2008A–2012B 303730689

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Variación espacio-temporal en la abundancia del tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) en el Pacífico central mexicano

T E S I S P R O F E S I O N A L

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
L I C E N C I A D O E N B I O L O G Í A

P R E S E N T A
JOSÉ ALBERTO RODRÍGUEZ MADRIGAL

DIRECTOR DE TESIS
DR. JAVIER TOVAR ÁVILA

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO; DICIEMBRE DE 2014

"¡Solo pido a mi orgullo que siempre camine al lado de mi inteligencia! Y si un día mi inteligencia me abandona -¡pues le encanta escabullirse volando!- ¡que mi orgullo no deje de volar al lado de mi insensatez!"

(Nietzsche, F.)

Dedicado:

A mi padre que siempre comprendió lo que es el mar y el amor por él. Que me apoyo en ocasiones adversas en las que no tenía en nadie en que creer.

A mi madre que no sabrá mucho de ciencia, pero sabe mucho de la vida y sabe que su hijo está loco por vivirla, y que aun así, seguirá esperando las llamadas de saludos por la tarde.

A mi hermana que desde que tuve razón he sido su hermano mayor (Im a fighter not a lover).

A mi hermano que me extrañó y preguntaba cuando iría a visitarlo.

A las personas que he llegado a conocer y se interesaron por el conocimiento, por el camino del descubrir nuevas cosas, abstraerlas, y compartirlas con los demás. Pero sobre todo, se interesaron por el conocerme y me brindaron su amistad.

Al gran Pacífico por mostrarme siempre las cosas precisas, en los momentos inadecuados y en las situaciones más extrañas.

A ese gran Océano que tuve la oportunidad de conocer poco antes de partir, pero que a Mí regreso de este viaje tuve oportunidad de explorar completamente. El gran oeste, el gran Mes, la California, la tierra del sol naciente… espero siga habiendo olas como hasta el momento lo fueron.

Agradezco:

A mi Sensei y director de tesis, Dr. Javier Tovar Ávila, por su constante orientación y apoyo con los aberrantes pero interesantes métodos estadísticos, por las salidas de campo a parajes lejanos, por ayudarme con la estancia durante mis prácticas profesionales y brindarme tiempo en la revisión y preparación del presente documento. Por ser la persona que fue conmigo y tener el tacto de decirme las cosas.

A mi asesor externo, el Dr. Heriberto Santana-Hernández del CRIP Manzanillo-INAPESCA por la información proporcionada para la realización de este documento y por la revisión del mismo. A mi asesor interno el M. en C. Cristian Moisés Galván-Villa, por el apoyo otorgado desde que fue mi maestro en la licenciatura.

A mis sinodales y miembros del jurado por su tiempo dedicado a la revisión del trabajo: Dr. Eduardo Ríos Jara, Dr. Ernesto López-Uriarte y al M. en C. Martín Pérez Peña.

Un especial agradecimiento al Instituto Nacional de Pesca por permitir el uso de los datos obtenidos en el CRIP-Manzanillo, que sin ellos no se hubiera podido realizar este trabajo.

Al todo el personal del CRIP Bahía de Banderas, especialmente al Director Biol. Pedro A. Ulloa Ramírez por las facilidades otorgadas en este centro de investigación; a la M. en C. Edith Zarate Becerra por todos los apoyos, platicas, vivencias y consejos otorgados; Al Biol. Jorge David Acosta Quintana por darme aventón casi todos los días, por permitir conocerlo un poco a él, a su familia e incluso convivir con ella, gracias Melina y sobrino.

A la Universidad de Guadalajara, específicamente al Centro universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias por mostrarme lo grandioso que son los seres vivos, Macro y microorganismos, bacterias, virus, plantas, animales y por supuesto pinos y tiburones. Gracias a todos los maestros que tuve a lo largo de mi carrera, en especial a mi amigo M. en C. Margarito Mora-Núñez gran impartidor de la vida en los eones. A todos los compañeros de

clases, de viajes, de prácticas, de eventos sociales. A los pocos o muchos que llegaron a ser mis amigos y compartimos buenos momentos.

A las personas que conocí en BadeBa durante la realización de este trabajo: Ing. Ind. Darío Arturo Chávez Arrenquín por tu gran sentido del humor; al Biol. Mar. Heliet Durán Valencia porque eres bien raro; a la M. en C. Karla Garcés García (parlita) por tu ironía y hospitalidad; a la madre adoptiva que tuve en Vallarta, la Biol. Bibiana Vargas Trejo a.k.a Ladyray; a las plebitas: la Biol. Mar. Leonora Mondragón Sánchez por sus risas, su compañía y las comidas; a la Biol. Mar. Nely Soto Escamilla por los paseos en bici y las grandes recepciones en su casa; a Cecilia Hernández por siempre tener el tiempo de escucharme y ponerme atención; al próximo investigador de mantarrayas Manuel Aviña Romero gracias por hacerme amenos los talleres de modelos estadísticos; y a la compañera de clases Fátima Bravo que nos pudimos conocer más en el marcaje de tiburones, aún nos debemos las grandes tazas de café.

A todos los amigos que se preocuparon por mí y me visitaron estando en la costa, que me preguntaban cuando terminaría la tesis, que me apoyaron en momentos difíciles y que aunque en ocasiones no me entendieran; estaban, están y estarán presentes...

ÍNDICE

Página

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS ---------- viii

- Figuras
- Tablas

RESUMEN ---------- xii

ABSTRACT ---------- xiii

INTRODUCCIÓN ---------- 1

- Aspectos de la pesquería con palangre
- Estado de conservación de *Carcharhinus falciformis*
- Posición Taxonómica
- Características de la especie
  - *Morfología.*
  - *Alimentación.*
  - *Biología Reproductiva.*
  - *Edad y crecimiento.*
  - *Distribución.*

ANTECEDENTES ---------- 12

- Estudios sobre la abundancia de *Carcharhinus falciformis*
- Estimaciones de la CPUE y abundancia relativa

JUSTIFICACIÓN ---------- 18

HIPÓTESIS ---------- 19

OBJETIVOS ---------- 20

- General
- Particulares

MATERIALES Y MÉTODOS ---------- 21

- Zona de estudio y caracterización del sistema de pesca
- Composición y análisis de datos
- Análisis de la abundancia total y las unidades de esfuerzo
- Abundancia relativa y su variación temporal-espacial

RESULTADOS ---------- 26

- Comparación de las unidades de esfuerzo
- Variación temporal en la CPUE
- Variación espacial en la CPUE
- Variación de la CPUE con la temperatura

DISCUSIÓN ---------- 47

CONCLUSIONES ---------- 52

REFERENCIAS ---------- 53

ANEXOS ---------- 66

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

Figura 1.- Producción histórica de tiburón en México durante 2002–2011, peso vivo en toneladas (SAGARPA, 2011) ---------- 3

Figura 2.- Participación porcentual de la producción de tiburón de las principales entidades para el año 2011 (SAGARPA, 2011) ---------- 4

Figura 3.- a) Prototipo de barco palangrero; b) palangre utilizado para la captura de pelágicos mayores en la pesca de mediana altura del Puerto de Manzanillo (modificado de Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2014) ---------- 6

Figura 4.- *Carcharhinus falciformis*, morfología y características de los dientes (modificado de Fischer *et al.*, 1995) ---------- 8

Figura 5.- Distribución de *C. falciformis* en México y regiones aledañas (modificado de Compagno *et al.*, 2005b) ---------- 11

Figura 6.- Corrientes superficiales en el Pacífico Oriental Tropical (modificado de Lavín y Marinone, 2003) ---------- 22

Figura 7.- Zona de Operación de la flota palangrera de mediana altura con base en el puerto de Manzanillo, Colima, México (tomado de la Carta Nacional Pesquera-SAGARPA, 2010) ---------- 23

Figura 8.- Lances de pesca realizados por barcos palangreros de Manzanillo, Colima, México, en el Pacífico central mexicano (2003–2011) ---------- 27

Figura 9.- Captura total anual de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003–2011) ---------- 27

Figura 10.- Porcentaje de captura total anual de *C. falciformis* y otros tiburones en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 28

Figura 11.- Captura mensual (a) y estacional (b) promedio de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 29

Figura 12.- Captura y esfuerzo mensual total estimado con (a) número de viajes, (b) número de lances, (c) número de anzuelos, (d) longitud de palangre y (e) tiempo de lance, de la pesca de mediana altura en el Pacífico central mexicano (2003–2011) ---------- 30

Figura 13.- CPUE y captura total anual de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 33

Figura 14.- CPUE promedio mensual para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 35

Figura 15.- CPUE y captura total por mes de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 36

Figura 16.- CPUE promedio estacional para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 38

Figura 17.- CPUE y captura total por estación de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003–2011) ---------- 39

Figura 18.- CPUE en tres distintas zonas según la distancia de la costa, para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 40

Figura 19.- Variación a) anual, b) mensual y c) estacional de la distancia promedio de la costa a la que se realizaron los lances de pesca de los barcos palangreros de mediana altura de Manzanillo (2003–2011) ---------- 41

Figura 20.- CPUE promedio mensual en tres distintas zonas según la distancia de la costa: <50 MN, 50–100 MN, y >100 MN, para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 42

Figura 21.- CPUE promedio estacional en tres distintas zonas según la distancia de la costa: <50 MN, 50–100 MN, y >100 MN, para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 43

Figura 22.- CPUE de *C. falciformis* y temperatura superficial del mar anual, en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 44

Figura 23.- CPUE de *C. falciformis* y temperatura superficial del mar mensual, en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 45

Figura 24.- CPUE de *C. falciformis* y temperatura superficial del mar estacional, en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 45

Figura 25.- Tendencia intermensual de la CPUE de *C. falciformis*, con la temperatura superficial del mar, en el Pacífico central mexicano (2003-2011) ---------- 46

Tablas

Tabla 1.- Captura mensual (número de tiburones) y esfuerzo total representado en distintas unidades: número de viajes (NV), número de lances (NL), número de anzuelos (NA), longitud del palangre (LP) y tiempo de lance (TL) en el Pacífico central mexicano (2003–2011) ---------- 31

Tabla 2.- Análisis de regresión lineal múltiple y varianza de la regresión entre cinco unidades de esfuerzo: (NV) número de viajes, número de lances (NL), número de anzuelos (NA), longitud de palangre (LP) y tiempo de lance (TL) con la captura de C. falciformis en el Pacífico central mexicano (2003–2011) ---------- 32

Tabla 3.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Tukey, contrastando la CPUE mensual ---------- 34

Tabla 4.- Subconjuntos homogéneos determinados a partir de la prueba de Tukey, entre la CPUE mensual ---------- 34

Tabla 5.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Tukey, contrastando la CPUE estacional ---------- 37

Tabla 6.- Subconjuntos homogéneos determinados a partir de la prueba de Tukey, entre la CPUE estacional ---------- 37

Tabla 7.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Bonferroni, contrastando la CPUE mensual en tres zonas de distancia de la costa ---------- 42

Tabla 8.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Bonferroni, contrastando la CPUE estacional en tres zonas de distancia de la costa ---------- 43

RESUMEN

El tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis*, es una especie altamente migratoria. Su distribución y abundancia están fuertemente influenciadas por variables ambientales como la temperatura superficial del mar (TSM), cuya variación en el Pacífico central mexicano (PCM) está determinada por la estacionalidad de las corrientes marinas. El objetivo del presente estudio fue analizar las variaciones en la abundancia de *C. falciformis* con base en las capturas de la pesquería palangrera de mediana altura del puerto de Manzanillo, Col. Se utilizó información de captura y esfuerzo pesquero recabada por observadores científicos a bordo de las embarcaciones durante el periodo 2003–2011. Se compararon distintas unidades de esfuerzo (número de viajes, lances y anzuelos, tiempo de lance y longitud del palangre) para determinar la más conveniente para estimar la abundancia de la especie. Se utilizaron análisis de varianza (ANDEVA) para determinar posibles diferencias en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) anual, mensual y estacional, así como análisis de covarianza (ANCOVA) para determinar la variación espacial, y el coeficiente de correlación de Pearson para cuantificar el grado de relación entre la CPUE y la TSM. El número de anzuelos fue la unidad de esfuerzo determinada como la más conveniente para estimar la abundancia relativa de la especie en la pesquería de mediana altura. El análisis de los datos indicó que la abundancia de *C. falciformis* en las capturas realizadas por esta pesquería en el PCM presenta diferencias temporales y espaciales significativas relacionadas con los meses, estaciones del año y la distancia de la costa. La mayor CPUE promedio durante el periodo de estudio se obtuvo en agosto (35 tiburones/1000 anzuelos) y verano (98 tiburones/1000 anzuelos) cuando la TSM promedio alcanzó 29-30 °C. La mayor CPUE total se obtuvo en lances realizados a más de 100 millas náuticas (mn) de la costa (1,906 tiburones/1000 anzuelos). La captura total durante julio a octubre a más de 100 mn pudiera generar la mayor captura, sin embargo, la presencia de ciclones limita los viajes en esa zona durante esa temporada. Se concluye que factores como la zona de pesca y temporada del año, relacionada con la TSM, influyen significativamente en la abundancia y captura de *C. falciformis* en la pesquería de mediana altura del PCM.

ABSTRACT

The silky shark, *Carcharhinus falciformis*, is a highly migratory species. Its distribution and abundance are strongly influenced by environmental variables; such as the sea surface temperature (SST), which variation in the Central Mexican Pacific (CMP) is determined by the seasonality of ocean currents. The aim of the present study was to analyze the variations in the abundance of *C. falciformis* based on the catches of the semi-industrial longline fishery from the port of Manzanillo, Colima. Catch and effort information collected by onboard observers during the period 2003–2011 was used. Different units of effort (number of trips, fishing sets and hooks, hauling time and length of the longline) were compared to determine the most convenient to estimate the abundance of the species. Analysis of variance (ANOVA) were used to determine possible differences in the annual, monthly and seasonal catch per unit of effort (CPUE), whereas analysis of covariance (ANCOVA) was used to determine spatial variations, and the Pearson's correlation coefficient to quantify the relation between CPUE and SST. The number of hooks was determined as the most convenient unit of effort to estimate the relative abundance of the species in the semi-industrial fishery. The data analysis indicated that the relative abundance of *C. falciformis* in the catches of this fishery has significant spatial and temporal variations, related to the months, seasons and distance to the coast. The largest total CPUE during the period of study was obtained in August (35 sharks/1000 hooks) and summer (98 sharks/1000 hooks), when the average SST reached 29-30°C. the largest average CPUE was obtained in fishing sets performed beyond 100 nautical miles (nm) from the coast (1,906 sharks/1000 hooks). The total catch from July to October in regions beyond 100 nm could produce the largest catch, however, the presence of cyclones limits the number of fishing trips to such regions during that season. It is concluded that factors such as the distance to the coast and season, related to the SST, have a strong influence in the abundance and catches of *C. falciformis* in the CMP semi-industrial fishery.

INTRODUCCIÓN

Los tiburones pertenecen a la Clase Chondrichthyes y la Subclase Elasmobranchii, que también incluye a las rayas. Presentan tallas pequeñas a grandes y frecuentemente se encuentran en ambientes tropicales a templado cálidos, sobre las plataformas continentales e insulares con distribución circunglobal, es decir se encuentra en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Nelson, 2006). La diversidad actual de tiburones en comparación con los ya extintos, hace inferir que fueron más abundantes hace millones de años (Benton, 2005). Entre 954 y 1.168 especies vivientes de elasmobranquios han sido descritos, agrupándose en nueve órdenes, 57 familias y 182 géneros (Compagno *et al.*, 2005a). Hoy en día son un recurso importante desde el punto de vista económico, debido a su aprovechamiento pesquero para la alimentación humana y como atractivo turístico, además de ser importantes ecológicamente al ser depredadores apicales en los ecosistemas marinos (Castillo-Géniz *et al.*, 1998; CONAPESCA-INP, 2004; Cortés, 1999).

Los tiburones son capturados como especie objetivo en diversas pesquerías del mundo y en algunos casos como pesca incidental de otros recursos. Su importancia pesquera es mayor en regiones costeras tropicales y subtropicales, donde proporcionan proteína para millones de personas, incluyendo aquellas que dependen de pesquerías de subsistencia (Bonfil, 1994).

Debido a que poseen un bajo potencial reproductivo (periodos de gestación largos y fecundidad baja), crecimiento lento, madurez sexual tardía y periodos de vida largos, los tiburones presentan una capacidad relativamente baja para recuperarse de la sobrepesca (Castillo-Géniz *et al.*, 2000). Aunque la pesca dirigida ha sido la causa del colapso de las poblaciones de varias especies de tiburones, una amenaza aun mayor para estos peces son probablemente las pesquerías multiespecíficas y las capturas incidentales (Bonfil, 1990 y 1994). En las pesquerías donde la especie objetivo son especies de mayor productividad biológica (e.g. peces óseos o invertebrados), el mantenimiento de la abundancia de la especie objetivo en niveles adecuados puede enmascarar la sobreexplotación de especies incidentales con productividad biológica baja como los tiburones. Además, las especies pelágicas y semipelágicas, como muchos tiburones y rayas, que nadan activamente en la columna de

agua tienen además mayor probabilidad de encontrarse con una red de enmalle o un anzuelo con cebo. Por su parte, las especies de tiburones y batoideos asociadas al fondo son altamente vulnerables a la pesca de arrastre demersal (FAO, 2001). La amplia distribución y hábitos migratorios de algunas especies de tiburón explotados comercialmente, son también factores que dificultan tanto el conocimiento de estos organismos como la instrumentación de medidas de manejo y protección (Tovar-Ávila, 2000).

México, con cerca de 12,500 km^2 de costa ostenta gran variedad de sistemas costeros y marinos, lo que le confiere un gran potencial pesquero (SAGARPA, 2011). A partir del establecimiento de las 200 millas de Zona Económica Exclusiva (ZEE) en la Convención sobre la Ley del Mar de 1976, México adquirió el derecho y obligación de exploración, explotación, conservación y manejo de los recursos naturales de esta zona, y en caso de que flotas extranjeras lo solicitaran, permitir el aprovechamiento de los excedentes (Santana-Hernández, 2001).

Para México los tiburones representan un importante recurso pesquero. El comercio internacional de este recurso en México inicio en 1888 en el puerto de la Paz, Baja California, exportando las aletas a China. En 1939 se realizó la primera exportación de hígados desde Guaymas, Sonora, a Los Ángeles, California (Hernández-Caballo, 1971). Durante la segunda Guerra Mundial, la captura de los tiburones aumentó a nivel mundial por la demanda de la vitamina "A" contenida en altas concentraciones en el hígado de los tiburones. Sin embargo, la captura disminuyó notablemente en la década de los cincuenta del siglo pasado, por el desplome del mercado del hígado (Castillo-Géniz *et al.*, 1998). Hasta hace unos años la pesca dirigida de este recurso en México se realizaba mediante tres tipos de embarcaciones: de altura, de mediana altura y menores (Soriano-Velásquez *et al.*, 2006), aunque en la actualidad operan únicamente embarcaciones de mediana altura y artesanales. Las artes de pescas más utilizadas para su captura han sido tradicionalmente el palangre, la línea de mano y las redes (Applegate *et al.*, 1979).

En 1960 se reinició la pesquería, con incrementos importantes en la captura en las décadas siguientes. En ese año se capturó poco menos de 5,000 t y para finales de los 70s ya se habían alcanzado 25,000 t, la máxima explotación de este recurso se dio en los 80s y 90s (en promedio 30,000 t al año) (Castillo-Géniz, 2001). La pesquería de elasmobranquios en México es hasta la fecha una de las principales del mundo, aunque algunos autores han

señalado que la captura ha disminuido en los últimos años, debido probablemente a la fragilidad de muchas de las especies capturadas, así como las características oceanográficas que pueden influir en su distribución (Jaime-Rivera, 2004). En general no se dispone de datos detallados acerca del esfuerzo pesquero y composición específica que permitan determinar el estado actual de las poblaciones (Smith *et al.*, 2009). Sin embargo, de acuerdo con el anuario estadístico de pesca en los últimos años la producción promedio fue de 26,112 t anuales, con valor entre 332,8 y 427 millones de pesos, manteniéndose a partir de 2002 una tendencia estable (Fig. 1). Para el año 2011 el tiburón-cazón (23,866 t) se posicionó en el 10º lugar de la producción pesquera a nivel nacional; y por su valor ($326,193) en el 9º lugar (SAGARPA, 2011).

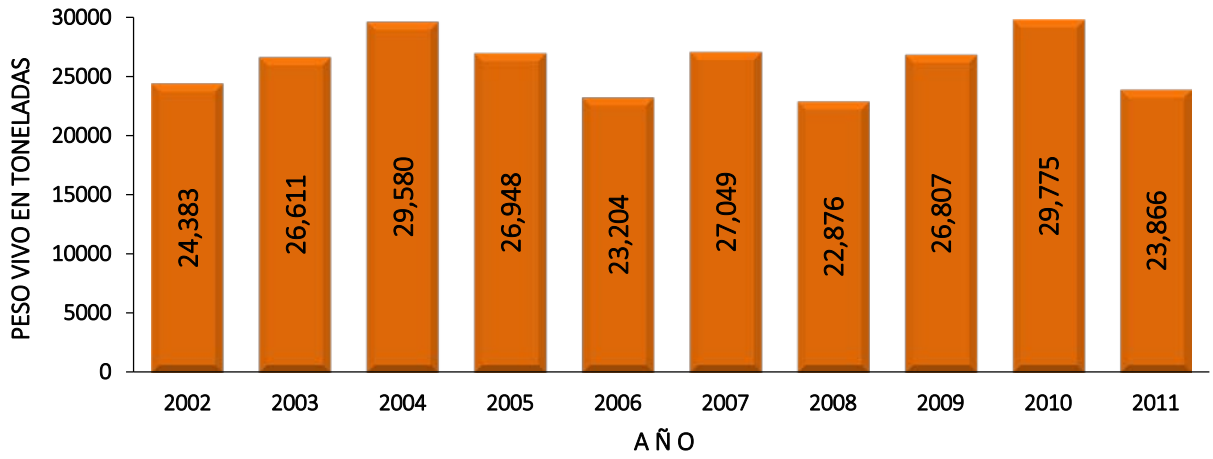


Figura 1.- Producción histórica de tiburón en México durante 2002–2011, peso vivo en toneladas (SAGARPA, 2011).

En el Pacífico mexicano los cuatro estados más importantes para la pesca de tiburón son: Sinaloa, Baja California, Baja California Sur y Chiapas (Fig. 2) (SAGARPA, 2011), destacando tres regiones productivas: el Golfo de Tehuantepec, el Golfo de California (GC) y la costa occidental de la Península de Baja California (Soriano *et al.*, 2001).

Figura 2.- Participación porcentual de la producción de tiburón de las principales entidades para el año 2011 (SAGARPA, 2011).

Las pesquerías de tiburón en México se caracterizan por ser multiespecíficas, debido a la alta diversidad de especies presentes en las capturas, pertenecientes principalmente a las familias Carcharhinidae, Sphyrnidae, Alopiidae, Triakidae, Lamnidae y Ginglymostomatidae. Se tiene conocimiento por lo menos de 100 especies de elasmobranquios en aguas mexicanas, de las cuales 40 tienen importancia comercial directa, de estas no más de 15 son constantemente capturadas en la pesquería de ambos litorales (Applegate *et al.*, 1979; Applegate *et al.*, 1993).

La familia Carcharhinidae es una de las más diversas e importantes a nivel mundial, debido a su amplia distribución e importancia en diversas pesquerías (Compagno, 1984). Diversas especies de esta familia son objeto de pesquerías artesanales e industriales, por lo que el conocimiento de su taxonomía y biología básica es indispensable (Espinoza-Pérez *et al.*, 2004). Se estima que del tiburón sedoso, piloto o tunero, *Carcharhinus falciformis* (Müller y Henle, 1839 en Compagno, 1984) se capturan alrededor de 84,000 t en la ZEE del Pacífico mexicano, siendo la segunda especie de tiburón más importante después *P. glauca* (Smith *et al.*, 1998). En las capturas con palangre es la especie del género *Carcharhinus* más abundante (Castillo-Géniz *et al.*, 2000). La importancia comercial de *C. falciformis* en México se debe no solo a su abundancia, sino también a la calidad de su carne. En su etapa juvenil se vende como cazón, mientras que los ejemplares más grandes (200 cm) se categorizan como tiburones. La piel de *C. falciformis* se utiliza para la fabricación de cuero, el hígado para extraer aceite rico en vitamina A y las aletas para sopas (utilizándose las aletas de organismos

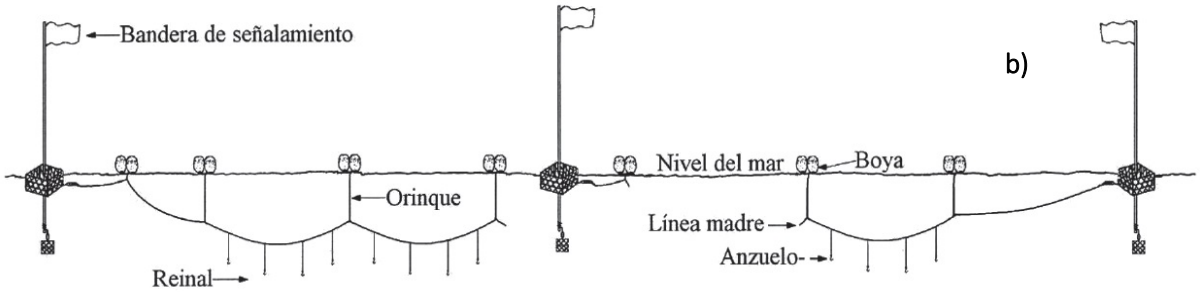
de todas las tallas), la carne se comercializa fresca o seco/salada (Applegate *et al*., 1979; Compagno, 1984).

En algunas regiones del Pacífico mexicano *C. falciformis* sostiene importantes pesquerías, como es el caso del Golfo de Tehuantepec, particularmente en la región conocida como “Costa Chica” y Salina Cruz en el estado de Oaxaca (Alejo-Plata *et al*., 2006a; 2006b) y en Puerto Chiapas, Chiapas (Soriano-Velásquez *et al*., 2006). Otras regiones importantes son los estados de Jalisco, Colima y Michoacán donde es la especie más abundante en las capturas de las pesquerías de mediana altura (Santana-Hernández, 2001; Cruz *et al*., 2011). Otras regiones de importancia para la captura de *C. falciformis* son la costa oriental de Baja California y la entrada del GC (Smith *et al*., 2009; Alatorre-Alba, 2011). En el Atlántico, específicamente para el Golfo de México, *C. falciformis* no es la especie más capturada; siendo el Cazón de Ley (*Rhizoprionodon terraenovae)* el más abundante, sin embargo, se encuentra entre las especies que mayormente se pescan (Bonfil, 1990; Castillo-Géniz *et al*., 1998).

Aspectos de la pesquería con palangre

El palangre es el método de pesca empleado por la pesquería de mediana altura para capturar tiburones, principalmente a profundidades de entre 50 y 150 m. Una unidad básica de equipo en esta pesquería consiste de la línea principal o línea madre de hasta 20 millas, un número de reinales (8–9 m de longitud) cada uno con un anzuelo, que se distribuyen en secciones de 4–5 cuyos límites son dos líneas verticales (orinques) sostenidos por boyas (Fig. 3). La profundidad en la que se encuentra suspendido el anzuelo desde la línea principal puede ser ajustada por la longitud de las líneas de flotación y su separación entre sí a lo largo de la línea principal (Santana-Hernández, 2001). De acuerdo a Castillo-Géniz *et al.,* (2008) para la captura de *C. falciformis*, se utilizan como arte de pesca el palangre de deriva y el palangre de fondo o cimbra, los anzuelos pueden ser de tipo recto o circular (garra de águila) dependiendo de la región. Específicamente para la zona del Pacífico central mexicano (PCM), los anzuelos tradicionales tipo "J" y el atunero japonés se han sustituido de forma progresiva por los de tipo circular (Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2014), y se utilizan entre 400-600 anzuelos con un promedio de 515, la carnada utilizada en general es el barrilete y la macarela (Cruz *et al*., 2011).

a)



b)

Figura 3.- a) Prototipo de barco palangrero; b) palangre utilizado para la captura de pelágicos mayores en la pesca de mediana altura del Puerto de Manzanillo (modificado de Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2014).

Estado de conservación de *Carcharhinus falciformis*

Durante la preparación de la Lista Roja de Especies en Peligro de Extinción de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) publicada en el 2000, *C. falciformis* se evaluó con “Riesgo Bajo, Especies de Preocupación Menor” (por lo que no aparece en la Lista Roja). Para las poblaciones del norte del Océano Índico, Océano Pacífico tropical y el Noroeste del Océano Atlántico fue clasificado como "Datos Insuficientes", debido a la poca disponibilidad, calidad y cantidad de información para su evaluación; la cual es mayor a nivel regional (se sabe que los tiburones sedosos son explotados en estas áreas, pero no hay estadísticas de estas capturas, ni índices de abundancia de las poblaciones) (Bonfil, 2008). De acuerdo con Dulvy *et al.* (2008) debido a su alta tasa de captura, las

poblaciones de *C. falciformis* parecen estar disminuyendo en toda su área de distribución. Se evaluó como "Vulnerable" a nivel regional en el sureste y Pacífico central así como en el noroeste y centro-occidental del Atlántico. Sin embargo a nivel mundial esta evaluado como especie "Casi Amenazada" (NT, siglas en inglés) (Gibson *et al.*, 2006). Informes reportados a la FAO señalan que la captura total (CT) mundial de la especie ha ido disminuyendo constantemente desde el año 2000, cuando se reportaron 11,680 t y para el año 2004 4,358 t (Dulvy *et al.*, 2008). Para el 2005 se estimó que la población de tiburones sedosos en el centro del Pacífico tropical había disminuido en abundancia en un 90% entre los años 1950 y la década de 1990 (Ward y Myers, 2005). En la actualidad esta especie está libre de amenazas en cuanto a destrucción de su hábitat, debido a que no vive cerca de la costa ni utiliza las lagunas costeras como áreas de crianza, como lo hacen otras especies de tiburones (Maguire *et al.*, 2006)

En el año de 1993, la Secretaria de Pesca (SEPESCA) de México dispuso no expedir nuevos permisos para la captura de tiburón con embarcaciones menores, con base en la recomendación del Instituto Nacional de la Pesca (INP). Dicha disposición se extendió en 1998 para las embarcaciones de mediana altura y de altura, esto se realizó como una medida precautoria debido al colapso de las poblaciones de tiburón. Actualmente se cuenta con diversos instrumentos de manejo y protección que regulan las actividades de esta pesquería, como son el Plan Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y especies Afines en México (PANMCT) (CONAPESCA-INP, 2004). La NOM-029-PESC-2006 "Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento" y la Carta Nacional Pesquera, ambas se publicaron en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), el 14 de febrero de 2007 y el 2 de diciembre de 2010 respectivamente (SAGARPA, 2007; 2010). Además, el 12 de septiembre de 2008 se publicó en el D.O.F. el acuerdo mediante el cual se establece el volumen de captura incidental permitido en las operaciones de pesca de tiburón y rayas en aguas de jurisdicción federal en el Océano Pacífico (SAGARPA, 2008) y el 11 de junio del 2012 se publicó el aviso de veda de elasmobranquios en el Océano Pacífico (SAGARPA, 2012).

Posición Taxonómica

Carcharhinus falciformis (Fig. 4) tiene la clasificación taxonómica siguiente (Nelson, 2006):

Phylum: Chordata

Superclase: Gnathostomata

Clase: Chondrichtyes

Subclase: Elasmobranchii

Superorden: Galeomorphi

Orden: Carcharhiniformes

Familia: Charcharinidae

Género: *Carcharhinus*

Especie: *Carcharhinus falciformis*

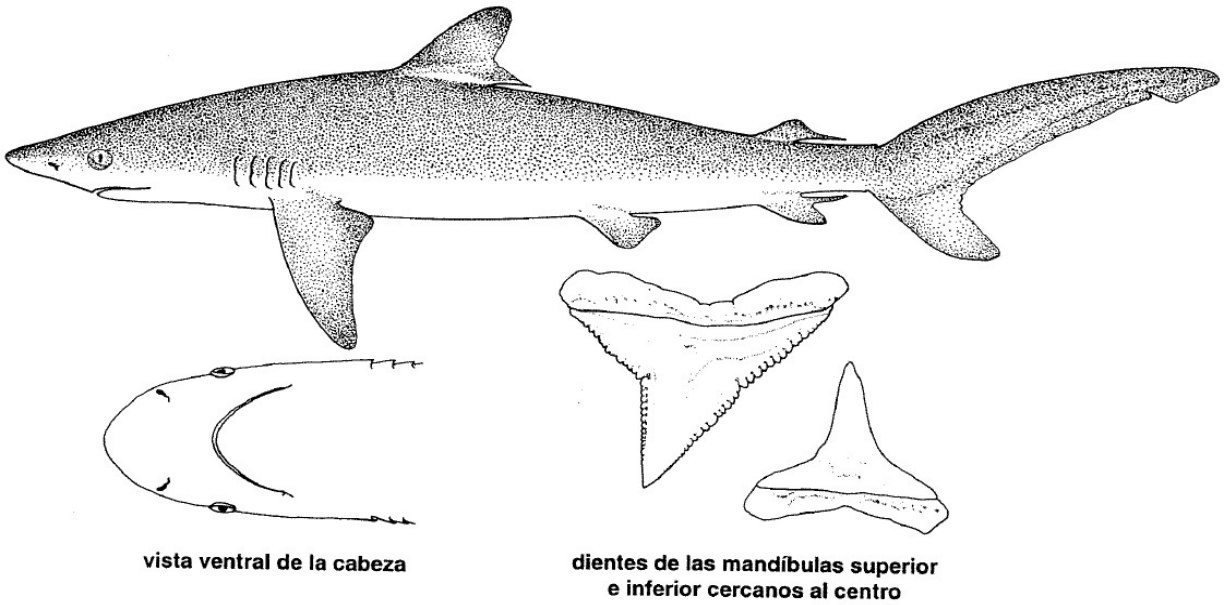


Figura 4.- *Carcharhinus falciformis*, morfología y características de los dientes (modificado de Fischer *et al.*, 1995).

Características de la especie

Morfología. Carcharhinus falciformis presenta talla grande, cuerpo alargado y esbelto. Hocico redondeado moderadamente largo. Los dientes de la mandíbula superior presentan cúspides relativamente angostas y aserradas, y los de la mandíbula inferior verticales con bordes levemente aserrados. Las aletas pectorales son largas y falciformes, siendo más evidente en adultos que en juveniles. El dorso es gris oscuro, gris marrón o azul negruzco, mientras que el vientre es grisáceo o blanco. La talla máxima registrada es de 350 cm de longitud total (LT), pero es común hasta 250 cm; al nacer miden de 57 a 87 cm (Compagno, 1984; Espinoza-Pérez *et al.*, 2004). Para el PCM, específicamente para las costas de Nayarit y Jalisco, se tienen registros de hembras con talla máxima de 242 cm y machos de 210 cm de LT capturados por la pesca artesanal, siendo principalmente organismos juveniles la captura de esta pesquería (Mondragón-Sánchez, 2011).

Alimentación. Su dieta es muy variada pero principalmente son piscívoros incluyendo atunes, macarelas, anchoas, sardinas, mantarrayas, así como también calamares, pulpos y cangrejos pelágicos (Compagno, 1984; Bonfil *et al.*, 1993; Espinoza-Pérez *et al.*, 2004). Se sabe que son depredadores oportunistas alimentándose tanto en el fondo marino como en la columna de agua. Cuando la comida es abundante los adultos llegan a formar grandes congregaciones (Springer, 1979). Recientes imágenes de vídeo en mar abierto probablemente han proporcionado el primer registro directo de la conducta de alimentación de *C. falciformis* en la naturaleza, donde se muestra que tienen una complicada interacción social a la hora de buscar su alimento (Bonfil, 2008).

Biología Reproductiva. Especie vivípara, llega a tener de 2 a 14 embriones por camada (Fischer *et al.*, 1995). El periodo de gestación es de 12 meses aproximadamente y la reproducción tiene lugar cada dos años (Bonfil, 2008). En muchas poblaciones de esta especie no parece haber una marcada estacionalidad para el nacimiento de las crías, dando a luz en la totalidad o la mayor parte del año (Hall *et al.*, 2012). Sin embargo, en el Golfo de Tehuantepec la abundancia de hembras grávidas y neonatos muestran que verano (julio a septiembre) es el periodo con mayor frecuencia de alumbramiento (Soriano *et al.*, 2006). La

talla de madurez para la zona de Puerto Madero, Chiapas se ha estimado en 170 cm de LT para las hembras y 179 cm de LT para los machos (Ortiz-Pérez, 2011). Soriano-Velásquez *et al.,* (2006) estimaron por su parte que en el Golfo de Tehuantepec la talla de madurez sexual es de 177 cm de LT para las hembras y 168 cm de LT para machos. En la zona de Baja California Sur, las hembras presentan tallas entre 88–316 cm LT madurando alrededor de 180 cm y en machos presentan LT de 142–216 cm, madurando alrededor de 182 cm; la proporción de sexos reportada en dicha zona fue de 1H:0.6M (Hoyos-Padilla *et al.*, 2012).

Edad y crecimiento. En el Pacífico mexicano se han reportado diferencias entre el crecimiento de ambos sexos, de acuerdo a estimaciones con base en la formación de bandas de crecimiento en las vértebras. Son organismos longevos, llegando a vivir hasta los 22 años, presentando una tasa de crecimiento media en relación con otros tiburones. La edad de madurez en machos y hembras va de 6–22 años y 5–16 años respectivamente (Oshitani *et al.*, 2003; Mondragón-Sánchez, 2011; Sánchez-de Ita *et al.*, 2011). En el Golfo de México, por el contrario se ha estimado que el crecimiento es similar en ambos sexos, alcanzando una edad de por lo menos 22 años. Los machos de esta región se estima que maduran entre los 6–10 años y las hembras entre los 7–12 años (Branstetter, 1987; Bonfil *et al.*, 1993).

Distribución. Se distribuye en aguas oceánicas desde la zona del talud continental, pero también se le llega a encontrar en aguas costeras, por lo general cerca de la superficie. Alcanza profundidades considerables, de hasta 500 m (Fischer et al., 1995). Este es uno de los tres tiburones oceánicos más comunes, junto al tiburón azul (*Prionace glauca*) y el tiburón oceánico de puntas blancas (*C. lomgimanus*), y uno de los grandes organismos marinos más abundantes (Maguire *et al.*, 2006). En México se distribuye en el Golfo de México y Mar Caribe, así como toda la costa mexicana del Pacífico incluyendo el GC (Fig. 5). Se presenta en aguas tropicales y subtropicales, donde la temperatura va desde los 23 a 24°C, sin embargo, para el Pacífico central mexicano lo reportan en temperaturas que van de 24 a 32°C (Cruz et al., 2011).

Se le considera poco común a lo largo de la costa oeste de la península de Baja California, principalmente en la zona norte (Applegate *et al.*, 1979; Compagno, 1984). Los adultos al parecer durante el verano migran desde el ecuador hacia latitudes un poco más

altas del Océano Pacífico (Strasburg, 1958). En el Golfo de México los neonatos y juveniles viven en zonas de crianza al parecer asociadas a zonas de arrecife. Cuando crecen y alcanzan alrededor de 130 cm de LT se vuelven de hábitos más oceánicos, moviéndose y siguiendo los grandes cardúmenes de peces pelágicos como el atún, probablemente viajando grandes distancias junto con ellos (Bonfil, 2008).

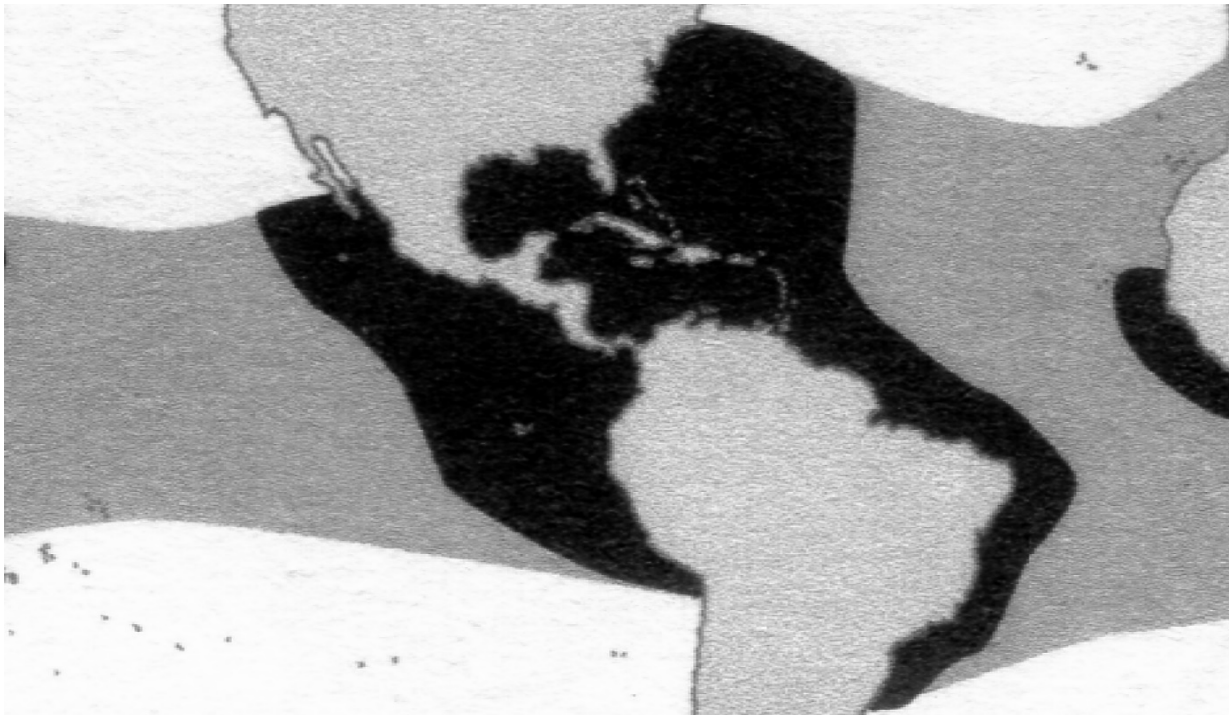


Figura 5.- Distribución de *C. falciformis* en México y regiones aledañas (modificado de Compagno *et al.,* 2005b).

ANTECEDENTES

Estudios sobre la abundancia de *Carcharhinus falciformis*

La abundancia de *C. falciformis* ha sido estudiada previamente en la región de San Carlos en Baja California Sur (BCS) durante el periodo septiembre del 1996 a junio del 2001 (Jaime-Rivera, 2004), con base en las bitácoras de pesca correspondientes a las embarcaciones tiburoneras y escameras. En dicho estudio se encontró que esta especie representó 12% de la captura registrada en ese periodo (n=35 ton), siendo septiembre el mes de mayor captura. La temperatura superficial del mar (TSM) mostró relación con la presencia de la especie, encontrándose entre 18–30°C, pero siendo mayor su captura entre 27–29°C. Las condiciones oceanográficas en el área y periodo de estudio reflejaron una alta variabilidad debido a los fenómenos meteorológicos de El Niño y La Niña.

En la entrada del GC, que abarca los alrededores de la Isla Isabel, las Islas Marías, la Bahía de Banderas, la costa frente a Nayarit y el norte de Jalisco, *C. falciformis* fue la tercera especie más abundante durante muestreos realizados entre 2007–2011 de las capturas de la pesca artesanal, representando 16.07% de los organismos registrados (n=1,487). La captura de la especie se realizó principalmente en el mes de octubre (Otoño fue la temporada con mayor número de registros para la especie en la región), aunque en junio y julio también es representativa coincidiendo con los meses con temperaturas promedio más cálidas (28–30°C) (Alatorre-Alba, 2011). En el sur de Nayarit en particular *C. falciformis* fue la especie más frecuente, con 44% de los tiburones registrados para esta región (Furlong-Estrada, 2013).

Se determinaron las variaciones temporales en la captura de tiburón de las islas y costa central de Nayarit a partir de los registros oficiales. No se encontraron diferencias significativas entre las capturas totales mensuales ($ANDEVA_{11,\ 224}$ $F = 1.291$, $p > 0.05$) pero sí entre las estacionales ($ANDEVA_{3,\ 224}$ $F = 4.227$, $p < 0.01$), siendo mayores en invierno que en primavera y verano (19.24, 10.08 y 7.68 t, respectivamente) (Torres-Herrera y Tovar-Ávila, 2014).

En los litorales de Jalisco, Colima y Michoacán, durante el periodo abril 2006–abril 2007, se registraron 1,962 organismos capturados en 18 viajes de pesca, siendo la especie más abundante *C. falciformis* con 88.12% del total capturado. Esta especie se presentó en

todos los meses del periodo de estudio, pero siendo más abundante en abril (Cruz *et al.*, 2011).

En el estado de Oaxaca la pesquería es sostenida también por *C. falciformis*. Durante un estudio realizado entre 2000–2003 en la región conocida como "Costa Chica" se registró un total de 2,164 tiburones, de los cuales *C. falciformis* representó 77.9% de la captura, siendo la especie con mayor valor comercial. Los meses de mayor captura fueron diciembre y enero de 2002 y 2003 (Alejo-Plata *et al.*, 2006a). En otro estudio realizado entre 2004–2005 en las costas de Salina Cruz, se registró un total de 1,187 tiburones, *C. falciformis* fue también la especie más importante, con 35.7% de la CT. Los meses de mayor volumen de captura fueron marzo y julio (Alejo-Plata *et al.*, 2006b). En ambos estudios se reportó que las capturas estuvieron compuestas principalmente por juveniles.

En Puerto Chiapas, el puerto más importante de dicho estado y dónde se concentran la mayor flota de embarcaciones menores, se registraron 22,562 organismos de *C. falciformis* (59.91% del total registrado) entre 1996–2003. Esta especie, junto con la cornuda común o tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) soportó la pesquería en la zona durante ese periodo, con 89% de la captura total. Octubre a diciembre de 1996 fueron los meses de mayor abundancia de *C. falciformis* en la región, antes de El Niño (1997–1998). Durante este fenómeno la mayor abundancia se registró en marzo de 1997, enero–marzo de 1998 y enero de 1999, regresando a las condiciones de disponibilidad del recurso en 2000 y 2001 similar a las de 1996. Según los autores, este evento climatológico se puede considerar como un efecto positivo sobre la distribución, abundancia y disponibilidad del recurso (Soriano-Velásquez *et al.,* 2001).

En el Golfo de México, *C. falciformis*, en conjunto con el tiburón toro (*C. leucas*), el tiburón poroso (*C. porosus*) y el cazón espinoso cubano (*Squalus cubensis*) aportaron solamente 2% de la CT de tiburón durante 1993–1994 (Castillo-Géniz *et al.,* 1998). Sin embargo, para la península de Yucatán, *C. falciformis* ha sido identificado como una de las siete especies más importantes en la pesquería de tiburón, siendo un recurso importante para la alimentación humana en la región (Bonfil, 1990).

Estimaciones de la CPUE y abundancia relativa

La recopilación de datos dependientes de la pesca es una de las herramientas más valiosas disponibles para los evaluadores de las pesquerías y las estimaciones de captura se utilizan para ilustrar la composición de especies de las pesquerías individuales y las tasas de utilización. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es un índice comúnmente utilizado para eliminar tendencias temporales y espaciales en la abundancia de las poblaciones de peces. Las unidades de esfuerzo se refieren a una parte o pieza del equipo de pesca diseñado y empleado de manera uniforme que se despliega en el agua a la hora de pescar (Morgan y Burgess, 2005).

Pocos son los estudios que han estimado la CPUE como indicador de la abundancia para las diversas especies de tiburón en las diferentes zonas costeras y pesquerías mexicanas, debido a la dificultad para estimar el esfuerzo de pesca y la carencia de información de captura por especie. Por lo general, las estimaciones de abundancia se estiman a partir de los volúmenes totales de captura (Guevara-Cruz, 2011).

Distintas unidades de esfuerzo para estimar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se compararon en la pesca artesanal de Manzanillo, Colima, como el número de viajes de pesca, número de pescadores y horas de pesca. El número de viajes de pesca fue considerado la unidad más conveniente para la evaluación de esta pesquería (González-Becerril *et al.,* 2000).

La CPUE ha sido utilizada para determinar la selectividad y eficiencia de distintos tipos de anzuelos comúnmente utilizados en la pesca comercial de tiburón en las costas de Mazatlán, México. De acuerdo con Galeana-Villaseñor *et al.* (2008), el tipo de anzuelo no presentó influencia en la captura.

También se ha comprobado el efecto de la combinación anzuelo-carnada en la captura de tiburón en barcos palangreros al noroeste de Pacífico mexicano. Los resultados mostraron que el tipo de anzuelo no tiene efectos significativos en la CPUE de tiburones; mientras que el tipo de carnada si exhibe una diferencia significativa ($P<0.05$). De las comparaciones múltiples, la carnada de calamar resulto con una media superior que la carnada de lisa para el tiburón azul (en 13.5%) y el tiburón jaquetón (en 52.7%). La combinación anzuelo recto-calamar presentó una mayor CPUE de *C. falciformis* y del tiburón mako, *Isurus oxyrhinchus* (Galeana-Villaseñor *et al.*, 2009).

En el noroeste del Océano Atlántico se estimó la CPUE con base en el número de tiburones por anzuelos usando un modelo lineal generalizado, estos datos se obtuvieron de lances realizados de la pesca comercial de tiburón con palangre de fondo 1994–2009. El tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*) fue el que más se capturó, obteniendo la mayor abundancia en 2008 (439.1 tiburones/10000 anzuelos) y la menor en 1995 (59.7 tiburones/10000 anzuelos) (Carlson *et al.*, 2012).

Para el Golfo de México en el periodo noviembre 1993–diciembre 1994 se determinó la CPUE con el número de tiburones capturados por número de viajes de pesca al mes. Campeche tuvo el mayor número de embarcaciones, excursiones de pesca y desembarques de tiburones en general. La mayor CPUE se registró en octubre de 1994 (27.2 tiburones/viaje) y la menor en abril de 1994 (4.46 tiburones/viaje) (Castillo-Géniz *et al*., 1998).

En el periodo 1990–2011 se estimó la CPUE de tiburones capturados por la flota española palangrera de superficie en diferentes áreas del Océano Pacífico, con base en el número de tiburones (CPUE#) y peso neto (CPUEw) (para cada sexo, sexos combinados y por categorías de tallas) por cada 1000 anzuelos. Se observó esporádicamente *C. falciformis* en latitudes altas de ambos hemisferios. En general la CPUEw y la CPUE# en la mayoría de las áreas fue ligeramente superior para los machos, predominando organismos pequeños. El área con mayor CPUE se observó en Centroamérica, con 95.8 kg y 4.2 tiburones por cada 1000 anzuelos (García-Cortes *et al.*, 2012).

En el Ecuador se realizó un estudio para determinar el esfuerzo pesquero donde se analizaron 54,527 viajes de pesca de embarcaciones menores que utilizaron palangre de superficie (PS) durante el período 2008–2010, y adicionalmente 18680 lances de pesca de la flota palangrera. Se analizaron un total de 77,637 ejemplares de *C. falciformis,* siendo 2010 el año de mayor abundancia (32,638 ejemplares). La CPUE registrada presenta un mínimo en julio (0.925 tiburones/1000 anzuelos) y un máximo en febrero (2.326 tiburones/1000 anzuelos) en la pesquería de Atún, Picudo y Tiburón con PS y en la pesquería de Dorado con PS, 0.123 (enero) y 1.386 (abril) (Martínez-Ortiz *et al.*, 2011).

En la pesquería artesanal de elasmobranquios de la costa oriental de Baja California se calculó la CPUE con base en el número de individuos capturados por embarcación y viaje. Los elasmobranquios fueron las especies objetivos en 70.6% de las capturas, sin embargo el esfuerzo pesquero fue oportunista y dirigido hacia especies múltiples. *C. falciformis* aportó

2.31% (n=104) de la CT, constituyendo 3.35% (n= 56) de los desembarques en el verano de 1998 y 9.07% (n=48) en el verano de 1999, una CPUE total de 1.42/desembarque. Cabe resaltar que en primavera y otoño del periodo estudiado no se registró la captura de esta especie en la zona (Smith *et al.,* 2009).

La CPUE ha sido utilizada para estimar la abundancia de distintas especies de tiburones en la pesquería artesanal de tiburones de la costa occidental de Baja California (Bahía Sebastián Vizcaíno) en el periodo 2006–2008, utilizando como unidad de esfuerzo el número de viajes. En dicho estudio *P. glauca* representó el 68.2% de las capturas con una CPUE= 17.4/viaje, seguido de *I. oxyrhinchus* con 28.3% de la captura y una CPUE = 7.2/viaje (Cartamil *et al*., 2011).

En Sonora, durante el periodo 1998–1999, las rayas fueron las especies dominantes en la pesca artesanal (63.4 % de los organismos registrados, N= 158,038) y entre los tiburones, el tiburón mamón (*Mustelus henlei*) fue la especie más abundante (21.1% de CT) obteniendo la mayor CPUE en otoño 26.19 y la menor en verano con 1 (Bizzarro *et al*., 2009a). Para Sinaloa prospecciones estacionales de la pesquería artesanal durante 1998–1999 estimaron que *Sphyrna lewini* fue la especie más abundante, representando 43.1% del total de la captura (N= 3,676), registrando la mayor CPUE en primavera (14.5) y la menor en verano (0.7). En estos dos estudios la captura por unidad de esfuerzo se definió por el número de tiburones/lancha/viaje, calculada para cada estación (Bizzarro *et al.*, 2009b).

Al sur de las Islas Marías (de octubre de 1995 a marzo de 1996), y alrededor de la Isla Isabel y las Islas Marías (de noviembre de 2000 a febrero de 2001) se estimó la CPUE de tiburones capturados por lance, donde el arte de pesca utilizado fue la red de enmalle de deriva y un número estándar de ganchos en los palangres o en la longitud de las redes de enmalle. Como resultados, *C. falciformis* con una CPUE de 1.6 tiburones/lance fue más abundante al sur de las Islas Marías en el mes de noviembre y al utilizar la red de enmalle como arte de pesca, la menor CPUE fue de 0.2 (Pérez-Jiménez *et al.*, 2005).

En Nayarit se estimó la CPUE mensual obtenida por la flota artesanal en el periodo de marzo 2010 a julio 2011 (exceptuando febrero), como unidad de esfuerzo se utilizó el número de viajes realizados por mes. En junio se observó el mayor número de viajes de pesca (50). La mayor CPUE por especie la obtuvo *P. glauca,* registrándose en el mes de diciembre (125 tiburones/viaje) y la menor en septiembre (3 tiburones/viaje) (Guevara-Cruz, 2011).

El programa tiburón del CRIP manzanillo monitoreó la pesquería de tiburón de palangreros oceánicos durante 1986–1999, en 40 cruceros cubriendo el área frente BCS, boca del GC, sur de Cabo corrientes, Golfo de Tehuantepec e Islas Revillagigedo. Con un esfuerzo de pesca total de 908 lances y 1'244,530 anzuelos, obteniendo para *C. falciformis* una CPUE de 0.75 tiburones/100 anzuelos y una N= 9,344 (Mendizábal *et al.*, 2000).

La CPUE del tiburón oceánico de aletas blancas (*C. longimanus*) en la pesquería palangrera de mediana altura del PCM se estimó para el periodo 2003–2011. La CPUE mensual fue entre 0 y 0.44 tiburones/1000 anzuelos, con un promedio anual de 0.16. Más del 75% de los individuos se obtuvo en distancias >100 millas náuticas (MN) desde la costa. Los valores más altos se obtuvieron durante mayo. Como en la mayoría de las pesquerías de tiburones, ésta incidió sobre más de 85% de individuos juveniles de *C. longimanus* (Santana-Hernández *et al.*, 2013).

Para esta misma zona se comprobó que la variación interanual de *C. falciformis* obtenida durante el periodo 2003-2011 tienen un coeficiente de correlación positivo con la TSM del mismo periodo (Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2014).

JUSTIFICACIÓN

Es posible que debido a la captura constante de *C. falciformis*, y dada su importancia comercial y su alta disponibilidad a las diversas pesquerías, su población se encuentre en riesgo y sus poblaciones hayan disminuido en los últimos años. La sobrepesca de esta especie puede llevar al declive de diversas pesquerías, con consecuencias económicas y sociales. Por lo anterior, es importante realizar los análisis correspondientes para lograr un manejo adecuado de sus poblaciones. Factores físicos como las condiciones climáticas, las corrientes superficiales, temperatura del agua, las fases lunares y vientos provenientes del Norte pudiesen tener también efectos en la abundancia y captura de la especie.

Diferentes unidades de esfuerzo pueden ser utilizadas para estimar la CPUE. Evaluar la conveniencia de estas es de gran importancia para estimar índices de abundancia de la especie confiables.

Aunque la abundancia de diversas especies de tiburones en la zona del PCM ha sido estudiada, no existen estudios sobre la variación de la abundancia de *C. falciformis* en relación a variables oceanográficas y pesqueras debidos a sus hábitos migratorios, es imperativo saber la zona en la que se distribuye, así como la variabilidad de su abundancia de acuerdo al mes o estación del año en que se le pesca. Esta información es de gran importancia para determinar posibles efectos de la pesca en las poblaciones de la especie, así como desarrollar y mejorar medidas para su protección y manejo, como la actualización de la Carta Nacional Pesquera (Ficha de tiburones costeros del Pacífico), el periodo de veda de pesca de tiburón en el Pacífico, así como opiniones técnicas para justificar o no la inclusión de la especie en los apéndices de la Convención Internacional para el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES). Los análisis de abundancia son indispensables para hacer un buen uso de este recurso marino, logrando su uso sustentable, ya que la sobrepesca puede llevar a que decaigan sus poblaciones, con consecuencias económicas y sociales. Con este estudio se contribuirá a determinar el estado de la pesca de este organismo durante la última década, así como las zonas de mayor abundancia.

HIPÓTESIS

La abundancia de *Carcharhinus falciformis* en las capturas de la flota palangrera de mediana altura del PCM puede ser estimada a partir de distintos unidades de esfuerzo (viajes, lances, anzuelos, tiempo y longitud del palangre). Esta especie ha presentado variaciones en su abundancia durante los últimos años en la zona de estudio, reflejándose en la captura por unidad de esfuerzo. Estás variaciones en la abundancia están relacionadas con la temporada, la distancia de la costa y la TSM en la cual pescan las embarcaciones.

OBJETIVOS

General

- Analizar la variación temporal y espacial en la abundancia de *Carcharhinus falciformis* capturados por la pesquería palangrera en el Pacífico central mexicano, durante el periodo 2003–2011.

Particulares

- Comparar la conveniencia de distintas unidades de esfuerzo para estimar la CPUE de la especie en la pesquería palangrera de mediana altura en el PCM.

- Determinar la abundancia de la especie con base en la CPUE.

- Determinar si existen variaciones temporales y espaciales en la abundancia de la especie.

- Analizar la influencia de la TSM en la distribución y abundancia de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio y caracterización del sistema de pesca

El Pacífico tropical mexicano se extiende de la frontera sur de México hasta la entrada al GC. De acuerdo con Lavín y Marinone (2003) las aguas de esta extensión oceánica se encuentran influenciadas por las corrientes superficiales del Pacífico oriental tropical (POtr), siendo la Corriente Ecuatorial del Sur (CES), Contracorriente Ecuatorial Norte (CCEN), Corriente Ecuatorial del Norte (CEN), Corriente de Costa Rica (CCR) y Corriente de California (CC) las principales de este complejo sistema oceánico. Las masas de agua alrededor de la entrada del GC se mueven a través de todo el sistema de corrientes oceánicas del POtr, con un fuerte comportamiento estacional que es reflejo de cambios estacionales meteorológicos a gran escala en el Océano Pacífico (Fig. 6).

La región que abarca México, América Central y el Caribe tiene características únicas por estar rodeada de regiones oceánicas cálidas que controlan el clima regional. Sus fluctuaciones estacionales e interanuales modifican el clima de gran parte del planeta. Los casos más dramáticos son los fenómenos del Niño y la Niña (Trasviña-Castro, 2002). El impacto de El Niño en los mares mexicanos parece ser más claro en el Pacífico, no obstante las alteraciones en la actividad de la Zona Intertropical de Convergencia (ITCZ por sus siglas en ingles) en el Pacífico mexicano, pueden incluso sentirse en el Caribe, pero siendo mucho menor la amplitud de la señal en esta región (Trasviña-Castro *et al.*, 1999). Específicamente en la región conocida como el PCM, la cual se extiende a lo largo del litoral de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán, convergen dos corrientes importantes, la de agua fría de California y la cálida de Costa Rica, siendo esta una extensión de la contracorriente ecuatorial. Las temperaturas medias anuales del agua oscilan entre los 26–28°C, hasta una profundidad de 40–50 m (Wyrtki, 1967; Michel-Morfin *et al.*, 2006). El fondo marino en esta región presenta numerosas irregularidades topográficas, con una amplia zona de plataforma continental, un grupo de islas, un pronunciado declive del talud continental y profundidades de hasta 5,000 m (Bulgakov y Martínez-Zatarain, 2006).

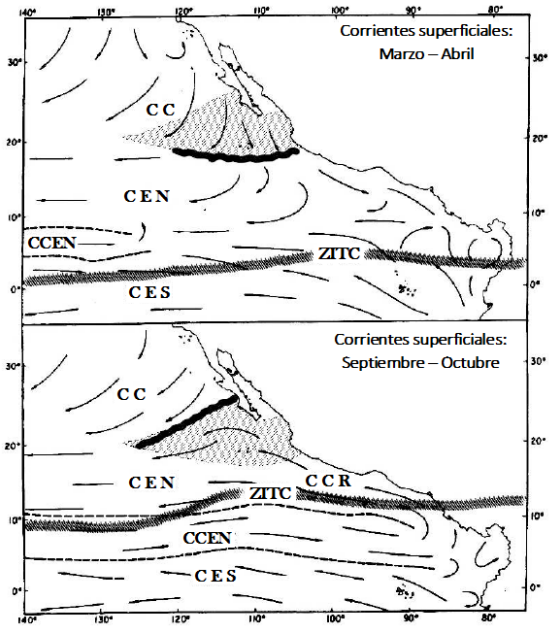


Figura 6.- Corrientes superficiales en el Pacífico Oriental Tropical (modificado de Lavín y Marinone, 2003).

El área de estudio abarca la zona de operación de la flota palangrera de mediana altura con base en el puerto de Manzanillo, Colima, México. Esta pesquería está conformada por 20 pangas adaptadas, asociadas en la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "Tiburoneros y escameros de las costas de Colima", SC de RL. La zona de pesca de esta flota abarca desde Cabo Corrientes, Jalisco (20° 24' 32" N y 105° 41' 40" O) hasta Lázaro Cárdenas, Michoacán (17° 57' 22" N y 102° 11' 32" O), hasta 200 mn de la costa, siempre dentro de la ZEE (Fig. 7). El esfuerzo pesquero aplicado en el PCM por dichas embarcaciones está dirigido a la captura de tiburones, constituyendo este recurso alrededor del 75% de la captura total.

Las embarcaciones de la pesquería de median altura del PCM están hechas de fibra de vidrio y tienen eslora (largo) de 9–18 m y manga (ancho) de 3–4 m, con cubierta corrida (carrete movido mediante fuerza hidráulica). Usan motor estacionario de diésel y tienen una autonomía de 7–10 días (6–10 lances de pesca por viaje), ya que su capacidad de bodega es de 4–5 t. Durante cada lance se utilizan entre 450–800 anzuelos. Los dueños de estas embarcaciones se encargan de cubrir todos los costos: diésel, carnada, artes de pesca, hielo, provisiones para los tripulantes así como el mantenimiento. La tripulación está compuesta por

el capitán y uno o dos pescadores (Santana-Hernández, 2001; SAGARPA, 2010; Cruz *et al.*, 2011, Santana-Hernández *et al.*, 2013).

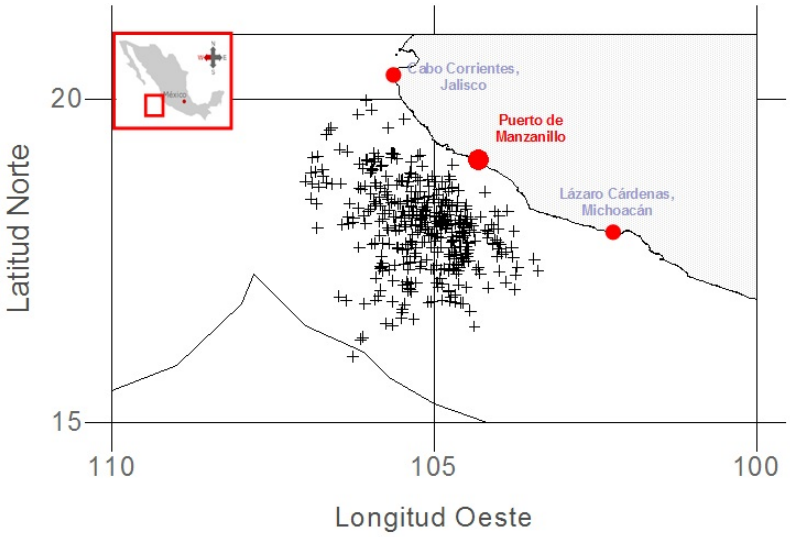


Figura 7.- Zona de Operación de la flota palangrera de mediana altura con base en el puerto de Manzanillo, Colima, México (tomado de la Carta Nacional Pesquera-SAGARPA, 2010).

Composición y análisis de datos

La información utilizada para la realización del presente trabajo fue obtenida por observadores a bordo de las embarcaciones, durante el desarrollo de proyectos de investigación del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) Manzanillo, Colima, México, del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA).

Se analizó información de 183 viajes de pesca en los que se realizaron 1,082 lances de pesca. De cada lance se obtuvo: hora y posición geográfica inicial y final, número de anzuelos calados y longitud del palangre. La identificación de cada individuo capturado se realizó hasta el nivel de especie con base en sus características morfométricas y coloración, utilizando diversas claves taxonómicas (e.g. Compagno *et al.,* 1984; Fischer *et al.,* 1995; etc.), obteniéndose su longitud total, furcal e interdorsal así como el sexo. La distribución geográfica de la captura de *C. falciformis* fue representada en un mapa, considerando la latitud y longitud del inicio de calado del palangre. La distancia de la zona de captura a la costa se obtuvo a partir del punto inicial de cada lance al punto más cercano de la costa continental en línea recta. La información fue concentrada en una base de datos en Excel.

Análisis de la abundancia total y las unidades de esfuerzo

La abundancia relativa (en comparación a otras especies de tiburón) de *C. falciformis* en las capturas se estimó para cada año, mes y estación. Los meses sin registro de capturas no fueron incluidos en el análisis de promedios mensuales, considerándose meses en los cuales no se realizaron viajes de pesca debido a las condiciones del tiempo o no se contó con observador a bordo durante el viaje del mes.

Se compararon distintas unidades de esfuerzo para determinar si eran equivalentes y seleccionar la más conveniente para estimar la abundancia de la especie (Cruz *et al.*, 2011; González-Becerril *et al.*, 2000). Las medidas de esfuerzo comparadas fueron: número de viajes (NV), número de lances (NL), número de anzuelos (NA), longitud del palangre (LP) y tiempo de lance (TL). Para la comparación se utilizó un análisis de regresión lineal múltiple (RLM) entre la variable dependiente (captura) y las distintas variables independientes (unidades de esfuerzo), agregando a cada modelo las variables temporales (mes y estación), espacial (zona de distancia) y de la TSM. La unidad de esfuerzo más conveniente se determinó a partir del coeficiente de correlación múltiple (r) y el coeficiente de determinación (r^2) (Rodríguez y Morar, 2002).

Abundancia relativa y su variación temporal-espacial

Una vez definida la unidad de esfuerzo más conveniente se estimó la CPUE, que fue utilizada como índice de abundancia relativa de la especie, dividiendo la captura entre el esfuerzo. Se estimó la CPUE promedio de *C. falciformis* por año, mes y estación del año: invierno (enero–marzo), primavera (abril–junio), verano (julio–septiembre) y otoño (octubre–diciembre), las estaciones del año fueron definidas de acuerdo a la TSM promedio de la zona de captura durante el periodo de estudio (Torres-Herrera y Tovar-Ávila, 2014).

La variación temporal (anual, mensual y estacional) de la CPUE se determinó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) de un factor. Mientras que la variación espacial se determinó mediante un análisis de covarianza (ANCOVA), considerando el año, mes o estación del año como la covariable, al haber comprobado previamente la variación temporal significativa de la CPUE (Quinn y Keough, 2002; Rodríguez-Jaume y Morar, 2002; Pardo-Merino y Ruíz, 2005; McDonald, 2008; SPSS, 2010). Para la comparación espacial se separó la

CPUE en tres regiones de acuerdo a la distancia de la costa de los lances de pesca: Zona 1) <50 mn, Zona 2) 50–100 mn y Zona 3) >100 mn.

La normalidad de los residuos de los datos utilizados en el RLM se comprobó mediante gráficos de probabilidad normal, de residuales tipificados y el estadístico de Durbin-Watson (Anexo 1). La normalidad de los datos de CPUE utilizados para el ANDEVA y el ANCOVA, se comprobó con los gráficos de normalidad y el test de Kolmorov-Smirnov (Anexo 2) (Rodríguez-Jaume y Morar, 2002). La homogeneidad de las varianzas (homocedasticidad), se comprobó mediante la prueba de Levene ($P>0.05$) (Pardo-Merino y Ruíz, 2005; SPSS, 2010). Se utilizaron diagramas de dispersión por nivel (índice de potencia para transformación) mediante la escala de potencias de Tukey, para determinar la transformación de los datos más conveniente cuando estos no satisfacían el supuesto de homocedasticidad (Zar, 1995; Rodríguez-Jaume y Morar, 2002; Salgado-Ugarte, 2010). Los datos de captura, el esfuerzo, así como la CPUE fueron transformados a raíz cuadrada.

Los datos utilizados para comprobar la variación temporal en la CPUE anual, mensual y estacional presentaron homogeneidad en sus varianzas ($P>0.05$), así como también los datos utilizados para comprobar la variación espacial en la CPUE mensual y estacional, presentaron homogeneidad en sus varianzas ($P>0.10$).

Cuando se encontraron diferencias significativas en los análisis de ANOVA, se utilizó la prueba *pos-hoc* de Tukey para determinar las diferencias por pares entre la CPUE por mes y estación (Rodríguez-Jaume y Morar, 2002; Pardo-Merino y Ruíz, 2005; Torres-Herrera y Tovar-Ávila, 2014). Para los análisis de ANCOVA, se utilizó la prueba *pos-hoc* de Bonferroni entre la CPUE de las diferentes zonas de distancia de la costa por mes y estación (Field, 2013).

Para comprobar la existencia y grado de relación entre la abundancia con la temperatura, se aplicó un análisis de correlación de Pearson (para muestras paramétricas) (Ludwig y Reynolds, 1988, Pardo-Merino y Ruíz, 2005) entre la CPUE y la temperatura (mensual y estacional). Las TSM se obtuvieron a partir de imágenes satelitales multiespectráles (NOAA-AVHRR con pixeles de 9 km) proporcionadas por el Laboratorio de Geomática del INAPESCA. Estás imágenes contienen la temperatura promedio mensual de la zona de captura. Todas las prueba estadísticas fueron realizadas con el programa IBM SPSS Statistics versión 22 para Windows 8.1.

RESULTADOS

Se registró información de 183 viajes de marzo del 2003 a diciembre del 2011, durante los cuales se realizaron 1,082 lances y utilizaron 573,011 anzuelos, en aproximadamente 22,204 millas de línea madre total y alrededor de 3,714 horas de pesca. Durante estos viajes se capturaron 18,137 tiburones, de los cuales 13,325 fueron *C. falciformis*, siendo la especie más abundante durante el periodo estudiado en el PCM, con 73.46% del total de tiburones capturados. Durante el periodo de estudio también se capturaron otras especies de tiburón como: *P. glauca*, *C. longimanus* (tiburón de puntas blancas), *S. zygaena* (cornuda prieta), *Alopias pelagicus* (tiburón zorro) entre otros. Además de otros peces pelágicos como: dorado (*Coryphaena hippurus*), atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), pez espada (*Xiphias gladius*), pez vela (*Istiophorus platypterus*) y marlín rayado (*Tetrapturus audax*).

Los lances calados durante el periodo 2003–2011 por parte de la flota palangrera de mediana altura de Manzanillo, se realizaron dentro del cuadrante geográfico: 17° 00’ N a 20° 00’ N y 103° 00’ O a 107°00’ O. Algunos lances se realizaron también fuera de las 200 mn de la ZEE (Fig. 8).

La captura absoluta de *C. falciformis* registró un aumento durante la primera mitad del periodo de estudio, y un decremento a partir del año de mayor captura (2007), cuando se registraron 2,105 organismos (15.79% de la CT del periodo de estudio). Por el contrario, el año de menor captura registrada fue 2003, con 881 organismos (6.61% de la CT) (Fig. 9).

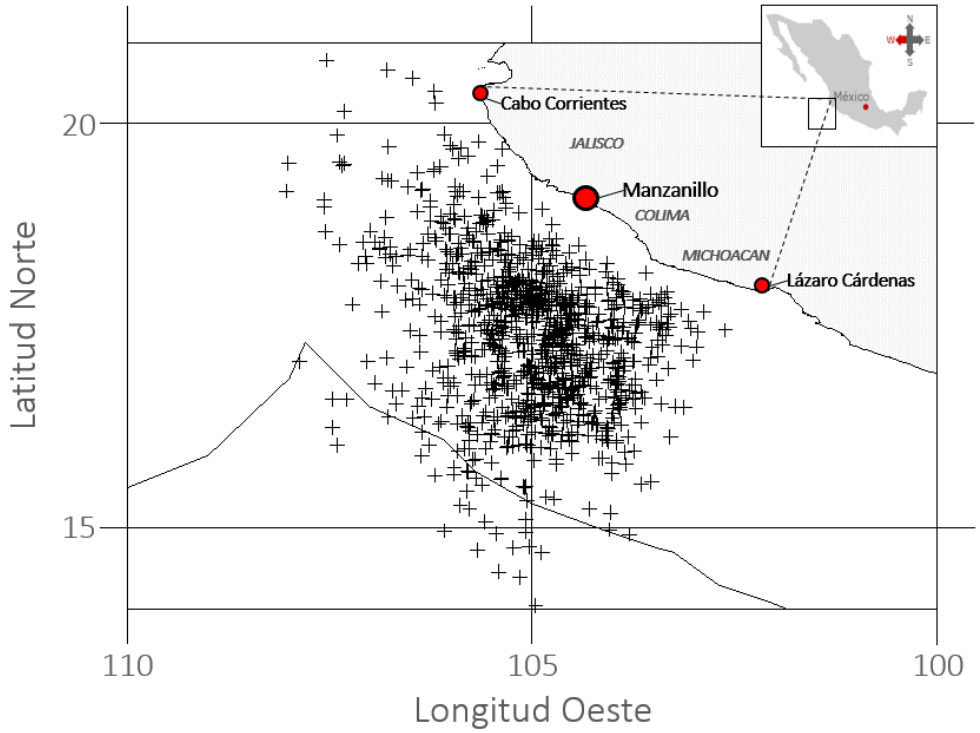


Figura 8.- Lances de pesca realizados por barcos palangreros de Manzanillo, Colima, México, en el Pacífico central mexicano (2003–2011).

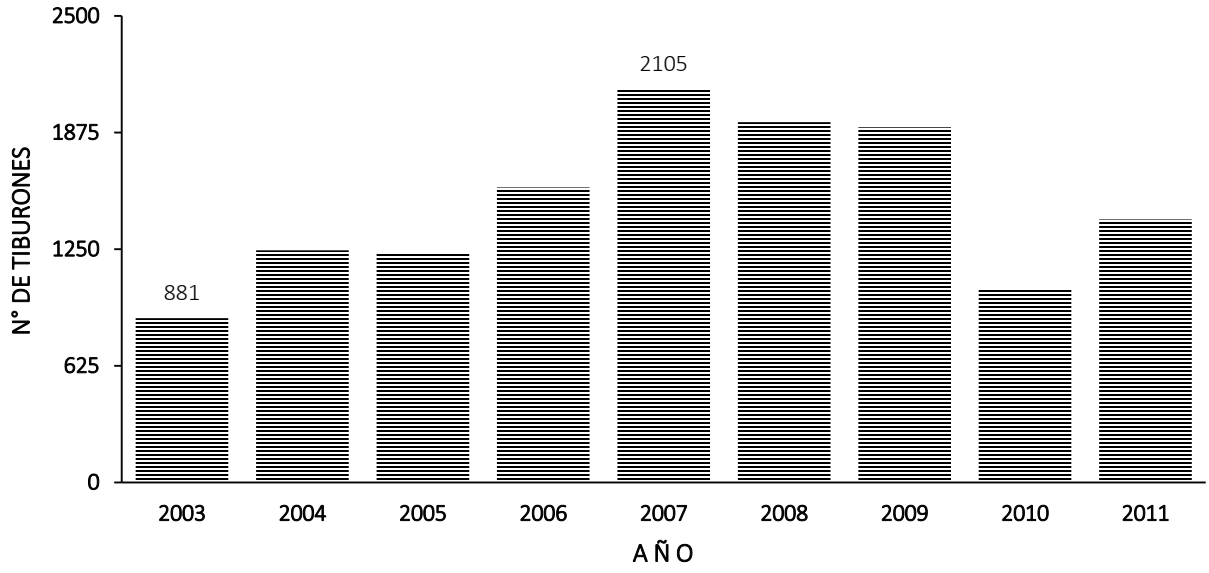


Figura 9.- Captura total anual de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003–2011). Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de captura.

El porcentaje de *C. falciformis* capturados fue mayor al de otros tiburones durante todos los años analizados. Durante 2011 esta especie representó el mayor porcentaje de la captura (89.24 %), mientras que 2004 fue el año de menor porcentaje (60.21 %) respecto a la CT (Fig. 10).

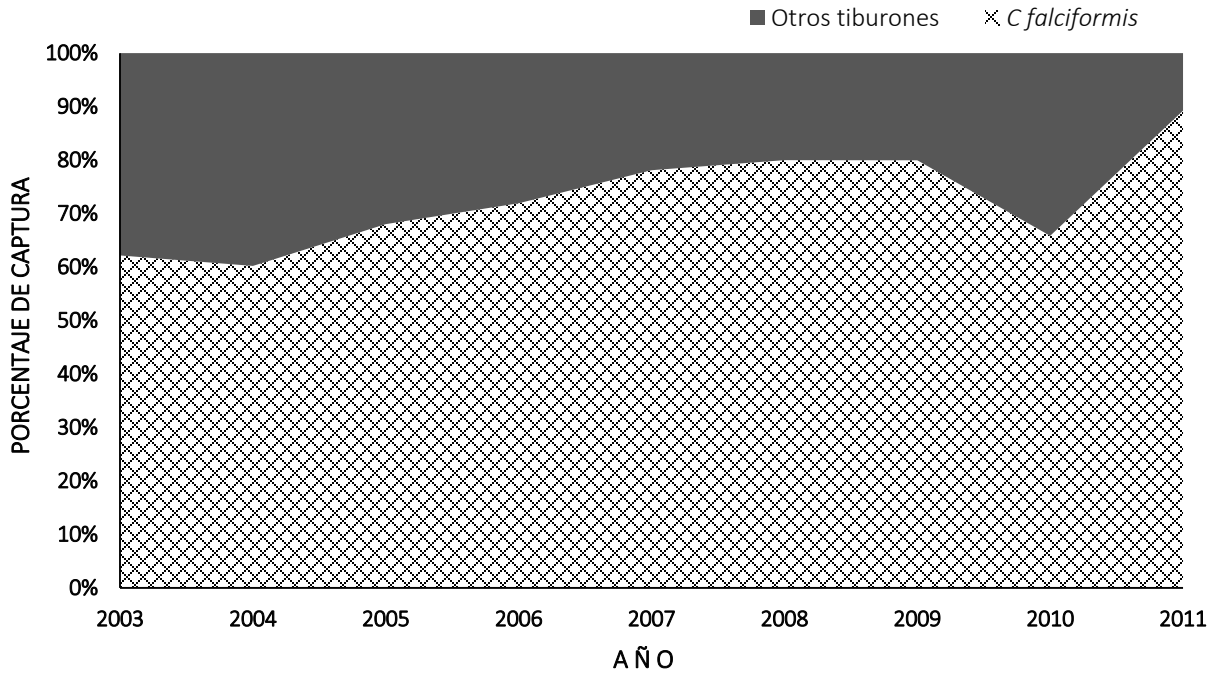


Figura 10.- Porcentaje de captura total anual de *C. falciformis* y otros tiburones en el Pacífico central mexicano (2003-2011).

Se observó una marcada variación en el promedio mensual de CT de *C. falciformis.* El mes de mayor captura promedio de esta especie fue mayo (263 tiburones, EE=47.63) con 17.78% de la captura total anual promedio (CTAP). Por el contrario, el mes de menor captura promedio fue enero (57 tiburones, EE=11.28), con 3.78% de la CTAP (Fig. 11). De igual manera, se observó variación en la captura promedio por estación, siendo mayor en verano (561 tiburones, EE=96.68), representando 38% de la CTAP, y la menor en invierno (176 tiburones, EE=34.32), 12% de la CTAP (Fig. 10).

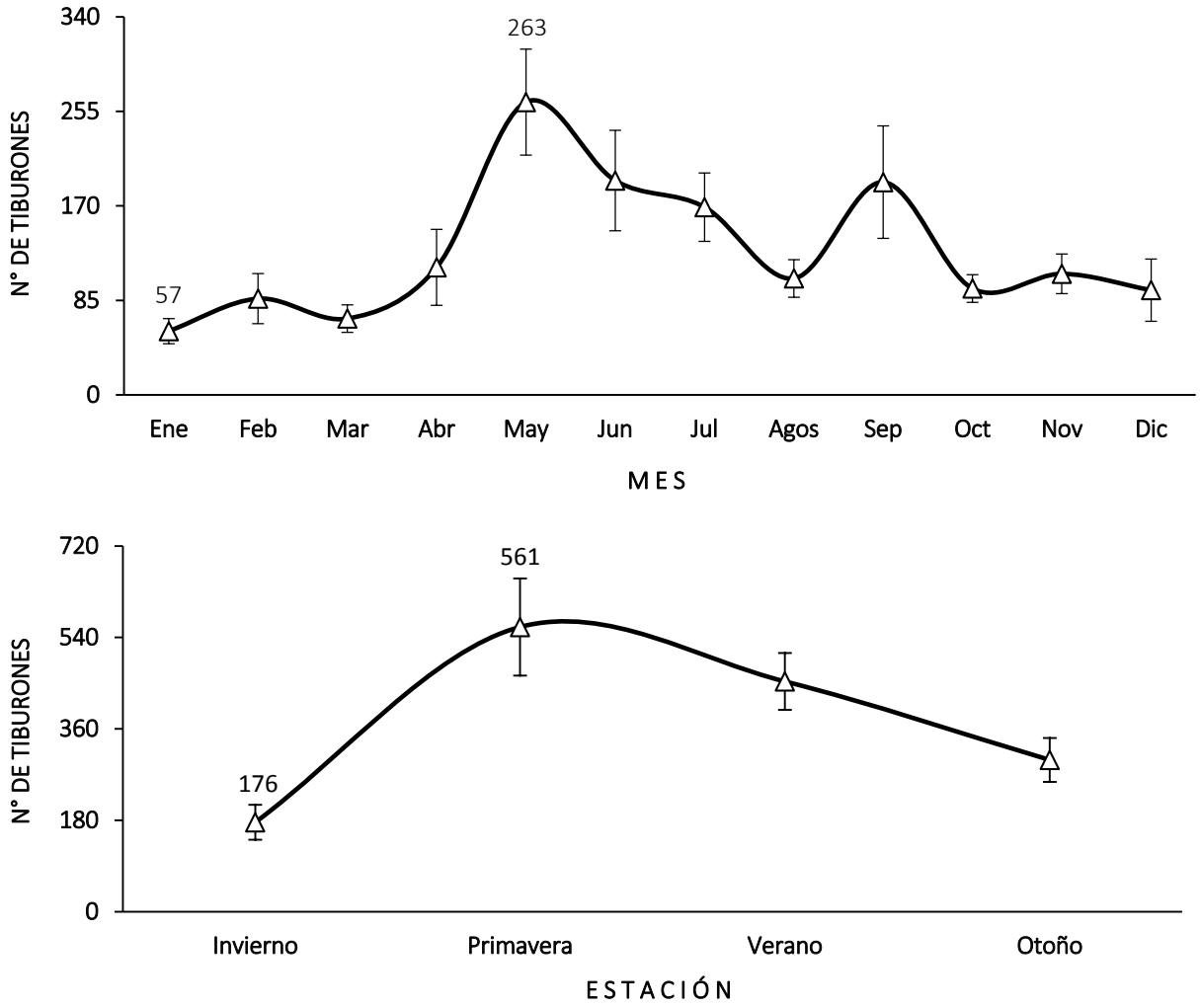


Figura 11.- Captura mensual (a) y estacional (b) promedio de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Las barras representan el error estándar. Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de captura.

Comparación de las unidades de esfuerzo

El patrón en la variación mensual de la captura y el esfuerzo promedio aplicado fue similar utilizando distintas unidades de esfuerzo: número de viajes (NV), número de lances (NL), número de anzuelos (NA), longitud de palangre (LP) y tiempo de lance (TL) (Fig. 12). El mes de mayor esfuerzo total aplicado fue mayo, mientras que enero fue el mes de menor esfuerzo aplicado (Tabla 1).

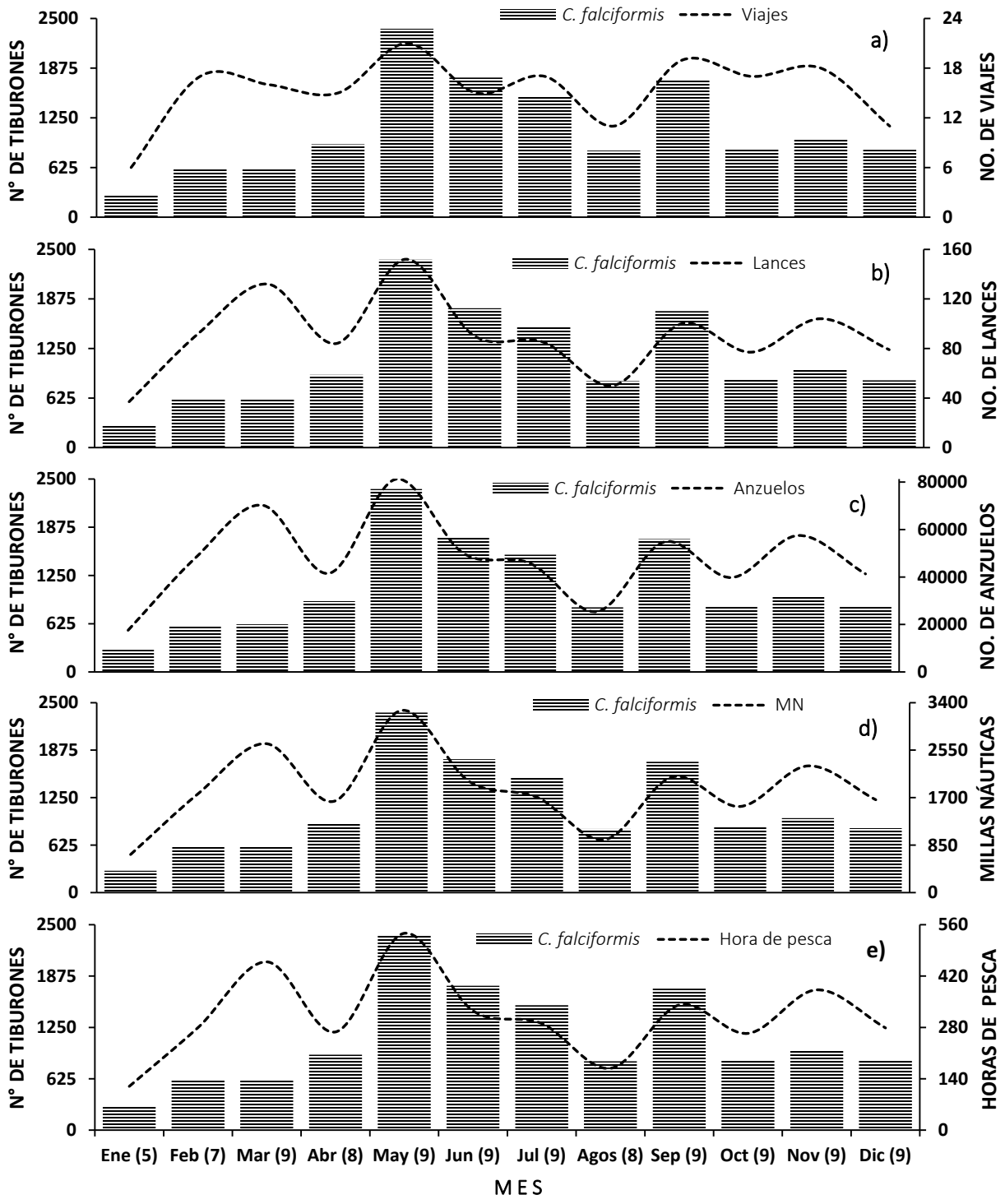


Figura 12.- Captura y esfuerzo mensual total estimado con (a) número de viajes, (b) número de lances, (c) número de anzuelos, (d) longitud de palangre y (e) tiempo de lance, de la pesca de mediana altura en el Pacífico central mexicano (2003–2011). Entre paréntesis se muestra el número total de meses considerados.

Tabla 1.- Captura mensual (número de tiburones) y esfuerzo total representado en distintas unidades: número de viajes (NV), número de lances (NL), número de anzuelos (NA), longitud del palangre (LP) y tiempo de lance (TL) en el Pacífico central mexicano (2003–2011). Entre paréntesis se muestra el número total de meses considerados. Con flecha se indican el valor máximo y mínimo de captura.

Meses	C	NV	NL	NA	LP (MN)	TL (horas)
Enero (5) →	287	6	37	17549	681	119
Febrero (7)	606	17	92	47927	1773	280
Marzo (9)	618	16	132	70250	2667	459
Abril (8)	918	15	84	41562	1634	268
Mayo (9) →	2370	21	152	81212	3262	537
Junio (9)	1757	15	90	50031	1989	325
Julio (9)	1520	17	85	45713	1707	291
Agosto (8)	838	11	50	25456	948	169
Septiembre (9)	1722	19	100	54761	2071	341
Octubre (9)	861	17	77	39763	1542	264
Noviembre (9)	980	18	104	57483	2268	383
Diciembre (9)	848	11	79	41304	1662	279
Total	13325	183	1082	573011	22204	3714
Promedio	1110	15	90	47751	1850	309

La correlación entre la captura y el esfuerzo mensual fue positiva y significativa ($P<0.001$) con todas las unidades de esfuerzo que se analizaron. El NA y LP presentaron los mayores grados de correlación con la captura (R=0.65 y 0.64 respectivamente), el NL y TL presentaron grados de correlación ligeramente menores (R=0.62 y 0.61 respectivamente), mientras que el NV fue la unidad de esfuerzo con menor grado de correlación con la captura (R=0.48). La unidad de esfuerzo que explicó en mayor porcentaje la variabilidad de la captura fue NA (R^2=43%) (Tabla 2).

Tabla 2.- Análisis de regresión lineal múltiple y varianza de la regresión entre cinco unidades de esfuerzo: (NV) número de viajes, número de lances (NL), número de anzuelos (NA), longitud de palangre (LP) y tiempo de lance (TL) con la captura de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003–2011). SCE = Suma de cuadrados del error.

Unidad de esfuerzo	*R*	R^2	Coeficiente intercepto	Coeficiente variables	*P*	Análisis de la varianza		
						SCE	*F* (5, 99)	*P*
NV	0.582	0.339	30.10	6.99	<0.05	1235	9.63	<0.001
NL	0.701	0.492	33.45	5.27	<0.05	949	18.19	<0.001
NA	0.738	0.545	33.55	2.33	<0.05	850	22.52	<0.001
LP	0.725	0.526	32.58	2.78	<0.05	885	20.84	<0.001
TL	0.704	0.495	33.74	3.91	<0.05	943	18.42	<0.001

Variación temporal en la CPUE

No se encontraron diferencias significativas entre las CPUE totales de los distintos años ($ANDEVA_{8, 100}$ F=0.586, P>0.50).

La CPUE total anual presentó tendencia similar a la captura total anual, siendo positiva durante la primera mitad del periodo de estudio y negativa después del año de mayor CPUE. El año de mayor CPUE fue 2007 (376 tiburones/1000 anzuelos) y el de menor CPUE fue el año 2010 (219 tiburones/1000 anzuelos) (Fig. 13).

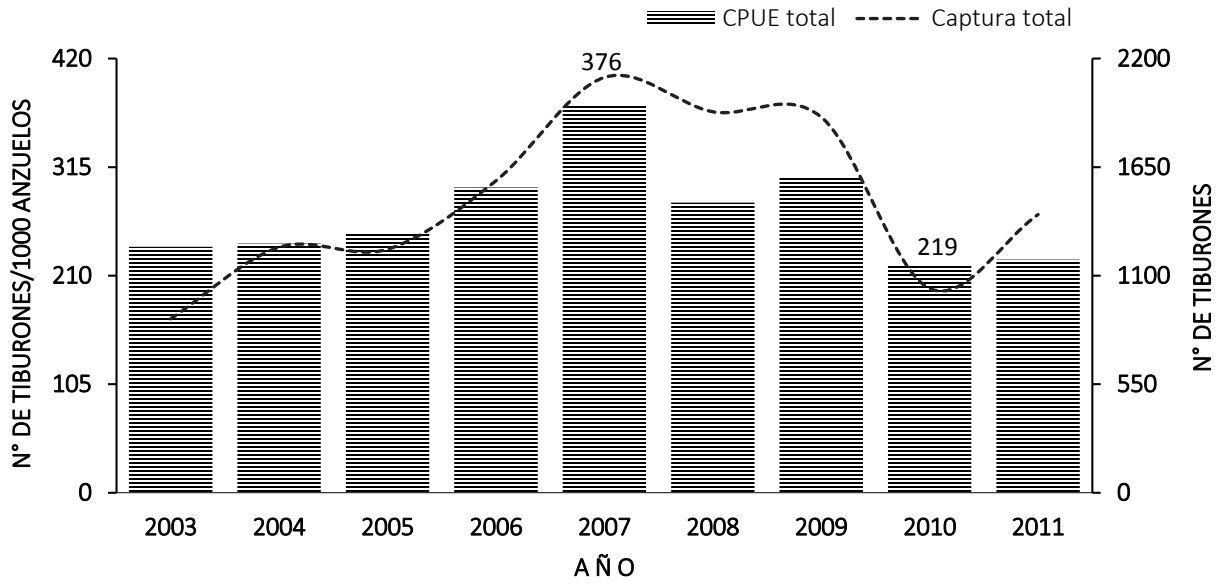


Figura 13.- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y captura total anual de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de CPUE.

Se encontraron diferencias significativas entre las CPUE totales mensuales ($ANDEVA_{11, 100}$ F=4.426, P<0.001). La prueba *post hoc* de Tukey indicó que la CPUE de agosto fue significativamente diferente de la de enero, febrero, marzo y noviembre (P<0.05) (Tabla 3). La prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey indicó la existencia de tres grupos (Tabla 4).

Se observó una marcada variación mensual en la CPUE registrada durante el periodo de estudio. La CPUE fue baja en los primeros meses del año, incrementándose y alcanzando los máximos valores a mediados del año. El mes de mayor CPUE promedio fue agosto (35 tiburones/1000 anzuelos, EE=3.59), y marzo el de menor CPUE promedio (9 tiburones/1000 anzuelos, EE=1.32). Abril fue el mes con mayor variación de la CPUE (EE=12.70) (Fig. 14), se observó el mayor y menor registro de CPUE durante el periodo de estudio, con 115 tiburones/1000 anzuelos en el año 2007 y 0.65 tiburones/1000 anzuelos en el 2010 (Fig. 15).

Tabla 3.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Tukey, contrastando la captura por unidad de esfuerzo mensual. Se presentan los meses que fueron significantes a un nivel <0.05.

(I) Mes	(J) Mes	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	*P*	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Agosto	Enero	1.8268	0.4160	0.032	0.126	3.527
	Febrero	2.5566	0.4392	0.002	0.832	4.281
	Marzo	2.9032	0.3878	0.000	1.405	4.401
	Noviembre	1.8016	0.4524	0.038	0.072	3.531

Tabla 4.- Subconjuntos homogéneos determinados a partir de la prueba de Tukey, entre la captura por unidad de esfuerzo mensual.

Mes	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Mar	5	2.9513		
Feb	9	3.2979	3.2979	
Dic	9	3.9566	3.9566	3.9566
Ene	7	4.0277	4.0277	4.0277
Nov	9	4.0529	4.0529	4.0529
Abril	9	4.6913	4.6913	4.6913
Oct	8	4.7353	4.7353	4.7353
May	8	5.1805	5.1805	5.1805
Sep	9		5.5225	5.5225
Jun	9			5.6413
Jul	9			5.7118
Ago	9			5.8545
P		0.054	0.055	0.183

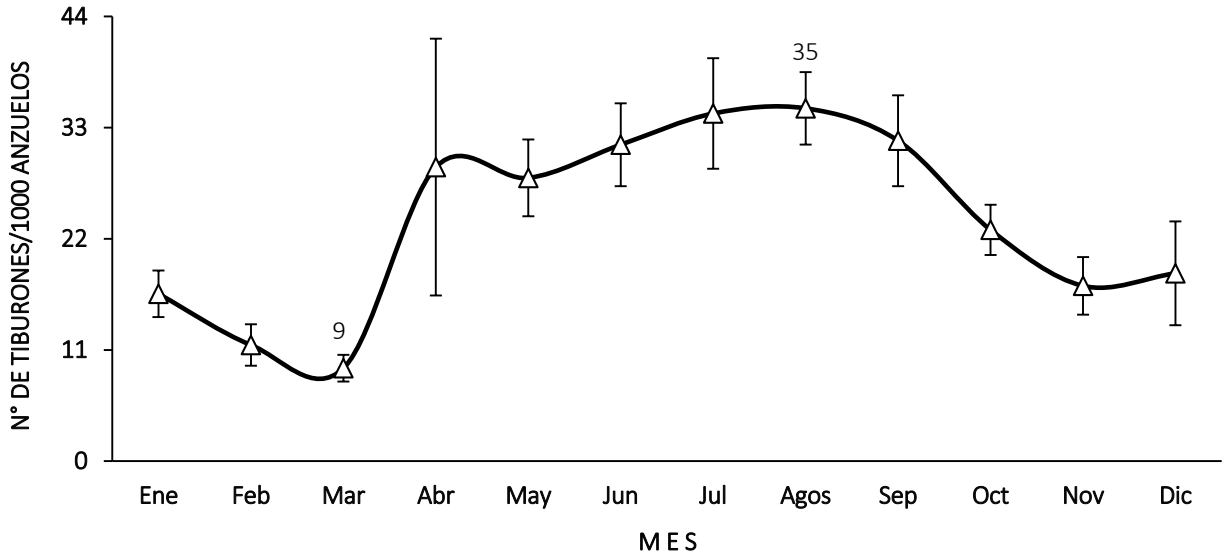


Figura 14.- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio mensual para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Las barras representan el error estándar. Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de CPUE.

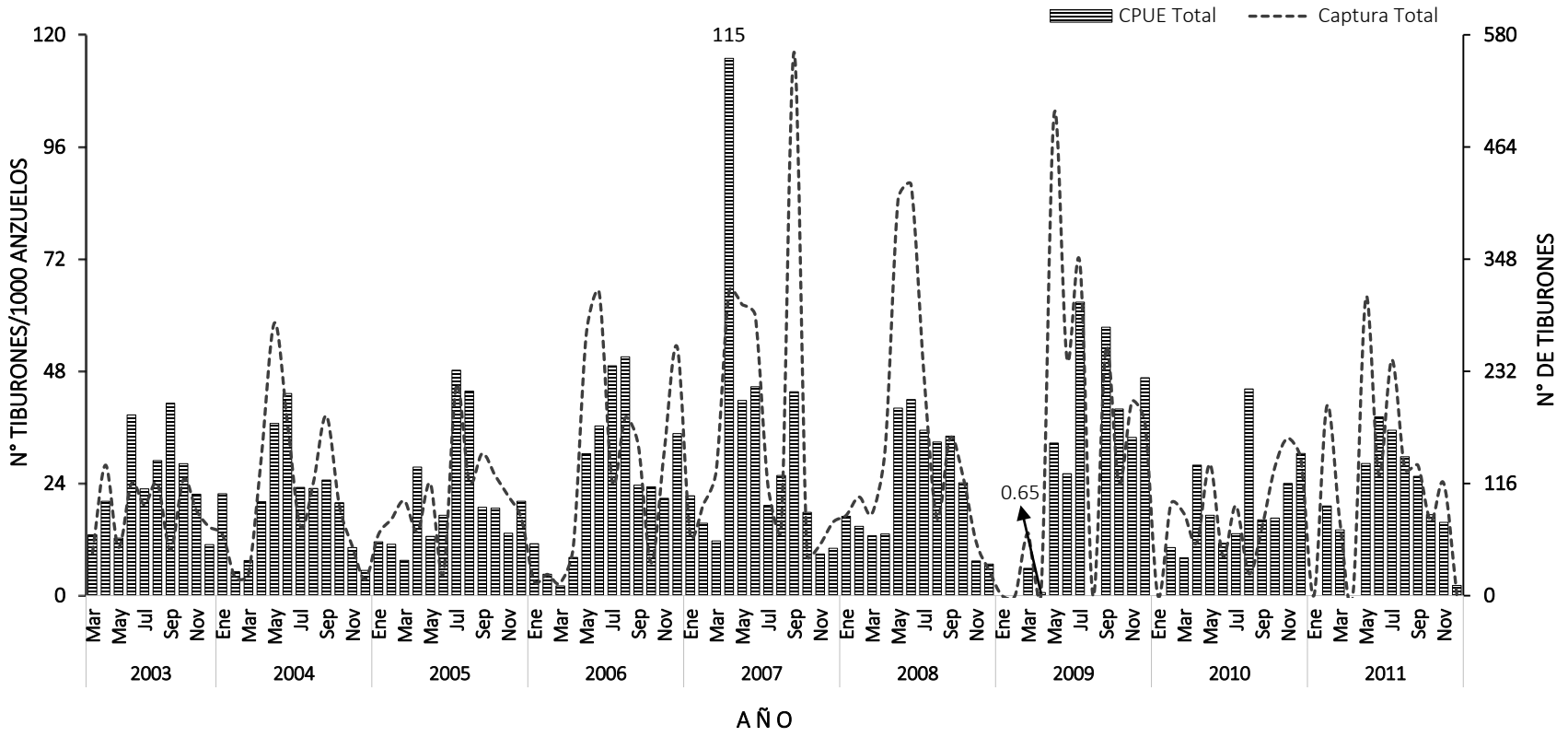


Figura 15.- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y captura total por mes de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de CPUE.

Se encontraron diferencias significativas entre la CPUE de las estaciones del año ($ANDEVA_{3,\ 100}$ F=14.422, P<0.001). La prueba *post hoc* de Tukey indicó que la CPUE registrada en verano presentó diferencias significativas con la de invierno y otoño (Tabla 5) mientras que la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey indicó la existencia de tres grupos (Tabla 6).

La mayor CPUE estacional promedio registrada durante 2003–2011 fue en verano (97 tiburones/1000 anzuelos, EE=6.28), disminuyendo en primavera y otoño, y alcanzando su valor menor en invierno (27 tiburones/1000, EE=4.83) (Fig. 16). Primavera del 2007 fue la estación con mayor CPUE durante todo el periodo de estudio (201 tiburones/1000 anzuelos) mientras que la estación de menor CPUE fue invierno del 2009 (6 tiburones/1000 anzuelos) (Fig. 17).

Tabla 5.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Tukey, contrastando la captura por unidad de esfuerzo estacional. Se presentan las estaciones que fueron significantes a un nivel <0.05.

(I) Estación	(J) Estación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	*P*	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Verano	Invierno	2.3670	0.3913	0.00	1.343	3.390
	Otoño	1.4419	0.3664	0.001	0.483	2.400

Tabla 6.- Subconjuntos homogéneos determinados a partir de la prueba de Tukey, entre la captura por unidad de esfuerzo estacional.

Estación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Invierno	21	3.3231		
Primavera	27	4.2483	4.2483	
Otoño	26		5.1895	5.1895
Verano	26			5.6902
P		.076	.069	.552

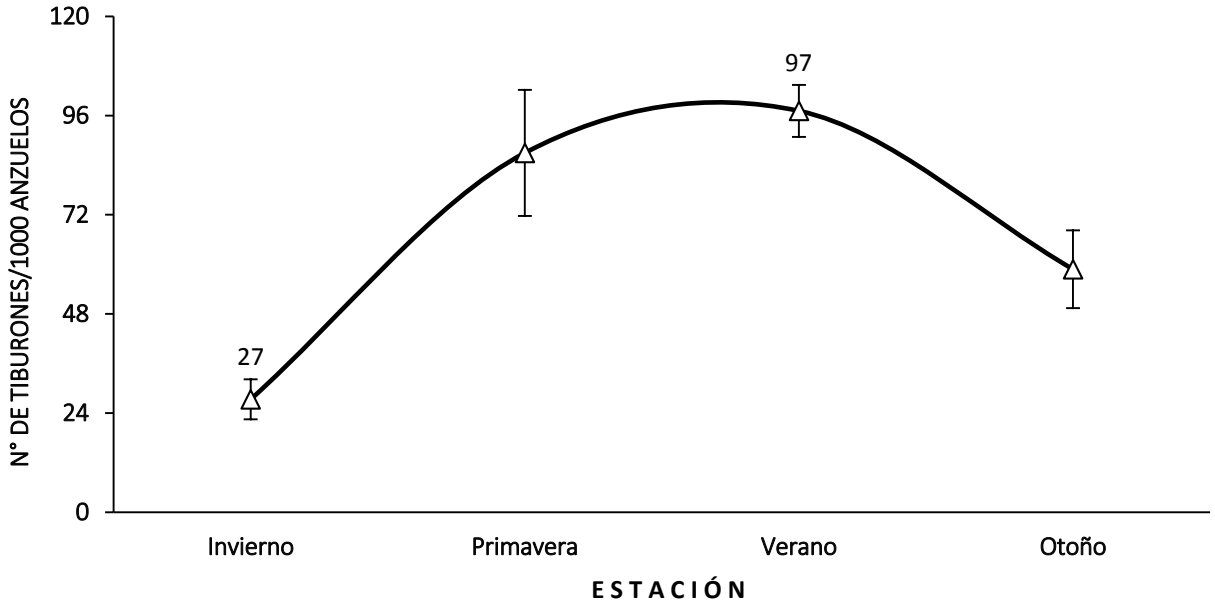


Figura 16.- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio estacional para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Las barras representan el error estándar. Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de CPUE.

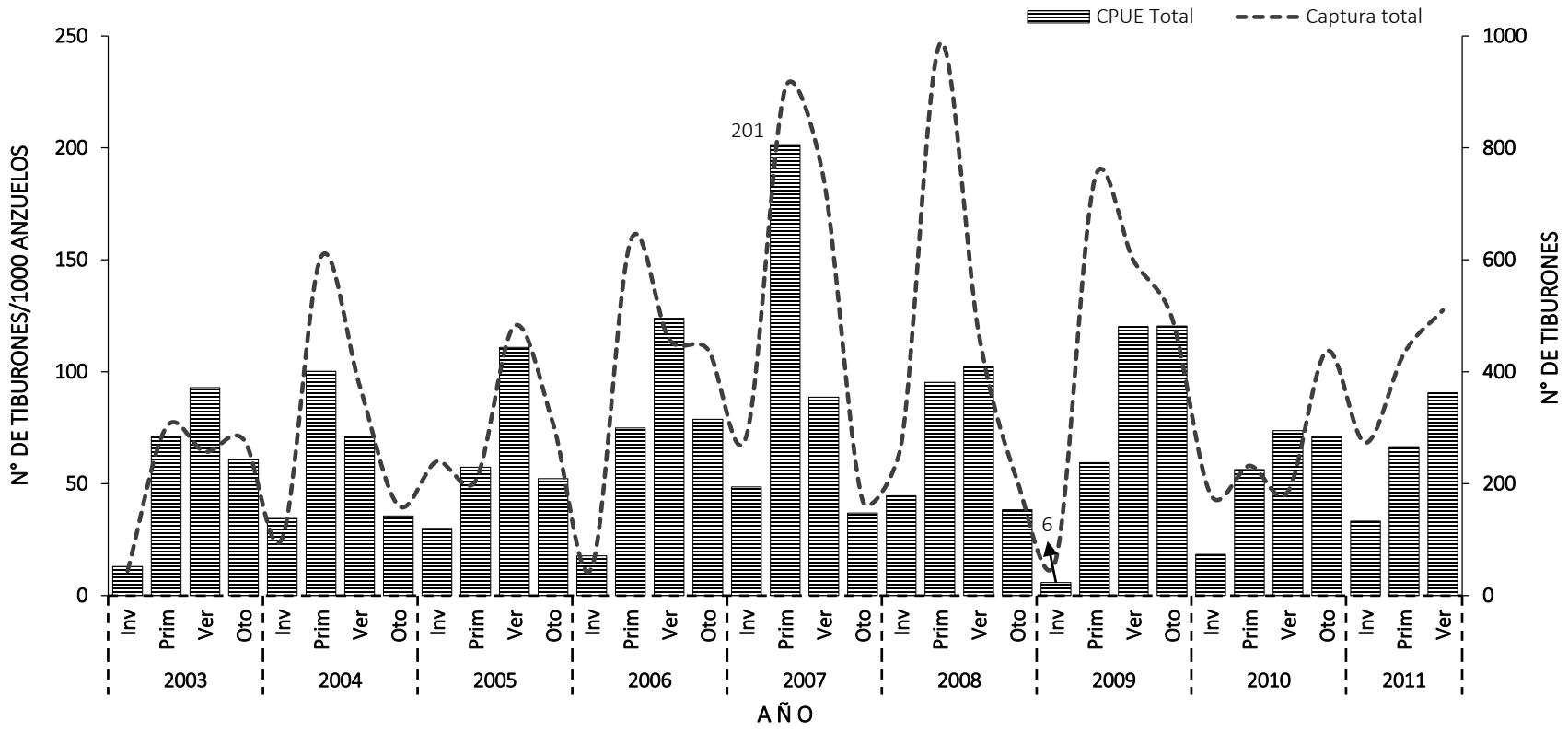


Figura 17.- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y captura total por estación de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003–2011). Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de CPUE.

Variación espacial en la CPUE

La zona con mayor CPUE total de *C. falciformis* fue la Zona 3 con 1,906 tiburones/1000 anzuelos (49% de la CPUE total), seguido de la Zona 2 con un total de 1,246 tiburones/1000 anzuelos (32% de la CPUE total) y el menor índice se registró en la Zona 1 con CPUE de 758 tiburones/1000 anzuelos (19% de la CPUE total) (Fig. 18). La distancia de la costa promedio a la que se realizaron los lances de pesca aumentó a lo largo de los años (Fig. 19a). De diciembre a mayo (invierno y primavera) se registraron los lances a mayor distancias de la costa (Fig. 19b y 19c).

Se encontraron diferencias significativas en la CPUE entre las zonas de captura por mes ($ANCOVA_{3,\ 36}$ F=3.751, P<0.05). La prueba *post hoc* de Bonferroni indicó que la CPUE en la Zona 3 fue significativamente diferente de la Zona 1 (Tabla 7).

En la Zona 1 la mayor CPUE promedio se presentó en abril (44 tiburones/1000 anzuelos) y la menor en mayo (0.91 tiburón/1000 anzuelos), mientras que en la Zona 2 la mayor CPUE promedio se presentó en julio (39 tiburones/1000 anzuelos) y la menor en marzo (6 tiburones/1000 anzuelos) y en la Zona 3 la mayor CPUE promedio fue en junio (43 tiburones/1000 anzuelos), la menor fue en febrero (14 tiburones/1000 anzuelos) (Fig. 20).

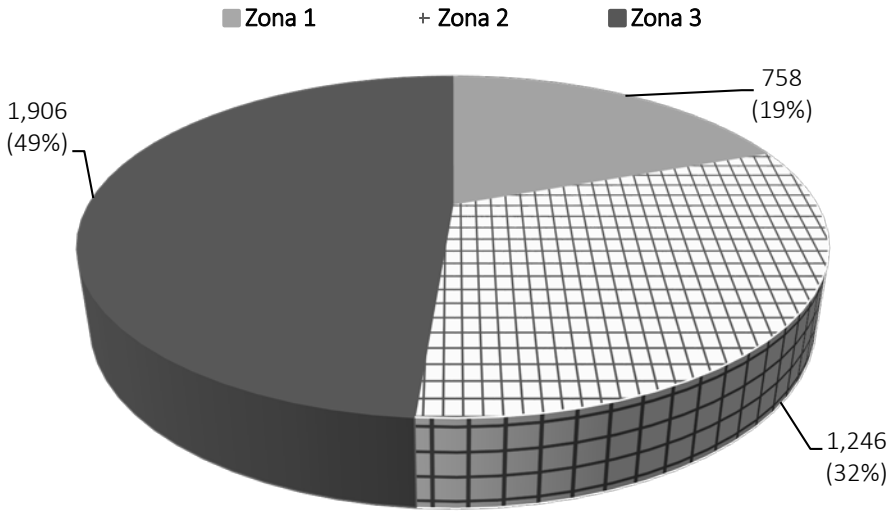


Figura 18.- Captura por unidad de esfuerzo (N° tiburones/1000 anzuelos) en tres distintas zonas según la distancia de la costa, para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Entre paréntesis se muestra el porcentaje de CPUE.

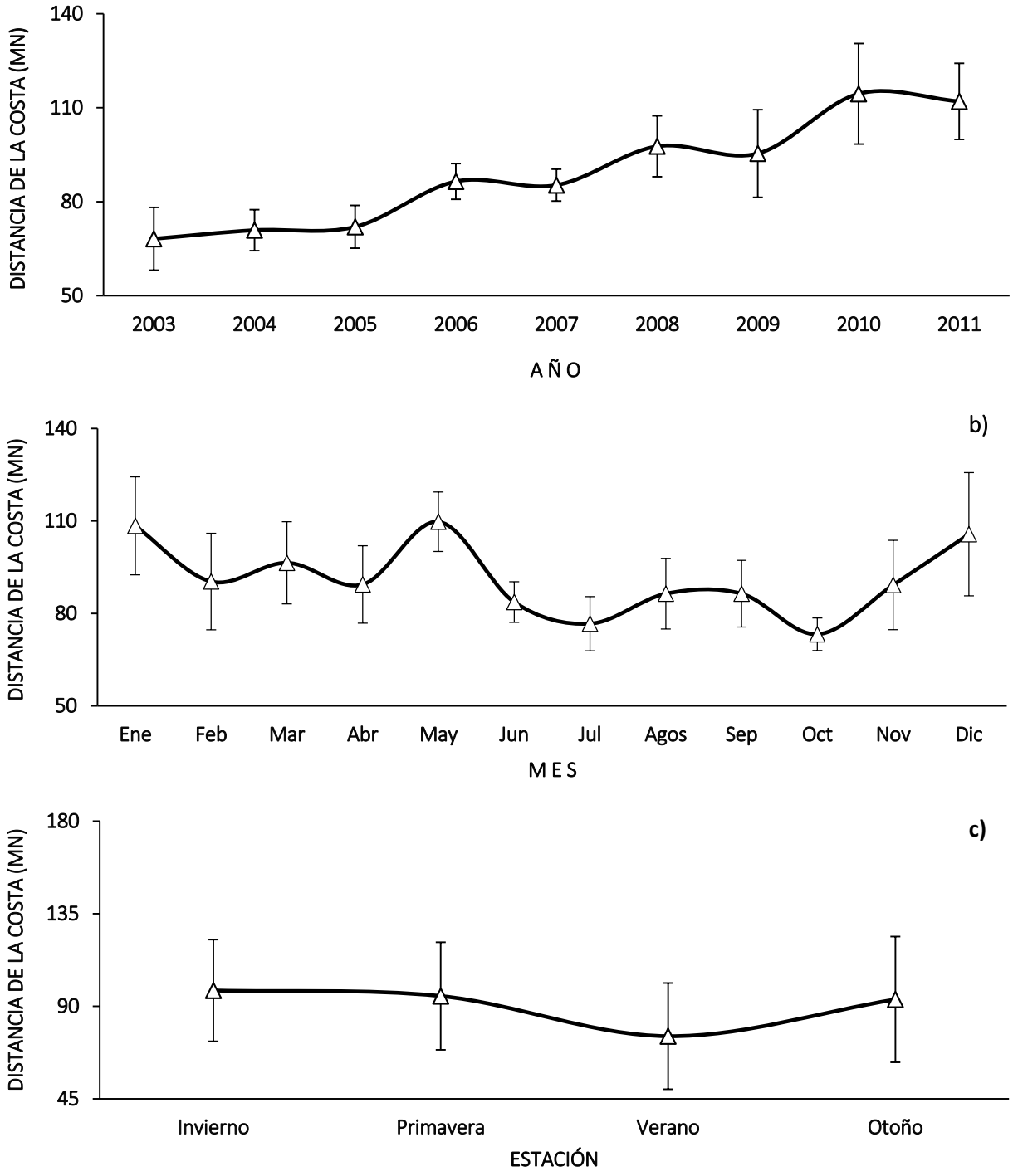


Figura 19.- Variación a) anual, b) mensual y c) estacional de la distancia promedio de la costa a la que se realizaron los lances de pesca de los barcos palangreros de mediana altura de Manzanillo (2003–2011). MN= millas náuticas. Las barras representan el error estándar.

Tabla 7.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Bonferroni, contrastando la captura por unidad de esfuerzo mensual en tres zonas de distancia de la costa. Se presentan las zonas que fueron significantes a un nivel <0.05.

(I) Zona	(J) Zona	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	*P*	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
3	1	3.545	1.176	0.015	0.574	6.515

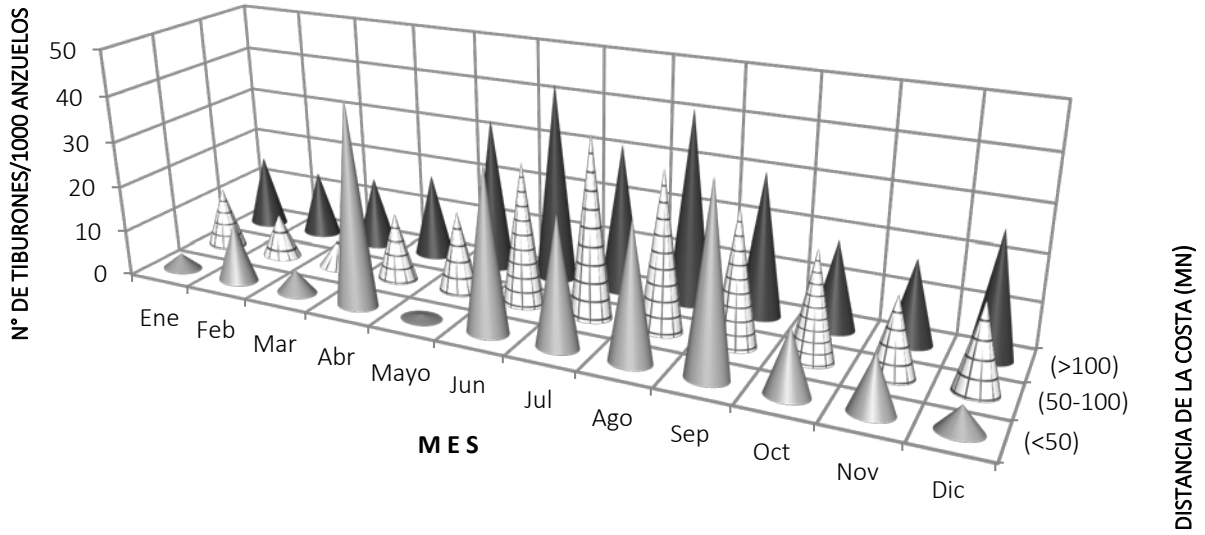


Figura 20.- Captura por unidad de esfuerzo promedio mensual en tres distintas zonas según la distancia de la costa: <50 millas náuticas (MN), 50–100 MN, y >100 MN, para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011).

Se encontraron diferencias significativas en la CPUE entre las distintas zonas por estación ($ANCOVA_{3,\ 36}$ F=4.063, P<0.050). La prueba *post hoc* de Bonferroni indicó que la CPUE en la Zona 3 fue significativamente diferente de la Zona 1 (Tabla 8).

Para la Zona 1 y Zona 2 verano fue la estación con mayor CPUE promedio, con 115 tiburones/100 anzuelos y 169 tiburones/1000 anzuelos respectivamente. Para la Zona 3 fue primavera, con 232 tiburones/1000 anzuelos. Invierno fue la estación con menor CPUE promedio para las tres zonas: Zona 1 (16 tiburones/1000 anzuelos), Zona 2 (45 tiburones/1000 anzuelos) y Zona 3 (117 tiburones/1000 anzuelos (Fig. 21).

Tabla 8.- Comparaciones múltiples determinado con la prueba de Bonferroni, contrastando la captura por unidad de esfuerzo estacional en tres zonas de distancia de la costa. Se presentan las zonas que fueron significantes a un nivel <0.05.

(I) Zona	(J) Zona	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	*P*	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
3	1	3.786	1.202	0.011	0.748	6.823

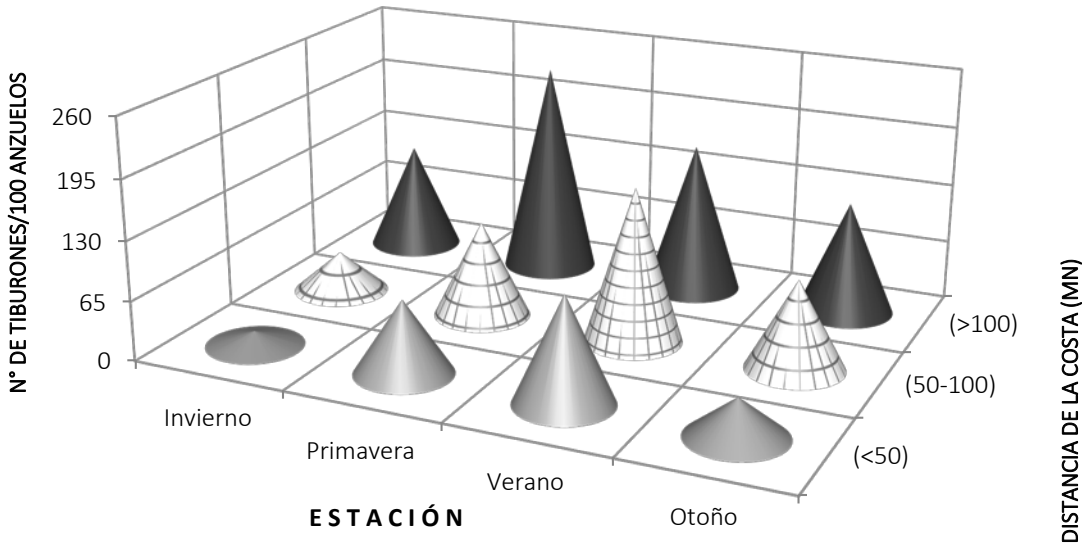


Figura 21.- Captura por unidad de esfuerzo promedio estacional en tres distintas zonas según la distancia de la costa: <50 millas náuticas (MN), 50–100 MN, y >100 MN, para *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano (2003-2011).

Variación de la CPUE con la temperatura

Las variación interanual de la CPUE tuvo una correlación positiva moderada (0.59) y estadísticamente significativa con la TSM ($P<0.05$). Se encontró una correlación positiva (0.75) y significativa ($P<0.05$) entre la CPUE mensual y la TSM. Las variaciones de la CPUE por estación tuvieron un mayor coeficiente de correlación positivo (0.76) pero no fue estadísticamente significativo ($P>0.05$) con la TSM.

El año de mayor TSM promedio fue 2003 con 29.7°C (CPUE total= 238 tiburones/1000 anzuelos), mientras que el de menor fue 2010 con 27.9°C (Fig. 22). El mes con mayor TSM promedio fue septiembre con 30.4°C (CPUE total = 285 tiburones/1000 anzuelos) y el de menor fue febrero (26.9 °C) (Fig. 23). Respecto a las estaciones, en otoño se registró la mayor TSM promedio con 30.1°C (CPUE Total= 649 tiburones/1000 anzuelos) y en primavera e invierno presentaron una TSM similar, siendo las estaciones con menor CPUE promedio (Fig. 24). La mayor temperatura del periodo de estudio se registró en noviembre de 2004 (32°C), obteniendo una CPUE de 10 tiburones/1000 anzuelos, mientras que la menor TSM se observó en febrero de 2006 (25°C) con una CPUE de 5 tiburones/1000 anzuelos (Fig. 25).

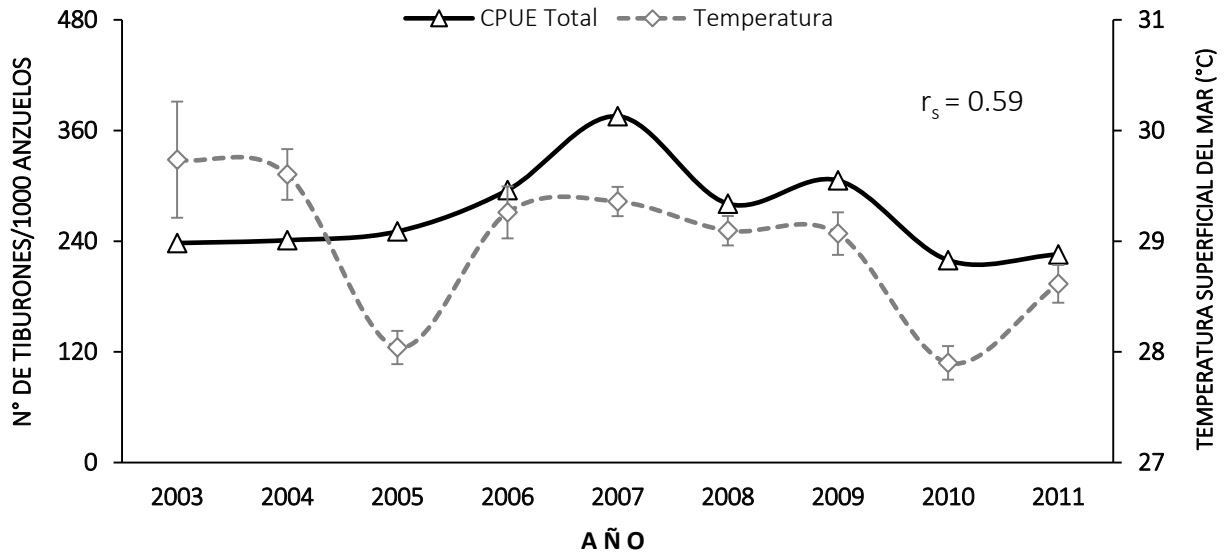


Figura 22.- Captura por unidad de esfuerzo de *C. falciformis* y temperatura superficial del mar anual, en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Las barras representan el error estándar. r_s es el coeficiente de correlación entre ambas variaciones.

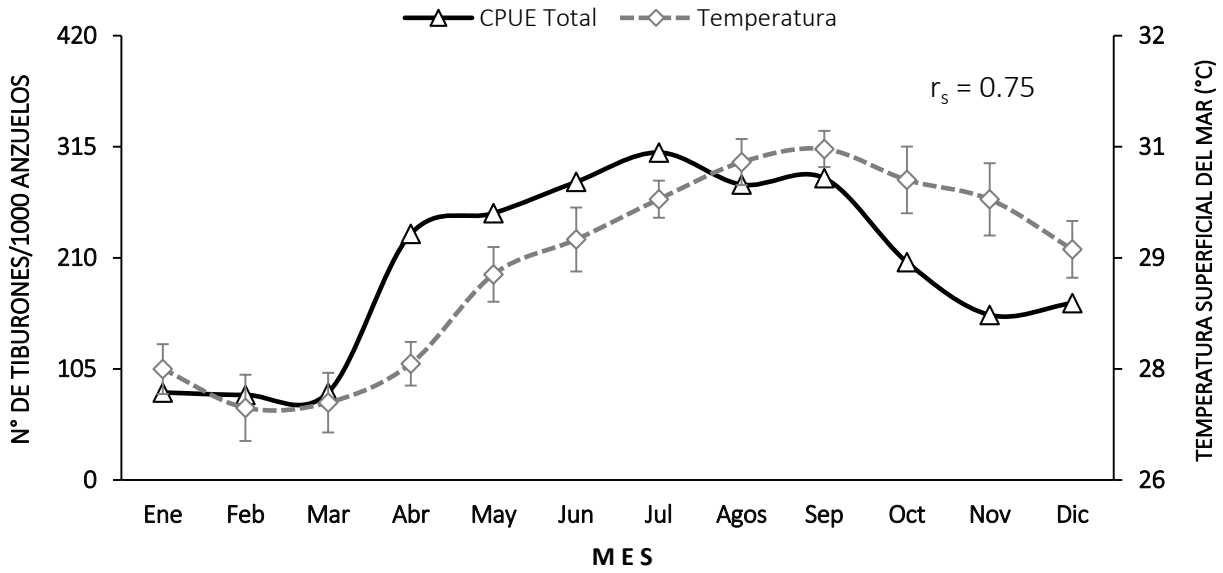


Figura 23.- Captura por unidad de esfuerzo de *C. falciformis* y temperatura superficial del mar mensual, en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Las barras representan el error estándar. r_s es el coeficiente de correlación entre ambas variaciones.

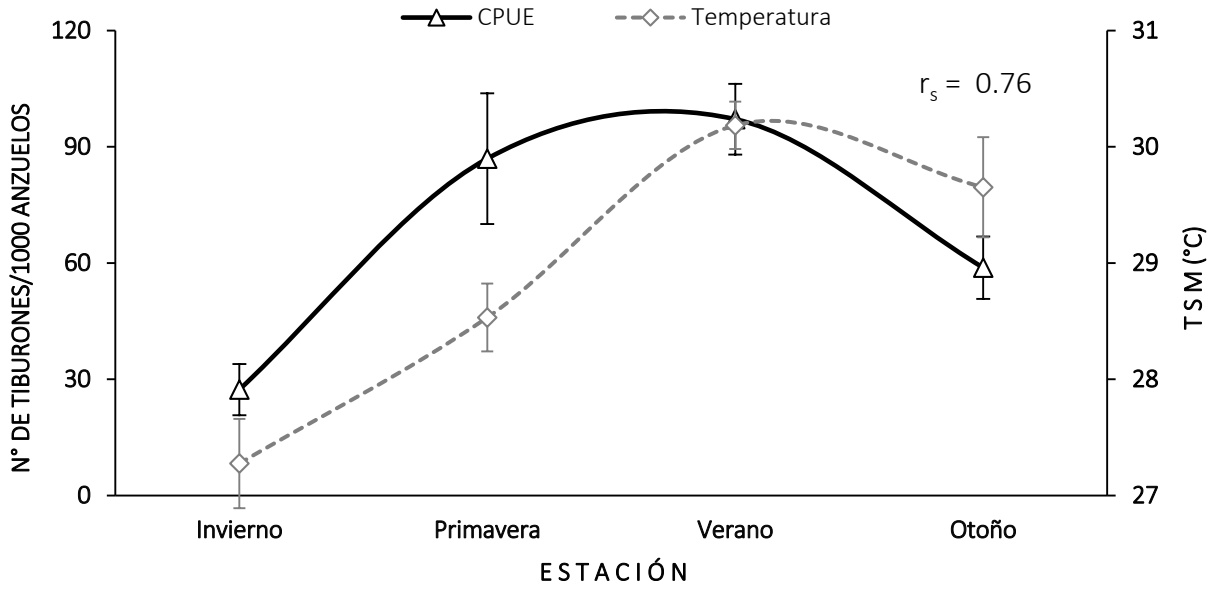


Figura 24.- Captura por unidad de esfuerzo de *C. falciformis* y temperatura superficial del mar estacional, en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Las barras de error representan el error estándar. r_s es el coeficiente de correlación entre ambas variaciones.

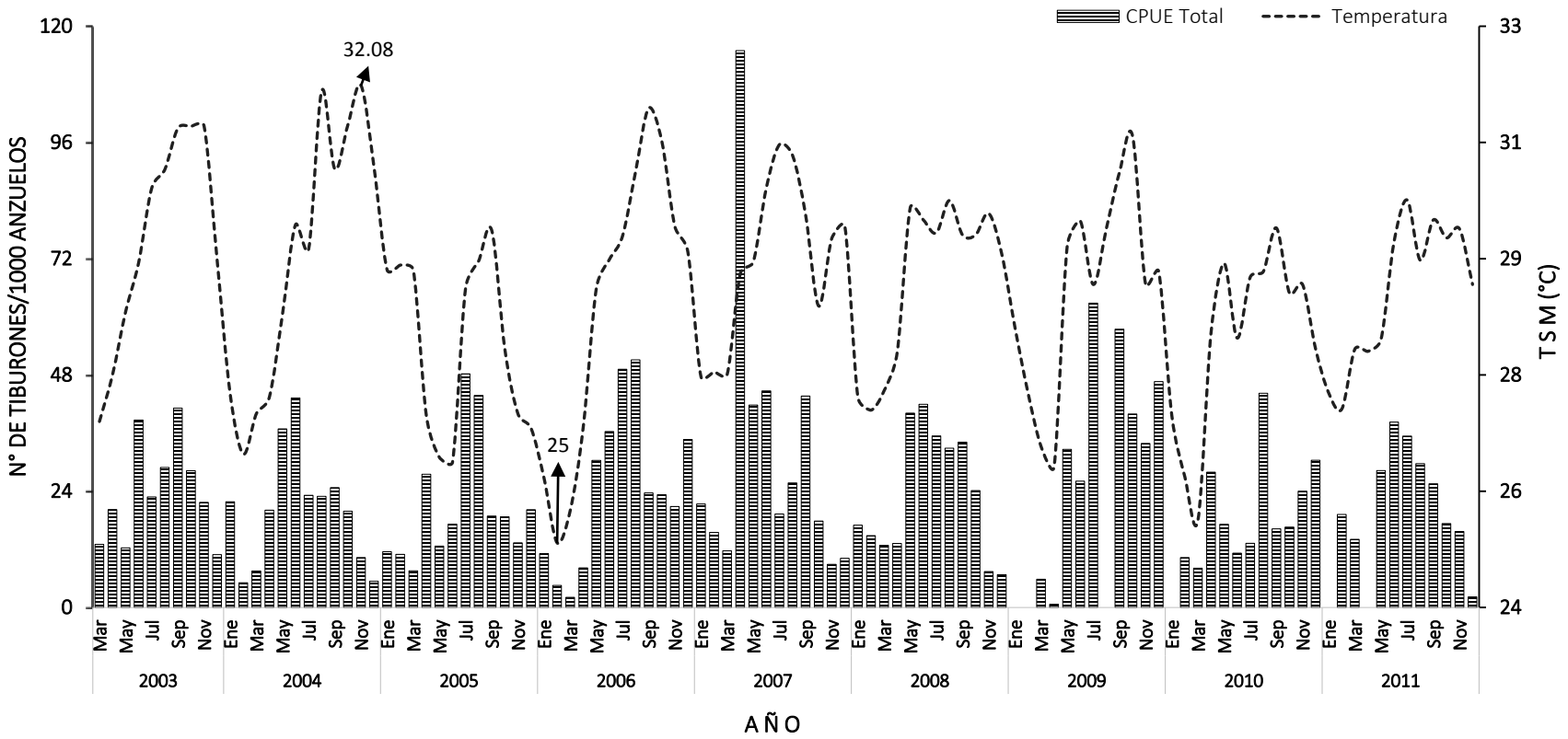


Figura 25.- Tendencia intermensual de la captura por unidad de esfuerzo de *C. falciformis*, con la temperatura superficial del mar (TSM), en el Pacífico central mexicano (2003-2011). Sobre las barras se presenta el valor máximo y el mínimo de temperatura.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio corroboran que *C. falciformis* es la especie más abundante en la pesquería de mediana altura del PCM con base en el puerto de Manzanillo, como ha sido señalado anteriormente (Cruz *et al.*, 2011; Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2014). Esta especie ha sido reportada también como una de las más importantes en otras pesquerías y regiones del Pacífico mexicano, por ejemplo en Chiapas durante 1996-2003 (Soriano-Velásquez *et al.,* 2006), Oaxaca durante los periodos 2000-2003 y 2004-2005 (Alejo-Plata *et al*., 2006a; 2006b), y el sur de Nayarit en el periodo 2007-2011 (Alatorre-Alba, 2011; Furlong-Estrada, 2013).

Carcharhinus falciformis ha sido reportada también como importante componente de las capturas de otras regiones del Océano Pacífico (Oshitani *et al.,* 2003; García-Cortes *et al.* 2012; Martínez-Ortíz *et al.,* 2011). Aunque en la zona del Golfo de México esta especie no es una de las principales en las capturas de la pesquería de tiburón, si se encuentra dentro de las siete más importantes (Bonfil, 1990 Castillo-Géniz *et al.*, 1998).

La determinación de la unidad de esfuerzo más conveniente para estimar la abundancia de un recurso con base en la CPUE es de gran importancia (González-Becerril *et al.,* 2000), ya que distintas unidades pueden tener diferente nivel de confiabilidad (Morgan *et al.,* 2004). Entre las unidades de esfuerzo que se han utilizado en distintos estudios pesqueros se encuentran: el número de embarcaciones, días de embarcación, número de lances de redes agalleras o palangres, número de anzuelos y horas de arrastre o pesca.

La determinación de la unidad de esfuerzo más conveniente para la pesquería de mediana altura del PCM no había sido analizada con anterioridad, existiendo estudios previos únicamente de la pesquería artesanal ribereña de Manzanillo (González-Becerril *et al.,* 2000). Para esta pesquería se determinó que el número de viajes y el tiempo de pesca fueron las mejores unidades de esfuerzo. El NV ha sido también la unidad de esfuerzo utilizada para estimar la CPUE en la mayoría de estudios sobre pesquerías artesanales de tiburón (Castillo-Géniz *et al.*, 1998; Bizzarro *et al.*, 2009a; 2009b; Smith *et al.*, 2009; Cartamil *et al.*, 2011; Guevara-Cruz, 2011), debido a que las pesquerías artesanales utilizan diversas métodos de pesca (palangres y redes) con características altamente variables (e.g. longitud del palangre o

red, número de anzuelos, etc.) (Furlong-Estrada, 2013). Por el contrario, la pesquería de mediana altura tiene la conveniencia de utilizar un solo arte de pesca (el palangre), por lo que el uso de otras medidas, como el número de anzuelos y longitud de palangre, es factible. Contrario a lo que sucede en las pesquerías artesanales, en la presente investigación el NV no se consideró como unidad de esfuerzo adecuada, ya que los viajes que realizan estas embarcaciones al mes son pocos dada la mayor autonomía de las embarcaciones.

En la pesquería de tiburón con palangre de fondo del noroeste del Atlántico se ha utilizado también el NA para estimar la CPUE (Carlson *et al.*, 2012), así como en la flota española palangrera de superficie del Océano Pacífico (García-Cortes *et al.,* 2012). Para la zona del PCM, se estimó la abundancia relativa de *C. falciformis* con NA (tiburones/100 anzuelos) para la pesca de altura en el periodo 1986–1999 (Mendizábal *et al.*, 2000). La CPUE de *C. longimanus* y otras especies de tiburón y pelágicos mayores ha sido también estimada para esta misma zona con el NA (Santana-Hernández *et al.,* 2013; Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2014). Se ha comprobado el efecto que tienen diferentes anzuelos y la combinación de anzuelo-carnada en la pesca de barcos palangreros para el noroeste del Pacífico mexicano (Galeana-Villaseñor *et al.*, 2008; 2009). No existen, sin embargo, estudios para el PCM en los que se haya implementado el número de lances, tiempo de lance y longitud de palangre como unidad de esfuerzo. Además del número de viajes, número de lances y tiempo de lance, otras unidades de esfuerzo para determinar CPUE han sido también utilizadas en estudios a nivel mundial, por ejemplo el número de pescadores, inmersiones diarias, niveles del agua (Beardsley y Conser, 1981; Matsumiya y Matsuishi, 1989; Montreuil *et al.*, 1990; De Silva *et al.*, 1991; Christensen, 1993; Tello y Bayley, 2001; Young *et al.*, 2006).

La variación anual de la abundancia de *C. falciformis* en las capturas está probablemente relacionada con cambios en las condiciones oceanográficas de la región. La variación interanual en la abundancia ha sido reportada para otras especies capturadas por la pesquería de mediana altura del PCM, como *C. longimanus*, cuya mayor captura durante el periodo 2003–2010 se registró en el año 2007 (Santana-Hernández *et al.*, 2013). En el presente estudio se determinó que la abundancia de *C. falciformis* en el PCM presenta una correlación positiva con las temperaturas cálidas del agua, similar a lo reportado previamente por Mendizábal *et al.* (2000) donde indican que el índice de abundancia de captura por lance

de pesca es mayor frente a Puerto Vallarta, Jal., durante julio y agosto, menor de enero a abril de la Boca del Golfo de California al sur de Manzanillo. Sin embargo, estudios más recientes reportan que en el PCM abril fue el mes de mayor captura durante la temporada 2006–2007 (Cruz *et al.*, 2011), y en el Pacífico sur mexicano varios autores han reportado que esta especie presenta su mayor abundancia en otoño e invierno (octubre-enero) (Alejo *et al.*, 2006a; 2006b; Soriano-Velásquez *et al.*, 2006).

Diferentes son los estudios sobre las pesquerías del Pacífico mexicano que soportan la idea de que a mayor latitud, menor es la importancia de *C. falciformis*. Strasburg (1958) indicó que *C. falciformis* migra durante el verano desde el ecuador hacia latitudes más altas del Océano Pacífico, por lo que la abundancia en las capturas depende de la estación del año. En una investigación realizada durante 2007–2010 en el sur de Nayarit, Furlong-Estrada (2013) señaló que esta especie es la especie más abundante en las capturas de la pesca artesanal, mientras que hacia la parte norte del estado su captura disminuye. El estudio realizado para el estado de Sonora en el periodo 1998–1999, muestra también que la importancia de esta especie disminuye hacia latitudes mayores siendo *C. falciformis* capturado únicamente en verano (n= 124) y otoño (n= 49) cuando la TSM es mayor (Bizarro *et al.*, 2009a). Para Baja California Sur en el periodo 1996–2001 Jaime-Rivera (2004) encontró que el *C. falciformis* es relativamente importante solo durante el verano y septiembre, siendo este último el mes en que más se le captura. En la zona oriental de Baja California a pesar de que no es especie principal en la captura, aún se le puede encontrar (Smith *et al.*, 2009), pero para la parte occidental esta especie ya no es capturada en la pesca artesanal (Cartamil *et al.*, 2011). Otros autores han señalado también que *C. falciformis* es poco común a lo largo de la costa oeste de la península de Baja California (Applegate *et al.*, 1979; Compagno, 1984).

Entre los factores determinantes en la distribución de la especie de acuerdo a los resultados obtenidos se encuentra la de la distancia de la costa a la que se realiza la pesca, siendo mayor su abundancia a distancias mayores a 50 MN, esto quizá se deba a los hábitos oceánicos que presenta la especie (Compagno, 1984; Fischer *et al.*, 1995; Compagno *et al.*, 2005b). De acuerdo a las operaciones en el periodo de estudio por parte de las embarcaciones de la flota de mediana altura en el PCM, durante los meses de verano y otoño (julio-octubre) realizaron viajes más cercanos a la costa debido a la presencia de ciclones tropicales y por indicaciones de seguridad (que emite el sistema nacional de meteorología) los

barcos no navegaban más allá de 100 MN de la costa. Es posible que si los barcos palangreros no se vieran limitados por estos eventos climatológicos, la abundancia total del recurso en estos meses fuera igual o mayor que durante primavera (mayo), sin embargo en la abundancia relativa observamos que los meses de junio–septiembre son los que obtuvieron mayores índices de captura; y esto fue debido a que hubo una pesca similar a los meses de primavera pero se utilizaron menos anzuelos. A pesar de que la distancia promedio anual a la que pescaban se haya incrementado gradualmente durante el periodo 2003-2011, la tendencia en la abundancia de esta especie no se incrementó. Esto nos dice que además del factor distancia, el número de anzuelos utilizados es otro factor importante, ya que el rango de anzuelos fue similar a lo largo del periodo y es probable que por eso no se haya pescado más. Por otro lado, se detectó que la TSM temperatura juega un papel importante, y al igual que *C. longimanus*, el hecho de que no se haya incrementado la CPUE en el mismo sentido del incremento gradual de la distancia de operación de los barcos, se puede explicar por la alta sensibilidad de *C. falciformis* a los cambios de temperatura (Compagno, 1984; Santana-Hernández *et al.*, 2013). Hubo mayor abundancia del recurso a temperaturas cálidas durante el periodo de estudio; después del 2007 la temperatura promedio anual disminuyo y la distancia a la que se pescaba fue incrementando. Sin embargo, no fue posible detectar un efecto positivo de este esfuerzo y un incremento en la abundancia de *C. falciformis*, posiblemente debido a esta variación en la TSM.

En diferentes trabajos podemos observar el efecto que ejerce la TSM sobre la abundancia y desplazamiento de *C. falciformis*. Jaime-Rivera (2004) indicó que su abundancia en las costas del GC es mayor cuando se registran temperaturas de entre 27°C y 29°C y expone que debido a los fenómenos meteorológicos de El Niño y La Niña las condiciones oceanográficas reflejaron una alta variabilidad. Bizarro *et al.* (2009a; 2009b) señalaron la importancia de las temporadas del año para la disponibilidad de tiburones y rayas en la pesquería artesanal, sugiriendo que la variación en la captura tiene una evidente asociación con las diferentes condiciones ambientales interanuales (El Niño y La Niña) y las fluctuaciones de temperaturas estacionales. Un efecto similar se observa en el trabajo realizado para Chiapas, en donde los autores denotan un efecto positivo de El Niño sobre la distribución, abundancia y disponibilidad del recurso (Soriano-Velásquez *et al.,* 2006). De igual manera Santana-Hernández *et al.* (2013) observó que la variabilidad interanual en la CPUE de *C.*

longimanus en el PCM estuvo relacionado con la variabilidad ambiental, principalmente EL Niño y La Niña. En la presente investigación la CPUE de *C. falciformis* presentó también una influencia positiva de la TSM cálidas, los meses que obtuvieron un promedio debajo de los 28°C fueron los de menor captura relativa.

Se ha reportado que *C. falciformis* es abundante de febrero a abril en Ecuador (Martínez-Ortiz *et al.*, 2011). Mientras que para las costas de Chiapas es abundante de Diciembre-Marzo (con variaciones debido a El Niño y La Niña) (Soriano-Velásquez *et al.,* 2006). En Oaxaca su mayor captura es en marzo y julio (Alejo-Plata *et al.*, 2006a y 2006b) y en Michoacán, Colima y Jalisco, de abril a septiembre. Lo anterior sustenta la hipótesis de que las migraciones de esta especie se relacionan con el desplazamiento al norte de las aguas cálidas (Vélez-Marín *et al*., 1989; Mendizábal *et al.*, 1990).

CONCLUSIONES

Carcharhinus falciformis es la especie más importante en las capturas frente a las costas de Jalisco, Colima y Michoacán realizadas por los barcos palangreros de mediana altura con base en Manzanillo, Colima, aportando el 73.46% del total de tiburones capturados durante el periodo de 2003 a 2011.

Es posible que los valores de abundancia total registrados de julio a octubre pudieran ser similares o mayores que los de mayo; sin embargo esta temporada es la que tiene mayor frecuencia de ciclones y los barcos por razones de seguridad no deben navegar a más de 100 MN de la costa.

La CPUE como indicador de la abundancia relativa de *C. falciformis* pudo ser estimada a partir de distintas unidades de esfuerzo (número de viajes, número de lances, número de anzuelos, tiempo y longitud de palangre), siendo el número de anzuelos el de mayor confiabilidad.

La abundancia relativa de la especie durante 2003-2011 presentó variaciones temporales y espaciales, relacionadas con los meses, las estaciones del año y la distancia de la costa donde se realiza la pesca. La mayor CPUE se presentó en los meses de verano (julio y agosto) y en zonas alejadas de la costa (>50 MN). Estadísticamente hubo diferencias entre la CPUE obtenida por meses, estaciones y entre las zonas de pesca.

La CPUE presentó una correlación positiva con la TSM, siendo un factor importante en la abundancia relativa de la especie. La mayor CPUE se obtuvo entre los 29–30°C.

REFERENCIAS

Alatorre-Alba, A. J. 2011. **Influencia de la temperatura superficial del mar en la captura de tiburón en la entrada del Golfo de California**. Informe final de residencias profesionales. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, Nayarit, México. 35 pp.

Alejo-Plata M. del C; G. Cerdenares-Ladrón de Guevara y G. González-Medina. 2006a. La pesca artesanal de tiburón en la Costa Chica de Oaxaca, México, 2000-2003. 22–38. En: Salas, M; M.A. Cabrera; J. Ramos; D. Flores y J. Sánchez (eds). **Memorias de la primera conferencia de pesquerías costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, manejando y balanceando acciones**. Mérida, Yucatán, 4-8 Octubre, 2004.

Alejo-Plata M.C; S.C. Ramos y J.L.R. Cruz. 2006b. La pesquería artesanal del tiburón en Salina Cruz, Oaxaca, México. **Ciencia y Mar.** *30*: 37–51.

Applegate, S.P; L. Espinosa-Arrubarrena; L.B. Menchaca-López y F. Sotelo-Macías, 1979. **Tiburones mexicanos**. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. México. 147 pp.

Applegate, S.P; F. Soltelo-Macias; L. Espinosa-Arrubarrena. 1993. **An overview of Mexican shark fisheries, with suggestions for shark conservation in Mexico.** NOAA Technical Report NMFS. 115: 31–37.

Beardsley, G.L. y Conser, J.R. 1981. An analysis of catch and effort data from the U.S: Recreational fisheries for billfishes (Istiophoridae) in the western North Atlantic Ocean and Gulf of Mexico, 1971-78. **Fishery Bulletin.** *79*(1): 49–68.

Benton, M. J., 2005. **Vertebrate paleontology,** 3rd ed. Blackwell Publishing. Oxford, UK. 455 pp.

Bizzarro, J.J; W.D. Smith; F. Márquez-Farías; J. Tyminski y R.E. Hueter, R.E. 2009a. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, México. **Fisheries Research**. *97*: 103–117.

Bizzarro, J.J; W.D. Smith; J.L. Castillo-Géniz; A. Ocampo-Torres; J.F. Márquez-Farías y R.E. Hueter. 2009b. The seasonal importance of small coastal sharks and rays in the artisanal elasmobranch fishery of Sinaloa, México. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. *4*(4): 513–531.

Bonfil, R. 1990. **Contribution to the fisheries biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) from Yucatan, Mexico.** MSc, Thesis. University of Wales. Wales, UK. 112 pp.

Bonfil, R. 1994. **Overview of world elasmobranch fisheries.** FAO Fisheries Technical Paper, No. 341. FAO, Rome, 119 pp.

Bonfil, R; R. Mena y D. de Anda. 1993. **Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche bank, Mexico.** NOAA Technical Reports NMFS. *115*: 73-86.

Bonfil, R. 2008. **The biology and ecology of the Silky Shark, *Carcharhinus falciformis*.** 114–127. En: Camhi, M. D; E.K. Pikitch y E.A. Babcock (eds.), **Sharks of the Open Oceans: Biology, Fisheries and Conservation.** Blackwell Publishing. Oxford, UK. 502 pp.

Branstetter S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. **Environmental Biology of Fishes.** *19*(3): 161–173.

Bulgakov S.N. y A. Martínez-Zatarain. 2006. **Surgencia y vientos favorables en la costa oriental del Pacífico mexicano.** 29–40. En: Jiménez-Quiroz, M. del C. y E. Espino-Barr (eds.), **Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán**. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Pesca, CRIP de Manzanillo. Colima, México. 624 pp.

Carlson, J. K; L.F. Hale; A. Morgan y G. Burgess. 2012. Relative abundance and size of coastal sharks derived from commercial shark longline catch and effort data. **Journal of Fish Biology.** *80*(5): 1749-1764.

Cartamil, D; O. Santana-Morales; M. Escobedo-Olvera; D. Kacev; J.L. Castillo-Géniz; J.B. Graham; R. D. Rubin y O. Sosa–Nishizaki. 2011. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California, México. **Fisheries Research**. *108*: 393–403.

Castillo-Géniz, J.L. 2001. **Aspectos biológico-pesqueros de los Tiburones que habitan las aguas costeras del Golfo de México.** Tesis de maestría en Ciencias biológicas de sistemas y recursos acuáticos. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 143 pp.

Castillo-Géniz, J.L., J.F. Márquez-Farías; A. Cid del Prado Vera; S.R. Soriano-Velásquez; D. Corro-Espinosa y C. Ramírez-Santiago. 2000. **Tiburones del Pacífico mexicano (pesquería artesanal)**. 125–151 En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo, Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, México.

Castillo-Géniz, J.L; J.F. Márquez-Farías; M.C. Rodríguez de la Cruz; E. Cortes y A. Cid del Prado. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. **Marine and Freshwater Research.** *49*(7): 611–620.

Castillo-Géniz, J.L; S.R. Soriano-Velásquez, y R. Villaseñor-Talavera. 2008. **Capítulo No. 9 Pesquerías mexicanas de tiburón en el Océano Pacífico.** 211–241. En: Machii, T. y

O.J. Flores (eds). Pesquerías Latinoamericanas, Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, SAGARPA, México.

Christensen, M. S. 1993. The artisanal fishery of the Mahakam River floodplain in East Kalimantan, Indonesia. **Journal of Applied Ichthyology**. 9(3-4): 202–209.

Compagno, L.J.V. 1984. **FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes.** FAO Fisheries Synopsis. Rome. 251–655 pp.

Compagno, L.J.V; D.A. Didier y G.H. Burgess, 2005a. **Chapter 2. Classification of chondrichthyan fish**. 4–11. En: Fowler, S.L; R.D. Cavanagh; M. Camhi; G.H. Burgess; G.M. Cailliet; S.V. Fordham; C.A. Simpfendorfer y J.A. Musick (comps. y eds.). **Sharks, rays and chimaeras: The status of the chondrichthyan fishes. Status survey.** IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 461 pp.

Compagno, L.J.V; M. Dando y S. Fowler, 2005b. **Sharks of the World (Princeton field guides).** Princenton University Press. United States. 368 pp.

CONAPESCA-INP, 2004. **Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México.** Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80p.

Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. **ICES Journal of Marine Science** *56*: 707-717.

Cruz, A; S. R. Soriano; H. Santana; C. E. Ramírez y J. J. Valdez. 2011. La pesquería de tiburones oceánicos-costeros en los litorales de Colima, Jalisco y Michoacán. **Revista de Biología Tropical**. *59*(2): 655–667.

De Silva, S.S; J. Moreau; U.S. Amarasinghe; T. Chookajorn y R.D. Guerrero. 1991. A comparative assessment of the fisheries in lacustrine inland waters in three Asian countries based on catch and effort data. **Fisheries Research.** *11*: 177-189.

Dulvy, N.K; J.K. Baum; S. Clarke; L.J.V. Compagno; E. Cortés; A. Domingo; S. Fordham; S. Fowler; M.P. Francis; C. Gibson; J. Martínez; J.A. Musick; A. Soldo; J.D. Stevens y S. Valenti. 2008. You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems** *18*(5): 459-482.

Espinosa-Pérez, H; J.L. Castro-Aguirre y L. Huidobro Campos. 2004. **Listados faunísticos de México. IX. Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha).** Instituto de Biología, UNAM. D.F., México. 134 pp.

FAO. 2001. **La ordenación pesquera. 1. Conservación y ordenación del tiburón. FAO Orientaciones técnicas para la pesca responsable.** No. 4, Supl. 1. Roma, FAO. 2001. 66 pp.

Field, A., 2013. **Discovering statics using IBM SPSS Statics (4th Edition).** SAGE Publications Ltd. London. 952 pp.

Fischer, W; F. Krupp; W. Schneider; C. Sommer; K.E. Carpenter y Niem V.H., 1995. **Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II. Vertebrados - Parte 1.** Roma, FAO. Vol. II: 647–1200 pp.

Furlong-Estrada, E. 2013. **Evaluación de la pesquería artesanal de tiburón en Nayarit, México, mediante análisis de riesgo ecológico, de resiliencia en las especies más abundante y pesquero social.** Tesis de doctorado en ciencias en biosistemática. Universidad de Guadalajara (CUCBA), Zapopan, Jalisco, México. 116 pp.

Galeana-Villaseñor, I; F. Galván-Magaña y R. Gómez-Aguilar. 2008. Influencia del tipo de anzuelo y la profundidad de pesca en la captura con palangre de tiburones y otras especies pelágicas al noroeste del Pacífico mexicano. **Biología Marina y Oceanografía.** *43*(1): 99–110.

Galeana-Villaseñor I; F. Galván Magaña y H. Santana-Hernández. 2009. Pesca con anzuelos en barcos palangreros del Océano Pacífico mexicano: efectos en la captura y peso de tiburones y otras especies. **Biología Marina y Oceanografía.** *44*(1): 163–172.

García-Cortés, B; A. Ramos-Cartelle y J. Mejuto. 2012. Biological observatios of silky shark (*Carcharhinus falciformis*) on spanish surface longliners targeting swordfish in the Pacific Ocean over the period 1990-2011 and applicability to the Atlantic case. **Collective Volume of Scientific Papers ICCAT.** *68*(4): 1601-1617.

Gibson, C; S.V. Valenti; S.V. Fordham y S.L. Fowler. 2006. **The Conservation Status of Northeast Atlantic Chondrichthyans: Report of the IUCN Shark Specialist Group Northeast Atlantic Regional Red List Workshop.** Peterborough, UK. 76 pp.

González-Becerril, A; E. Espino-Barr; M. Cruz-Romero y A. Ruiz-Luna. 2000. Determinación de la unidad de esfuerzo de pesca en una pesquería artesanal ribereña en Manzanillo, Colima, México. **Ciencias Marinas.** *26*(1), 113–124.

Guevara-Cruz, C. 2011. **Estimación de la captura de tiburón por unidad de esfuerzo en la pesquería artesanal de Nayarit, México, durante 2010–2011.** Informe final de residencia profesional. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, Nayarit, México. 36 pp.

Hall, N.G; C. Bartron; W.T. White; Dharmadi y I.C. Potter. 2012. Biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Carcharhinidae) in the eastern Indian Ocean, including an approach to estimating age when timing of parturition is not well defined. **Journal of Fish Biology.** *80*(5): 20–41.

Hernández-Carballo, E.A. 1971. **Pesquerías de los tiburones en México.** Tesis de licenciatura en biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 123p.

Hoyos-Padilla, E.M; B.P. Ceballos-Vázquez y F. Galván-Magaña. 2012. Reproductive biology of the Silky Shark Carcharhinus falciformis (Chondrichthyes: Charcharhinidae) off the west coast of Baja California Sur, Mexico. **aqua, International Journal of Ichthyology.** *18*(1): 15–24.

Jaime-Rivera, M. 2004. **Captura de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California sur y su relación con cambios ambientales.** Tesis de maestría en manejo de recursos marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 127 pp.

Maguire, J.J; M. Sissenwine; J. Csirke; R. Grainger y S. Garcia. 2006. **The state of world highly migratory, straddling and other high seas fishery resources and associated species.** FAO Fisheries Technical Paper. No. 495. Rome: FAO. 84 pp.

Martínez-Ortiz J; M. García-Domínguez; A. Cevallos-García; E. Ávila-Zambrano; C. Daza-Bermeo; R. Zambrano-Zambrano y M. Moreira-Merchá. 2011. **Estudio de caso: Aspectos biológicos pesqueros del tiburón mico o tollo *Carcharhinus Falciformis* (Müller y Henle, 1839) en el Ecuador.** Pat- Ec Grupo Tiburón, Subsecretaría De Recursos Pesqueros (Srp) - Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca (Magap). 24 pp.

Matsumiya, Y. y T. Matsuishi. 1989. Estimation of population parameters by optimizing catch effort allocation. **Researches on Population Ecology.** *31*: 305–310.

McDonald, J.H. 2008. **Handbook of biological statistics.** Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland. 287 pp.

Mendizábal O., D; R. Vélez-Marín y F. Valdez. 1990. Relación de la captura con la temperatura y profundidad de la termoclina durante la pesca comercial de picudos, tiburones y dorados en la zona oceánica del Pacífico central mexicano. En: Dailey, M. & H. Bertsh. (eds.). **Memorias del VIII Simposium de Biología Marina.** Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., México. 127–144.

Mendizábal O., D; R. Vélez-Marín; S.R. Soriano-Velásquez y J.L. Castillo-Géniz. 2000. **Tiburones Oceánicos**. 153–195 En: **Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo**. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, México.

Michel-Morfin E; J. Arciniega-Flores; V. Landa-Jaime y R. García de Quevedo, 2006. **Crustáceos demersales de importancia pesquera en la plataforma continental de Jalisco y Colima.** 135–146. En: Jiménez-Quiroz, M. del C. y E. Espino-Barr (eds.), **Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán**. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Pesca, CRIP de Manzanillo, Colima, México. 624 pp.

Mondragón-Sánchez, L. F. 2011. **Análisis de la composición de tallas y edades de los tiburones capturados por la pesquería artesanal de Nayarit (2007–2010).** Tesis de Licenciatura en biología marina. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca, México. 50 pp.

Montreuil, V.S; S. Tello; L. Maco e Ismiño, R. (1990). Máximo rendimiento sostenible de la pesquería comercial en el Departamento de Loreto, Perú. **Fishbyte**. *8*(1): 13–14.

Morgan, A.C. y G.H. Burgess. 2005. **Fishery-dependent sampling: total catch, effort and catch composition.** 241–263. En: Musick, J.A. y R. Bonfil (eds.). **Management techniques for elasmobranch fisheries.** FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome.

Nelson, J.S., 2006. **Fishes of the world.** 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, Nueva Jersey, US. 601 pp.

Lavin, M.F. y S.G. Marinone, 2003. **An overview of the physical oceanography of the Gulf of California.** 173-204. En: Velasco Fuentes, O.U; J. Sheinbaum y J. Ochoa de la Torre (Eds.), **Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics**. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 392 pp.

Ludwig, J.A. y J.F. Reynolds, 1988. **Statistical ecology: a primer of methods and computing.** John Wiley & Sons., New York. 337 pp.

Ortíz-Pérez, T. 2011. **Biología reproductiva del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Muller y henle, 1839) en la costa de Chiapas, México.** Tesis de licenciatura en biología marina. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca, México. 78 pp.

Oshitani, S; H. Nakano y S. Tanaka. 2003. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the Pacific Ocean. **Fisheries Sciences.** *69*(3): 456–464.

Pardo-Merino, A. y M.A. Ruíz., 2005. **Análisis de datos con SPSS 13 base.** 1st ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S.L. España. 624 pp.

Pérez-Jiménez, J.C; O. Sosa-Nizhizaki; E. Furlong-Estrada; D. Corro-Espinoza; A. Venegas-Herrera y O.V. Barragán-Cuencas. 2005. Artisanal shark fishery at "Tres Marias" islands and Isabel Island in the central Mexican Pacific. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science.** *35*: 333-343.

Quinn, G.P. & M.J. Keough, 2002. **Experimental design and analysis for biologist.** Cambridge University Press. UK. 556 pp.

Rodríguez-Jaume, M.J. y R. Morar-Catala, 2002. **Estadística Informática: casos y ejemplos con el SPSS.** Universidad de Alicante. España. 310 pp.

Salgado-Ugarte, I.H., 2010. **Métodos estadísticos exploratorios y confirmatorios para análisis de datos. Un enfoque biométrico.** Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 299 pp.

Sánchez-de Ita, J.A; C. Quiñónez-Velázquez; F. Galván-Magaña; N. Bocanegra-Castillo y R. Félix-Uraga. 2011. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the west coast of Baja California Sur, México**. Journal of Applied Inchthyology.** *27*: 20–24.

Santana-Hernández, 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.** Tesis de doctorado en ciencias pecuarias. Universidad de Colima, Colima, México. 130 pp

Santana-Hernández, H; E. Espino-Barr y J.J. Valdez-Flores. 2013. Distribución y abundancia relativa del tiburón oceánico de aletas blancas Carcharhinus longimanus, capturado por barcos palangreros en el Pacífico central mexicano. **Ciencia Pesquera.** *21*(1): 27–39.

Santana-Hernández, H. y J. Valdez-Flores, 2014. **Pelágicos mayores obtenidos por la flota palangrera de mediana altura del puerto de Manzanillo, Colima.** Instituto Nacional de Pesca, México, D.F. 64 pp.

SAGARPA. 2007. **Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento.** Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), 14 de febrero 2007. 44 pp.

SAGARPA. 2008. **Acuerdo mediante el cual se establece el volumen de captura incidental permitido en las operaciones de pesca de tiburón y rayas en aguas**

de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos ubicadas en el Océano Pacífico. D.O.F., 12 de septiembre de 2008. 3 pp.

SAGARPA. 2010. **Carta nacional pesquera.** D.O.F., 2 de diciembre de 2010. 319 pp.

SAGARPA. 2011. **Anuario Estadísticos de Pesca.** Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 311 pp.

SAGARPA. 2012. **Acuerdo por el que se modifica el Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 16 de marzo de 1994 para establecer los periodos de veda de pulpo en el Sistema Arrecifal Veracruzano, jaiba en Sonora y Sinaloa, tiburones y rayas en el Océano Pacífico y tiburones en el Golfo de México.** D.O.F., 11 de junio de 2012. 4 pp.

Smith, S. E., D. W. Au & C. Show, 1998. Intrinsic rebound potential of 26 species of Pacific sharks. **Marine and Freshwater Research.** *49*(7): 663–78.

Smith, W. D., J.J. Bizzarro y G.M. Cailliet, 2009. The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations. **Ciencias Marinas.** *35*(2): 209–236.

SPSS, 2010. **Statistics Base 19, Manual del Usuario.** IBM Company, USA. 341 p.

Strasburg, D.W. 1958. Distribution, abundance, and habitats of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. **Fishery Bulletin.** *58*: 335–361.

Soriano-Velásquez, S.R; D. Acal-Sánchez; J.L. Castillo-Géniz y C.E. Ramírez-Santiago. 2006. **Tiburón del Golfo de Tehuantepec.** 325–364. En: Arreguín, S.F; M.J. Meléndez; M.I.

Gómez-Humarán; S.R. Solana y D.C. Ran el (Eds.). **Sustentabilidad y pesca responsable de México, evaluación y manejo 1999-2000.** Instituto Nacional de Pesca, México. 560 pp.

Springer, S. 1979. **Report on Shark Fishing in the Western Central Atlantic.** United Nations Development Programme/FAO, Panamá. 44 pp.

Tello, S. y P. Bayley. 2001. La pesquería comercial de Loreto con énfasis en el análisis de la relación entre captura y esfuerzo pesquero de la flota comercial de Iquitos, cuenca del Amazonas (Perú). **Folia Amazónica**. *12*(1-2): 123–139.

Torres-Herrera, M.R. y J., Tovar-Ávila. 2014. Variación temporal de la captura de tiburón en las islas y costa central de Nayarit, México, con base en los registros oficiales de desembarque. **Hidrobiologica**. *24*(2): 99–107.

Tovar-Ávila, J. 2000. **Edad y crecimiento del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) en el Golfo de México.** Tesis de maestría en oceanografía biológica y costera. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), D.F., México. 70 pp.

Trasviña-Castro, A. 2002. **La circulación costera del Pacífico Tropical Oriental, con énfasis en la Alberca Cálida Mexicana (ACM).** CICESE en BCS. Oceanografía física. 20 pp.

Trasviña-Castro A; D. Lluch Cota, A.E. Filonov y A. Gallegos, 1999. Capítulo 3 **Oceanografía y el niño.** 69–102. En: Magaña Rueda, V. (ed.). **Los impactos del Niño en México.** Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. México. 229 pp.

Vélez-Marín R; D. Mendizábal O; F. Valdez y A. Venegas. 1989. **Prospección y pesca exploratoria de recursos pesqueros en la Zona Económica Exclusiva del**

Océano Pacífico. CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ward, P y R.A. Myers. 2005. Shifts in open ocean fish communities coinciding with the commencement of commercial fishing. **Ecology.** *86*(4): 835-847.

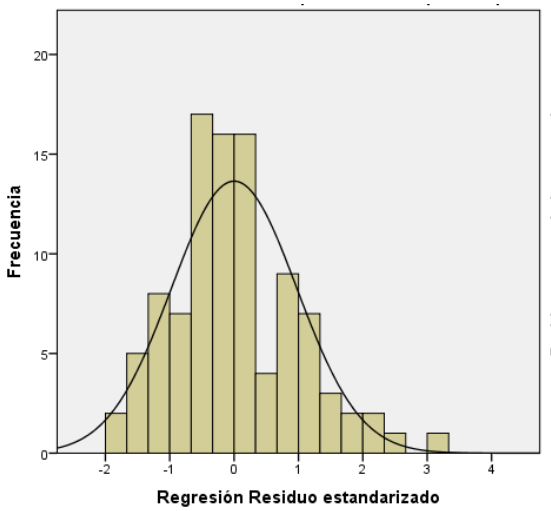
Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific ocean. **International Journal of Oceanology and Limnology.** *1*(2): 117–147.

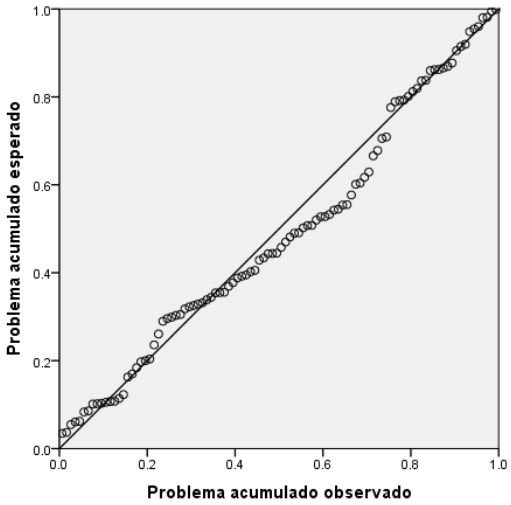
Young, I.A.G; G.J. Pierce; J. Murphy; H.I. Daly y N. Bailey. 2006. Application of the Gómez-Muñoz model to estimate catch and effort in squid fisheries in Scotland. **Fisheries Research.** *78*(1): 26–38.

Zar, J.H., 1984. **Biostatistical analysis (5th ed).** Prentice-Hall. U.S.A. 718 pp.

ANEXOS

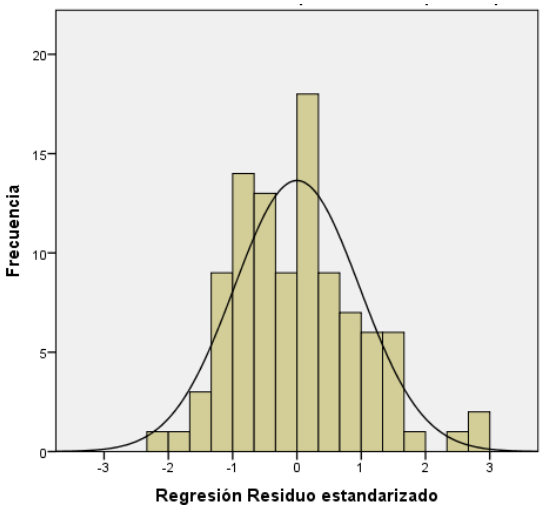
Anexo 1. Análisis de los residuos contrastados con el gráfico de probabilidad normal, gráfico de residuales tipificados y el estadístico de Durbin-Watson, para el modelo por unidad de esfuerzo y sus variables temporales. En (a) número de viajes, (b) número de lances, (c) número de anzuelos, (d) longitud de palangre y (e) tiempo de lance.

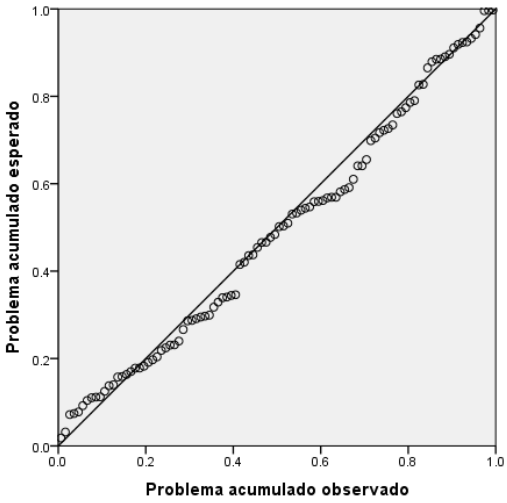




a)

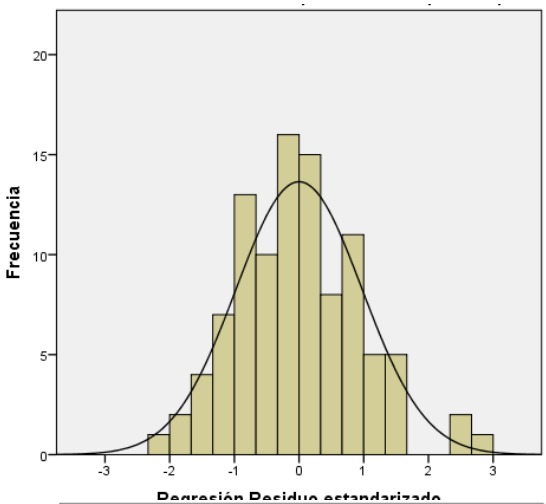
Durbin-Watson
1.685

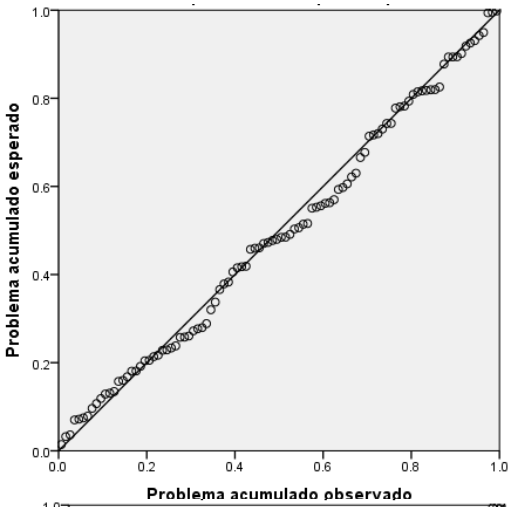




b)

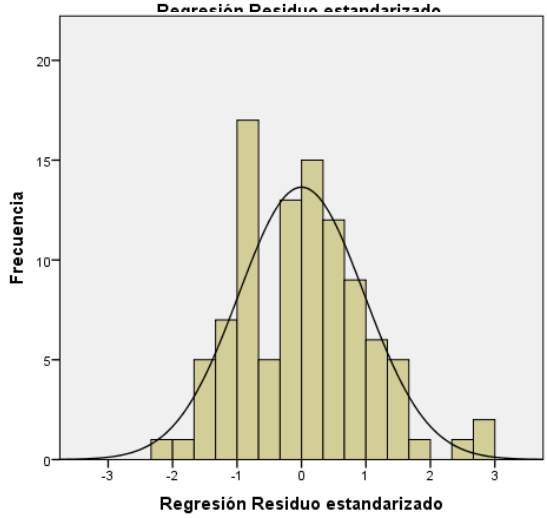
Durbin-Watson
1.380

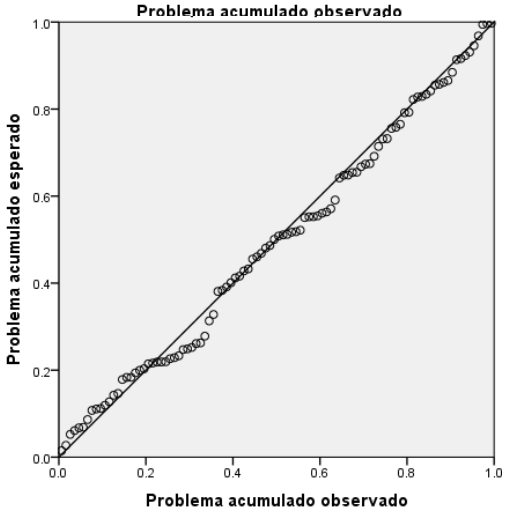




c)

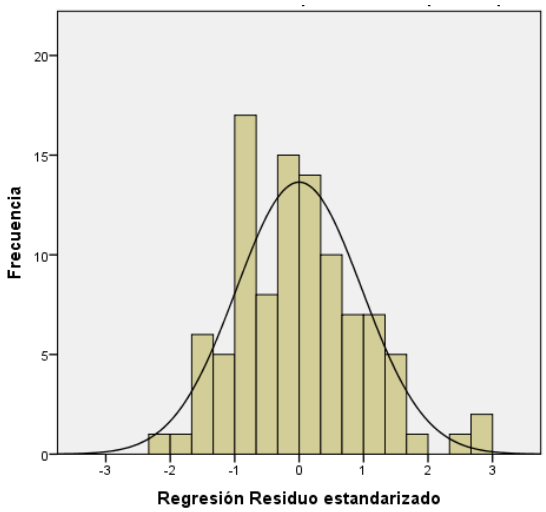
Durbin-Watson
1.413

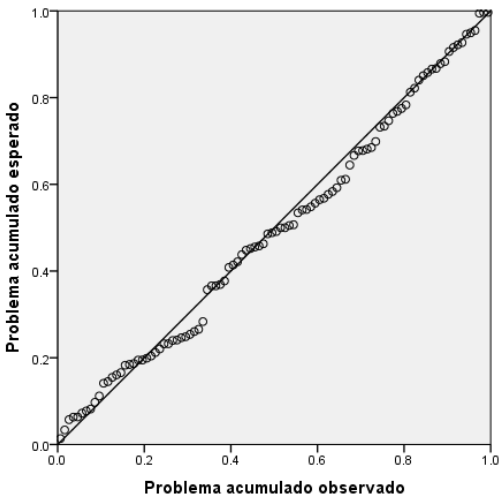




d)

Durbin-Watson
1.396



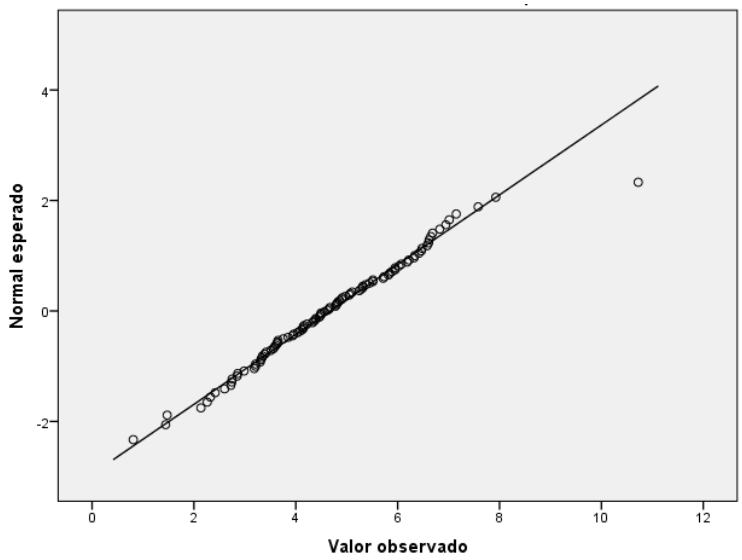


e)

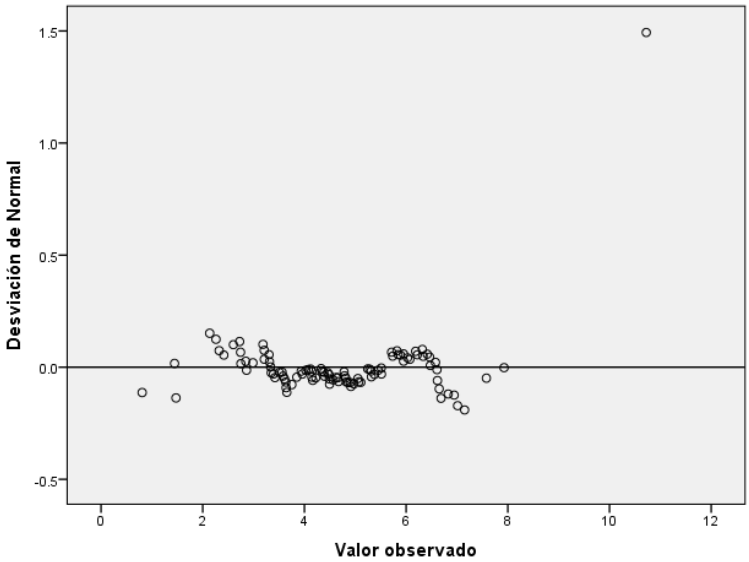
Durbin-Watson
1.427

Gráfico de probabilidad normal *Gráfico de residuales tipificados*

Anexo 2. Pruebas de normalidad para los datos de captura por unidad de esfuerzo que se utilizaron en el análisis de varianza y el análisis de covarianza. En (a) Grafico de Probabilidad normal, (b) Grafico de normalidad sin tendencia y (c) Test de Kolmorov-Smirmov.



a)



b)

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig.
CPUE (√)	.090	100	.200

c)