Food habits of the striped marlin and sailfish off Mexico and southern California. Fishery wild life. Service. Biol. Report. 76: 1-10.
- Fahraeus-Van Ree, G. E, Spurrell, D. R. (2003). Structure of and energy reserves in the liver of wild and cultured yellowtail flounder, *Limanda ferruginea*. Marine Biology. 143:257–265.
- Fernández, D. A. Lattuca. M. E. Boy, Pérez, C.C. Ceballos, A.F. Vanella, S.G. F.A. Morriconi, E.R. Malanga, G.F. Aureliano, D. R. Rimbau, S. y Calvo, J. (2009). Energy density of sub-Antarctic fishes from the Beagle Channel. Fish Physiology Biochemical. 35:181–188.
- Fischer, W., F. Krup., W. Schneider., C. Sommer., K. E. Carpenter y V. H. Niem. (1995). Guia FAO para la identificación de peces para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II y III. Vertebrados, Parte 1 y 2:647-1813.
- Gaertne, Alio, J.J. y Gracia de los Salmones. (1989). La pesa deportiva de los peces de pico en Venezulea, análisis de los datos del club de Playa Grande (1961-1987) Collection volume science, Paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 30(2): 382 -391.
- Galván-Magaña, F. (1999). Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacifico Oriental. Tesis de Doctorado en Ecología Marina. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California. 212 pp.

- García de los Salmones, R. Infante, O. y Alio, J.J. (1989). Reproducción y alimentación del pez vela, de la aguja blanca y de la aguja azul en la región central de Venezuela. Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 30: 436-439.
- García-Guevara, A. (1995). Aspectos de la biología reproductiva del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el Pacífico mexicano. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México. 38 p.
- García, P. Ramírez, R.R. y Arce, A.R. (1982). La pesca deportiva de la Familia Istiophoridae en aguas cercanas a Mazatlán Sinaloa y Puerto Vallarta Jalisco. IV Congreso de zoología Mazatlán Sin.
- Gehring, J.W. (1956). Observation of development of the Atlantic sailfish *Istiophorus americanus* (Cuvier) with notes on an unidentified species on Istiophoridae. Fisheries bulletin. 57. 139-171.
- Gerking, S. D. (1994). Feeding ecology of fish. Academic Press New York. 416 p.
- Goldberg, S.R. y D.W.K. Au, (1986). The spawning of skipjack tuna from Southeastern Brazil as determined from histological examination of ovaries. Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, España: 252-272.
- González, P. y Oyarzún, C. (2002). Biological index variability in *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): Are They Correlated?

- Proceeding of the IV Symposium-Workshop of Chilean Association of Ichthyology Gayana (Concepc.).66:2. versión On-line ISSN 0717-6538. Chile.
- González-Ramos, A.J. (1992). Bioecología del listado (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) En el área de Canarias, modelo de gestión y explotación mediante el uso de la teledetección. Universidad De Las Palmas De Gran Canarias.
- Granados-Alcantar, S, (2002). Ciclo reproductivo del barrilete *Katsuwonus pelamis* En el Océano Pacífico Oriental Tesis de Mestría Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. 57 p.
- Hedgepeth, J. y J. W, Jr. Jolley. (1983). Age and Growth of Sailfish, *Istiophorus platypterus*. Using Cross Sections from the Fourth Dorsal Fin Spine. In 'Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, billfishes, and Sharks, 15-18 Feb. 1982'. Florida, USA. (Eds. ED Prince and LM Pulos) p. 131-135. Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory, National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Hernández-Herrera, A. (1994). Patrón reproductivo del pez vela (*Istiophorus platypterus*; Shaw y Nodder, 1791) al Sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. México. 53 p.

- Hernández-H. A. y M. Ramírez, R. (1998). Spawning seasonality and length at maturity of sailfish (*Istiophorus platypterus*) off the Pacific coast of Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 63(3): 459-465.
- Hernández, H.A., M. Ramírez, R. y A. Muhlia, M. (2000). Batch fecundity and spawning frequency of sailfish (*Istiophorus platypterus*) off the Pacific coast of Mexico. *Pacific Science*. 54(2): 189-194.
- Hinton, M.G. & J. Alvarado-Bremer. 2007. Working group to review stock assessment. Stock structure of swordfish in the Pacific. CIAT SAR-8-11
- Hunter, J.R., R.B. Macewicz y J.R. Sibert. (1986). The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *Fishery Bulletin*. 84 : 895-903.
- Hunter, J.R. y Leong, R. (1981). The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*: Vol., 79, No. 2.
- Hunter, J.R., Leong, R. (1985). Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the Northern anchovy. Reuben Lasker (Editor) *NOAA tech. rep.*, 36:67-77.
- Hoolihan J.P., (2005). Biology of Arabian Gulf Sailfish. Tesis de doctorado. School of Biological Earth and Environmental Sciences University of New South Wales Sydney, Australia. 252 p.

- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 17:411-429.
- Iverson, L. K., y L. Pinkas. (1971). A pictorial guide to beaks of certain eastern Pacific cephalopods. Calif. Department of Fish and Game. *Fishery Bull.* 152: 83-105.
- Jameson, E.J. 1988. *Vertebrate reproduction*. Wiley Interscience, New York. 256 p.
- Jobling, M. (1993). Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In *Fish Ecophysiology* (Rankin, J. C. y Jensen, F. B., eds), p. 1–44. London: Chapman y Hall.
- Jolley, J. W. Jr. (1974). On the Biology of Florida East Coast Atlantic sailfish (*Istiophorus platypterus*) en: Shomura. R. S. and F. Williams (editors). Proceeding of the international billfish symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 august 1972 part 2, Review and contributed papers, p. 81-88 U. S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical report. NMFS SSRF-675.
- Jolley, JW, Jr. (1977) The Biology and Fishery of Atlantic Sailfish *Istiophorus platypterus*, from Southeast Florida. Florida Marine Research Publications No. 28: Florida Department of Natural Resources Marine Research Laboratory. 1-31.
- John, E, M. K.A. Bhargava, Rane yKadam, S.A. (1997). Some aspects of the distribution and biology of the Indo-Pacific aailfish, *Istiophorus Platypterus* (Shaw and Nodder, 1792), In Indian Waters.

- Joseph, J., W. L. Klawe y C. J. Orange. (1974). A review of the long line fishery for billfishes in the Eastern Pacific Ocean. En: R. S. Shomura y F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 309-331 p. U. S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Junior, T.V. Vooren, C.M. y Lessa, R.P. (2004). Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces:Perciformes) from northeastern Brazil. Environmental Biology Fishery. 70:293-304.
- Kelso, J. R. M. (1973). Seasonal energy changes in walleye and their diet in West Blue Lake, Manitoba. Transactions of the American Fisheries Society 102:363-368.
- Klett-Traulsen, A. 1987. Análisis preliminar de la pesquería de peces picudos en el Océano Pacífico Oriental y la Zona Económica Exclusiva de México. Informe interno CRIP. La Paz, Instituto Nacional de la Pesca. SEPESCA.
- Klett-Traulsen, A. Ponce-Diaz, G. y Ortega-Garcia, S. (1996). Pesquería deportiva-recreativa. 389-418 p. En: Casas, V. M. y G. Ponce, D. (eds), Estudio potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. SEMARNAT. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Gobierno del Estado de B. C. S., C.I.B.N.O.R. Food and Agriculture Organization. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. I.P.N. Centro de Estudios Tecnológicos del Mar. Volumen. II.

- Kjesbu, O.S. Klungsoyr, J. Kryvi, H. Witthames, P.R. y Walker, M.G. (1991). Fecundity, atresia and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Canada Journal fish Aquatic Science* 48: 2333–2343.
- Kume, S. y J. Joseph. (1969a). Size composition and maturity sexual of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean East of 130 EW. *Bulletin. Far. Seas. Fish. research. Laboratory. (Shimizu)* 2:115-162.
- Kume S. y Joseph, J. (1969b). Size composition and sexual maturity of Billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Otean east of 130°W. *Bulletin. Far. Seas. Fishery Research. Laboratory. (Shimizu)* 2:115-162.
- Kume, S. y M.B. Shaefer. (1966). Studies on the Japanese longline Fishcry for tuna and marlin in the Eeastern Pacific Ocean during 1963 (in English and Spanish). *Inter-American Tropical Tuna Comm; Buletin. II (3):* 103-170.
- Lambert, Y. y Denis-Dutil, J. (2000). Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57: 826-836.
- Lasker, R. (1970). Utilization of zooplankton energy by a Pacific sardine population in the California current. In: J.H.Steel (editor), *Marine food chains*, p. 265-284. Univeridad of Califorina Press, Berkeley.
- Lender, T., R. Delavault & A. Le-Moigne. 1982. *Diccionario de biología*. Ediciones Grijalbo, S.A., Barcelona. 203 p.

Lindeman, R. L. (1942). The trophic dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399–413.

Lizaraga-Chavez. L. (1989). Analisis estadístico de las capturas en la pesca deportiva, de la familia Istiophoridae, especies pez vela *Istiophorus paltypterus* y marlín rayado *Tetrapturus audax*, temporada 1983-1984 y longitud-peso y fecundidad en el pez vela temporada 1984, en aguas cercanas a Mazatlan Sinaloa México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Guadalajara Mexico.

Love, R.M. (1980). The chemical biology of fishes. Vol.2 . Academic Press. 552 p.

Luksienė, D. y Svedäng, H. (1997).- A review on fish reproduction with special reference to temperature anomalies, Lithuanian Institute of Ecology, 35 p.

Macias-Zamora, R. (1993). Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México. 71 p.p.

Macías-Zamora, R. (2001). Modelación Especio-Temporal de la Pesquería del Pez Vela, *Istiophorus platypterus* en el Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias: Universidad Nacional Autónoma de México. 82 p.

- Mackinnon, J.C. (1972). Summer storage of energy and its use for winter metabolism and gonad maturation in American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 29, 1749.
- Maldeniya, R. Dayaratne, P. y Amarasooriya, P.D.K.D. (1998). An analysis of billfish landings in the pelagic fisheries in Sri Lanka D. National Aquatic Resources Agency Crow Island, Colombo 15 Sri Lanka.
- Marshall, C.T. N.A. Yaragina, Y. Lambert, y O.S. Kjesbu. (1999). Total lipid energy as a proxy for total egg production by fish stocks. *Journal Nature*. Vol 402. 288-290.
- Mejuto, J. y García –Cortés, B. A description of a possible spawning area of the swordfish (*Xiphias gladius*) in the tropical northwest atlantic. Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 55(4): 1449-1458.
- Merrett, N.R., (1968). Weight–length relationships for certain scombroid fishes from the equatorial western Indian Ocean. *East Africa Agriculture Forest Journal*. 34, 165–169.
- Merrett, N. R. (1971). Aspects of the biology of billfish (Istiophoridae) from the equatorial western Indian ocean. *Journal Zoology*. London. 163:351-395.
- Miller, D. J., y S. C. Jorgensen. (1973). Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin. 71(1): 301-312.

- Miyabe, N. y W.H. Bayliff. (1987). A review of the Japanese long line fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980 (in English and Spanish). Inter-American Tropical Tuna Commission. Bulletin. 19 (1): 1-163.
- Moe, M. A., JR, (1969). Biology of the red grouper, *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the Eastern Gulf of Mexico. Florida Department of Natural Resource. Marine. Research. Laboratories. Professional Paper Service. 10. 91 p.
- Monod, T. (1968). Le complexe urophore des poissons teleosteens. Memories de L'Intitute Fundamental D' Affrique Noire. 81:705 p.
- Morrow, J.E. y S.J. Harbo. (1969). A revision of the Sailfish genus *Istiophorus platypterus*. Copeia. 1969: 34-44.
- Mourato, L, B. F.A. Amorim. F.A. Carlos. A. Arfelli. G.H. Hazin. H. Hazin. y V. C. Wor. (2009). Standardized CPUE of Atlantic Sailfish (*Istiophorus Platypterus*) Caught By The Recreational Fishery In Southern Brazil. (1996-2007). Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 64(6): 1941-1950.
- Nagahama, Y. (1983). The functional morphology of teleost gonads, 223-275. En: Hoar W.S., D.J. Randall & E.M. Donaldson (Eds.) Fish Physiology, Vol. IX; Reproduction Parte A: Endocrine tissues and hormones. Academic Press Inc, New York. 483 p.
- Nakamura, I. (1985). Food and Agriculture Organization. Species catalogue Vol. 5 Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins,

- sailfish, spearfish and swordfish known to date. Food and Agriculture Organization. Fish Synopsis. (125) Vol 5: 65 p.
- Nakamura, I., T. Iwai, y K. Matsubara. (1968). A review of the sailfish, spearfish, marlin and swordfish of the world. [In Jpn.] Kyoto University. Misaki Marine Biology Institution Special Report. 4, 95 p.
- Nakano, H. y W.H. Bayliff. (1992). A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Otean, 1981-1987. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bulletin. 20(5): 187-355.
- N'Da, K. y R, G. Dedo. (2009). Exploitation du Voilier *Istiophorus Albicans* (Istiophoridae, Latreille, 1804) Par La Pêcherie Artisanale Maritime En Côte D'ivoire. Collect. Vol. Sci. Pap. The International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 64(6): 1854-1857.
- N'Da, K. y Soro. (2009) Biologie de la Reproduction des voiliers (*Istiophorus albicans*) de La pecherie artisanale maritime en Côte D'ivoire: Aspect macroscopique et microscopique des gonades. Collect. Vol. Sci. Pap. The International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 64(6): 1951-1958.
- Nelson, J. S. (2006). Fishes of the world. Tercera edición. John Wiley and Sons, Nueva York. 600 pp.
- Ngom,S. F. y S. Ndaw. (2009) Minestere de L'economie Maritime de la peche et des transportsmaritimes, Direction des Peches Maritimes Annual report Senegal republique du Senegal. Un Peuple- Un But -Une Foi DPM/SN.

- N'goran, Y.N., J.B. Amon-Kothias y F.X. Bard. (2001). Captures d'Istiophorides voilier *Istiophorus albicans*, marlin bleu *Makaira nigricans*, marlin blanc *Tetrapturus albidus*) et effort de pêche des filets maillants dérivants operant en Côte d'Ivoire. Collect. Vol. Sci. Pap. Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 53: 272-280.
- Nikolsky G.V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press. 352 p.
- Olson, R.J. y C.H. Boggs. (1986). Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 43:1760-1775.
- Osuna-Flores., I. (1991). Análisis de la pesquería del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el Océano Pacífico Oriental con énfasis en la zona económica exclusiva de México. Tesis de Mestria Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. La Paz, Baja California Sur. México. 100 p.p.
- Ovchinnikov, V. V. (1970). Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean: ecology and functional morphology. English translation by H. Mills, 1971, Israel Program for scientific Translations. Jerusalem. 77 p.
- Parr Instrument Co. (1980). Oxygen bomb calorimetric and combustion methods. Parr manual No. 130. Moline , Ill. 56 p.
- Pallarés, J.C. Prince, E. Bannerman, P. Arocha, F. Hazin, F. García, B. Palma, C. Goodyear, P. Fitchett, M. Arfelli, C.A. y Die, D. (2009). Report of the 2008

ICCAT Sailfish Data Preparatory Meeting Collect. Vol. Sci. Pap. Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 64(6): 1765-1832.

Pérez-España, O., M. Saucedo y C. A. Amezcua-López. (2002). Hábitos alimenticios del pez vela *Istiophorus platypterus* en el Pacífico central mexicano. En: VIII Congreso Nacional de Ictiología 18-22 de noviembre 2002. Universidad del Mar y Sociedad Ictiológica Mexicana. Asociación Civil. Puerto Ángel. Oaxaca. México. 31 p.

Pianka, E.R. (1976). Natural selection of optimal reproductive tactics. American Zoology. 16, 775

Phillipson, J. (1964). A miniature bomb calorimeter for small samples biological. Oikos 15:130-139.

Pimenta E. G Lima, G. Cordeiro, C.J. Tardelli, M. y de Amorim, A- F. (2005). Reproduction and stomach content analysis of sailfish, *Istiophorus platypterus*, off Río de Janeiro state Brasil. Col. Vol. Sci. Pap. Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 58(5): 1589-1596.

Post, J. T., J. E. Serafy., J. S. Ault., T. R. Capo y D. P. De Sylva. (1997). Field and laboratory observations on larval Atlantic sailfish (*Istiophorus platypterus*) and swordfish (*Xiphias gladius*). Bulletin of Marine Science. 60(3):1026-1034.

- Radtke, L. Dean, J.M. (1980). The morphology of the otoliths of billfish (Istiophoridae) and their application to fisheries biology. In 'Council Meeting, 1980, of the International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen. Denmark.
- Radtke, R.L. y Dean, J.M. (1981). Morphological features of the otoliths of the sailfish, *Istiophorus platypterus*, useful in age determination. Fishery Bulletin 79: p. 360-367.
- Ramírez- Perez. J.S. (2005) Crecimiento y mortalidad del pez el *Istiophorus platypterus* (Shaw Y Nodder, 1791) de la costa sur de Sinaloa, Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México. 50 p.
- Ramírez-Pérez, J.S. Quiñonez-Velázquez, C. Abitia-Cardenas, L. A. and Melo-Barrera, F. L. (2011). Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus* (Shawn and Nodder, 1791) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico. Environmental Biology fisheries.
- Richards, F. J., (1959). A flexible growth function for empirical use. Journal Experiment. Botanic. 10:290-300.
- Rosas- Alayola, J., A. Hernandez-Herrera F. Galvan-Magaña L. A. Abitia-Cardenas y A. Muhlia- Melo. (2001). Diet composition of sailfish (*Istiophorus platypterus*, Shaw and Nodder, 1792) from the southern Gulf of California, Mexico. Fisheries Research.

- Saborido, F. (2004). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos; Curso doutoramento do bienio. Instituto de Investigaciones Marinas, Universidad de Vigo, España. 69 p.
- Sánchez-Cardenas, R. (2007). Estrategia reproductiva de *Sphoeroides Annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontidae) En la costa de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Mestria Centro Interdisciplinario de Cencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional. México. 79.
- Sato, K., K. Yokawa, H. Saito, H. Matsunaga, H. Okamoto, Y. Uozumi. (2004). Preliminary stomach contents analysis of pelagic fish collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. Collection volume, science paper. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 56:1096-1114.
- Sheng-Ping W. Chi-Lu S. Su-Zan, Y. Wei-Chuan, Ch. Nan-Jay, S. Yi-Jay, Ch. y Chien-Hsian, I. (2006). Length distributions, weight-length relationships, and sex ratios at lengths for the billfishes in Taiwan waters. Bulletin Of Marine Science. 79(3): 865–869.
- Shingu, C., P.K. Tomlinson y C.L. Peterson, (1974). A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, 1967-1970. (in English and Spanish). Inter-American Tropical Tuna Commission. Bulletin. 16 (2): 67-230.
- Skillman, R.A. y Yong, M.Y. (1974). Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. In 'Proceeding of the International

Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972, Part 2'. (Eds RS Shomura and F Williams) p. 126-137. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report NMFS. SSRF-675.

Skillman, R.A. 2000. Pacific billfishes and the assessment process. En: K. Hinman (Ed) Getting Ahead of the curve. Conserving the Pacific Ocean's Tuna, Swordfish, billfishes and Sharks. National Coalition for Marine Conservation.

Sokal R.R. y F.J. Rohlf. (1979). Biometría. Principios y métodos estadísticos de la investigación biológica. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 832 p.

Squire, J. L. (1974). Migration patterns of Istiophoridae in the Pacific Ocean as determined by Cooperative Tagging Programs. En: R. S. Shomura y F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 226-237 p. U. S. Department of Com. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report NMFS SSRF-675.

Squire J. Jr., (1974). Angler catch rates of Billfishes in the Pacific Ocean IN: Shomura, R.S. and F. - Williams (eds) Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part. 2 Review and Contributed papers. U.S. Dep. Comm: National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report. NMFS SSRF 675, p. 290-295.

- Squire J.L. Jr. (1983). Results of the cooperative marine game fish tagging program and the Pacific billfish angler survey. 1983 Billfish Newsletter. U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. NMFS. Southwest Fisheries Center. La Jolla, California. 10 p.
- Squire, J.L. Jr., (1984). Results of the cooperative marine game fish tagging program and the Pacific billfish angler survey; 1984 Billfish Newsletter, U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. NMFS. Southwest Fisheries Center. La Jolla, California. 10 p.
- Squire, J.L. Jr., (1987). Results of the Pacific Billfish angler survey and the cooperative marine game fish tagging program, 1987 Billfish Newsletter. U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. NMFS. Southwest Fisheries Center, La Jolla. California. 12 p.
- Stillwell, C. E. y N. E. Kohler. (1982). Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. Marine Ecology Progress series. 22:239-247.
- Talbot, G.B. y Wares, P.G. (1975). Fishery of Pacific billfish of southern California and México, 1903-69. Transaction of American Fishery Society. 104 (1): 1-12.
- Tascheri, R. and G. Claramunt. – (1996). Aproximación a los cambios intra- anuales en el contenido de energía del ovario de sardina (*Sardinops sagax* Jenyns, 1842) en el norte de Chile. Investigaciones Marinas Valparaíso. Chile. 24:51-66.

- Taylor, R.G. y M.D. Murphy. (1992). Reproductive biology of the Swordfish *Xiphias gladius* in the Straits of Florida and adjacent waters. Fishery Bulletin 90: 809-816.
- Tyler, C.R. y J.P. Sumpter. (1996). Oocyte growth and development in teleost. Rev. Fishery Biology. Fisher., 6:287-318.
- Thomson, D. A., L.T. Findley, y A. N. Kerstitch. (2000). Reef fishes of the Sea of Cortez. The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California. The University of Texas Press. USA. 353 p.
- Uchiyama, J.H. y Shomura. S. (1974). Maturation and fecundity of swordfish *Xiphias gladius*, from Hawaiian waters. En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 142-148 p. U. S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report NMFS SSRF-675.
- Usoaki, k. y Bayliff, W. H. (1999). A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, 1988- 1992. (in English and Spanish). Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin. 21 (6): 274-448.
- Vidaurri-Sotelo A. M., R. Macías-Zamora y H. Santana-Hernández. (1998). Notas sobre juveniles de pez vela, *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791), capturados en el Pacífico Mexicano. Ciencias Marinas 24(4): 499-505.

- Voss, G. L. (1953). A contribution to the life history and biology of the sailfish, *Istiophorus americanus* Cuv. and Val. In Florida waters. Bulletin of Marine Science. Gulf Caribbean. 3:206-240.
- Wares, P.G. y Sakagawa, G.T. (1974). Some Morphometrics of Billfishes From the Eastern Pacific Ocean. In 'Proceeding of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972, Part 2.' (Eds RS Shomura and F Williams) p. 107-120. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report NMFS SSRF-675.
- Weatherley, A.H., y Gill, H.S. (1987). The biology of fish growth. University of California Press, Berkeley.
- Wei-Chuan, Ch. Chi-Lu, S. Su-Zan. Wei-Cheng, S. y Don-Chung L. (2006) Spawning Frequency and Batch Fecundity of the Sailfish (*Istiophorus platypterus*) (Istiophoridae) in Waters off Eastern Taiwan Zoological Studies 45(4): 483-490.
- Wilkins, N.P. (1967). Starvation of the herring, *Clupea harengus* L. : Survival and some gross biochemical changes. Comparative Biochemical. Physiology. 23: 503-518.
- Williams, F. (1963). Longline fishing for tuna off the coast of East Africa. Indian Journal of Fisheries. 10(1): 233-322.
- Williams, G.C. 1966. Natural selection, the cost of reproduction and a refinement of Lack's principle. Am. Nat., vol. 100, no. 5, p. 687-690.

- Wolff, C. A. (1982). A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationship between their beak dimensions and size. *Fishery Bulletin*. 80:357- 370.
- Wootton, R.J. (1984). Introduction: strategies and tactics in fish reproduction, 1-12. En: Potts, G. W. & R.J. Wootton (Eds.) *Fish reproduction: strategies and tactics*. Academic Press, New York. 410 p.
- Wootton, R.J. (1990). *Ecology of Teleost fishes*. London: Chapman and Hall, 404p. 1990.
- Xiao-jie D., Z. Ying-qi, Liu-xiong y Li-ming, S. (2001). A preliminary evaluation of Chinese billfish landings. During 1994-1996. Col. Vol. Sci. Pap. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. 53: 141-145.
- Yang, M.S. Livingston, P.A. 1994. Variations in mean stomach content weights of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, in the eastern Bering sea. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report. NMFS-AFSC-36.
- Yurov, V.G., and J.C. Gonzalez. 1971. Possibility of developing a sailfish fishery in the eastern Pacific Ocean. In: *Sovetsko-Kubinskie Rybokhoziaistvennyye Issledovaniya*, Vol. 3, *Pishchevaya Promyshlennost*, Moscow (translation from Russian by W.L. Klawe. Inter-American Tropical Tuna Commission 1972), 11 p.