

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN PILOTO (*Carcharhinus falciformis*)
EN PUNTA LOBOS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

María José Castro Agudelo

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

BOGOTÁ, 2021

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN PILOTO (*Carcharhinus falciformis*)
EN PUNTA LOBOS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

María José Castro Agudelo

Trabajo de grado presentado para optar al título de: Biólogo

Director:

**Dr. Felipe Galván Magaña Investigador titular en el Centro Interdisciplinario de Ciencias
Marinas del Instituto Politécnico Nacional**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE FACULTAD DE CIENCIAS PROGRAMA DE BIOLOGÍA,
BOGOTÁ, 2021**

Página de aprobación



Felipe Galván Magaña

Director



Doctora Katherin Soto López

Jurado



Doctor Marcial Trinidad Villalejo Fuerte

Jurado



Federico Maldonado

Jurado

Dedicado a:

Mis papás y hermana, por su constante apoyo, comprensión y compañía en el proceso. Esto es por y para ustedes.

Los ama, su hija.

- A todos quienes no tienen la oportunidad de estudiar, ya sea por factores económicos o falta de apoyo familiar. Quizás la biología no es lo que querían, pero este logro sí es para ustedes.

Sebastián Romero, estuviste en más de la mitad de mi proceso, mereces ser parte de esto. No es ingeniería ambiental como querías, pero la biología es muy bonita y está en constante relación con la vida desde donde se presente. Por ejemplo, desde el cielo, donde estás tú. Te abrazo y nos abrazo siempre.

Agradecimientos

- A la comunidad pesquera porque sin ustedes, literalmente el trabajo no hubiera podido ser realizado. Gracias por aportar a la ciencia desde el respeto.
- Al Dr. Felipe Galván por la paciencia en el desarrollo del proyecto y por empaparnos de su conocimiento para poder culminar con éxito el proceso.
- A la Dra. Katherine Soto por su constante guía en el proceso y por su dedicación al momento de enseñar. Cuando grande quiero ser tan tesa y pila como tú.
- A Federico Maldonado por el apoyo y las palabras de aliento en el transcurso de la carrera y por supuesto, de la tesis.
- A Camila Zarabanda por su apoyo desde siempre, gracias por dejarme recurrir a ti cuando el mundo se viene abajo y siempre tener palabras bonitas para levantarme. Gracias a tu familia por ser mi familia y por darle unas hermanas incondicionales a la niña pistachos y sin duda, por darte la crianza tan estupenda que te dieron. Te amo mi Cami linda.
- A Daniela Pardo porque sin ella, no hubiera sobrevivido a la universidad y estaría menos cuerda. A las personas les deseo una amiga como tú. Tu sinceridad, perseverancia, disciplina y apoyo, es algo que siempre quiero en mi vida. Te quiero como no imaginas, amiga incondicional.
- A Pao, Lulu y Daniel, porque con ellos me crie y forjaron gran parte de mi personalidad. Los quiero siempre conmigo, que no me falte el cafecito para echar chisme cuando de ustedes se trate. En serio, agradezco a mi vida por tenerlos.
- A Daniela Guerrero por estar siempre que lo necesité, gracias por enseñarme todo lo que se puede alcanzar con perseverancia y además por enseñarme el verdadero significado de empatía. Te quiero como no imaginas.
- A todos quienes hicieron parte de este camino.

- A Camilo González por su paciencia, comprensión, guía y amor por la enseñanza. Gracias por no dejar de ser parte del proceso pese a las circunstancias. Te guardo con mucho amor y agradecimiento en mi corazón. Mereces todo lo bueno que tienes y que vas a lograr. Espero ser partícipe de tus triunfos desde la perspectiva que sea.
- A mi compañía en el cuchitril, mi estancia en La Paz no hubiera sido igual sin ustedes, ¡en serio gracias!
- Yess, amiga mexicana, ¡a ti vuelvo para recorrer Guadalajara y en Colombia te espero para que conozcas todo lo que te prometí! El cafecito lo tenemos que probar adonde sea que vayamos.
- A Sebastián Carrión, gracias por ayudarme a encontrar la paz interna que siempre busqué y que no sabía que necesitaba tanto, te debo mucho en cuanto a crecimiento personal, imagina tu gran impacto en mí. Eternamente agradecida contigo.
- A mi segunda mamá y mi otra hermana, Maribell y Luisa. Tienen siempre una palabra de aliento o una receta rica para el corazón. A ustedes les agradezco infinitamente ser parte de mi núcleo familiar y ser compañía constante para mis papás. Eso es algo que nunca me va a alcanzar la vida para agradecer. Las amo muchísimo, lo son todo para mí.
- Abuela, te amo como no imaginas. Eres felicidad y arrullo.
- Tía Sandra, vivo agradecida aún por ayudarnos en muchos momentos de innumerables formas.
- Castro: Papito bonito, gracias por permitirme crecer con un ejemplo de disciplina y amor como el tuyo. Nunca en la vida voy a encontrar un hombre como tú y estoy segura de eso. Qué suerte tuvimos mi hermana y yo por tenerte como papá. Gracias por dejarnos saber siempre que somos tus princesas, tu todo. Te amo con todo mi corazón papito, siempre tenlo presente.
- Agudelo: Mami bonita, gracias a ti por permitirme crecer viendo constancia y dedicación, por dejarme saber que no importan si cientos de obstáculos se presentan, se va a poder contra todo. Te amo con todo mi corazón y siempre te voy a admirar. Eres el mejor ejemplo para nosotras

- Castro Agudelo: Hermana, con usted las palabras sobran. Nunca nos ha hecho falta repetirnos constantemente que nos amamos porque los actos hablan por nosotras. Usted me ha enseñado de las mejores cosas que alguien puede dejar en la vida de otra persona. Hablo de luchar por lo que se quiere, salir adelante callando la boca de todos y de la forma que solo genere felicidad y paz en su vida. Quiero ser como usted. No hace falta decir que este logro es mutuo porque sin usted no hubiera sabido cómo sacar lo mejor de mí en momentos de carga fuerte, ni tampoco sacar sonrisas en momentos que en serio no lo lograba. Espero que su hogar con Santiago siempre este lleno de amor y constante replica de lo que vivimos nosotras.

Familia, los amo. Por ustedes soy quien soy y juntos pudimos con el pregrado. Que se venga lo que sea porque los tengo a ustedes. Los amo mucho y gracias por ser mi constante imagen de amor, perseverancia, respeto, cariño y todos los adjetivos buenos que puedan existir para describir una familia ideal porque ustedes representan eso para mí, lo ideal. Los amo papá, mamá y hermana, los amo mucho.

Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Marco de referencia | 3 |
| 2.1. Captura de elasmobranquios | 3 |
| 2.1.1 Captura de elasmobranquios a nivel mundial | 3 |
| 2.1.2 Captura de elasmobranquios en México | 5 |
| 2.1.3 Captura de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 6 |
| 2.2 Caracteres distintivos de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 8 |
| 2.3 Antecedentes | 9 |
| 3. Pregunta de investigación | 12 |
| 4. Justificación | 12 |
| 5. Objetivos | 13 |
| 5.1 Objetivo general | 13 |
| 5.2 Objetivos específicos | 13 |
| 6. Materiales y método | 14 |
| 6.1 Área de estudio. | 14 |
| 6.2 Fase campo | 14 |
| 6.3 Fase laboratorio | 15 |
| 6.3.1 Preparación de muestras | 15 |
| 6.3.2 Análisis de datos | 15 |

| | |
|--|----|
| Composición de las tallas del tiburón piloto | 16 |
| Proporción de sexos del tiburón piloto | 16 |
| Talla media de madurez sexual (L50) del tiburón piloto | 16 |
| 7. Resultados y discusión | 18 |
| 7.1. Composición de tallas | 18 |
| 7.1.2 Distribución temporal de los organismos | 21 |
| 7.2 Proporción de sexos | 25 |
| 7.3 Morfología macroscópica del aparato reproductor | 27 |
| 7.4 Talla media de madurez sexual | 33 |
| 8. Conclusiones | 40 |
| Bibliografía | 41 |

Índice de figuras.

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ranquin de captura mundial de elasmobranquios entre los años 1940 y 2000. (Tomada de: Stevens et al., 2000.) | 4 |
| Figura 2. Países con mayor captura de Elasmobranquios en el 2007 ubicando a México como sexto en el ranquin. (Tomado de Ramírez, 2011) | 5 |
| Figura 3 Características morfológicas del Tiburón piloto, <i>C. falciformis</i> . (Tomado de Castro, 1993)..... | 8 |
| Figura 4 Área de muestreo en Punta Lobos, Baja California Sur, México | 14 |
| Figura 5. Frecuencia de aparición vs. longitud total (Lt) de los organismos de <i>Carcharhinus falciformis</i> encontrados entre los años 2011 a 2017..... | 20 |
| Figura 6. Frecuencia de aparición vs. meses en la que los organismos de <i>C. falciformis</i> encontrados entre los años 2013 a 2017. | 24 |
| Figura 7. Proporción de sexos de <i>C. falciformis</i> durante 6 años de seguimiento. | 26 |
| Figura 8. Morfología externa del aparato reproductor en machos maduros de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 28 |
| Figura 9 Morfología externa del aparato reproductor en hembras maduras de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 29 |
| Figura 10 Morfología externa del aparato reproductor de una hembra grávida de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 30 |
| Figura 11 Número de embriones vs. la longitud total de las hembras grávidas de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 31 |
| Figura 12. Embriones en estadios tempranos de crecimiento con coloración clara y con aletas sin desarrollar..... | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 13 Embrión de 54 cm de longitud en las últimas fases de crecimiento, con características morfológicas de neonatos..... | 32 |
| Figura 14. Relación longitud total (Lt) y anchos de ovario (R^2 : 0.88); Relación longitud total (Lt) largo del ovario (R^2 0.0006) de tiburón piloto (<i>Carcharhinus. falciformis</i>)..... | 33 |
| Figura 15 (a) Relación largo de glándula oviductal y Lt en centímetros. (b) Relación de glándula oviductal y Lt en centímetros..... | 35 |
| Figura 16 Longitud de gonopterigio vs longitud total en <i>Carcharhinus falciformis</i> | 36 |
| Figura 17 (a) Relación largo del testículo con longitud total, (b) ancho de testículo con longitud total de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 37 |
| Figura 18. Talla a la cual el 50% de los machos se consideran maduros donde la L50 es 171 y la L95 es 211..... | 39 |

RESUMEN

El tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) vive en aguas oceánicas cerca de la superficie, aunque en ocasiones alcanza los 500 metros. En el océano Pacífico parecen migrar a latitudes ligeramente mayores en verano. Generalmente para su captura se usan redes de superficie y palangres; su pesca se realiza en toda su zona de distribución y a menudo son objeto de capturas incidentales en las pesquerías pelágicas dado que tienden a unirse a bancos de peces como el atún. A pesar de ser una de las especies más explotadas por sus aletas y carne, la información publicada acerca de su biología reproductiva es poca. Para analizar los aspectos reproductivos del tiburón piloto en Punta Lobos, BCS, México fueron colectados 201 individuos en los años 2011 a 2017. La longitud de las 110 hembras fue entre 132 a 240 cm, mientras que para los 91 machos fueron de 94 a 268 cm. La proporción sexual fue de 1.21H: 1M. La talla media de madurez sexual (L50) de hembras y grávidas no pudo ser efectuado dado que solo se contó con una hembra inmadura, contrario los machos donde se reporta una L50 de 171 cm.

Palabras clave: tiburón piloto; reproducción; proporción; talla madurez; composición

ABSTRACT

The silky shark (*Charcharinus falciformis*) lives in oceanic waters near the surface, although sometimes reaches 500 meters. In the Pacific Ocean they seem to migrate to slightly higher latitudes in summer. They are generally caught using surface nets and longlines throughout their range of distribution and often caught as bycatch in pelagic fisheries as they tend to aggregate with schools of fish such as tuna. Despite being one of the most exploited species for their fins and meat, there is little published information about their reproductive biology. To analyze the reproductive aspects of the silky shark in Punta Lobos, BCS, Mexico, 201 individuals were collected in the years 2011 to 2017. The length of the 110 females ranged from 132 to 240 cm, while males 91 ranged from 94 to 268 cm. The sex ratio was 1.21H: 1M. The mean length at sexual maturity (L50) of females and gravid females could not be determined because there was only one immature female, while males reported a L50 of 171 cm

Keywords: Silky shark; reproduction; sex ratio; size maturity; composition

1. Introducción

La clase Chondrichthyes incluye a un grupo extenso de peces cartilaginosos incluyendo a los tiburones, las rayas y a las quimeras. Esta clase actualmente se encuentra dividida en dos grupos: Elasmobranchii (tiburones y rayas) y Holocephali (quimeras) (Castillo, 2001). Dentro de la subclase de elasmobranchios se encuentra la familia Carcharhinidae, una de las más importantes y diversa, muchas de las cuales son comunes y de amplia distribución geográfica en todos los mares tropicales y templados (Emmanuel, 1997).

La mayoría de las especies de esta familia son marinas y pueden encontrarse desde la costa hasta el borde de la plataforma continental, tanto cerca del fondo como en la zona epipelágica (Hoyos, 2003). El tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) es parte de la familia Carcharhinidae, vive en aguas oceánicas cerca de la superficie; sin embargo, en ocasiones alcanza profundidades hasta de 500 metros (Compagno, *et al* 1995; Allen, 1999).

Según Martínez-Ortiz *et al.* (2011) la mayoría de los tiburones de *C. falciformis* en las costas de Florida y norte del Golfo de México se mueven hacia el norte siguiendo la corriente del Golfo. En el océano Pacífico parecen migrar desde el ecuador hacia latitudes ligeramente mayores durante el verano; mientras que en el océano Índico los adultos se concentran en el Golfo de Adén durante el final de la primavera y verano, donde parece que regresan para alimentarse y reproducirse (Hoyos, 2003). A su vez, al ser una especie especialista, el *C. falciformis* se alimenta principalmente de peces (*Thunnus albacares*, *Thunnus* spp., *Auxis thazard*) y cefalópodos (*Ancistrocheirus lesueurii* y *Argonauta* spp.) (Cedeño *et al.*, 2007).

La tendencia que tienen estos depredadores superiores a unirse a bancos de peces pelágicos, como el atún, es la razón por la que a menudo son objeto de capturas incidentales en las pesquerías pelágicas (CITES, 2016). El tiburón piloto es una especie oceánica circuntropical y costero-pelágica

(UICN, 2017) y su pesca se realiza en toda su zona de distribución (Compagno, 1984; 1990); para su captura generalmente se usan redes de enmalle de superficie y palangres de enmalle (Compagno *et al*, 1995).

Las aletas de *C. falciformis* tienen preferencia en el mercado asiático; sin embargo, su carne también es comercializada. Igualmente es aprovechada su piel y se obtiene aceite a partir del hígado (CITES, 2016). Por las capturas que se realizan de este elasmobranquio, llegó a la clasificación de “Casi amenazado” en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017)

Las poblaciones del Pacífico centro-oriental y suroriental, así como en el Atlántico noroccidental y el Atlántico centro-occidental, están clasificadas como “Vulnerables” (CITES, 2016). Por esto mismo, se describirá la biología reproductiva del tiburón piloto, para aportar información de su biología básica.

2. Marco de referencia

2.1. Captura de elasmobranquios

2.1.1 Captura de elasmobranquios a nivel mundial

Los peces constituyen más de la mitad del número total de especies vertebradas reconocidas y tienen una diversidad morfológica notoria en cada hábitat que ocupan y en su biología (Nelson, 1994). Dentro del grupo de peces se encuentran los teleósteos y los cartilagosos. La característica principal de los peces teleósteos es que tienen esqueleto totalmente osificado a diferencia de los elasmobranquios que son peces cartilagosos que carecen de componentes bioquímicos necesarios para la formación de huesos, no poseen vejiga natatoria y tienen altas concentraciones de urea en sus tejidos (Wilhelm-Filho y Boveris, 1993; Nelson, 1994).

Estos peces son capaces de retener altas concentraciones de solutos para prevenir cambios en el equilibrio osmótico con el medio marino (Richards *et al.*, 2003). Han desarrollado diferentes sistemas motrices para reducir la fuerza de arrastre y los costos de locomoción e incrementar la eficiencia de las adaptaciones respiratorias y cardiovasculares durante el nado (Hart y Reynolds, 2002).

Debido a sus características biológicas como lo son la baja fecundidad, la madurez tardía y sus largos periodos de fecundación, junto con el incremento en su explotación, se ha ocasionado notable disminución de estos (Bonfil, 1997) por lo que necesitan muchas décadas para su recuperación (FAO, 2001). La captura incidental es un problema de creciente preocupación en el mundo (Hall *et al.* 2000; Fonteneau *et al.* 2002), se ha registrado una sobrepesca de varias especies de elasmobranquios a nivel mundial (Bonfil, 1994; Camhi, 1998; Galván-Magaña, 2009). Se estima que la captura de elasmobranquios a nivel mundial se acerca a 1.5 millones de toneladas estando México en el ranquin de los diez países que más lo pescan (Figura 1)(Stevens *et al.*, 2000) dado que

de estos animales se hace un aprovechamiento casi completo de su carne, aletas, cartílago, dientes, mandíbula e hígado (Bohórquez, 2006) y que además hacen parte del *bycatch* (captura incidental) de muchas pesquerías (Londoño, 1977; Castillo, 1998; Navia, 2002; Acevedo *et al.*, 2005; Lamilla, 2005). Los ecosistemas se verían altamente afectados de forma negativa con la disminución de elasmobranquios como depredadores tope ya que tiene efectos sobre los niveles tróficos en la cadena alimenticia o red trófica de un ecosistema (Stevens *et al.*, 2000; Schindler *et al.*, 2002).

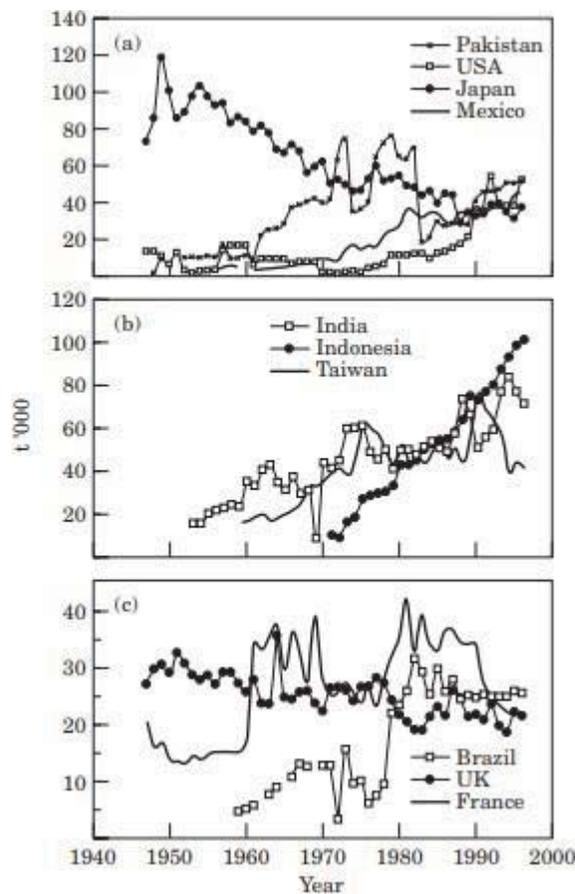


Figura 1. Ranquin de captura mundial de elasmobranquios entre los años 1940 y 2000. (Tomada de: Stevens *et al.*, 2000)

2.1.2 Captura de elasmobranquios en México

Por las características de los ecosistemas marinos y costeros de México, propias de ambientes de las zonas tropical y subtropical, existe una gran diversidad de tiburones. Se han reconocido más de 200 especies de elasmobranquios, incluyendo a tiburones, angelitos, mantas y rayas, distribuidos en aguas de jurisdicción federal (litoral del océano Pacífico y Atlántico) (CONAPESCA-INP, 2004). Asimismo, México es uno de los países con mayor captura de elasmobranquios, siendo en 2007 la sexta nación con mayor captura de estos con un total aproximado de treinta y cuatro mil toneladas representado un 4.3% de la pesca mundial de tiburones (Figura 2) (Sosa -Nishizaki *et al.*, 2008; FAO, 2009).

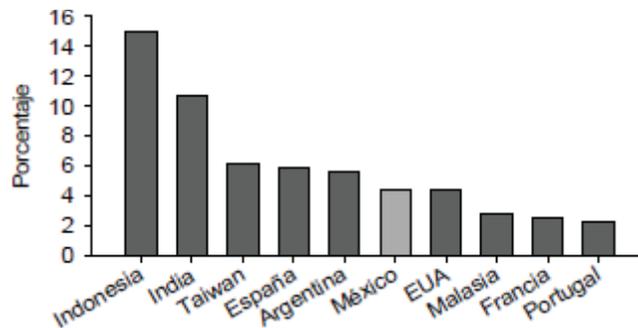


Figura 2. Países con mayor captura de Elasmobranquios en el 2007 ubicando a México como sexto en el ranquin. (Tomado de Ramírez, 2011).

En México la pesca de elasmobranquios se realiza a lo largo de los dos litorales marinos con embarcaciones que localmente son llamadas “pangas” con motor fuera de borda (Ramírez, 2011). En el 2009 el litoral del Pacífico mexicano contribuyó con el 78.63% de la captura total de elasmobranquios y en el mismo año, Baja California Sur (B.C.S) fue el segundo estado con más capturas representando el 17% de la captura total del Pacífico mexicano (SAGARPA, 2009), cabe

resaltar que este es uno de los estados dentro del litoral del Pacífico mexicano con mayor captura de elasmobranquios (Ramírez, 2011).

A pesar de que la pesca se realiza en ambas costas de B.C.S., tiene mayor frecuencia en la costa occidental de la entidad donde la pesquería de elasmobranquios ha sido un recurso de gran relevancia en las comunidades rurales (Ponce-Díaz *et al.*, 2009; Ramírez-Rodríguez, 2011). Contrario al Golfo de California donde en 1998 las poblaciones de las diferentes especies disminuyeron drásticamente debido a la sobrepesca y no se han recuperado (Galván-Magaña, 2009).

En la costa occidental de B.C.S. durante invierno-primavera, la pesquería de tiburón está representado en su mayoría por el tiburón azul (*Prionace glauca*) constituyendo el 63% de la captura total, seguido por el tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) 16% y el 21% restante está integrado por el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), tiburones martillos (*Sphyrna lewini* y *Sphyrna zygaena*) y el tiburón zorro (*Alopias pelagicus*) (Galván-Magaña, 2009). Asimismo, en México las poblaciones de tiburones no solo se ven afectadas por la pesca, también por contaminación marina, los cambios climáticos y la perturbación de los litorales (Castillo-Géniz, 1992).

2.1.3 Captura de *Carcharhinus falciformis*

En el área del océano Pacífico centro oriental, la familia Carcharhinidae está representada por 7 géneros y 18 especies, de las cuales 12 pertenecen al género *Carcharhinus* (Compagno, *et al* 1995). Perteneciente a este género se encuentra el tiburón piloto (*C. falciformis*), el cual tiene un cuerpo grande y delgado, normalmente alcanza los 330 cm de longitud total (Garrick, 1982; FAO, 2000). El tiburón (*C. falciformis*) está en peligro a causa de las capturas incidentales de las pesquerías de alta mar, hecho que queda agravado por la demanda que existe de su carne y sus aletas que son objeto de comercio internacional (CITES, 2016). Según la Organización de las Naciones Unidas

para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el total de capturas llegó a un nivel máximo de casi 27.000 t en 1999 y ha ido fluctuando entre ~7.600 t y ~2.800 t durante la última década.

De esta especie existen estudios de sus aspectos reproductivos; Sin embargo, los antecedentes son escasos en las costas del océano Atlántico y océano Pacífico de México (Soriano *et al.*, 2006; Cruz *et al.*, 2011; Hoyos-Padilla *et al.*, 2012; Galván-Tirado *et al.*, 2015), a pesar de que las áreas de mayor captura son el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec (Soriano *et al.*, 2006). Por ello, es importante realizar estudios biológicos del tiburón piloto incluyendo su biología reproductiva para establecer bases biológicas y recomendar medidas de manejo pesquero (Castillo, 2001) ya que ha sido catalogado como una especie vulnerable en el océano Pacífico.

El tiburón piloto ocupó en promedio el 51% de las capturas de elasmobranquios en el Pacífico mexicano (DOF, 2004) y ha tenido un decremento en su captura de un 50% entre 1993 y 2004 (Minami *et al.*, 2007). A causa de ello, la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) aprobó una resolución donde se propone y establece programas para recolectar información necesaria sobre la captura, así como también estudios que aporten al conocimiento de los aspectos biológicos (Galindo *et al.*, 2014).

2.2 Caracteres distintivos de *Carcharhinus falciformis*

El tiburón piloto (Figura 3) se caracteriza por tener coloración gris oscuro en el dorso y blanco en la zona ventral (Compagno *et al.*, 1995). Presenta un cuerpo largo y poco robusto, sus ojos son redondos, pequeños y cubiertos con membrana nictitante, el hocico moderadamente largo (Zea de la Cruz, 2007), sus dientes de la mandíbula superior tienen una cúspide serrada y los dientes inferiores tienen una cúspide lisa (Compagno *et al.*, 1995), la aleta dorsal se acerca más a las aletas pectorales que a las pélvicas y la segunda aleta dorsal es igual o menos en la base que la aleta anal y con un extremo posterior libre, la aleta caudal mide menos de la tercera parte de la longitud total (LT), con un lóbulo superior cercano a dos veces de largo que el inferior (Compagno, 1984; Castro, 1983).

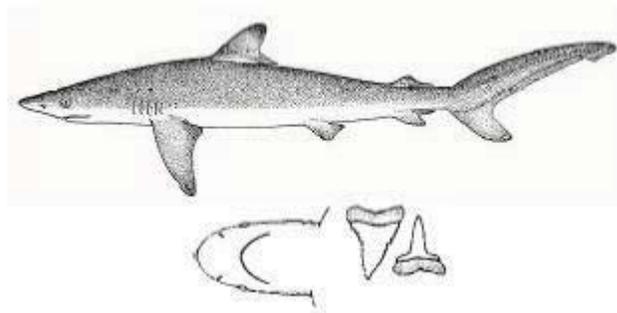


Figura 3 Características morfológicas del Tiburón piloto, *Carcharhinus falciformis*. (Tomado de Castro, 1993).

Según Castro (1983), se presentan cuatro etapas de desarrollo, la cual los separa en neonatos, juveniles, adultos y hembras grávidas en la clave ontogénica.

Los neonatos son organismos que en la especie vivípara presenta conexión umbilical cuya abertura es dependiendo del tiempo de nacido y se clasifica en: abierto, iniciando proceso de

cicatrización y cuando ya está cicatrizado. En la fase juvenil se incluyen organismos que presentan la cicatriz umbilical cerrada; los machos se evidencian por desarrollo de gonopterigios, los órganos sexuales internos se aprecian delgados, pálidos y rígidos (en hembras y macho). En la fase adulta los machos maduros presentan los gonopterigios completamente calcificados, vascularizados y con la capacidad de rotación de 180°, los testículos grandes, y los conductos deferentes presentan fluido seminal. Por otro lado, las hembras muestran ovarios de gran tamaño con aspecto granuloso y presencia de folículos maduros de color amarillo. Por último, se asigna el estado de hembras grávidas a todas aquellas que muestran evidencias de cicatriz de cópula en diversas partes del cuerpo, más en la región de las aletas pectorales y en los órganos internos como lo son el ovario, el útero y oviducto con rasgos de gravidez, presencia de óvulos maduros, y en estados más avanzados la presencia de embriones en desarrollo (Zea de La Cruz, 2007).

2.3 Antecedentes

Se han realizado diversos estudios basados en medidas morfológicas que resaltan la importancia biológica del tiburón piloto (*C. falciformis*). Gilbert y Schlernizauer (1966), realizaron un estudio en el cual reportó 12 hembras grávidas, las cuales presentaban tallas de entre 213 a 236 cm y, la talla de los embriones variaba entre 37 a 66 cm Lt. En su investigación reportaron también que solo el ovario derecho es funcional realizando un estudio histológico donde describieron las capas existentes entre el feto y la madre. Branstetter (1987) realizó un estudio donde concluyó que *C. falciformis* en el Golfo de México puede tener un periodo de gestación de 12 meses, donde reporta una longitud total de maduración para machos de 210 a 220 cm y para hembras >225.

Hoyos-Padilla (2003) reportó un total de 295 de los cuales 179 fueron hembras que variaron su longitud total entre 88 a 316 cm y 116 machos de entre 142 a 260 cm. Adicional a ello basándose en la medida del diámetro de los ovocitos y la glándula oviductal, sugirió que las hembras maduran

alrededor de 180 cm Lt y la madurez de los machos sucede a los 182 cm Lt teniendo en cuenta la presencia o ausencia de cúmulos de esperma y el desarrollo del gonopterigio.

Zea De La Cruz (2007) estimó la edad y crecimiento del tiburón a partir de las vértebras en donde encontró que las tallas de nacimiento estimada para hembras fue de 50 cm Lt y para machos de 53 cm Lt. La talla de madurez estimada fue de 177 cm Lt para hembras de entre 6 y 7 años y 168 cm Lt para machos de 6 años. Por último, registró la edad máxima teórica que puede alcanzar el tiburón siendo 24 años para hembras y 23 años para machos.

Carrera-Fernández (2011) hizo una recopilación bibliográfica de la biología reproductiva del tiburón piloto donde midió los parámetros reproductivos de diferentes tiburones en el pacífico mexicano (Baja California Sur, Golfo Colima y Golfo de Tehuantepec). Reportó que para B.C.S. entre los años 2000 a 2003 se registraron organismos con tallas entre 88 a 260 cm Lt, con presencia de hembras grávidas a partir de los 180 cm Lt. Estas contenían de 2 a 9 embriones. Para Colima entre los años 2003 - 2008 las tallas variaron en 60 a 250 cm Lt; se registraron 57 hembras grávidas con tallas entre 175 a 240 cm Lt donde la cantidad de embriones para cada una varió entre 2 a 10. Finalmente, para el Golfo de Tehuantepec se reportaron organismos con tallas entre 69 a 229cm Lt entre los años 2004 a 2006. Para esta última locación se reconocieron 22 hembras grávidas de entre 186 a 229 cm Lt donde se registraron entre 1 a 14 embriones.

Ortiz-Pérez (2011) determinó para la costa de Chiapas que entre los años 2006 a 2008 el mes de agosto se encuentra una mayor cantidad de machos que de hembras, por el contrario, en el mes de marzo hubo una mayor abundancia de hembras. En los meses donde fueron nulos los organismos fue en octubre, diciembre, junio. Se registraron un total de 196 organismos donde 90 eran hembras y 106 machos, donde tenían tallas que variaban entre 58 a 216 cm Lt. Las tallas menos abundantes fueron 202 y 218 cm Lt, por otro lado, las hembras maduras con embriones presentaron tallas de

192 a 216 cm Lt. Ramírez-Amaro (2011) llevó a cabo un estudio en el que registraron 97 hembras y 64 machos donde se presentaron tallas entre 130 a 230 cm Lt. El intervalo de tallas que mayor se presentó fue de 180 a 190 cm Lt y el menos frecuente fue de 230 cm Lt.

Por su parte, Cervantes-Gutiérrez (2013) obtuvo un total de 499 individuos (253 macho y 240 hembras) en 113 lances diferentes en México y Ecuador. La mayor abundancia se obtuvo en junio, mayo y marzo. El intervalo de tallas obtenidas para hembras fue de 56 a 220 cm Lt, y para machos fue de 59 a 206 cm Lt para machos. También encontró que los organismos menores a 180 cm Lt representaron una mayor abundancia en la muestra de captura atunera.

Cruz-Jiménez (2014) obtuvo muestras de la pesca artesanal del tiburón en la costa chica de Oaxaca de enero a noviembre del 2005. Registró 421 organismos de los cuales 193 fueron hembras y 228 machos. La talla de las hembras se encuentra entre 53 a 157 cm Lt y la de los machos fue de 50 a 156 cm Lt. Por último, Plata *et al.*, (2016) realizó un estudio desde diciembre del 2000 a diciembre del 2007 donde registró 1236 individuos donde 602 eran hembras que variaba de 49 a 217 cm Lt y 634 machos con tallas entre 59 a 265 cm Lt. Encontró un total de 52 hembras preñadas y el promedio de embriones fue de 7. Finalmente concluyó que las capturas estuvieron compuestas principalmente por juveniles.

3. Pregunta de investigación

¿Cómo es la biología reproductiva el tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) en Punta Lobo, Baja California Sur, México?

4. Justificación

La pesquería de tiburón es una de las más importantes. México, actualmente cuenta con 100 especies de tiburón de las cuales 40 son capturadas comercialmente (Applegate *et al.* 1979). En el Pacífico mexicano, se capturan aproximadamente 32 especies pertenecientes a las familias Carcharhinidae, Sphyrnidae, Alopiidae, Triakidae, Lamnidae y Ginglymostomatidae (Soriano-Velásquez *et al.*, 2006). Asimismo, las pesquerías artesanales de tiburón han sido una fuente importante de alimento y empleo desde hace varias décadas en la zona. Por ello se han buscado métodos para la correspondiente identificación de especies en riesgo de sobreexplotación debido a los efectos de la pesca por medio de la evaluación de riesgo ecológico (Walker, 2005).

La familia Carcharhinidae es una de las más capturadas en México. El tiburón piloto (*C. falciformis*), ha tenido poca atención a pesar de ser una especie con alta demanda comercial. Por lo tanto, es necesaria investigarla desde su base, desarrollando y produciendo información científica que aporte para conocer los procesos reproductivos ya que la información obtenida puede sentar las bases para posteriormente proponer un manejo sustentable de las poblaciones por medio de la descripción de la biología reproductiva como se ha realizado previamente en diferentes especies de tiburones. (Castillo, 2001).

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

- Describir la biología reproductiva del tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) en Punta Lobos, Baja California Sur, México

5.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición de las tallas del tiburón piloto
- Describir la morfología macroscópica del aparato reproductor en machos y hembras
- Determinar la proporción de sexos del tiburón piloto
- Estimar la talla media de madurez sexual (L50) del tiburón piloto

6. Materiales y método

6.1 Área de estudio

Punta Lobos queda ubicado en la costa suroccidental del estado de Baja California (Figura 4). Según el sistema de clasificación Köppen, la mayor parte de la península es árida o semiárida lo significa que es caliente y seca (Hoyos, 2003). Esta costa se encuentra directamente expuesta al régimen de alta energía del Océano Pacífico, los vientos que prevalecen son del noroeste en forma constante de mayo hasta octubre y durante el periodo de noviembre a febrero son del sureste (Salinas-González, 1987). Igualmente, esta costa está influenciada por dos grandes sistemas de corrientes, la de California que es la que transporta aguas de origen subártico hacia el sur y la Norecuatorial que transporta aguas de origen trópico-occidental caracterizados por altos valores de temperatura y salinidad, así como niveles bajos de oxígeno disuelto (Sverdrup *et al.*, 1942).



Figura 4 Área de muestreo en Punta Lobos, Baja California Sur, México.

6.2 Fase campo

Los ejemplares de tiburón piloto se obtuvieron de un campo pesquero en Punta Lobos (Figura 4). Se realizaron muestreos entre los años 2011 a 2017. Los pescadores hicieron la captura del

tiburón piloto por medio de palangres de aproximadamente 2.1 kilómetros de línea principal con 17 metros de distancia entre cada ramal, con anzuelos de diferentes carnadas (pez dorado, diablo y pierna) entre 30 a 40 millas. Los pescadores dejaron operando desde el atardecer hasta el amanecer.

Se empleó un formato de registro que incluye la localidad del muestreo, la fecha, la distancia de la costa y el método de pesca. Una vez obtenidos los individuos se procedió a realizar la respectiva medición de la longitud total (distancia de la punta de la cabeza hasta la punta del lóbulo superior de la aleta caudal) con ayuda de una cinta métrica. Se hizo el conteo total de organismos de cada sexo dependiendo de la presencia de gonopterigios en machos y ausencia de estos en hembras, además de la extracción de las estructuras reproductivas al efectuar una incisión desde la cloaca hasta el centro de las aletas pectorales con el fin de fijarlas en formol al 10% para así preservarlas de forma correcta y proceder al análisis.

6.3 Fase laboratorio

6.3.1 Preparación de muestras

Cada estructura reproductiva fue lavada de forma cuidadosa con agua corriente para remover el exceso de formol y arena, con el fin de hacer el recambio a frascos con alcohol al 70% con su respectiva etiqueta que contiene la información de captura. Se dejó pasar un tiempo mínimo de dos días para después, empezar a medir el ancho y la longitud de los testículos en caso de que fuera macho y para las hembras, se midió la longitud y ancho de la glándula oviductal y del ovario además de la distensión del útero.

6.3.2 Análisis de datos

Se realizó una base de datos con lo obtenido a lo largo del estudio. Esta base de datos fue comparada y complementada con información con la proporcionada por el centro interdisciplinario de ciencias marinas, la cual incluía todos los datos obtenidos en campo como el largo de gonopterigio de los

machos, la calcificación y rotación de estos. Para la interpretación de los resultados posteriormente explicados, se tuvo en cuenta los criterios establecidos por Springer (1960) y Clark & von Schmidt (1965) donde la madurez de los machos se determina por presencia de gonopterigio bien calcificados, de rotación fácil, expansivos y presencia de semen al presionar la zona. Por otro lado, para las hembras la madurez fue determinada por el desarrollo de ovocitos presentados, la distensión de úteros y en campo por heridas causadas en la actividad de cortejo.

Composición de las tallas del tiburón piloto

Se realizaron histogramas de frecuencia para obtener la composición de tallas de la captura para sexos combinados y para sexos por separado teniendo en cuenta un intervalo de cinco centímetros para la longitud total. Se realizó igualmente una distribución temporal por mes de distribución para hembra, machos por separado y en conjunto

Proporción de sexos del tiburón piloto

Se realizó la prueba chi-cuadrado (χ^2) para analizar la proporción de sexos y poder corroborar si se aceptaban las hipótesis de una proporción igual 1:1. Por otro lado, se realizaron gráficas donde se tomaron en cuenta el número de machos, número de hembras vs. frecuencia de aparición, así como también, del estado de madurez vs. frecuencia de aparición. Posterior a ello, se realizó una descripción de los órganos reproductores de hembras, machos y grávidas.

Talla media de madurez sexual (L50) del tiburón piloto

Se tomó la madurez sexual en machos con base a la longitud total, el grado de calcificación y rotación de gonopterigio y también, por la presencia de semen. En las hembras, la madurez sexual se estimó a partir de la observación a simple vista de ovocitos de mayor tamaño con abundante vitelo y también por la presencia de embriones en el útero. Después de ello se realizaron análisis de

regresión lineal para inferir el comienzo del periodo de madurez sexual de los individuos teniendo en cuenta el diámetro de los ovocitos y la glándula oviductal con la longitud total en el caso de las hembras y el largo del testículo con la longitud total para los machos. La talla de madurez se estimó cuando el 50% de los individuos sean sexualmente maduros en la frecuencia de clase con la ecuación logística propuesta por Mollet *et al.* (2000) y Conrath (2004).

$$P_m: 1/[1+EXP-(a+b*L_t)]$$

P_m : Proporción sexual de especímenes maduros donde 0 es considerado para un organismo inmaduro y 1 para organismos maduros.

a : constante de ecuación que determina origen de la curva

b : constante de ecuación que determina la inclinación de la curva

L_t : Longitud total

7. Resultados y discusión

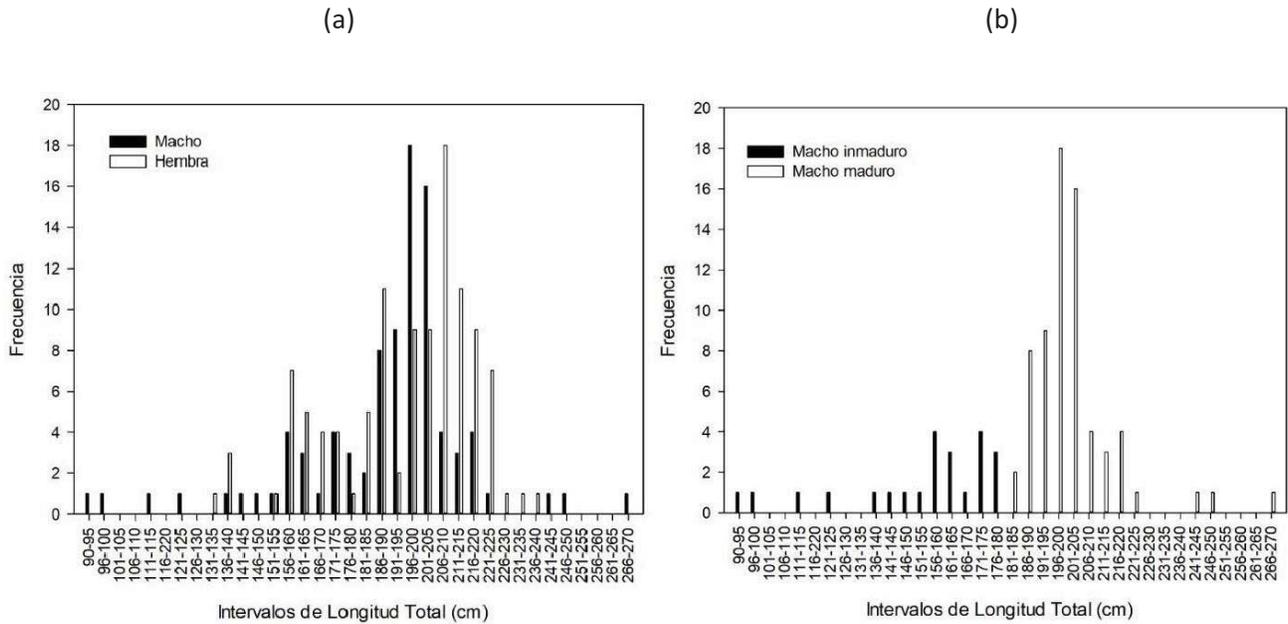
7.1. Composición de tallas

Se realizó el análisis de un total de 201 individuos, los cuales se dividieron en 91 machos y 110 hembras. Para la muestra total se reportaron tallas entre 94 y 268 cm Lt presentándose todos los estadios de madurez (machos y hembras maduros e inmaduros) pero en mayor proporción organismos maduros. Como se puede evidenciar en la Figura 5a, los intervalos de longitudes más frecuentes fueron para machos de 196 a 200 cm y para hembras de 206 a 210 cm Lt. Los machos presentaron longitudes entre 94 y 268 cm con una media de 189 cm (Figura 5. Frecuencia de aparición vs. longitud total (Lt) de los organismos de *Carcharhinus. falciformis* encontrados entre los años 2011 a 2017.b). Se registraron un total de 23 organismos inmaduros entre las tallas 94 a 177 cm Lt con una media de 153 cm y, por otro lado, un total de 68 machos maduros entre las tallas 183 y 268 cm Lt con una media de 202 cm. Existe una mayor presencia de machos inmaduros en los intervalos de 156 a 175 cm, mientras que para maduros en el intervalo de 196 a 200 cm Lt.

Se tiene un total de 110 hembras las cuales presentaron longitudes entre 132 a 240 cm con una media de 195 cm (Figura 5c). Para los organismos inmaduros se registraron tallas entre 132 y 180 cm con una media de 160,65 cm, pero observándose mayor presencia de estos en las tallas de 156 a 160 cm y, por otro lado, hembras maduras entre las tallas 182 y 240 cm con una media 206.17 cm siendo más frecuentes los organismos en las tallas de 206 a 210 cm. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre las tallas de ambos sexos ($t_{0.05, 199} = -1.53$).

La presencia de un mayor número de organismos maduros coincide con lo reportado en el estudio de Hoyos (2003) donde reporta tallas desde 88 a 316 cm Lt en la misma zona de muestreo (Punta Lobos) obteniendo mayor cantidad organismos maduros de ambos sexos. Por otro lado, para el Pacífico

occidental de Baja California Sur, Cárdenas (2001) reportó tallas entre 125 a 279 cm Lt donde igualmente, se observó más cantidad de los organismos maduros.



(c)

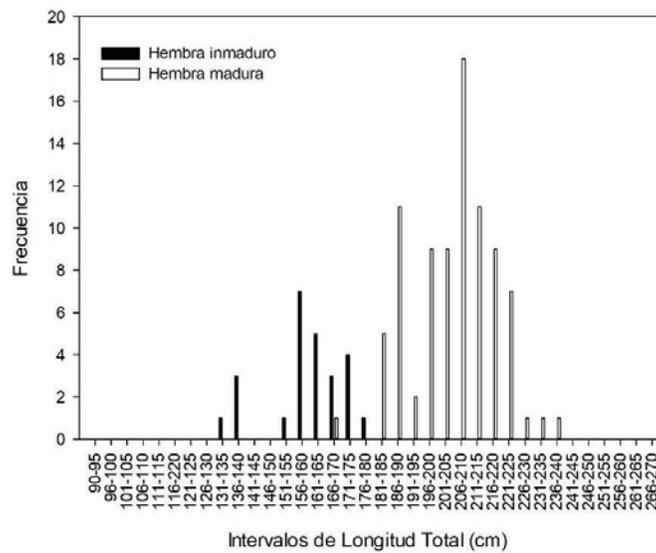


Figura 5. Frecuencia de aparición vs. longitud total (Lt) de los organismos de Carcharhinus falciformis encontrados entre los años 2011 a 2017.

A diferencia de estudios realizados por Sánchez (2004) que reportó organismos de 88 a 260 cm Lt en Oaxaca donde hubo mayor presencia de organismos juveniles, igual que en el de Plata *et al.*, (2007) 49 a 265 cm Lt y Ortiz (2011) 61 a 216 cm de Lt en Tehuantepec. Estas diferencias en la composición de las tallas pueden deberse a la distancia de pesca que se maneja entre las zonas, ya que es más probable encontrar organismos inmaduros/juveniles en zonas costeras como las de pesca en Oaxaca y el Golfo de Tehuantepec ya que las usan como área de crianza (Hoyos, 2003) dado que proporciona mayor seguridad de la que podrían obtener en el océano abierto además de los nutrientes que proveen generalmente (Ortiz, 2011) a diferencia de los maduros que habitan más en la zona oceánica como es el caso de Punta Lobos.

Tabla 1. Recopilación de longitudes totales presentadas (en cm) en estudios anteriores para la reproducción de *C. falciformis*

| Hembra | Macho | Total | Autor |
|--------------|--------------|-------|----------------------------------|
| 125 a 261 cm | 130 a 279 cm | 1225 | Cadena - Cardenas (2001) |
| 50 a 320 cm | 50 a 320 cm | 1509 | Castillo (2001) |
| 88 a 316 cm | 142 a 260 cm | 295 | Hoyos - Padilla 2003 |
| 88 a 230 cm | 142 a 260 cm | 252 | Sánchez (2004) |
| 50 a 157 cm | 50 a 157 cm | 21 | Cruz (2005) |
| 54 a 300 cm | 51 a 308 cm | 1028 | Zea de La Cruz (2007) |
| 70 a 229 cm | 69 a 220 cm | 262 | Galvan Tirado (2007) |
| 83 a 272 cm | 210 a 230 cm | 96 | Hazin (2007) |
| 49 a 217 cm | 59 a 265 cm | 1236 | Alejo-Plata <i>et al.</i> (2007) |
| 171 a 216 cm | 61 a 192 cm | 196 | Órtiz-Pérez (2011) |
| 70 a 230 cm | 70 a 230 cm | 258 | Ramirez Amaro (2011) |
| 56 - 220 cm | 59 a 206 cm | 493 | Cervantes Gutiérrez (2003) |
| 132 a 240 cm | 94 a 268 cm | 201 | Presente estudio Castro (2021) |

7.1.2 Distribución temporal de los organismos

Se trabajó con datos tomados durante los meses de julio a agosto en el 2011, agosto a octubre en el 2013, en marzo y de septiembre a diciembre en el 2014, de febrero a octubre del 2015, de marzo a abril del 2016 y por último en septiembre del 2017. Se discriminaron los meses de los años anteriormente

mencionados (Figura 6a) para observar con mayor facilidad el mes en cual existió mayor abundancia de individuos de hembras y machos del tiburón piloto. Se registra mayor cantidad de machos maduros en comparación a los inmaduros en los años de muestreo (Figura 6b), siendo agosto el mes donde se observa la mayor cantidad de individuos maduros, contrario a los meses de diciembre a febrero donde se denota una disminución de organismos. Por otro lado, se encontró una mayoría de individuos inmaduros en el mes de septiembre y menor cantidad de estos en el mes de marzo. Igualmente se observa que entre los meses de marzo y octubre hay una mayor cantidad de organismos de los dos estadios de maduración

Se registraron siete hembras grávidas, dos en el mes de octubre, dos en el mes de septiembre, una en abril, una en junio y por último una reportada en agosto. En los meses de agosto y septiembre se encontró una mayor presencia de hembras maduras y en diciembre una menor cantidad (Figura 6c). Asimismo, en octubre se encontraron más hembras inmaduras (6) y también, la mayor cantidad de hembras grávidas (2) compartiendo con septiembre (2); al igual que con las hembras maduras, se encontró una menor cantidad en diciembre.

Tanto las hembras como los machos tuvieron mayor frecuencia de aparición en los meses de agosto y septiembre, esto puede deberse a que esta especie puede estar estrechamente relacionada con la variación de la temperatura superficial del agua y la salinidad, la temperatura frente a la costa de Baja California incrementa en invierno de 15 a 20°C hacia el sur y de 20 a 25°C en verano, siendo a temperaturas entre 23° C a 24 ° en donde es comúnmente observado (Gómez y Vélez, 1982; Compagno, 1984), como también porque la época de junio a noviembre se presenta la captura comercial en la zona de estudio (Sánchez, 2004). Hoyos (2003), evidenció que el tiburón piloto en la costa occidental de B.C.S presentó mayor frecuencia de aparición durante los meses de julio a octubre y menor en los meses de enero y junio; contrario a Cervantes (2013) quien registró mayor abundancia durante los meses en marzo mayo y junio, mientras que el menor número de individuos se obtuvo de noviembre a febrero. La

disminución de organismos de noviembre a febrero se relaciona con los vientos debido que el esfuerzo pesquero disminuye puesto que las condiciones ambientales no son favorables y empieza a ser poco rentable la pesca dado que el recurso económico que se gasta es mayor al que se gana (Chong-Robles, 2005; Galván-Tirado 2007).

Para este estudio se obtuvo un total de siete hembras grávidas por lo que no se pudo determinar un patrón en el desarrollo embrionario dado que se encontraron diferentes tallas de embriones en los distintos meses careciendo de un patrón estacional como lo reportado por Hoyos (2003). Este fenómeno anteriormente descrito puede relacionarse a lo mencionado por Castro (2003) quien dice que las áreas tropicales reducen la posibilidad de que los alumbramientos se restrinjan a un mismo tiempo por la capacidad de los elasmobranquios de reproducirse a lo largo de todo el año. Sin embargo, Oshitani *et al.* (2003), reportó que los alumbramientos se dan de julio a septiembre.

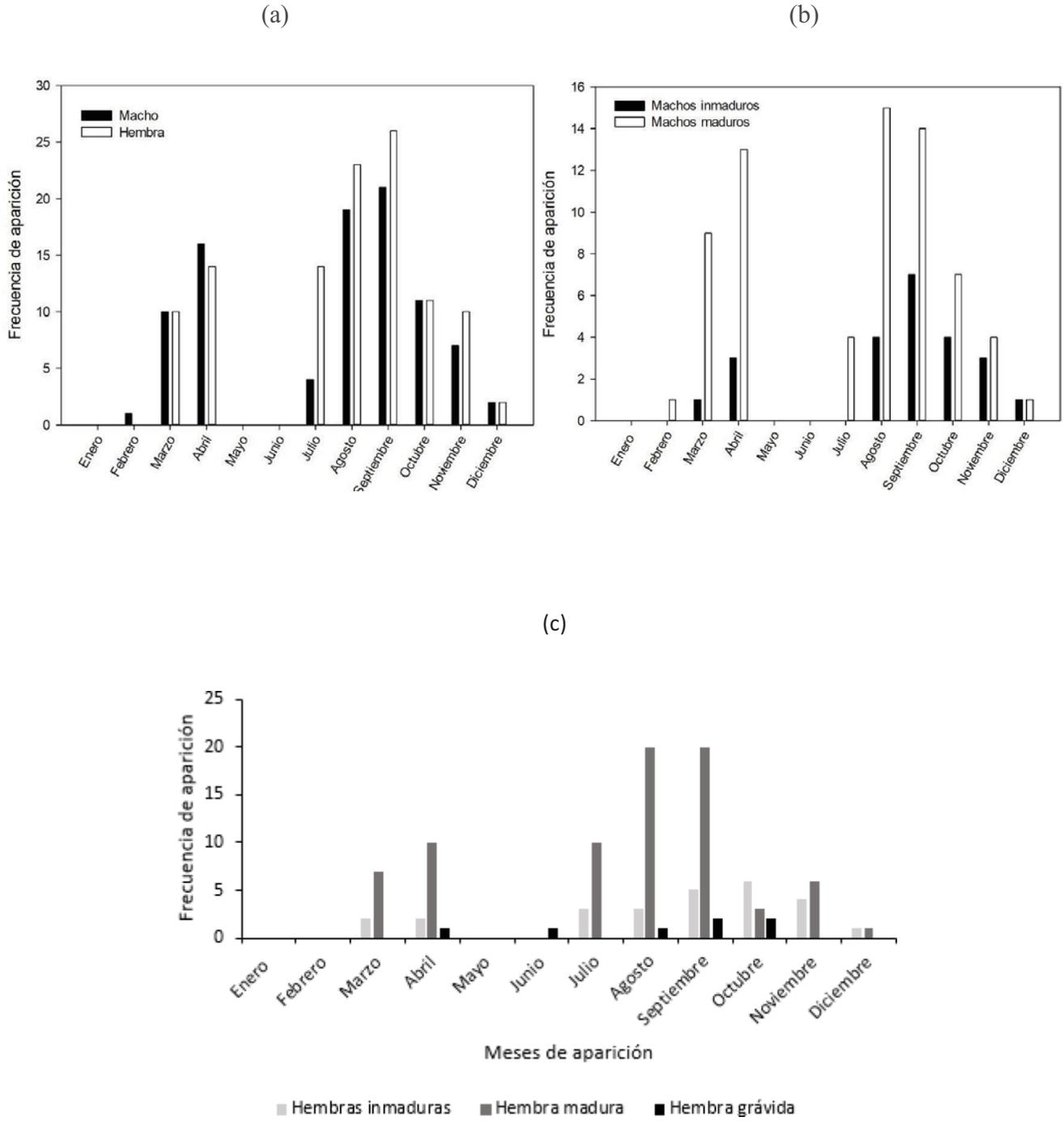
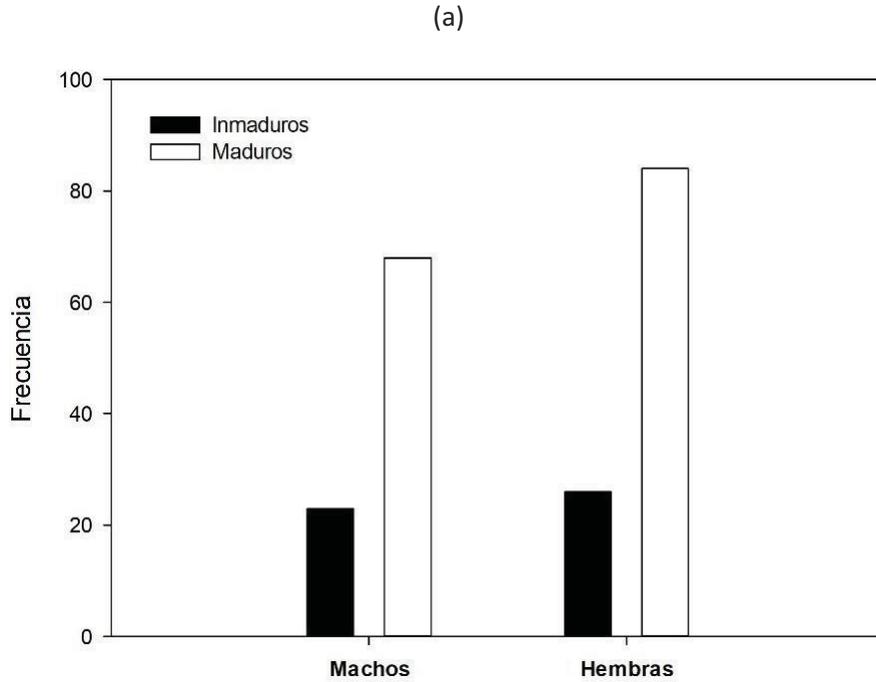


Figura 6. Frecuencia de aparición vs. meses en la que los organismos de *Carcharhinus falciformis* encontrados entre los años 2013 a 2017.

7.2 Proporción de sexos

Se estimó la proporción sexual para todos los organismos en general, para organismos maduros e inmaduros, al aplicar el estadístico de prueba de chi-cuadrada (X^2), no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tres, aceptando por ende la hipótesis nula que dice que la proporción sexual es igual a 1H:1M. El grupo que presentó mayor proporción de organismos muestreados fueron los maduros con el 75.12% de las capturas de los cuales 54.96% correspondió a hembras y 45.03% a machos. La proporción de sexos de la muestra total (1.21H: 1M) no presentó diferencias significativas a la proporción 1:1 ($X^2_{0.05} = 1.8$, $p > 0.05$). Al igual que en la proporción de organismos inmaduros (1.91H:1M) donde tampoco se encuentra una diferencia significativa ($X^2_{0.05} = 3.1$, $p > 0.05$), por último, en cuanto a los organismos maduros se repite el patrón evidenciado con anterioridad, en donde no se presentan diferencias significativas en la proporción de sexos 1.47H:1M ($\chi^2_{0.05} = 3$, $p > 0.05$) (Tabla 2, Figura 7).

Para el Golfo de California, Cadena-Cárdenas (2001) reportó una proporción sexual de 3.49H:1M, sin embargo, Hoyos-Padilla (2003) encontró una proporción sexual de 1H: 0.6M para la especie, lo cual coincide con los resultados presentados en este estudio. Adicionalmente, en otras zonas de estudio se repite dicha proporción, Villatorio & Rivera en (1994) reportaron una proporción de hembras y machos 1:1 en aguas de El Salvador, misma relación encontrada por Del Rosario (1998) en Guatemala y por Ronquillo (1999) en Chiapas. La proporción sexual reportada para *C. falciformis* es del mismo número de hembras y machos en el Golfo de Tehuantepec (Soriano-Velásquez *et al.*, 2006; Galván-Tirado 2007).



(b)

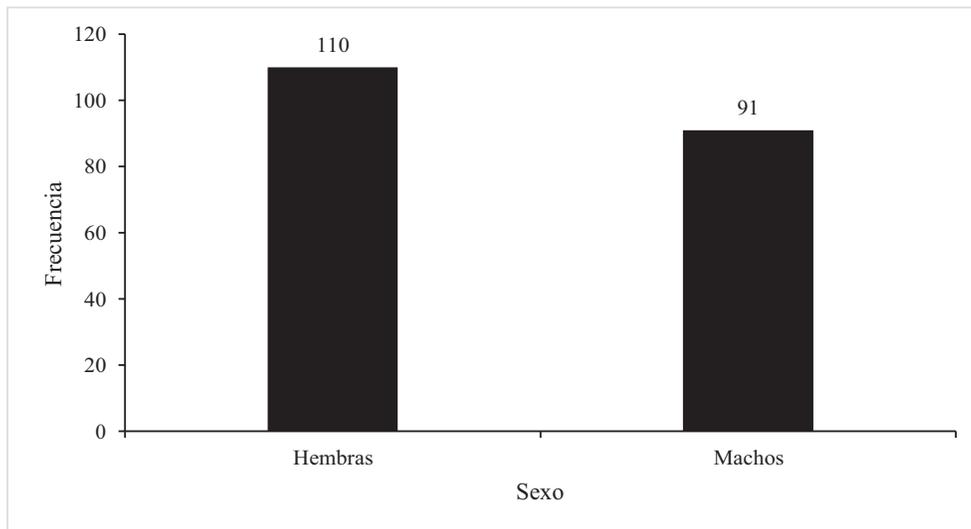


Figura 7. Proporción de sexos de *C. falciformis* durante 7 años de seguimiento.

Pratt y Otake (1990) sugieren que, para obtener una mayor certeza de la proporción sexual, debe ser hallada no solo con organismos maduros e inmaduros sino también con embriones encontrados en las hembras grávidas del estudio. Como se observa en la Tabla 3 de las hembras grávidas registradas (7)

entre 2011 y 2017, se obtuvieron 28 embriones, a los cuales se les determinó el sexo en su totalidad, hallando 14 hembras y 14 machos con una proporción total de 1H :1M.

Tabla 2. Proporción de sexos de organismos y estadístico chi-cuadrado

| Estadio | H:M | Regla de decisión |
|------------------|----------|------------------------------|
| Machos y hembras | 1.21: 1 | $\chi^2_{0.05}= 1.8, p>0.05$ |
| Inmaduros | 1.91: 1 | $\chi^2_{0.05}= 3.1, p>0.05$ |
| Maduros | 1.47 : 1 | $\chi^2_{0.05}= 3, p>0.05$ |

7.3 Morfología macroscópica del aparato reproductor

Macho.

Los machos de *C. falciformis* presentan un aparato reproductor que está conformado por un par de testículos que están asociados y surgen de la parte distal a los órganos epigonales (Hoyos, 2003); el epidídimo el cual contiene las células de Leydig; los ductos deferentes los cuales transportan los espermatozoides desde el epidídimo a los conductos eyaculadores; la vesícula seminal por medio de la cual se libera líquido seminal y se almacenan los espermatozoides en los sacos espermáticos. Se registraron un total de 27 machos en los cuales el tamaño de sus testículos varía entre 8 a 28 cm de largo y de 1 a 6 cm de ancho. Presentan testículos simétricos que no guardan relación entre la longitud del cuerpo y su largo o ancho ($R^2=0.07$ largo; $R^2=0.22$ ancho). En los organismos juveniles o inmaduros no se distingue el epidídimo de forma clara a diferencia de lo que se puede observar en los testículos de un

organismo maduro (Figura 8). El gonopterigio es el órgano reproductor externo de los machos tienen apariencia de dos apéndices alargados que están ubicados justo debajo de la cloaca. Su calcificación, tamaño y rotación son indicativos de madurez en el organismo.

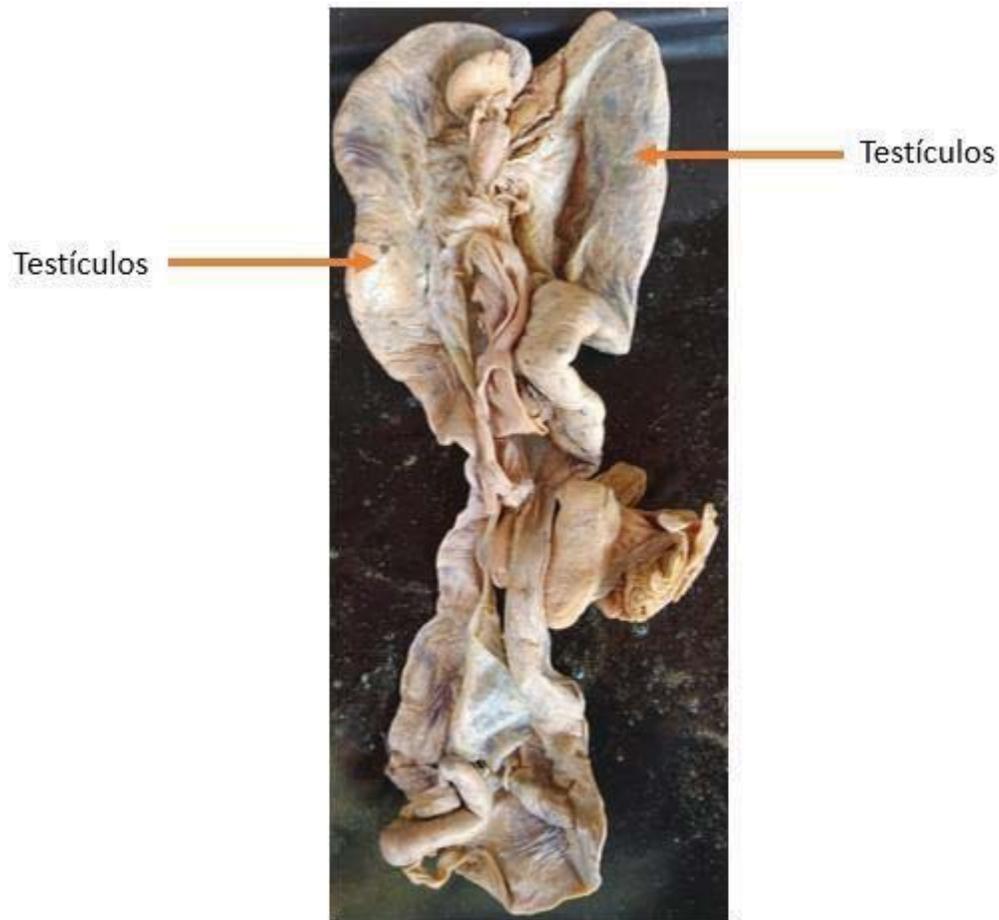


Figura 8. Morfología externa del aparato reproductor en machos maduros de *Carcharhinus falciformis*

Hembra.

La morfología externa del aparato reproductor en hembras cuenta con un solo ovario, el cual es caracterizado porque únicamente el derecho es funcional y el otro vestigial, además en esta especie vivípara placentaria, es el productor de ovocitos (Hoyos, 2003); los cuales proveen los nutrientes iniciales durante el desarrollo embrionario, hasta que se desarrolla la conexión con la madre; el útero en el cual se desarrollan los embriones en este caso, en compartimientos uterinos; el órgano epigonal y glándula

oviductal que es el órgano en el cual se almacenan los espermatozoides y donde la fecundación de los ovocitos ocurre (Merez, 2018). Se registraron 23 hembras con úteros desde 10 a 20 cm de largo y de 7 a 14 cm de ancho, glándulas oviducales de 3 a 5 cm de largo y 2 a 6 cm de ancho. En la Figura 9 puede apreciar el útero de una hembra madura.

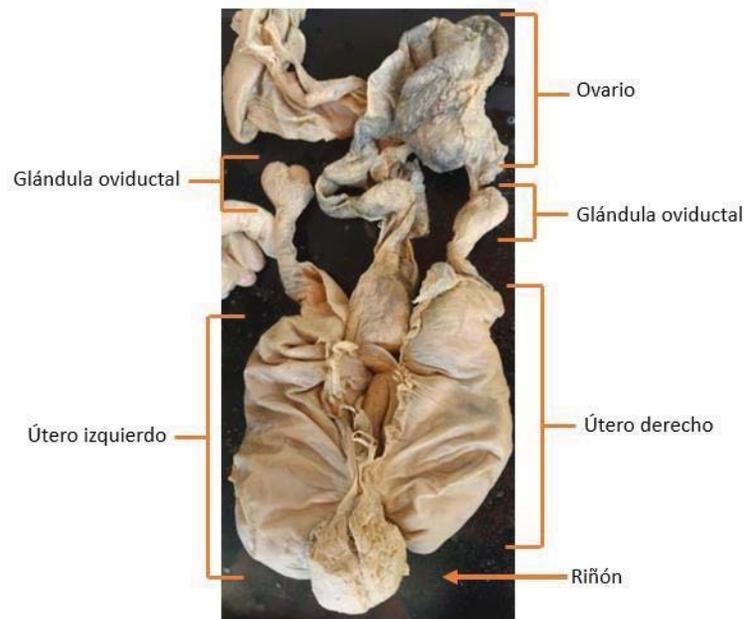


Figura 9. Morfología externa del aparato reproductor en hembras maduras de *Carcharhinus falciformis*

Grávida.

Se reportaron 7 hembras grávidas en el presente estudio que tuvieron un intervalo de longitud total de 188 a 211 cm. Estas hembras presentaron un número mínimo de embriones de 1 y máximo de 5 como se observa en la Tabla 3 y un promedio de 5 embriones por hembra y la proporción sexual embrionaria para toda la población es 1 H : 1 M ($X^2=0$; $p>0.05$). En la Figura 10 al cual se le extrajeron los embriones y además se observa la glándula oviductal. Como se ve representado en la Figura 11

10 Morfología externa del aparato reproductor de una hembra grávida de *Carcharhinus falciformis* el número de embriones por hembra no depende de la longitud total de la madre ($R^2 = 0.69$).

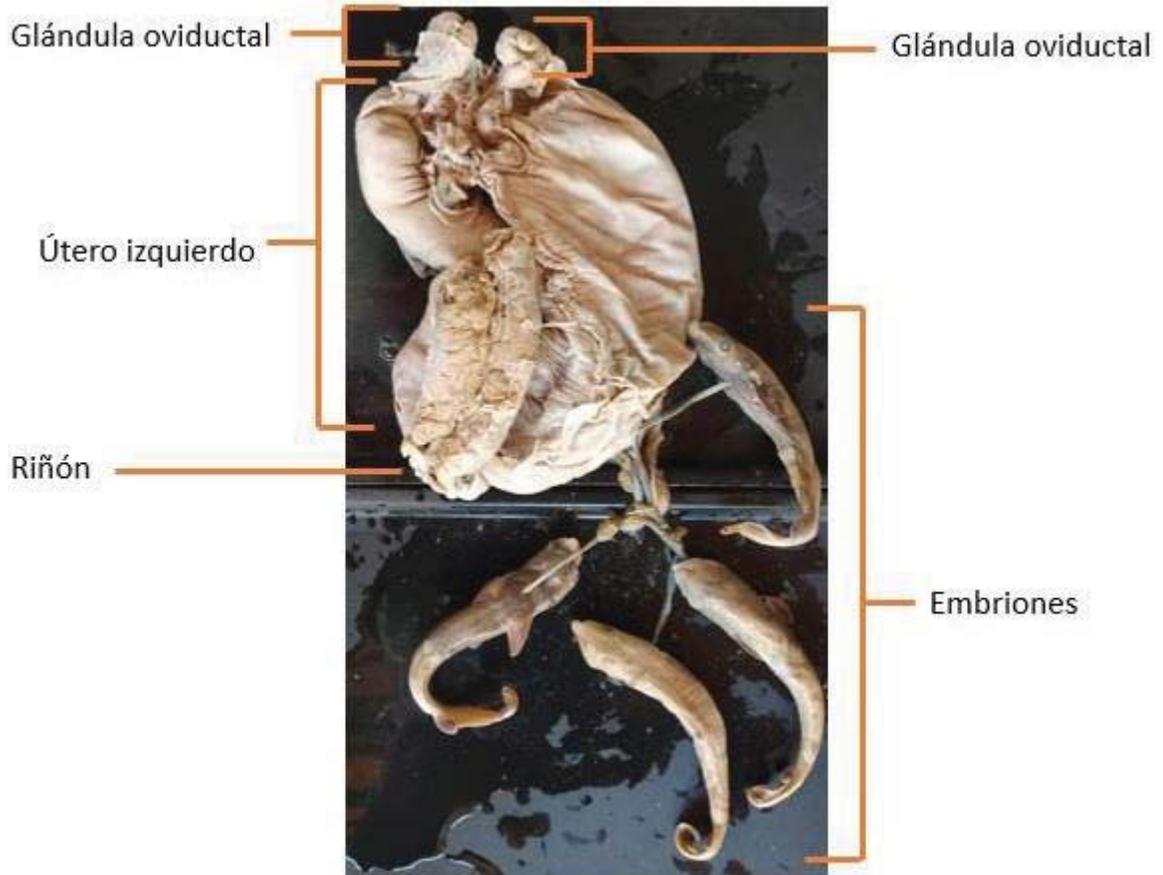


Figura 10 Morfología externa del aparato reproductor de una hembra grávida de *Carcharhinus falciformis*

Tabla 3. Hembras grávidas de *Carcharhinus falciformis* y longitud sexual de embriones

| Longitud total (cm) | Número de embriones | Longitud total de embrión de mayor tamaño (cm) | Proporción sexual (H:M) en embriones | Fecha de captura |
|---------------------|---------------------|--|--------------------------------------|------------------|
| 197 | 5 | 26 | 1,5: 1 | 11/10/2014 |
| 205 | 4 | 24 | 1:1 | 18/04/2015 |
| 211 | 5 | 54 | 0,67: 1 | 6/06/2016 |
| 209 | 5 | 48 | 0,67: 1 | 24/08/2016 |
| 194 | 3 | 15 | 2:1 | 29/10/2016 |
| 188 | 1 | 16 | 0:1 | 10/09/2016 |

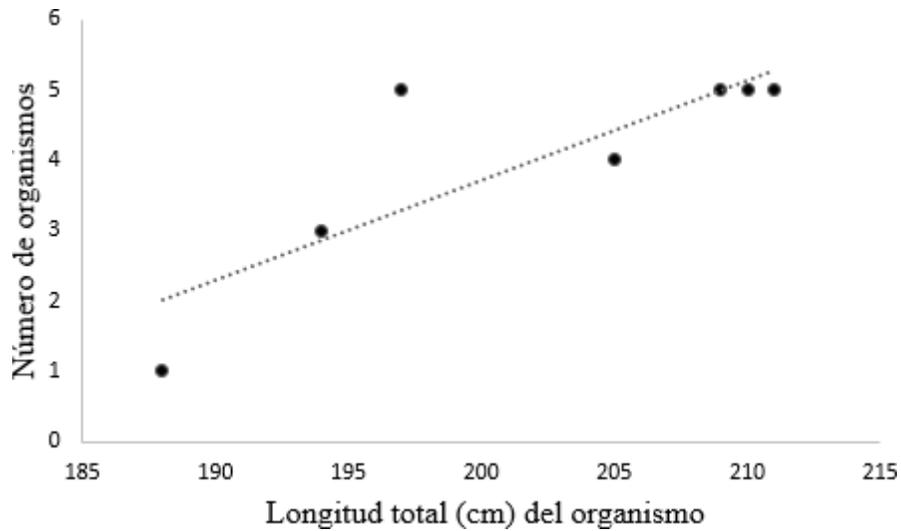


Figura 11 Número de embriones vs. la longitud total de las hembras grávidas de *C. falciformis*.

Se registraron embriones con longitudes entre 13 a 54 cm. Al ser vivíparos placentarios tienen un cordón en el cual obtienen nutrientes para el desarrollo dentro del útero de la madre. La coloración y desarrollo morfológico de los embriones dependen de su longitud. En la Figura 12 se muestran embriones de 22 cm de longitud pueden observar que presentan el cordón umbilical, además, se empiezan a evidenciar las estructuras morfológicas que presentan los adultos, pero no totalmente desarrolladas y con coloración más opacas.



Figura 12. Embriones en estadios tempranos de crecimiento con coloración clara y con aletas sin desarrollar

Por otro lado, en la Figura 13 se puede observar un embrión de 54 cm de longitud, al cual se le puede evidenciar estructuras morfológicas totalmente desarrolladas y la coloración con la que nacen, aunque aun conservando el cordón.

No se observaron neonatos, pero si embriones de diferentes longitudes donde se pudieron observar las diferencias morfológicas y lo que pudo haber sido un neonato, pero con la cicatriz cerrada.



Figura 13 Embrión de 54 cm de longitud en las últimas fases de crecimiento, con características morfológicas de neonatos

7.4 Talla media de madurez sexual

Para determinar la talla media de madurez, se trabajó con un total de 50 individuos divididos en 23 hembras y 27 machos ya que de ellos se logró obtener el largo y ancho de los testículos para machos y el largo y ancho de los úteros, glándulas oviducales y del ovario para el caso de las hembras.

Hembras y grávidas.

Se registró la presencia de ovarios en cinco de 23 hembras, su largo varió entre 12 a 15 cm de y 8 a 11 cm de ancho. Como se observa en la Figura 14 el ancho del ovario aumentó conforme lo hacía la longitud total del organismo, mientras que el largo del ovario no tuvo relación con la longitud total del organismo (ancho: $R^2=0.88$; largo: $R^2=0.0006$).

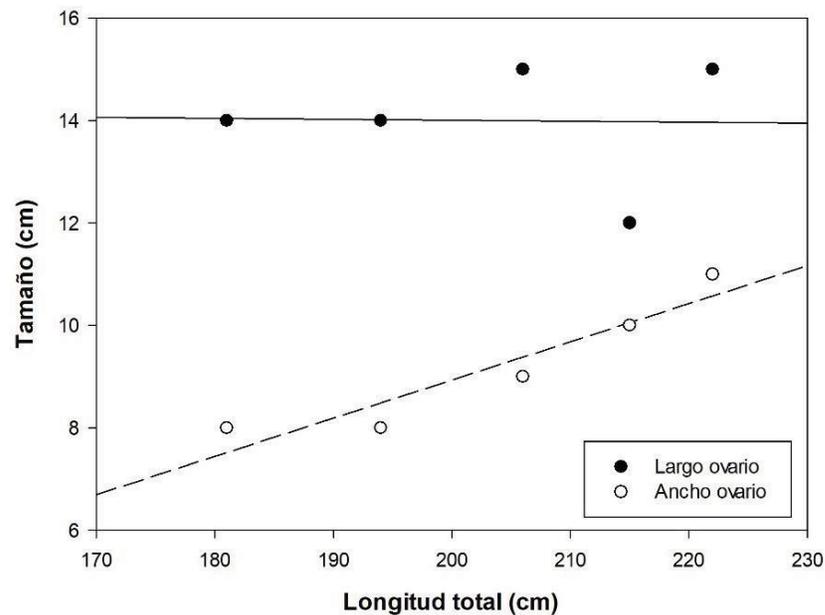


Figura 14. Relación longitud total (Lt) y anchos de ovario ($R^2: 0.88$); Relación longitud total (Lt) largo del ovario ($R^2=0.0006$) de *C. falciformis*.

El análisis de glándula oviductal vs. la longitud total se pudo realizar solo con individuos maduros dado que se encontró únicamente una hembra inmadura la cual no presentaba dicha glándula. El tamaño de las glándulas varió entre 3 a 5 cm de largo y 3 a 6 cm de ancho. Encontrándose que no existe una

relación entre el largo y ancho de las glándulas con la longitud total de los organismos (ancho: $R^2=0.09$; largo: $R^2=0.02$). Como se evidencia en la Figura 15a las hembras presentan valores similares en cuanto al largo de la glándula oviductal, misma situación que ocurre con el ancho Figura 15b. Esto corresponde a lo reportado por Hoyos (2003) en su estudio dado que tampoco encontró relación entre la glándula y la longitud del organismo en términos de tamaño dado que llegan a su tamaño máximo antes de la ovulación y lo disminuyen después de descargar los precursores de la cápsula (Hamlett & Koob, 1999).

Para la talla media de madurez sexual (L50) de hembras y hembras grávidas no pudo ser efectuado el análisis dado que, al contar solo con una hembra inmadura en el estudio, el comportamiento de la curva de madurez que se espera de la longitud total respecto al porcentaje de madurez no mostraría una transición progresiva de tipo logístico sino una de tipo lineal.

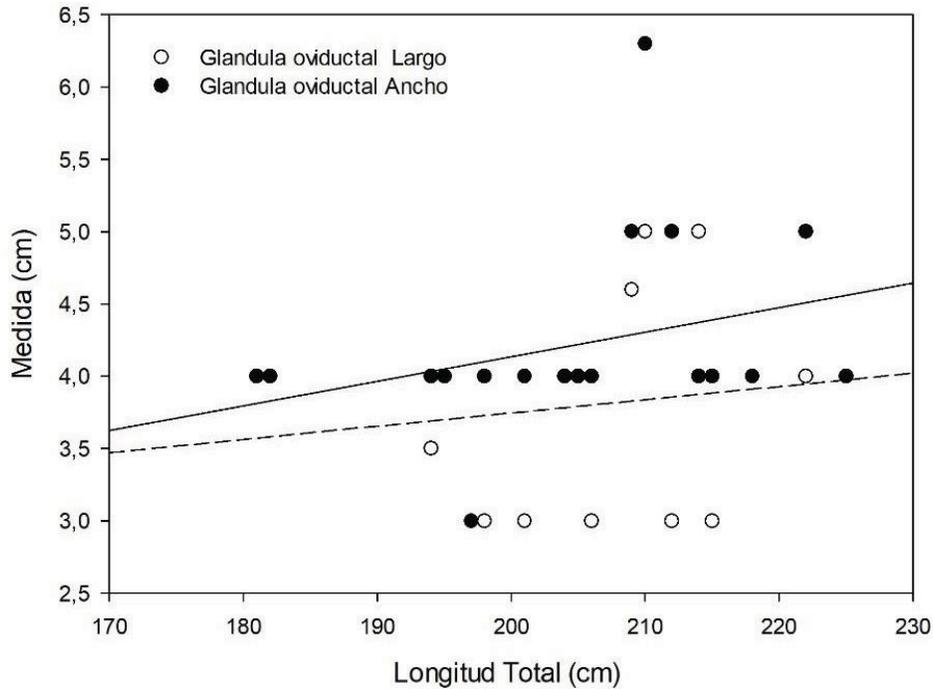


Figura 15 Relación largo de glándula oviductal y Lt en centímetros (ancho: $R^2=0.09$; largo: $R^2=0.02$).

Machos:

En machos se registraron 91 individuos de los cuales 88 contaron con longitud de gonopterigio. Las longitudes de estos variaron en 2 a 28 cm. Encontrándose organismos con tallas de 96 a 172 sin calcificación, así como también de 164 a 268 semi calcificados o longitudes de 188 a 212 totalmente calcificados. No se encontró relación entre calcificación y longitud del gonopterigio, contrario a longitud de gonopterigio y longitud total del organismo que aumenta conforme la talla es mayor (Inmaduros: $R^2=0.33$; Maduros: $R^2=0.03$) (Figura 16) como sucede con la mayoría de las especies de tiburones (Hoyos, 2003).

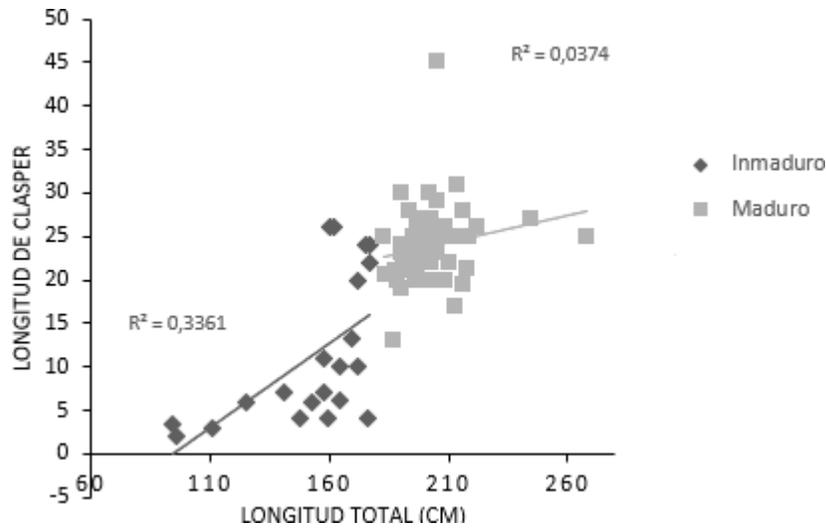


Figura 16. Longitud de gonopterigio vs longitud total en *C. falciformis*.

Para los testículos del tiburón piloto, 27 individuos contaron con registro de largo y ancho. Como se observa en la Figura 17 no se encuentra relación entre largo ni ancho del testículo con respecto a la longitud total del organismo (largo testículo: $R^2=0.07$; ancho testículo: $R^2=0.22$) demostrando que organismos de 160 o 201 cm Lt pueden tener un largo de testículos de 20 cm, aunque si presentan simetría entre estos concordando con lo dicho por Hoyos (2003) donde explica que el tamaño de los testículos depende de la condición reproductiva del organismo y no de su longitud total. Contrario a lo dicho por Pratt (1979), Joung y Chen (1995) quienes mencionan que la relación entre el largo del gonopterigio y el tamaño de los testículos contra la longitud total son un índice de madurez.

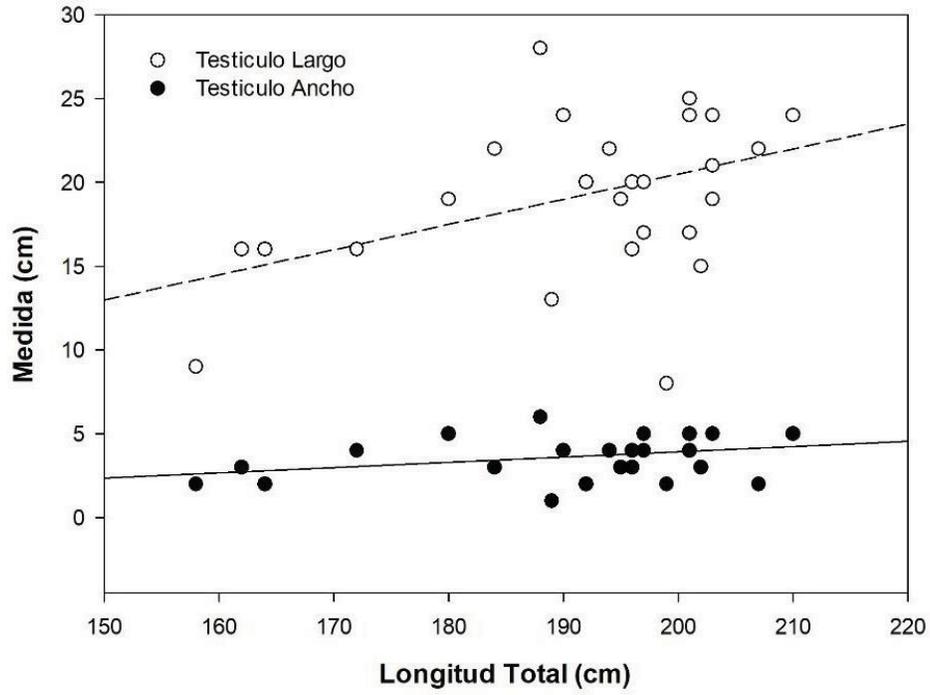


Figura 17 Relación largo del testículo con longitud total; ancho de testículo con longitud total de *C. falciformis*.

Se estimó la talla media de madurez mediante un modelo logístico el cual arrojó que la L50 de los machos (

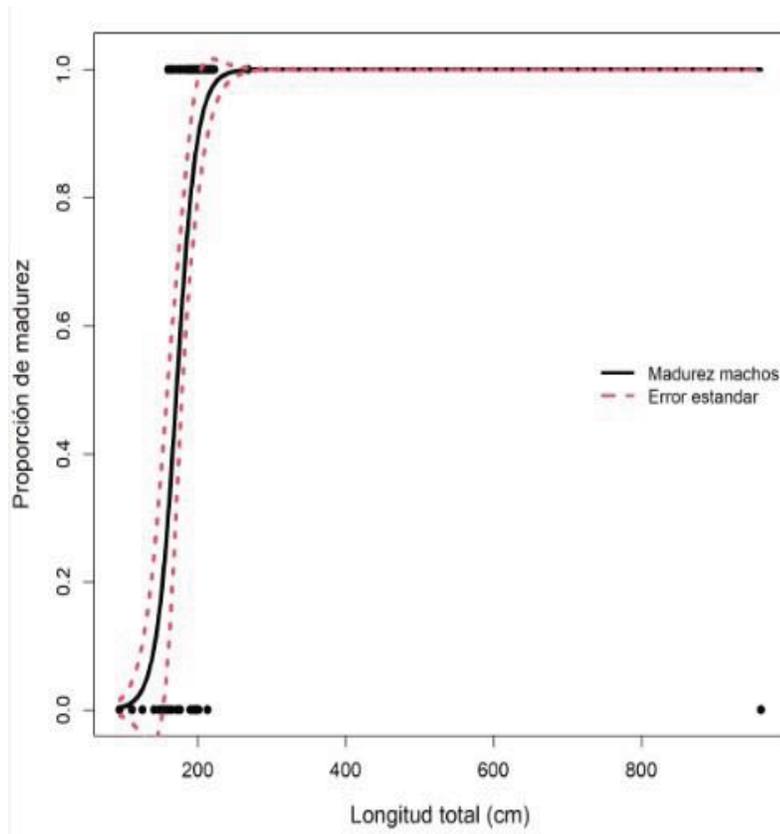


Figura 18) se alcanza a los 171 cm Lt (DE:4.8), aunque no difiere de manera amplia entre las tallas reportadas para otras zonas, si existen diferencias en lugares como Chiapas que reportan una longitud de 179 cm de Lt (Galván-Tirado, 2007), para la costa occidental de BCS se reportaron organismos maduros desde la talla de 180 cm Lt (Hoyos, 2003) tomando únicamente características macroscópicas dando un peso diferente al estadístico al obtenido en el presente estudio dado que se estimó esta L50 no solo con dichas características macroscópicas sino también a partir de un modelo logístico; por otro lado Cadena-Cárdenas (2001), reportó igualmente la talla de 180 cm Lt, Oshitani *et al.*, en el 2003 reportó un intervalo de madurez de 200 a 206 cm; para el golfo de Tehuantepec Soriano-Velázquez (2006) reportó tallas de madurez de 168 cm, Plata *et al* (2006) de 184 cm y Ronquillo-Benítez (1999) una talla de 180cm.

La talla reportada para el presente estudio puede ser inferior a otras reportadas debido a que los organismos pueden alcanzar su madurez sexual a tallas menores cuando son sometidos a presiones de pesca intensa (Ronquillo-Benítez, 2009) además de otros factores como lo registrado para organismos que maduran a menores tallas en aguas templadas y regiones cálidas (Hoening y Gruber 1990).

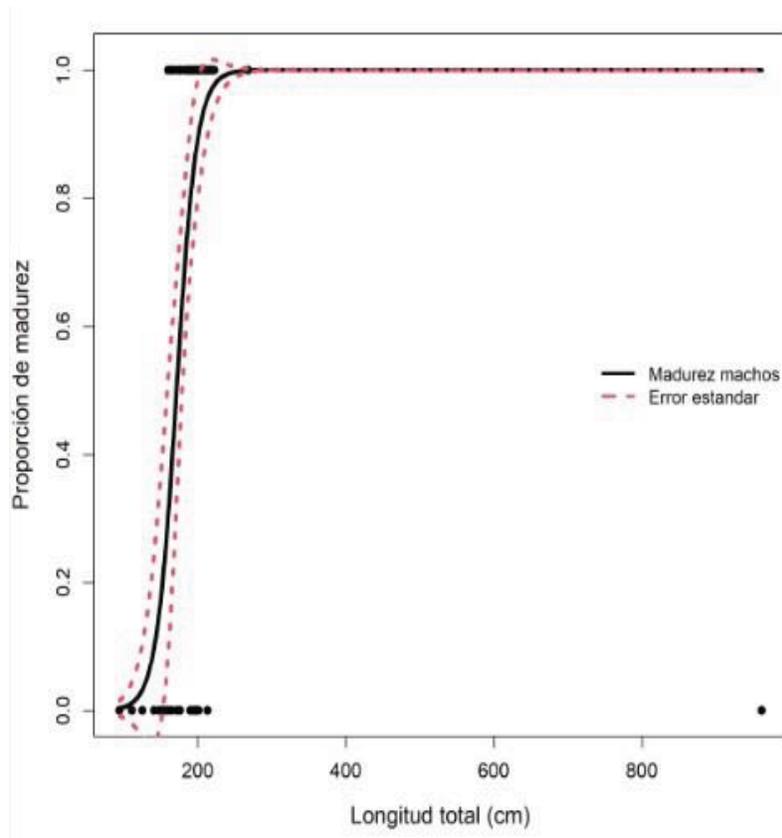


Figura 18. Talla a la cual el 50% de los machos se consideran maduros donde la L50 es 171 y la L95 es 211

8. Conclusiones

- Se confirmó una mayor cantidad de organismos maduros para la zona de la costa occidental de Baja California Sur como se venía reportando en estudios anteriores para la zona.
- Las zonas costeras y las zonas oceánicas son determinantes para indicar si se van a encontrar organismos maduros o inmaduros, lo que implica una segregación por estadio de madurez.
- La temperatura superficial del agua influye en la presencia de los organismos maduros en los meses de agosto a noviembre.
- No se define un periodo de reproducción para *C. falciformis* en la zona sur de Baja California Sur, dada la capacidad que tienen los elasmobranquios para reproducirse a lo largo del año.
- Se encontró una proporción de sexos 1,21H:1M sin tener diferencias significativas entre ellos.
- No se encuentra relación entre longitud total y testículos, contrario a la que existe con relación de gonopterigio.
- No se encontró relación entre el tamaño del ovario y del organismo, así como tampoco con el tamaño de la glándula oviductal.
- Se encontró una L50 de 171 cm Lt para machos.

Bibliografía

- Acevedo, K., Bohórquez-Herrera, J., Molina, E., Moreno, F., & Moreno, F. (2005). *Caracterización y algunos aspectos biológicos del ensamblaje de tiburones y rayas (Subclase: Elasmobranchii) descartados por la flota camaronera en el Caribe colombiano entre agosto y noviembre del 2004*. Seminario de investigación, Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.
- Alejo-Plata, C., Gómez-Márquez, J. L., Ramos, S., & Herrera, E. (2007). *Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) en la costa de Oaxaca, México*. *Revista de biología marina y oceanografía*, 42(3), 403-413
- Alejo-Plata, M. D. C., Ahumada-Sempoal, M. Á., Gómez-Márquez, J. L., & González-Acosta, A. (2016). *Estructura poblacional y aspectos reproductivos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839)(Carcharhiniformes: Carcharhinidae) en la costa de Oaxaca, México*. *Latin american journal of aquatic research*, 44(3), 513-524.
- Allen, T. B. (1999). *The shark almanac*. The Lyons Press. 274 p. p.
- Applegate, S.P., L. Espinosa, L.B. Menchaca & F. Sotelo. (1979). *Tiburones Mexicanos*. *Subsecretaría de Educación e Investigación*. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar, México, D.F., México
- Bohórquez Herrera, J. (2006). *Aspectos biológicos y pesqueros de elasmobranquios capturados en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia entre 2004 y 2005* (Tesis de licenciatura, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano).

- Bonfil, R. (1994). *Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 341*.
FAO, Rome.
- Bonfil, R. (1997). *Status of shark resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean. Implications for management a review*. Fisheries Research (Netherlands).
- Branstetter, S. (1987). *Edad, crecimiento y biología reproductiva del tiburón sedoso, Carcharhinus falciformis, y el tiburón martillo, Sphyrna lewini, del noroeste del Golfo de México. Biología ambiental de peces*, 19 (3), 161-173.
- Cadena-Cárdenas, L. 2001 *Biología reproductiva de Carcharhinus falciformis (Chondrichthyes: Carcarhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis Profesional. U.A.B.C.S. La Paz (B.C.S.), México. 68 p.*
- Camhi, M. (1998). *Sharks on the line: a state-by-state analysis of sharks and their fisheries*. National Audubon Society, New York, 158
- Carrera Fernández, M. (2011). *Parámetros reproductivos de los tiburones piloto (Carcharhinus falciformis), martillo (Sphyrna Lewini) y azul (Prionace Glauca) en el Pacífico Mexicano (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.)*.
- Castillo, J. (2001). *Aspectos biológico-pesqueros de los tiburones que habitan las aguas del Golfo de México*. [online] ResearchGate. Available at: https://www.researchgate.net/publication/294729564_Aspectos_biologico_pesqueros_de_los_tiburones_que_habitan_las_aguas_del_Golfo_de_Mexico [Accessed 7 Mar. 2020].
- Castillo-Géniz, J. L. (1992). *Diagnóstico de la pesquería del tiburón en México*. INP, Secretaría de Pesca, México.

- Castillo, L. F. (1998). *Fluctuación poblacional (composición y abundancia) de la ictiofauna acompañante del camarón de aguas someras en el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano*. Trabajo de grado, Biol. Mar., Univ. Valle, Cali.
- Castro, J. I. 1983. *The Sharks of North American Waters*. Texas A & M. University Press, College Station, Texas. 179 p. Castro JI. 1993. *The nursery of Bull Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the Southeastern coast of the United States*. *Environmental Biology of Fishes* 38: 37-48.
- Castro, J. I. 2003. *On the determination of the length of the reproductive cycles of sharks*. En: Memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INPCRIP Guaymas. pp. 8
- Cedeño-Figueroa L, Estupiñán-Montaño C & Galván-Magaña F. (2007) *Hábitos alimenticios del Tiburón Mico Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) en el pacífico ecuatoriano / Feeding habits of the Silky shark Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) in the ecuadorian pacific*. En: Martínez-Ortiz J & F Galván-Magaña (eds). *Tiburones en el Ecuador: Casos de estudio / Sharks in Ecuador: Case studies*. EPESPO - PMRC. Manta, Ecuador.46-50.
- Cervantes Gutiérrez, F. (2013). *Edad y crecimiento de Carcharhinus falciformis (Müller & Henle, 1839) en la zona oceánica del Pacífico oriental tropical* (Tesis doctoral).
- Chong-Robles, J. 2005. *Variación temporal de la distribución de tallas del tiburón Carcharhinus falciformis, dentro de la pesquería artesanal de Puerto Ángel Oaxaca, durante el periodo 2001 - 2002*. Tesis de Maestría. UMAR. 61p

- CITES (2016). *Tiburón sedoso (Carcharhinus falciformis)*. [online] Sharkadvocates.org. Available at: http://www.sharkadvocates.org/pdf/facts/cites_silky_fact_sheet_spanish.pdf [Accessed 2 Mar. 2020].
- Compagno, L. J. V. (1984). *FAO species catalogue. Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark's species known to date*. Vol. 4. Parts I and II. FAO Fish. Synop. 125. 655 p. p. Compagno, L. J. V. 1990. Shark exploitation and conservation. En: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 391-415. *Elasmobranch as Living Resources*:
- Compagno L.J.V. (1990) *Systematics and body form*. In Hamlett W.C. (ed.) *Sharks, skates and rays, the biology of elasmobranch fishes*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, pp. 1–42.
- Compagno, L. J. V., F. Krupp & W. Schneider. (1995). *Tiburones*. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & V. H. Niem, (Eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro–oriental. Volumen II. Vertebrados – Parte I*. Roma. FAO. p. p. 647-1200.
- CONAPESCA-INP. 2004. *Plan de acción nacional para el manejo y conservación de tiburones, rayas y especies afines en México, 80 pp. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Mazatlán*. < <http://www.inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Libros/2004-Conapesca-INP-Plan-de-accion-tiburones.pdf?download> >
- Cruz, A., S.R. Soriano, H. Santana, C.E Ramírez & J.J. Valdez. (2011). *La pesquería de tiburones oceánicos-costeros en los litorales de Colima, Jalisco y Michoacán*. *Rev. Biol. Trop.*, 59(2): 655-667.

- Cruz-Jiménez, C. S., de Guevara, G. C. L., Anislado-Tolentino, V., & Ramos-Carrillo, S. (2014). *Descripción del crecimiento del tiburón aleta de cartón Carcharhinus falciformis, capturado en Oaxaca: inferencia a partir de modelos múltiples. Ciencia Pesquera, 22(1), 47-59.*
- Del Rosario, R. C. 1998. *Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del tiburón blanco Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) de las costas del Pacífico de Guatemala.* Tesis Profesional. Univ. Sn. Carlos de Guatemala. CEMA. Guatemala. 74 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2004. *Tiburón: segunda edición.* Recuperado de: (http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=680061&fecha=15/03/2004)
- Emmanuel, F. E., & Vidal, B. C. O. (1997). *Análisis biológico-pesquero de tiburones de la familia carcharhinidae (elasmobranchii) capturados por la principal flota artesanal del sur de Nayarit, México.* Temporada 1995-1996.
- FAO. (2000). *Species information sheet.* Recuperado de: (www.fao.org/fi/sidp/species/ca_fa_ht.htm).
- FAO Servicio de Recursos Marinos (2001). *La ordenación- 1. Conservación y ordenación del tiburón. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca responsable 4, suplemento 1.* Roma, Food an Agriculture Organization of the United Nations; 66p.
- Fonteneau, A., P. Pallares, J. Sibert y Z. Suzuki. (2002). *Efecto del atún pesquerías en los recursos de túnidos y en los ecosistemas pelágicos de alta mar.* Páginas 142-170 en EM Borgese, A. Chircop y M. McConnell, editores. Anuario del océano. Volumen 16. University of Chicago Press, Chicago.
- Galindo Rosado, M.A., (2014). *Composición Isotópica ($\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$) durante el desarrollo ontogénico del tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis* (Müller & henle 1839) en la zona oceánica*

del Pacífico Oriental Tropical. . Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México xi, 88 h.

- Galván-Magaña. F. (2009). *La pesquería de tiburones en Baja California Sur*. Págs. 227-244. En: Urciaga G.J, Beltrán M.L.F y Lluch B.D. (Eds.). Recursos marinos y servicios ambientales en el desarrollo regional. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. 351 pp
- Galván-Tirado, C. (2007). *Biología reproductiva del tiburón aleta de cartón Carcharhinus falciformis, capturado en el Golfo de Tehuantepec* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría).
- Galván-Tirado, C., F. Galván-Magaña & R.I. Ochoa-Báez. (2015). *Reproductive biology of the silky shark Carcharhinus falciformis in the southern Mexican Pacific*. JMBA, 95(3): 561-567.
- Garrick, J. A. F. (1982). *Sharks of the genus Carcharhinus*. US Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS Circular, 445, 194. Gilbert, P. W. y D. A. Schlernitzauer. (1966). The placenta and gravid uterus of *Carcharhinus falciformis*. Copeia. 3 : 451 – 457.
- Gilbert, PW y Schlernitzauer, DA (1966). *La placenta y el útero grávido de Carcharhinus falciformis*. Copeia , 451-457.
- Gómez, J. & H. Vélez. 1982. *Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California*. Cienc. Mar. 8 (2): 167-176.
- Hall, MA, DL Alverson y KI Metuzals. (2000). *Captura incidental: problemas y soluciones*. Boletín de contaminación marina 41: 204–219.
- Hamlett, W. C. 1991. *From egg to placenta: placental reproduction in sharks*. *Discovering sharks*. American Littoral Society, special publication no. 14:61-63

- Hart, P., Reynolds, J. (2002). *Handbook of fish biology and fisheries*. Volume 2. Fisheries. Blackwell, Publishing. Malden, USA. 413 p.
- Hoenig, J. M. y S H. Gruber. 1990. *Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management*. En: Pratt, H.L., S.H. Gruber and T. Taniuchi (eds). *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16
- Hoyos, M., (2003). *Biología reproductiva del tiburón piloto Carcharhinus falciformis (Biron, 1839) de Baja California Sur*. México : CICIMAR.
- Hoyos-Padilla, M., P. Ceballos-Vázquez & F. Galván-Magaña. (2012). *Reproductive biology of the silky shark Carcharhinus falciformis (Chondrichthyes: Carchar-ninidae) off the west coast of Baja California Sur, Mexico*. *Aquacult. Int. J. Ichthyol.*, 18: 1-15.
- Joung, S. J y Chen, C. T. 1995. *Reproduction in the sandbar, Carcharhinus plumbeus, in the waters off Northeastern Taiwan*. *Copeia* (3): 659-665.
- Lamilla, J. (2005). Bycatch: tiburones en peligro. *Oceana*, 11, 1-14.
- Londoño, F. (1977). *Algunos aspectos biológicos de los peces con interés comercial capturados por la flota camaronera en el Pacífico colombiano*. Trabajo de grado (Biólogo Marino), Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad Biología Marina. Bogotá. Colombia.
- Martínez-Ortiz J, García-Domínguez M, Cevallos-García A, Ávila-Zambrano E, Daza-Bermeo C, Zambrano-Zambrano R & Moreira-Merchán M. (2011). *Estudio de caso: aspectos biológicos pesqueros del tiburón mico o tollo Carcharhinus falciformis (Müller y Henle, 1839) en el ecuador / case study: biological aspects fishing of silky shark Carcharhinus falciformis (Müller and Henle,*

1839) IN ECUADOR. PAT- EC Grupo Tiburón, Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) -
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). 24 pp.

- MERAZ, P. L. A. (2018). *Evaluación del efecto de la temperatura sobre la expresión de genes en la glándula oviductal de la hembra Octopus maya*.
- Minami, M., C. E. Lennert-Cody y M. RománVerdesoto. (2007). *Modeling shark bycatch: the zeroinflated negative binomial regression model with smoothing*. Fisheries Research. 84:210–221
- Nelson, J.S., (1994). *Fishes of the world*, 3rd. Ed. John Wiley and Sons, New York. P.600
- Navia, A. F. (2002). *Aspectos de la biología de los elasmobranquios capturados como fauna acompañante del camarón en aguas someras del Pacífico colombiano*. Trabajo de grado Biología. Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. Cali.
- 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.
- Ortiz -Perez (2011). *Biología reproductiva del tiburón aleta de cartón (Carcharhinus falciformis) en la costa de Chiapas México: CICIMAR*
- Ponce-Díaz, G., L.F. Beltrán-Morales, S. Hernández-Vázquez & E. Serviere- Zaragoza. 2009. *Pesca ribereña: retos y oportunidades en un entorno adverso*. En Urciaga, G.J., M.L.F. Beltrán & B.D. Lluch (Eds) Recursos marinos y servicios ambientales en el desarrollo regional. CIBNOR, México, 351 p.
- Pratt Jr., H.L. & T. Otake. 1990. *Recommendations for work to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management*, 509-510. In: Pratt Jr H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi

(Eds.). Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of Fisheries. *NOAA Tech. rep.* NMFS 90.

- Pratt, H.L., Jr. 1979. *Reproduction in the blue shark, Prionace glauca*. U.S. Fish. Bull. 77: 445-470.
- Ramírez Amaro, S. R. (2011). *Caracterización de la pesquería artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de Baja California Sur, México* (Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.)
- Ramírez-Rodríguez, M. 2011. *Data collection on the small-scale fisheries of México*. ICES J. Mar. Sci. 68 (8): 1-5..
- Richards, J. G. Heigenhauser, G. J. F. Wood, C. M. (2003) *Exercise and recovery metabolism in the pacific spiny dogfish (Squalus acanthias)*. J. Comp. Physiol Part B. 173: 463-474
- Ronquillo-Benítez, K. 1999. *Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón aleta de cartón Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) de las aguas del Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México*. Tesis profesional. UNAM. 90 p.
- SAGARPA. 2009. *Anuario estadístico de Acuicultura y pesca 2009. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*. Sinaloa. México. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>. [Acceso, 18 Marzo, 2011].
- Salinas-González, F. 1987. *Cálculo de corrientes geostróficas e inducidas por el viento frente a Bahía Magdalena a partir de datos del crucero CICIMAR-8502*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, B.C.S. 116 p.

- Sánchez de Ita, J. A. 2004. *Edad y crecimiento del tiburón piloto Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur, México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 76p
- Schindler, D.E., T.E. Essington, J.F. Kitchell, C. Boggs, & R. Hilborn. (2002). *Sharks and tunas: Fisheries impacts on predators with contrasting life histories*. *Ecol. Appl.* 12 (3): 735-748.
- Soriano, V.S., D.S. Acal, L. Castillo-Géniz, N.G. Vázquez & E.S. Santiago. (2006). *Tiburón del Golfo de Tehuantepec*. In: S.F. Arreguín, M.J. Meléndez, M.I. Gómez-Humaran, S.R. Solana & D.C. Rangel (eds.). *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1990-2000*. INP, SAGARPA, México, pp. 325-364.
- Sosa-Nishizaki, O., Márquez-Farías, JF y Villavicencio-Garayzar, CJ (2008). *Estudio de caso: Pesquerías de tiburones pelágicos a lo largo de la costa oeste de México. Tiburones del océano abierto: biología, pesca y conservación*, 275-282.
- Springer, S. 1960. *Natural history of the sandbar shark, Eulamia milberti*. *Fish. Bull.* 61: 1-38.
- Stevens, J D.; Bonfil, R; Dulvi, N.K. and Walker, P.A. (2000). *The effects of fishing on sharks, rays, ang chimeras (condrichthyans), and the implications for marine ecosystems*. En: *ICES Journal OF Marine Science*, v. 57; p.476-494
- Sverdrup, H.W., M.W. Johnson & R.H. Fleming. (1942). *The Oceans: Their physics, chemistry and general biology*. Prentice Hall, Inc. New Jersey. E.U.A. 1087 p.
- UICN, I. (2017). *Red List of Threatened Species*. Versión 2016.4.
- Villatorio, O. & C. Rivera. 1994. *Diagnóstico de la pesquería del tiburón en El Salvador*. Tesis Profesional, Univ. Nac. El Salvador, El Salvador 95 p.

- Walker, T. I. (2005). *Management measures. In Management techniques for elasmobranch fisheries*. Musick, J. A. & Bonfil, R. (Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations). Pp. 216- 242. Cc
- Wilhelm-Filho, D., Boveris, A. 1993. *Antioxidant defenses in marine fish-ll. Elasmobranchs*. Comp. Biochem. Physiol. 106C(2): 415-418
- Zea de la Cruz, H. (2007). *Edad y crecimiento del tiburón aleta de cartón Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) registrado en el Golfo de Tehuantepec* (Doctoral dissertation, Tesis Profesional, Instituto Tecnológico de Boca del Rio, Chiapas, México).