

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Relación entre la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus*
(Shaw, 1792) y la temperatura superficial del agua
en el Pacífico de Guatemala**



Presentado por:

T. A. JOSÉ ANDRÉS PONCE HERNÁNDEZ

Para otorgarle el título de:

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Guatemala, noviembre de 2015

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Relación entre la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus*
(Shaw, 1792) y la temperatura superficial del agua
en el Pacífico de Guatemala**



Presentado por:

T. A. JOSÉ ANDRÉS PONCE HERNÁNDEZ

Para otorgarle el título de:

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Asesor: Lic. Manuel de Jesús Ixquiac Cabrera

Guatemala, noviembre de 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretario	M. BA. Allan Franco de León
Representantes Docentes	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores	M. Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representante Estudiantil	Lic. Francisco Emanuel Polanco Vásquez
Representante Estudiantil	T. A. María José Mendoza Arzu

El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario, **José Andrés Ponce Hernández**, titulado “Relación entre la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792) y la temperatura superficial del agua en el Pacífico de Guatemala” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle

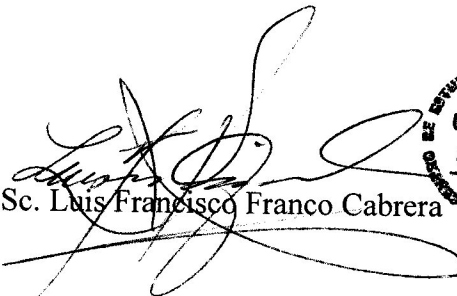


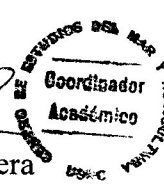
Guatemala, noviembre del 2015



El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA-, después de conocer el dictamen del asesor Lic. Manuel de Jesús Ixquiac Cabrera, y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación del estudiante universitario **José Andrés Ponce Hernández**, titulado “Relación entre la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792) y la temperatura superficial del agua en el Pacífico de Guatemala”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera



Guatemala, noviembre del 2015

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-.

A la Asociación Nacional de Pesca Deportiva y Actividades Sub-acuáticas de Guatemala.

Al Club Náutico de Guatemala.

A la Marina Pez Vela del Puerto de San José.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Y A LA VIRGEN MARIA

Fuente de toda sabiduría.

A MI PAÍS

Guatemala

A MI ESPOSA

Siria del Carmen Milián de Ponce

Con amor, por su apoyo incondicional.

A MIS HIJOS

Santiago y Andrés Benjamín Ponce Milián

A quienes brindo con mucho amor este logro.

A MIS PADRES

Dr. Jorge Fernando Ponce Asturias

M. Sc. Silvia Elvira Hernández Santa Cruz de Ponce

Por su interminable apoyo en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos, eterna paciencia y perdón ante mis constantes errores.

A MIS HERMANOS

Lic. José Pablo Ponce Hernández

Ing. José Ignacio Ponce Hernández

A MIS

Amigos en general

A MI ASESOR

Lic. Manuel de Jesús Ixquiac Cabrera

RESUMEN

El pez vela *Istiophorus platypterus* es una especie pelágica de distribución circumtropical, siendo un recurso pesquero recreacional y artesanal de importancia para el desarrollo económico, social y turístico de comunidades costeras del Pacífico de Guatemala (Dávila, 2011), a través de la actividad de pesca deportiva.

Con el fin de contribuir a una adecuada administración de los recursos integrados de esta especie, en el presente estudio se analizó la asociación de la distribución y abundancia del pez vela y la temperatura superficial del mar. Para ello se consideraron datos de liberaciones y piques de Campeonatos Nacionales de Liberación de Pez Vela de los años 2008 hasta 2012, y resultados *in situ* del campeonato de 2013, incluyendo datos de temperaturas superficiales del Pacífico guatemalteco.

Para cada campeonato se estimó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), siendo 2.8 liberaciones por pescador deportivo en cada viaje de pesca, la cual se tomó como un indicador de abundancia relativa de la especie. En cuanto a las variaciones de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico de Guatemala, en esta investigación se presentan dos fases: cálida, con un promedio de 29.57°C y fría, de 28.73°C, mostrando poca variación a lo largo del año.

No se observó una tendencia en cuanto a la abundancia relativa y la temperatura superficial del mar, posiblemente porque la presencia de esta especie no se encuentra influenciada por la poca variabilidad de temperatura enfrente de las costas de Guatemala, las cuales son las más cálidas del Pacífico Centro Oriental (Santana, 2001; Erhardt, y Fitchett, 2008; Ixquiac, 2010).

ABSTRACT

The sailfish *Istiophorus platypterus* is a pelagic species of tropical distribution, being a recreational and artisanal fishery resource of importance to economic, social and tourism development of coastal communities in the Pacific Guatemala (Dávila, 2011), through sport fishing activities.

In order to contribute to a proper administration of integrated resources of this species, this study analyzed the association of distribution and abundance of sailfish and sea surface temperature. For this, data releases and hitch of National Championships of Sailfish Release for the years 2008 - 2012, and *in situ* results of 2013 were considered, including the guatemalan Pacific surface temperatures data.

Capture per unit effort (CPUE) was estimated for each championship, with 2.8 releases per angler in each fishing trip, which was taken as an indicator of relative abundance of the species. Regard to the variations in sea surface temperature (SST) in the Pacific Coast of Guatemala, in this research are presented two phases: warm, with an average of 29.57 °C and cold, of 28.73 °C, showing little variation throughout the year.

No trend was observed in relative abundance and sea surface temperature, possibly because this species is not influenced by the low variability of temperature in front of the coast of Guatemala, which are the warmest in the Eastern Central Pacific (Santana, 2001; Erhardt, and Fitchett, 2008; Ixquiac, 2010).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Marco referencial	2
2.2 Marco conceptual	3
2.2.1 Istiofóridos	3
2.2.2 Taxonomía del pez vela	4
2.2.3 Características generales del pez vela	4
2.2.4 Distribución del pez vela	5
2.2.5 Características del Pacífico de Guatemala	6
2.2.6 Pesca deportiva del pez vela en Guatemala	7
2.2.7 Regulación de la pesca del pez vela	7
2.2.8 Relación de la abundancia de peces y la temperatura superficial del mar	8
3. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo general	10
3.2 Objetivos específicos	10
4. HIPÓTESIS	11
5. METODOLOGÍA	12
5.1 Ubicación geográfica	12
5.2 Variables	13
5.3 Diseño	13
5.3.1 Selección de la muestra	13
5.3.2 Descripción del muestreo	13
5.3.3 Diseño estadístico	14
5.4 Procedimiento de recolección de información	16
5.5 Análisis de la información	16
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
6.1 Temperatura Superficial del Mar TSM	17

6.1.1 Anomalías de temperatura superficial del mar	18
6.2 Abundancia relativa del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i>	19
6.3 Asociación del pez vela y temperatura superficial del mar TSM en las costas del Pacífico guatemalteco.	23
7. CONCLUSIONES	25
8. RECOMENDACIONES	26
9. BIBLIOGRAFÍA	27
10.ANEXO	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Pez vela <i>Istiophorus platypterus</i>	4
Figura No. 2. Distribución espacial del pez vela en los océanos del mundo	5
Figura No. 3. Pacífico de Guatemala	12
Figura No. 4. Mapa de temperatura superficial del mar	14
Figura No. 5. Rangos de temperatura (°C) del agua superficial del Océano Pacífico guatemalteco (máxima, percentil 75, mediana, percentil 25 y la mínima)	17
Figura No. 6. Tendencia de las anomalías mensuales de temperatura superficial del mar °C	18
Figura No. 7. Temperatura superficial del mar período 2008 a 2013	19
Figura No. 8. Liberación de pez vela en campeonato nacional	21
Figura No. 9. Histograma de CPUE liberaciones pez vela período 2008 – 2013	21
Figura No. 10. CPUE liberaciones pez vela período 2008 – 2013	22
Figura No. 11. CPUE de liberaciones para el período 2008 – 2013	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Resultados de campeonatos liberación de pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> y captura por unidad de esfuerzo	20
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Taxonomía pez vela <i>Istiophorus platypterus</i>	4
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El pez vela *Istiophorus platypterus* se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales de los océanos Índico y Pacífico (Nakamura, 1985), encontrándose tres diferentes stocks en este último: dos en el lado Oeste y uno en el Este (Skillman, 1989). Esta especie que tiene una distribución circumtropical, es conocida por ser abundante en las costas del Pacífico de Guatemala, siendo uno de los recursos pesqueros recreacionales y artesanales más importantes para la economía local (Dávila, 2011).

El pez vela se considera una especie altamente migratoria, de forma que los movimientos latitudinales periódicos de sus poblaciones se presentan como cambios temporales en los indicadores de abundancia en los puntos geográficos donde son objeto de pesca deportiva (Macías, *et al.*, 2011). Debido a la importancia de la especie como pesca deportiva, el estudio del comportamiento de la población del pez vela en las costas del Pacífico de Guatemala es de gran interés para los pescadores deportivos y prestadores de servicios afines a esta actividad; ante esto se pretendió comprobar si los cambios periódicos en la abundancia son en función a la temperatura y su variación a lo largo del período de estudio.

Con base en lo anterior, mediante la presente investigación se planteó determinar la abundancia relativa del pez vela en el Pacífico guatemalteco, generando un indicador de la CPUE en la pesca deportiva de Guatemala, elaborando una base de datos de la temperatura superficial del mar en el Pacífico guatemalteco, todo ello, con la finalidad de evaluar la relación directa que tiene la temperatura superficial del mar con la abundancia de esta especie.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco referencial

A través de los años se han realizado una serie de investigaciones en el área del Pacífico guatemalteco y otros países de la región sobre los recursos pesqueros de importancia económica y ecológica. Como parte de estas en el Pacífico mexicano se desarrolló un estudio sobre la estructura de las poblaciones de peces pelágicos, capturados en barcos palangreros durante los años 1983 a 1996 (Santana, 2001). Así mismo, algunos científicos estudiaron los juveniles de pez vela capturados en el Pacífico Mexicano (Santana-Hernández; Macías; Vidaurri, 1998). Otro estudio se enfocó en el análisis de los caracteres merísticos y morfométricos del pez vela en aguas cercanas a Mazatlán, Sinaloa (Osuna-Flores, 2001).

En los últimos años, la Comisión que tiene jurisdicción para la gestión de esta especie, llevó a cabo una evaluación del stock de pez vela en el Pacífico en base a estudios genéticos, ya que se considera que esta especie tiene una sola población en el Océano Pacífico Oriental (Hinton, Maunder, 2013). Otro estudio sobre los movimientos del pez vela, se llevó a cabo en aguas territoriales de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia. Los límites entre países fueron utilizados como base para determinar los movimientos transfronterizos de esta especie (Prince, *et. al.*, 2006).

Así mismo, se elaboró un estudio dando seguimiento oceanográfico al fenómeno de El Niño y su impacto en los rendimientos de las pesquerías del Pacífico de Guatemala, donde se menciona cómo la temperatura superficial del mar cambia en el transcurso de los años y demuestra las especies capturadas por barcos pesqueros entre ellas pez vela (Ixquiac, 2010). En otro estudio se hace referencia a la diversidad y abundancia de la megafauna pelágica presente en el Pacífico de Guatemala (Dávila, 2011). El pez vela, a pesar de formar parte significativa de los recursos pesqueros y ser una valiosa especie utilizada como presa atractiva en pesca deportiva, no ha sido objeto de estudio ni de esfuerzos científicos acerca de su biología y estado de conservación en Guatemala según la recopilación bibliográfica realizada.

Finalmente, existe un informe al gobierno de Costa Rica sobre la evaluación de las tendencias de los rendimientos de la pesca deportiva de picudos en Costa Rica como consecuencia de la marcada sobre explotación de los recursos en los cuales se basa la importante industria de la pesca (Ehrhardt, y Fitchett, 2008).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Istiofóridos

Los peces istiofóridos de la Familia Istiophoridae son comúnmente llamados peces pico o picudos. En el Pacífico guatemalteco se encuentran presentes cinco especies: el pez vela (*Istiophorus platypterus*), el aguja negra (*Makaira indica*), el aguja azul del Indo-Pacífico (*M. mazara*), el marlín trompa corta (*Tetrapturu sangustirostris*) y el marlín rayado (*T. audax*) (Dávila, 2011).

Los picudos, representan en conjunto un recurso natural base de extraordinaria importancia para el desarrollo de la industria del turismo en los países que tienen acceso al Océano Pacífico Oriental. Estas especies sostienen las grandes pesquerías deportivas, que en orden de magnitud corresponden a México, Costa Rica, Guatemala, Panamá y Ecuador. De especial importancia en la región comprendida entre Guatemala y Panamá es el pez vela (Ehrhardt y Fitchett, 2008).

Además de la importancia económica y social de estos recursos, algunas de estas especies como el pez vela, muestran en esta región los niveles más altos de densidad poblacional que en cualquier otro lugar del mundo. Estas condiciones representan oportunidades estratégicas enormes y valiosas para el desarrollo de la industria de la pesca deportiva (Ehrhardt y Fitchett, 2008).

2.2.2 Taxonomía del pez vela

El pez vela se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla No. 1. Taxonomía pez vela *Istiophorus platypterus*

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Osteichthyes
Subclase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Xiphoidei
Familia:	Istiophoridae
Género:	<i>Istiophorus</i>
Especie:	<i>platypterus</i>

Fuente: Romero, 2002.

2.2.3 Características generales del pez vela

El pez vela se caracteriza por tener un cuerpo en forma de torpedo comprimido lateralmente, alcanzando una longitud total hasta de 340 cm (Figura No. 1). Se reconoce fácilmente en campo por tener la primera aleta dorsal en forma de vela, con una dimensión mayor que la parte más ancha del cuerpo; sus aletas pélvicas son muy largas pudiendo alcanzar el orificio anal (Hernández, 1994).

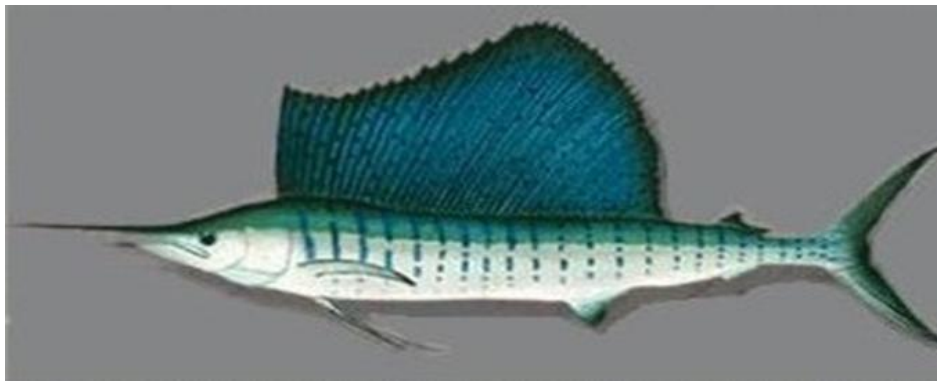


Figura No. 1. Pez vela *Istiophorus platypterus* (Ehrhardt y Fitchett, 2008)

2.2.4 Distribución del pez vela

El pez vela se encuentra en zonas tropicales y subtropicales, presentando una distribución predominante costera (Figura No. 2). En el Pacífico Occidental se encuentra desde los 270 S hasta los 400 N. En el Pacífico Oriental la distribución está más restringida, aunque el recurso parece más abundante entre los 50 S y los 250 N; la mayor abundancia se presenta frente a las costas del Sur de México y América Central, alcanzando el máximo durante los meses de invierno entre los 200 N y el Ecuador (Hernández, 1994).

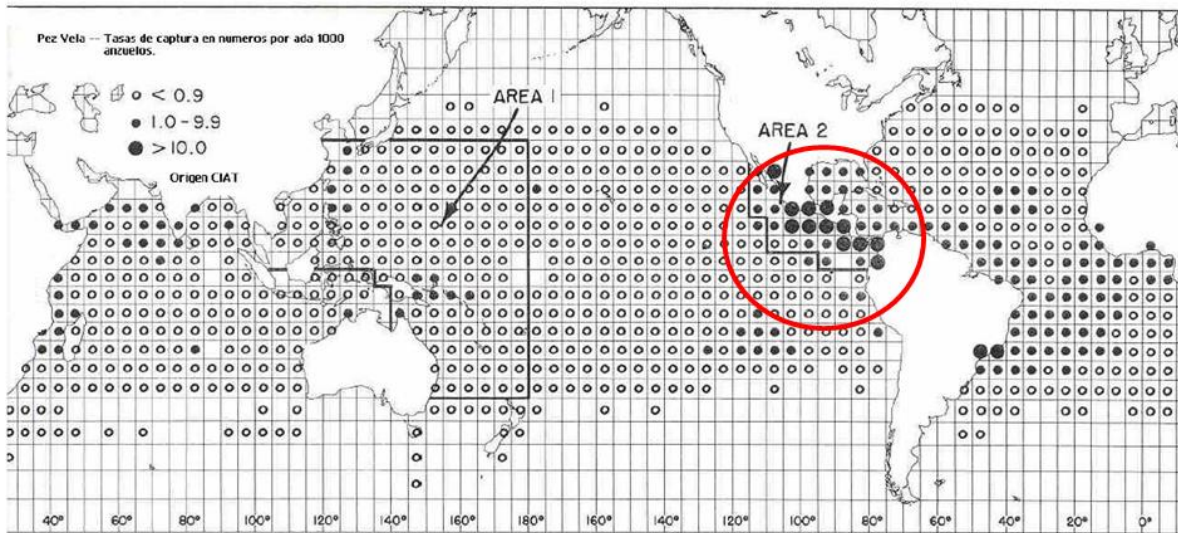


Figura No. 2. Distribución espacial del pez vela en los océanos del mundo (número de organismos por cada 1,000 anzuelos) (Ehrhardt y Fitchett, 2008)

La temperatura juega un papel importante en la distribución del pez vela tanto latitudinal como vertical, la última parece limitada por la profundidad de la termoclina. Otro factor que puede estar relacionado con la presencia del pez vela es la presencia de zonas de alta productividad (Hernández, 1994).

En la costa Oeste de África la migración del pez vela se ha relacionado con la isoterma de los 28 °C y los desplazamientos de cardúmenes de peces de *Sardinella*, *Trachurus* y *Engraulis sp.*, de los cuales se alimenta. En el Atlántico, en las afueras de Florida, los movimientos de pez vela hacia el Norte durante el verano son influenciados por los vientos y desplazamientos de aguas cálidas. Con el inicio del clima frío y vientos del Norte se mueven hacia el Sur y se

agrupan en cardúmenes. En el Pacífico Occidental los desplazamientos a lo largo de la costa se han asociado a la corriente de Kurishio (Hernández, 1994).

El pez vela es una especie que tiene una distribución circumtropical y es conocida por ser abundante en las costas de Guatemala, donde es uno de los recursos pesqueros recreacionales y artesanales más importantes para la economía local, además de ser uno de los peces istiofóridos más frecuentemente capturados a lo largo de la costa Pacífica de Centro América (Prince, *et. al.*, 2006).

La distribución de estas especies las hace susceptibles a ser capturadas con palangre, ya que muestran cierto grado de estratificación espacio-temporal, en función de la oceanografía de la región. Durante actividades de pesca de peces picudo con palangre o línea de anzuelos, estos peces son capturados con mayor frecuencia durante el proceso de tendido o cobrado, que es cuando el palangre se encuentra en movimiento (Santana, 2001).

2.2.5 Características del Pacífico de Guatemala

Guatemala cuenta con 402 km de línea de costa, 254 km en el litoral del Pacífico y 148 km en el Atlántico. La Zona Económica Exclusiva (ZEE) se extiende hasta las 200 mn de la costa e incluye 85,100 km² de extensión, de los cuales 2,100 km² están en el Atlántico y 83,000 km² en el Pacífico. El Mar Territorial, que se extienden hasta 12 mn de la costa tiene una extensión de 7,694 km² (IARNA, 2003).

Las aguas frente a la costa Pacífica de Guatemala experimentan influencia de dos corrientes mayores, la de California que lleva dirección sur y la corriente Ecuatorial con dirección norte. El rango de mareas es de aproximadamente 1.5 m, más grande que el rango del Atlántico pero aun de tipo micro-mareal (IARNA, 2003). La zona del Pacífico de Guatemala presenta condiciones tropicales, para los meses en la fase cálida durante los últimos 28 años es de 29.21°C y para los meses en la fase fría de 28.17°C (Ixquiac, 2010).

2.2.6 Pesca deportiva del pez vela en Guatemala

En Guatemala se organizan torneos anuales de pesca deportiva, donde las principales presas son los peces picudos, en estos torneos, participan pescadores nacionales y extranjeros (IARNA, 2006). Dicha actividad corrobora la importancia de estas especies en la zona marina del Pacífico de Guatemala. A nivel mundial se sabe que es capturado incidentalmente en algunas artes de pesca, como redes de enmalle y palangres de superficie (Fischer, et al., 1995).

Son considerados como excelentes recursos para turismo de pesca deportiva, además son de alto valor comercial a nivel mundial y su carne es de excelente calidad (Fischer, et al., 1995). La pesca deportiva ayuda a mantener toda una infraestructura turística dentro de las 50 mn. Según el Departamento de Comercio de Estados Unidos, durante 1969 a 2003, en la región de Mesoamérica, Guatemala presentó los mayores valores de captura por unidad de esfuerzo CPUE (número de peces por pescador/día) de peces picudos en la región Mesoamericana (MAGA, 2007).

A nivel mundial se reconoce a Guatemala como una zona privilegiada en peces pelágicos, entre los que figuran el pez vela (*Istiophorus platypterus*) (NOAA, 2003), y especies de marlín (Istiophoridae) y dorado (*Coryphaena hippurus*).

2.2.7 Regulación de la pesca del pez vela

La Ley General de Pesca y Acuicultura, establece que el método de captura para los peces picudos durante la pesca deportiva, debe ser con líneas individuales y anzuelos circular, por captura y liberación (MAGA, 2007). En el decreto 80-2002 la Ley dicta que “pescar y comercializar intencionalmente pez vela (*Istiophorus platypterus*), a excepción de la pesca deportiva, cuyos practicantes podrán capturarlos y devolverlos vivos al mar; y, los ejemplares que sean capturados incidentalmente en la pesca comercial de cualquiera de los tipos y clases autorizadas por el MAGA, a través de la autoridad competente; deberán ser liberados y devueltos al mar”. Así mismo esta ley en su artículo 28, sobre reservas de pesca deportiva, establece que “el pez vela (*Istiophorus platypterus*), queda reservado para la pesca deportiva. Queda prohibida la captura de esta especie en la actividad pesquera comercial. La autoridad

competente establecerá que otras especies quedan reservadas para la pesca deportiva. Para normar esta actividad se creara un reglamento específico” (MAGA, 2002).

2.2.8 Relación de la abundancia de peces y la temperatura superficial del mar

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) es uno de los más importantes predictores mensuales o estacionales del clima a nivel mundial. Diversos investigadores la utilizan en modelos estocásticos, ya sea para brindar pronósticos de la interacción océano-atmósfera, como para ser utilizada con enfoques multivariados en la biología pesquera de especies de interés comercial (Ixquiac, 2010).

Una de las teorías más difundidas y aceptadas en ecología sobre la relación entre especies y ambiente abiótico, es la de la relación unimodal. Según la ley de tolerancia de Shelford (Odum, 1982), las especies deben presentar un máximo de abundancia para un determinado valor de la variable ambiental y para valores más altos y más bajos, la abundancia debe disminuir progresivamente.

La curva de distribución normal, también denominada curva de Gauss, fue popularizada como un modelo simple y atractivo para describir la relación unimodal que teóricamente debe existir entre la abundancia de una especie con el gradiente de una determinada variable ambiental (TerBraak, y Prentice, 1988).

La temperatura es quizá la condición que tiene los efectos más importantes sobre la vida de los organismos aunque los endotermos regulan su temperatura mediante la producción de calor, para mantener una temperatura corporal constante, los endotermos consumen más energía que los ectotermos de igual tamaño. Ambos tienen una temperatura ambiental óptima, en la que los costos son mínimos y unos límites inferior y superior letales por lo cual existe una relación entre la temperatura y la distribución de las especies y es posible encontrar una correspondencia estrecha entre los límites de distribución de las especie y una determinada isoterma, aunque generalmente los límites naturales de la distribución de algunos organismos no están determinados por las temperaturas letales, sino por las condiciones que los convierten

en competidores ineficaces. Sin embargo, otras especies existen en condiciones que permiten su sobrevivencia, aunque no permiten su reproducción (Santana, 2001).

La asociaciones de la estructura de la comunidad de pelágicos mayores y la temperatura superficial del mar, en las aguas del Océano Pacífico mexicano observando que el pez vela (*Istiophorus platypterus*), dorado (*Coryphaena hippurus*), atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), se asocian a la presencia de aguas cálidas y que las especies integradas por el Tiburón zorro (*Alopias pelagicus*), marlín rayado (*Tetrapturus audax*), pez espada (*Xiphias gladius*) y tiburón azul (*Prionace glauca*) están asociados a masas de agua templadas. Los valores óptimos de temperatura para cada especie y la espacio – estacionalidad de las temperaturas superficiales pueden ser utilizados como indicadores robustos de la distribución y abundancia de estas especies (Santana, 2001).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar la relación entre la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus playpterus* y la temperatura superficial del agua en el Pacífico de Guatemala en los años 2008 - 2013.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Calcular la tasa de liberaciones de los campeonatos nacionales de pez vela en el Pacífico de Guatemala.

3.2.2 Generar las anomalías de temperatura superficial del mar para el Pacífico de Guatemala.

3.2.3 Estimar la captura por unidad de esfuerzo como determinación de la abundancia relativa del pez vela.

4. HIPÓTESIS

La distribución del pez vela *Istiophorus platypterus* que se captura en la pesca deportiva de Guatemala depende de las variaciones de la temperatura superficial del mar, por lo cual es posible considerar que la abundancia de esta especie depende de esta variable ambiental en el Pacífico de Guatemala.

5. METODOLOGÍA

5.1 Ubicación geográfica

La actividad pesquera marítima en el Océano Pacífico de Guatemala se lleva a cabo en la plataforma continental, que tiene una extensión de 14,355 km², mientras que la totalidad de las aguas jurisdiccionales del océano Pacífico es de 92,000 km² (Figura No. 3) (Ixquiac, 2010).



Figura No. 3. Pacífico de Guatemala (Google Earth, 2013)

El litoral consiste en una serie de barras arenosas paralelas a la costa, geológicamente recientes, detrás de los cuales se han formado estuarios y canales con bocas-barras más o menos permanentes (IARNA, 2003).

La plataforma continental de Guatemala, comprendida desde la costa hasta los 200 m de profundidad, mide unos 14,700 km². Tiene un ancho promedio de 60 km y esta, en su mayor parte, cubierta por lodos (arcilla y limo) y arena. Los fondos son poco accidentados y más bien planos y son mayormente fondos blandos. Los fondos de barro son más comunes en su

parte profunda y cerca de las zonas limítrofes con México y El Salvador. Tan solo el 10 – 15% de los fondos consisten en áreas rocosas, con geografía submarina accidentada. También se encuentran en la plataforma continental parches de fondos duros (roca y coral) en la costa frente Champerico y Río Paz (Matthes, 1986).

5.2 Variables

- Variables cualitativas: pez vela, pesca deportiva.
- Variables cuantitativas: liberaciones de pez vela en fechas de campeonatos nacionales e internacionales realizados en Guatemala, temperatura superficial del mar en el Pacífico de Guatemala en °C, número de pescadores participantes por fecha de campeonatos nacionales e internacionales, captura por unidad de esfuerzo CPUE y piques ocurridos en cada fecha de los campeonatos.

5.3 Diseño

5.3.1 Selección de la muestra

El pez vela y la temperatura superficial del agua del Pacífico de Guatemala serán los objetos de estudio, para establecer la relación que existe entre la abundancia de esta especie (liberaciones/pescador) y la temperatura superficial del mar (°C). La población que se utilizó para el estudio, es la cantidad de liberaciones de pez vela que se realizan en torneos nacionales e internacionales en el transcurso del 2008 al 2013. Se recabo la información generada por la actividad de pesca deportiva dirigida únicamente al pez vela sin importar tallas y es realizada con caña y carrete. El universo de los datos son los resultados de los torneos nacionales e internacionales que faenaron durante el periodo de estudio, por lo que no se estableció una muestra. Se excluyen del estudio los viajes de pesca deportiva contratados fuera de los campeonatos de pesca.

5.3.2 Descripción del muestreo

La colecta de datos se desarrolló en dos etapas, la primera es la recopilación y ordenación de resultados de torneos de liberación de pez vela nacionales realizados en el Pacífico de Guatemala, estos se encuentran archivados en una base de datos, pero al no ser analizados

científicamente no se encuentran ordenados para realizarles el análisis deseado. La segunda etapa para recopilación de datos en campo, se participó en el campeonato nacional de liberación de pez vela estando a bordo de una embarcación se obtienen los datos en base a bitácoras que lleva cada embarcación.

Para el monitoreo oceanográfico de las aguas superficiales de la plataforma continental del Pacífico guatemalteco, se realizó vía electrónica. La temperatura superficial del mar se generó a partir de la información de la IRI/LDEO biblioteca de datos climáticos que es un poderoso almacén de datos disponible libremente en línea y una herramienta de análisis que permite visualizar, analizar, y bajar cientos de terabytes de datos relacionados al clima, a través de un navegador estándar del internet (Figura No. 4). La información se tabuló y se almacenó en forma mensual. La información tabulada permitió generar los valores promedio mensuales y rangos de temperatura para las dos estaciones virtuales en el Pacífico guatemalteco.

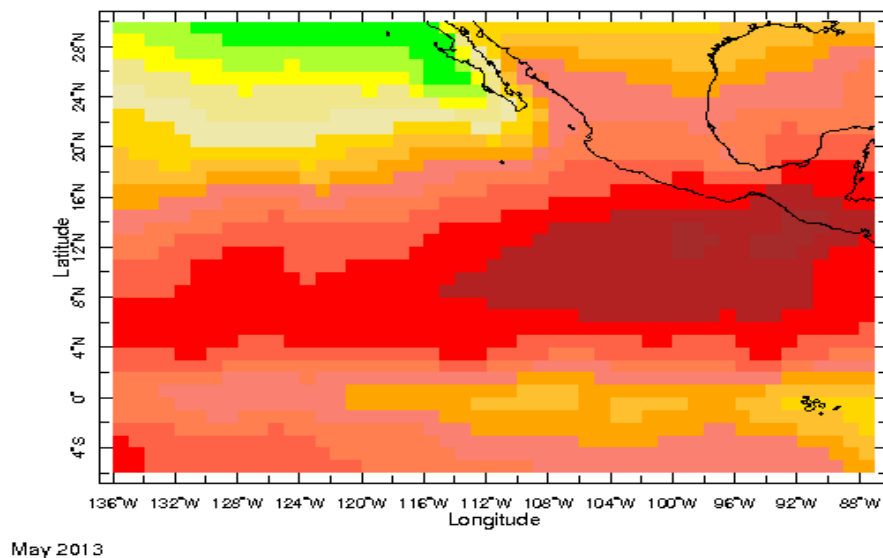


Figura No. 4. Mapa de temperatura superficial del mar
(IRI/LDO Biblioteca de Datos Climáticos, s.f.).

5.3.3 Diseño estadístico

La muestra se obtuvo de los registros de los campeonatos nacionales de liberación de pez vela realizados en el Pacífico guatemalteco, el total de liberaciones por fecha realizada fue la

muestra mensual para analizar su abundancia relativa en base a la Captura por Unidad de Esfuerzo CPUE, que se calculará utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{CPUE} = \frac{\# \text{ Liberaciones pez vela}}{\text{Esfuerzo de pesca}}$$

Donde:

Liberaciones pez vela = total de liberaciones de pez vela en día de pesca.

Esfuerzo de pesca = total de pescadores deportivos participantes en un día de pesca.

Las liberaciones representan el número total de liberaciones por fecha de pesca y el esfuerzo pesquero se refiere a la cantidad de pescadores que participaron en la misma. A estas series de datos se les realizó un análisis de estadística descriptiva.

Los datos se obtuvieron de la base de datos de años anteriores y las boletas de los campeonatos que se realizaron en el año 2013.

La temperatura superficial del mar se le analizó con estadística descriptiva calculando el dato mayor y menor, percentil 75, percentil 25 y la media en una hoja de cálculo de Excel, para obtener los datos históricos de la misma en el Pacífico de Guatemala y con esta información se pudo generar las anomalías a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Anomalía}_x = T^{\circ}_x - T^{\circ}_{\bar{x}}$$

Donde:

Anomalía = temperatura mensual observada generada por IRI/LDEO y el valor promedio de los valores históricos de la temperatura del mes que se analiza.

x = mes

\bar{x} = promedio mes

5.4 Procedimiento de recolección de información

La Asociación Nacional de Pesca Deportiva y Actividades Sub-Acuáticas de Guatemala consta de una base de datos donde muestra los resultados obtenidos en los diferentes torneos nacionales realizados en el Pacífico guatemalteco, esta fue una vía para obtener la información ya que es necesario ordenarla desde el año 2008 al año 2012; los resultados de los torneos que se realizaron en el año 2013 se obtuvieron *in situ*, participando en las fechas designadas por la Asociación en el campeonato nacional de liberación de pez vela.

La obtención de la temperatura superficial del mar del Pacífico guatemalteco se realizó electrónicamente, se generó a partir de la información que se obtuvo de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* por sus siglas en inglés NOAA. La información se tabuló y se almacenó en forma mensual. La información tabulada permitió generar los valores promedio mensuales y rangos de temperatura para el Pacífico guatemalteco.

5.5 Análisis de la información

Los resultados obtenidos fueron ordenados y analizados en una base de datos en Excel 2010, mediante gráficas donde que permitieron observar el comportamiento de los mismos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Temperatura Superficial del Mar TSM

La temperatura de las aguas superficiales del mar fue obtenida a partir de la información de la NOAA (IRI/LDO). A partir de la misma se generaron los valores mensuales durante el período de noviembre de 1981 a agosto de 2013 para las coordenadas comprendidas dentro del cuadrante Longitud 90°30'00" Latitud 13° 30'00" y Longitud 91°30'00" Latitud 13° 30'00" (Figura No. 5), en donde se realizaron los torneos de liberación de pez vela en la costa del Pacífico de Guatemala.

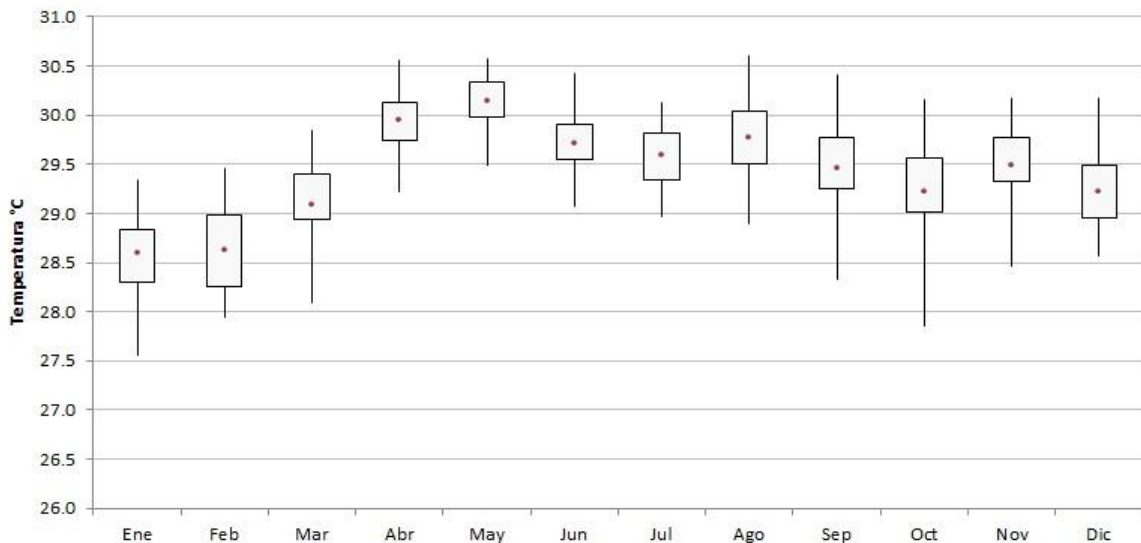


Figura No. 5. Rangos de temperatura (°C) del agua superficial del Océano Pacífico guatemalteco (máxima, percentil 75, mediana, percentil 25 y la mínima)
(Trabajo de campo, 2013)

Las variaciones de la TSM en el Pacífico de Guatemala presentan dos fases, bajas y altas temperaturas. La fase de temperaturas bajas está conformada por los meses de enero, febrero y marzo; mientras la fase de temperaturas altas por los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. En esta última fase se observan dos períodos de temperaturas altas en los meses de abril y mayo, siendo el mes de mayo la fase con las temperaturas más altas. La temperatura promedio para las áreas estudiadas de la zona

costera de Guatemala, para los meses en la fase cálida durante los últimos 31 años es de 29.57 °C (desviación estándar 0.29 °C) y para los meses en la fase fría de 28.73 °C (desviación estándar 0.28 °C).

6.1.1 Anomalías de temperatura superficial del mar

Las series de tiempo de la temperatura superficial del mar permitieron generar el historial de anomalías. Estas fueron generadas a partir del valor promedio de las series mensuales de temperatura (°C) y muestran las anomalías en forma mensual para el período de enero de 2008 a agosto de 2013 (Figura No. 6).

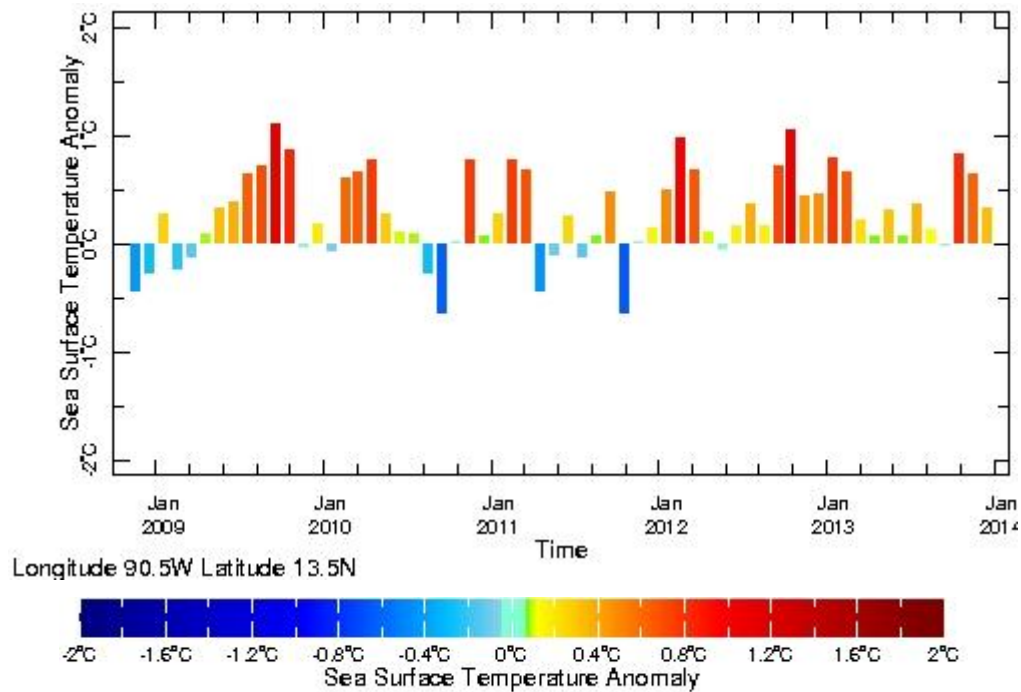


Figura No. 6. Tendencia de las anomalías mensuales de temperatura superficial del mar °C (Trabajo de campo, 2013)

Las anomalías mensuales muestran la magnitud y la temporalidad de los eventos del calentamiento y/o enfriamiento de las aguas en el Pacífico de Guatemala, algunos valores extremos podrían estar asociados al Fenómeno del Niño, durante el período de estudio se observa un incremento de las anomalías positivas para el Pacífico guatemalteco (Figura No. 7).

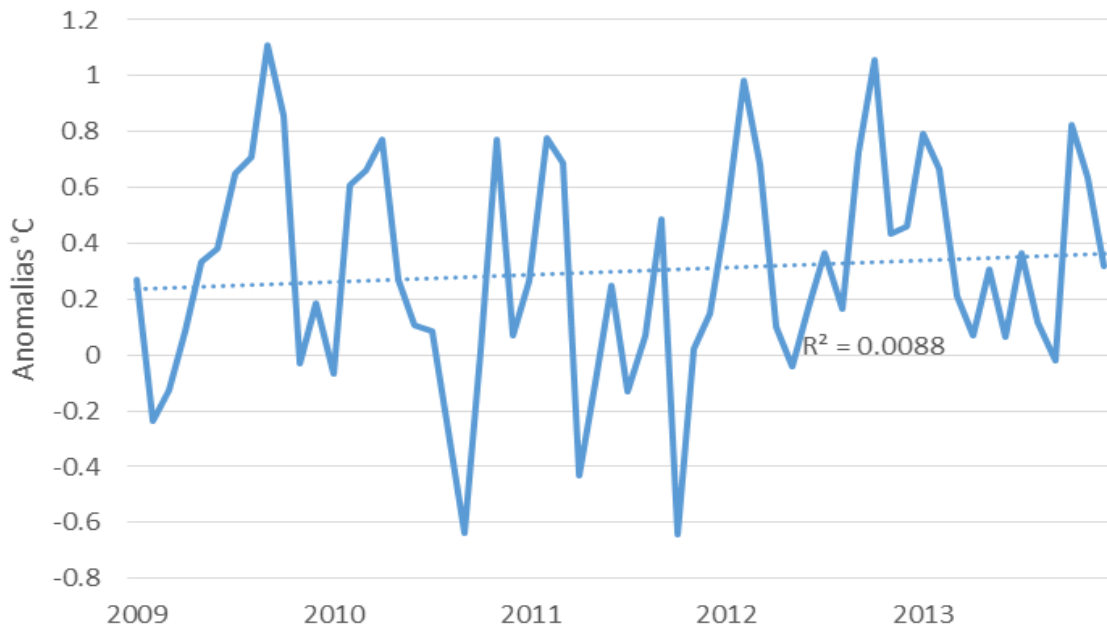


Figura No. 7. Temperatura superficial del mar período 2008 a 2013
(Trabajo de campo, 2013)

6.2 Abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus*

Se agrupó toda la información contenida de las faenas de pesca en: a) la base de datos de los resultados históricos de la Asociación Nacional de Pesca Deportiva y Actividades Sub Acuáticas de Guatemala, b) las bitácoras de los competidores que participaron en el campeonato nacional de liberación de pez vela del año 2013 y c) las boletas que generó el observador a bordo en la competencia del mismo año (Anexo No. 1); contabilizando un total de 48 fechas de faenas de pesca deportiva a partir del año 2008 al 2013 (Cuadro No. 2).

**Cuadro No. 1. Resultados de campeonatos liberación
de pez vela *Istiophorus platypterus* y captura por unidad de esfuerzo**

Año	Mes	Liberaciones	Piques	Pescadores	CPUE Liberación	CPUE Piques	Año	Mes	Liberaciones	Piques	Pescadores	CPUE Liberación	CPUE Piques
2008	Enero	83	177	33	2.52	5.36	2011	Enero	30	73	48	0.63	1.52
2008	Enero	74	142	39	1.90	3.64	2011	Enero	45	82	42	1.07	1.95
2008	Febrero	102	187	42	2.43	4.45	2011	Febrero	92	187	48	1.92	3.90
2008	Febrero	125	270	42	2.98	6.43	2011	Febrero	130	215	42	3.10	5.12
2008	Marzo	159	324	39	4.08	8.31	2011	Marzo	16	37	33	0.48	1.12
2008	Marzo	88	181	36	2.44	5.03	2011	Marzo	99	192	42	2.36	4.57
2008	Abril	269	414	42	6.40	9.86	2011	Mayo	76	134	39	1.95	3.44
2008	Abril	208	296	45	4.62	6.58	2011	Mayo	80	136	36	2.22	3.78
2009	Enero	282	496	51	5.53	9.73	2012	Enero	95	176	42	2.26	4.19
2009	Enero	320	560	51	6.27	10.98	2012	Enero	66	120	42	1.57	2.86
2009	Febrero	206	374	51	4.04	7.33	2012	Febrero	53	103	33	1.61	3.12
2009	Febrero	36	115	51	0.71	2.25	2012	Febrero	126	221	33	3.82	6.70
2009	Marzo	149	241	36	4.14	6.69	2012	Marzo	130	217	36	3.61	6.03
2009	Marzo	73	129	39	1.87	3.31	2012	Marzo	261	441	36	7.25	12.25
2009	Mayo	77	123	36	2.14	3.42	2012	Abril	69	112	33	2.09	3.39
2009	Mayo	52	100	36	1.44	2.78	2012	Abril	114	191	33	3.45	5.79
2010	Enero	287	384	57	5.04	6.74	2013	Enero	155	272	45	3.44	6.04
2010	Enero	248	362	57	4.35	6.35	2013	Enero	155	243	48	3.23	5.06
2010	Febrero	150	186	57	2.63	3.26	2013	Febrero	107	175	42	2.55	4.17
2010	Febrero	116	150	57	2.04	2.63	2013	Febrero	122	223	42	2.90	5.31
2010	Marzo	42	68	54	0.78	1.26	2013	Marzo	82	127	33	2.48	3.85
2010	Marzo	40	73	48	0.83	1.52	2013	Marzo	52	103	30	1.73	3.43
2010	Abril	76	96	45	1.69	2.13	2013	Mayo	79	144	48	1.65	3.00
2010	Abril	92	117	42	2.19	2.79	2013	Mayo	137	265	48	2.85	5.52

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

Con esta información se generó la captura por unidad de esfuerzo CPUE. El total de liberaciones de pez vela *Istiophorus platypterus* en campeonatos nacionales de pesca deportiva (Figura No. 8) en los años de estudio fue de 5,725 organismos, teniendo un total de 2,040 pescadores deportivos novatos y expertos, se presenta un CPUE de 2.80 liberaciones por pescador, siendo este la abundancia relativa de la especie para este período.

La captura por unidad de esfuerzo se generó a partir de las liberaciones y no de los piques reportados en los campeonatos nacionales, como un mejor indicador de abundancia.



Figura No. 8. Liberación de pez vela en campeonato nacional (Trabajo de campo, 2013)

La captura por unidad de esfuerzo se presenta en un histograma en donde se puede observar el comportamiento que este presenta en los campeonatos nacionales de liberación de pez vela (Figura No. 9).

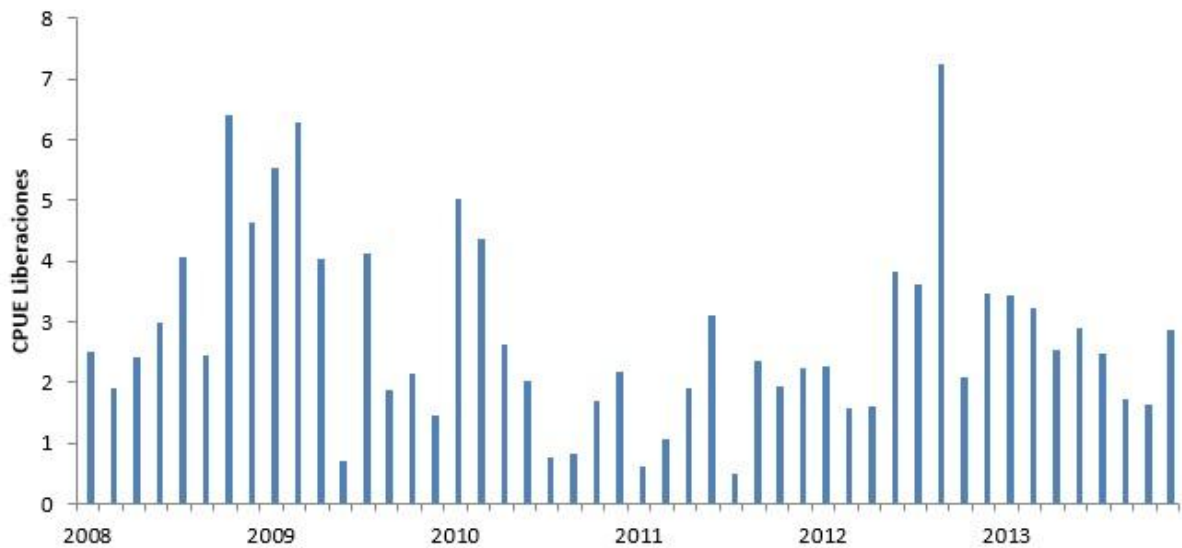


Figura No. 9. Histograma de CPUE liberaciones pez vela período 2008 – 2013 (Trabajo de campo, 2013)

En este gráfico se puede observar la CPUE del pez vela en los campeonatos nacionales de pesca deportiva, presentando los valores más altos en marzo de 2012, siendo 7.25, y el valor más bajo en marzo de 2011 que es de 0.48.

Utilizando la misma serie de datos que se utilizó en el histograma, se calcula una tendencia de la abundancia relativa del *Istiophorus platypterus* que se representa a través de la CPUE (Figura No. 10).

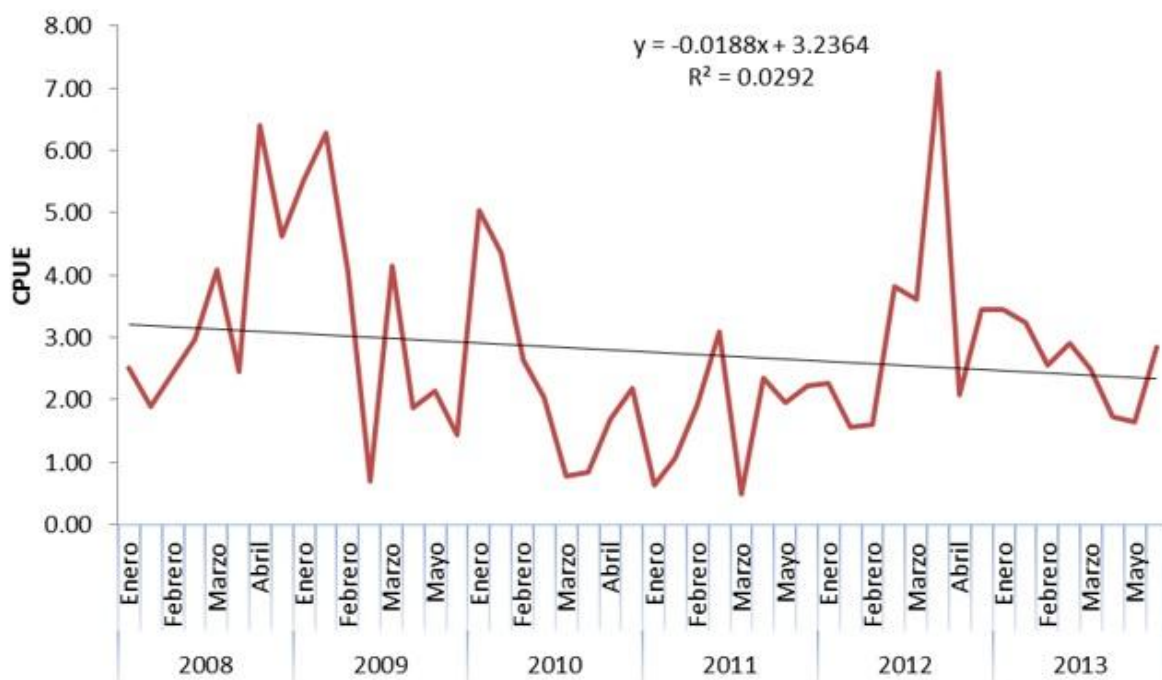


Figura No. 10. CPUE liberaciones pez vela período 2008 – 2013 (Trabajo de campo, 2013)

Se le realizó un análisis de estadística descriptiva la cual muestra una media de CPUE de liberaciones de 2.77 y su desviación estándar de 1.53. El coeficiente de correlación $R=0.170$ manifiesta que no hay correlación entre las variables de temperatura y CPUE por ser variables independientes, esto demuestra que el valor no es significativo para marcar una tendencia.

6.3 Asociación del pez vela y la Temperatura Superficial del Mar en las costas del Pacífico guatemalteco

La información utilizada para generar la relación entre la abundancia relativa y la TSM se generó a partir de los datos proporcionados por la Asociación Nacional de Pesca Deportiva de los campeonatos nacionales de liberación de pez vela del año 2008 a 2012 siendo un total de 40 fechas de pesca deportiva. Los datos de enero a mayo de 2013 se obtuvieron por el observador a bordo de embarcaciones que se encontraban en competencia siendo un total de 8 fechas de pesca deportiva.

La dispersión de los valores de captura por unidad de esfuerzo del pez vela *Istiophorus platypterus* para cada valor de anomalía de temperatura superficial del mar con los que se realizó el análisis de la respuesta del pez vela respecto al gradiente de esta variable ambiental (Figura No. 11).

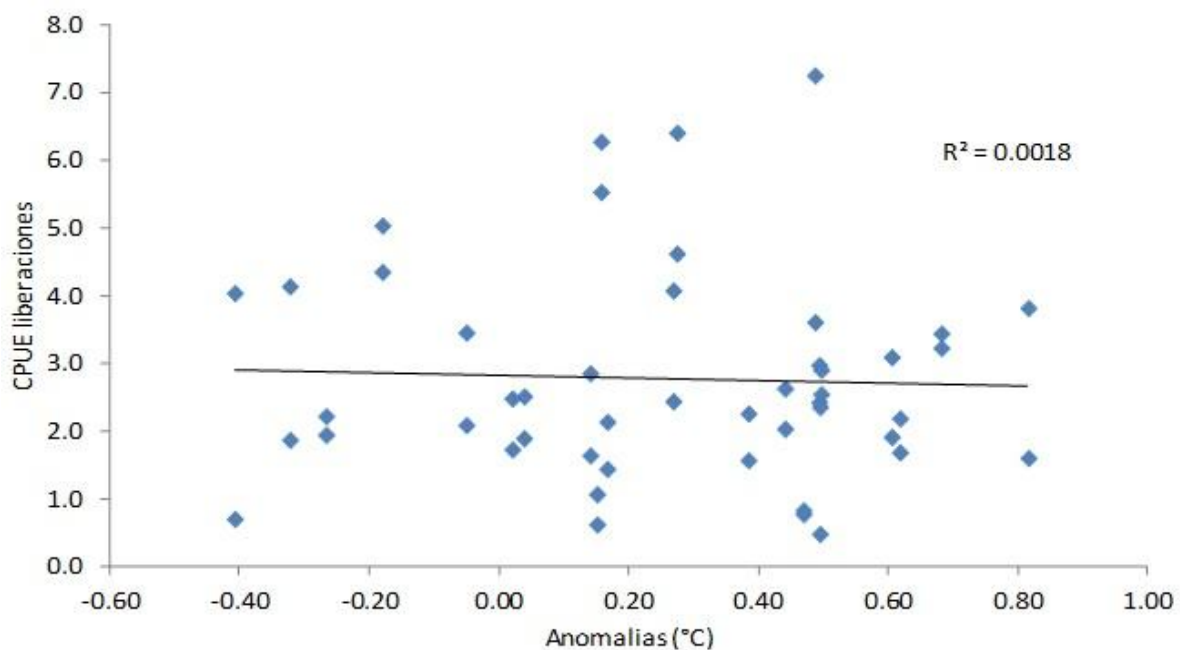


Figura No. 11. CPUE de liberaciones para el período 2008 – 2013 (Trabajo de campo, 2013)

El coeficiente de determinación (R^2) del ajuste es de 0.0018 el cual puede ser considerado bajo, sin embargo a pesar que los registros son modestos, provenientes de series de cinco años

y de zonas de pesca en las cuales los valores de temperatura superficial se mantiene con promedio de 29.5 °C sin presentar mayor variación la misma; estos son muy útiles para los fines de este estudio.

Los registros analizados muestran tendencia diferente en los rendimientos descritos en años anteriores, observando la coincidencia del comportamiento de la abundancia del pez vela en función de la TSM, en donde los valores más altos estuvieron directamente relacionados con las más altas temperaturas superficiales, en la mayoría de los casos superiores a 29 °C (Santana, 2001). Un factor importante a tomar en cuenta es que la temperatura superficial del Pacífico guatemalteco es de 29.5 °C.

En otra investigación se presenta que la tendencia de captura por unidad de esfuerzo de pez vela está poco representada en el rango de temperaturas así como en el número de desembarques, la baja correlación es resultado de la poca variabilidad de la TSM (Ixquiac, 2010).

Al analizar la captura por unidad de esfuerzo (liberaciones de pez vela por pescador deportivo) y las anomalías de temperatura (°C), se observa una disminución en la abundancia relativa expresada por CPUE y un incremento de las anomalías para el mismo período estudiado. Existen varios factores que pueden influenciar en el presente análisis al no considerar la captura incidental y la captura dirigida por parte de la pesca artesanal.

7. CONCLUSIONES

- No se observó una tendencia positiva en cuanto a la abundancia relativa y la temperatura superficial del mar, posiblemente está influenciada por la poca variabilidad de temperatura enfrente de las costas de Guatemala, las cuales son las más cálidas del Pacífico Centro Oriental.
- La tasa de liberación de pez vela *Istiophorus platypterus* reportada para los campeonatos nacionales de pesca deportiva fue de 2.80 liberaciones por pescador.
- Se generaron las anomalías de temperatura para el Pacífico de Guatemala observándose anomalías mínimas de -0.64 y máximas de 1.11 °C, se observó período de anomalías positivas los últimos dos años la cual muestra un posible calentamiento en las aguas superficiales del Pacífico guatemalteco.
- Se generó la captura por unidad de esfuerzo a partir de las liberaciones y no de los piques reportados en los campeonatos nacionales, como un mejor indicador de abundancia.

8. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus* y su relación con otras variables ambientales y ecológicas por ejemplo clorofila y/o corriente.
2. Instar a las instituciones gubernamentales y no gubernamentales a involucrarse y continuar investigaciones y estudios de la especie *Istiophorus platypterus*, por ser esta una especie de importancia económica y social para zonas del Pacífico de Guatemala.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Dávila, C. V. (2011). *Diversidad y abundancia de la megafauna pelágica (ballenas, delfines, tortugas marinas, peces pico y rayas) presente en el Pacífico de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
2. Ehrhardt, N., y Fitchett, M. (2008). *Evaluación de las tendencias de los rendimientos de la pesca deportiva de picudos en Costa Rica como consecuencia de la marcada sobre explotación de los recursos en los cuales se basa la importante industria pesquera*. Costa Rica: Universidad de Miami.
3. Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K., y Niem, V. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca: Pacífico Centro-Oriental (Vol. 3)*. Roma: Food and Agriculture Organization [FAO].
4. Hernández, A. (1994). *Patrón reproductivo del pez vela (Istiophorus platypterus; Shaw y Nodder, 1791) al Sur del Golfo de California*. La Paz, Baja California, México: Instituto Politécnico Nacional; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
5. Hinton, M., y Maunder, M. (2013). *Status of sailfish in the Eastern Pacific Ocean in 2011 and Outlook for the future*. Estados Unidos: Comisión Interamericana del Atún Tropical [CIAT].
6. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente [IARNA]. (2006). *Perfil ambiental de Guatemala: Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala: Autor.
7. IARNA. (2003). *Estado actual de los recursos marinos y costeros de Guatemala*. Guatemala: Autor.

8. IRI/LDO Biblioteca de Datos Climáticos. (s.f.). *Ocean temperature* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2013, de http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Ocean_Temp/index.html.
9. Ixquiac, M. (2010). *Seguimiento oceanográfico al fenómeno de El Niño y su impacto en los rendimientos de las pesquerías del Pacífico de Guatemala (años: 2006-2007)*. Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología [SENACYT].
10. Macías Zamora, R., Olivos Ortiz, A., Vidaurri Sotelo, A. L., Carrasco Águila, M. A., y Torres Orozco, E. (2011). *Modelo espacialmente explícito de la migración estacional del pez vela (Istiophorus platypterus) en el Pacífico mexicano*. Manzanillo, Colima, México: Universidad Autónoma Metropolitana; Unidad Iztapalapa.
11. Matthes, H. (1986). *La situación de la pesca y acuicultura en Guatemala y los lineamientos para su desarrollo futuro (Informe Terminal de Consultoría): Período del 14 de julio al 1 de septiembre de 1986, 2a. Versión*. Guatemala: FAO.
12. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA]. (2007). *Informe de la pesca y acuicultura en Guatemala*. Guatemala: Autor.
13. Nakamura, I. (1985). *Food and Agriculture Organization species catalogue: Billfishes of the world / An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date*. Roma: FAO.
14. National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2003). *Billfish Newsletter*. Estados Unidos: The Southwest Fisheries Science Center's.
15. Odum, E. (1982). *Ecología*. (3ª. ed). Mexico: Interamericana.

16. Prince, E., Holts, D., Snodgrass, D., Orbensen, E., Luo, J., Domeier, L., y Serafy, J. (2006). *Transboundary movement of Sailfish, Istiophorus platypterus off the Pacific Coast of Central America*. Miami: Bulletin of Marine Science of Marine and Atmospheric Science of the University of Miami.
17. Reynolds, R. W., Rayner, N. A., Smith, T. M., Stokes, D. C., y Wang, W. (2002). *An improved in situ and satellite SST analysis for climate*. North Carolina: National Climatic Data Center, NOAA.
18. Romero, P. (2002). *An etymological dictionary of taxonomy* [en línea]. Recuperado enero 31, 2014 de <http://www.fishbase.se/references/FBRefSummary.php?ID=45335>
19. Santana, H. (2001). *Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico mexicano (1983-1996) y su relación con la temperatura superficial del mar*. Tecomán, Colima, México: Universidad de Colima.
20. Santana-Hernández; Macías; Vidaurri. (1998). *Relación entre las especies de pico y la temperatura del agua del Pacífico mexicano*. Colombia: Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo.
21. TerBraak, C., y Prentice, I. C. (1988). A theory of gradient analysis. *Advances in ecological research*. Estados Unidos: Academic Press Limited.

10. ANEXO

