INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus falciformis* (BIBRON, 1839) DE BAJA CALIFORNIA SUR.

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Marinos

Presenta:

Biól. Edgar Mauricio Hoyos Padilla

La Paz Baja California Sur, México. **Septiembre de 2003**

CGPI-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:30 horas del día 27 del mes de Mayo del 2003 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) DE BAJA CALIFORNIA SUR"

Presentada por el alumno:

HOYOS	PADILLA	EDGAR MAURICIO
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro: | A | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 9 |

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

MC. BERTHA PATRICIA CEBALLOS VÁZQUEZ

PRESIDENTE

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

SEGUNDO VOCAL

MC. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE

TERCER VOCAL

MC. JOSÉ LEONARDO CASTILLO GÉNIZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ

I. P. N.
CICIMAR
DIRECCIÓN

A MI FAMILIA

(Por que esto lo hicimos juntos)

Al Dr. Galván por que simplemente cuando sea grande quiero ser como el. A Patricia Ceballos por su paciencia y dirección. A Leonardo Castillo por su amistad, apoyo y consejo. Agustín Hernández y a Marcial Villalejo por su invaluable asesoria en el desempeño de este trabajo.

A Orso y liza por encontrarnos un hogar, curarnos, darnos de comer y de vez en cuando escuchar nuestros aullidos (los perros de la calle y yo). Gracias por la rehabilitación.

A Raquel, Belen, Oscar, Gabo, Ale, Cristina, y Shi por ser mis vecinos, amigos y una pequeña familia paceña.

“Si alguien ama una flor de la que no existe mas que un ejemplar en todos los millones y millones de estrellas, le basta eso para ser feliz cuando la mira” ...y a mi me bastó por un año y medio. Cinco dedos en el rostro.

A Ana, Sara y Guacho por seguir a mi lado cuando ya no debían. Les agradezco su amistad.

A Meli y José por comenzar a ser parte de mi pequeña familia.

A Sylvian, Adriana, Marco y Felipe por esas noches de carcajadas y dominó cubano que tanto extraño.

Al Dr. James Ketchum y su técnica Deny Ramírez por esas travesías en alta mar en busca de pejesapo.

A Verónica, Lilia, Leonardo, Karla y Gema por seguir manteniendo esa amistad aunque sea un día al año.

A Erika, Omar y Lalo por compartir sueños y llevarlos a cabo.

Al CONACYT, Programa Institucional de Formación de investigadores y Beca del Posgrado del IPN por el apoyo económico otorgado.

ÍNDICE. **PÁGINA**

GLOSARIO.....iv.

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....vii.

RESUMEN.....x.

ABSTRACT.....xi.

1. INTRODUCCIÓN.....1.

1.1 Generalidades .....1.

1.2 Reproducción.....2.

2. ANTECEDENTES.....4.

3. JUSTIFICACIÓN.....5.

4. OBJETIVOS.....6.

5. MATERIAL Y MÉTODO.....7.

5.1 Área de estudio.....7.

5.2 Trabajo de campo.....8.

5.3 Trabajo de laboratorio.....9.

6. RESULTADOS.....11.

6.1 Composición de tallas.....12.

6.2 Proporción de sexos.....12.

6.3 Talla de primera madurez .....13.

6.4 Copulación.....13.

6.5 Morfología Aparato Reproductor (Hembras).....15.

6.5.1 Ovario.....15.

6.5.2 Folículos.....15.

6.5.3. Atresias y cuerpos lúteos.....15.

6.5.4 Glándula oviducal.....16.

6.5.5 Almacén de esperma.....16.

6.5.6. Útero.....17.

6.5.7. Tercer membrana.....17.

6.5.8. Compartimientos uterinos.....18.

6.5.9. Fertilización y período de gestación.....18.

6.6 Morfología Aparato reproductor (Machos).....19.

6.6.1 Testículo.....19.

6.6.1.2 Ultra estructura del testículo.....20.

6.6.1.3 Desarrollo de los folículos seminíferos.....20.

6.6.2 Conductillos eferentes.....21.

6.6.3 Epidídimo.....21.

6.6.4. Ductos deferentes.....22.

6.6.5 Vesícula seminal.....22.

6.6.5.1. Almacén de esperma.....22.

6.7. Mixopterigios.....24.

7. DISCUSIÓN.....25.

7.1 Composición de tallas.....25.

7.2 Proporción de sexos.....26.

7.3 Madurez sexual.....26.

7.4 Copulación.....28.

7.5 Morfología Aparato Reproductor (Hembras).....28.

7.5.1 Ovario.....28.

7.5.2 Folículos.....29.

7.5.3 Atresias.....29.

7.5.4 Glándula oviducal.....30.

7.5.5 Almacén de esperma.....30.

7.5.6 Útero.....31.

7.6 Morfología Aparato Reproductor (Machos).....39.

CONCLUSIONES.....35.

RECOMENDACIONES.....36.

LITERATURA CITADA.....37.

FIGURAS.....41.

ANEXO.....57.

GLOSARIO

- **Aparato de Golgi** . Organelo eucariótico que almacena los productos celulares, tales como enzimas y hormonas además de coordinar su transporte hacia afuera de la célula.
- **Atresia:** Ovocito que ha detenido su desarrollo y que se encuentra en reabsorción.
- **Basófilo:** Material celular de carácter ácido, como el núcleo que reacciona con los colorantes básicos como la hematoxilina.
- **Celoma**. Cavidad dentro del cuerpo llena de liquido; usualmente se refiere a la cavidad con tejido especializado del peritoneo. Este es un carácter importante para reconocer y distinguir a los grupos de animales mayores.
- **Células foliculares:** Células que se adhieren a la periferia de los ovocitos formando el folículo y nutriéndolo.
- **Ciclo gonádico:** Evento repetitivo dentro de las gónadas que conduce a la producción de gametos.
- **Ciclo ovárico.** Serie de estadios de desarrollo por los que pasa la gónada femenina desde el reposo hasta el desove.
- **Ciclo reproductivo:** Eventos repetitivos dentro de las gónadas que conducen a la producción de gametos.
- **Cigoto:** Célula resultante de la unión de los gametos o de un espermatozoide y de un óvulo.
- **Cromosoma:** Orgánulo en el núcleo celular con afinidad para colorantes básicos, formado por DNA-histona. Cada especie o variedad tiene un número constante de cromosomas.
- **Espermatocito:** Célula germinal de la estirpe masculina en vías de maduración.

- **Espermatóforo:** Cápsula de material albuminoideo que contiene los espermatozoos.
- **Espermatogénesis:** Proceso biológico mediante el cual se producen espermatozoides en las gónadas masculinas de los organismos.
- **Espermatogonia:** Célula germinal masculina, diploide que se multiplica activamente por mitosis en la zona germinativa de los testículos.
- **Espermatozeugmata.** Masas organizadas de esperma unidos por una matriz cohesiva para formar masas ovoides a sub esféricas.
- **Espermatozoide:** El gameto masculino maduro, caracterizado por su movilidad.
- **Estrógenos:** Nombre común a varias hormonas femeninas en los vertebrados.
- **Fecundidad:** Capacidad máxima reproductiva.
- **Fertilidad:** Número real de progenie por unidad de tiempo.
- **Gameto:** Cada una de las dos células que, en la reproducción sexual, se fusionan originando el cigoto.
- **Gametogénesis:** Proceso mediante el cual se forman los gametos en la reproducción sexual. Puede ser difusa o localizada, siendo la última cuando los gametos son producidos en un órgano especial (ovario y testículo) formado por un estroma y una cápsula.
- **Gónada:** Órgano en el que tiene lugar el desarrollo de las células reproductoras.
- **Hormona:** Es una sustancia que es secretada en cantidades pequeñas por una parte del cuerpo y es transportado al órgano blanco, donde produce una respuesta fisiológica regulando y coordinando actividades.
- **Lúmen:** En los cortes histológicos, el espacio iluminado que se encuentra entre las estructuras o células que se presentan.
- **Meiosis:** Proceso en la formación de los gametos por el que el número diploide de cromosomas se reduce a la mitad.

- **Mitosis:** División celular característica de las células somáticas que produce dos células hijas con el mismo número de cromosomas y de la misma clase de la célula madre.
- **Ovocito:** Célula sexual femenina en fase de crecimiento y que experimenta la meiosis.
- **Ovogénesis:** El proceso biológico mediante el cual los gametos femeninos pasan por las etapas de multiplicación y maduración hasta transformarse en óvulos.
- **Ovogonia:** Nombre que recibe la célula sexual diploide, que todavía no ha iniciado su crecimiento, en hembras.
- **Ovario:** Glándula genital femenina en la que tiene lugar la ovogénesis.
- **Oviducto:** Tubo por el cual se conducen los óvulos del ovario al útero. En los vertebrados es un remanente del conducto o canal de Muller.
- **Retículo endoplásmico:** Sistema complejo de membranas que forman una reticulación en el citoplasma presente en todas las células y que se manifiesta como tubos alargados o vesículas redondeadas, y a veces está cubierto por los ribosomas (producción de proteínas).
- **Vitelo:** Conjunto de sustancias almacenadas en el interior de un huevo para la nutrición del embrión. Material nutritivo en forma de gránulos, presente en el citoplasma de un óvulo.
- **Vitelogénesis:** Proceso mediante el cual se acumula el vitelo en el citoplasma del ovocito.

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla I. Organismos de ambos sexos capturados en la localidad de Punta Belcher .12.

Tabla II. Organismos de ambos sexos capturados en la localidad de Punta Lobos...12.

Tabla III. Indicativos de actividad reproductiva en hembras.....14.

Tabla IV. Indicativos de actividad reproductiva en machos.....14.

Tabla V. Hembras grávidas.....19.

Tabla VI. Presencia de espermatozeugmata en machos con respecto a su talla y condición reproductiva.....23.

FIGURAS

Figura 1. Área de estudio mostrando los campamentos de Punta Belcher y Punta Lobos localizados en la costa occidental de B.C.S.....41.

Figura 2. Representación gráfica de la presencia estacional del tiburón piloto en la costa occidental de B.C.S.....41.

Figura 3. Distribución de tallas de las hembras y machos del tiburón piloto.....42.

Figura 4. Relación de la longitud del ovario con la longitud total de la hembra.....42.

Figura 5. Correlación del diámetro máximo del ovocito con la longitud total.....43.

Figura 6. Correlación del diámetro máximo de la Glándula Oviducal (GO) con la longitud total.....43.

Figura 7. Talla a la cual el 50% de las hembras en la frecuencia de clase están maduras.....44.

Figura 8. Relación entre la longitud total del testículo y la longitud total del macho.....45.

Figura 9. Relación de la condición reproductiva con el tamaño del macho.....45.

Figura 10. Talla a la cual el 50% de los machos en la frecuencia de clase están maduros. .....45.

Figura 11. Indicios de actividad reproductiva a lo largo de los meses en hembras (a) y machos (b).....46.

Figura 12. Morfología externa del aparato reproductor femenino de *Carcharhinus falciformis*.....47.

Figura 13. Ultra estructura de un folículo ovárico listo para ovular.....47.

Figura 14. Desarrollo de los ovocitos a lo largo de los meses.....48.

Figura 15. Morfología externa de la Glándula oviducal.....48.

Figura 16. Corte transversal a nivel del tercio posterior de la glándula oviducal mostrando sitios de almacén de esperma (AE).....49.

Figura 17. Túbulo oviducal con espermatozoides en el lumen central.....49.

Figura 18. Cápsulas uterinas y membrana del huevo o tercer membrana.....50.

Figura 19. Útero mostrando la formación de compartimientos uterinos.....50.

Figura 20. Úteros con embriones en estadios tempranos de gestación de 6-8 cm LT.....50.

Figura 21. Esquema que muestra las características del útero de una hembra grávida de *C. falciformis* así como la disposición de los embriones y la placenta en su interior.....51.

Figura 22. Desarrollo embrionario a lo largo de los meses.....51.

Figura 23. Aparato reproductor masculino de *C. falciformis*.....52.

Figura 24. a). Corte Transversal del testículo. b) Patrón de desarrollo de los folículos en el testículo.....53.

Figura 25. Etapas en la formación de los folículos seminíferos.....54.

Figura 26. Conductillos eferentes con la presencia de leucocitos intraepiteliales (LI).....55.

Figura 27. Epidídimo. a) Glándula de Leydig, b) Conducto del epidídimo.....55.

Figura 28. Epitelio de los ductos deferentes mostrando la presencia de la formación de lo que será posteriormente un espermatozeugmata (SPZ).....55.

Figura 29. a) Epitelio de saco espermático; b) espermatozeugmata (SPZ) ovoide y amorfo c) tipo de espermatozeugmata.....56.

RESUMEN

El tiburón piloto *Carcharhinus falciformis,* habita en aguas tropicales y subtropicales del mundo. En el Océano Pacífico Oriental se distribuye, desde Baja California hasta Perú. En México, es explotado comercialmente en el Golfo de México y en las costas del Océano Pacífico, sin embargo; existe poca información publicada concerniente a su biología. Esta especie es comúnmente capturada en la costa occidental de B.C.S. en los meses de junio a noviembre. Para analizar los aspectos reproductivos del tiburón piloto se realizaron visitas semanales y mensuales a partir del mes de septiembre del año 2000 a octubre del 2002 a dos campos pesqueros del estado de Baja California Sur: Punta Belcher y Punta Lobos. Se examinaron un total de 295 organismos. La longitud total de las 179 hembras fue de entre 88-316 cm, mientras que para los 116 machos varió de 142-260 cm. La proporción de sexos fue de 1H:0.6M. El incremento en el diámetro de los ovocitos y la glándula oviducal además de la presencia de huevos uterinos o embriones sugiere que las hembras maduran alrededor de 180 cm LT, mientras que el desarrollo de los mixopterigios y la presencia de cúmulos de esperma demuestra que la madurez en los machos ocurre alrededor de los 182 cm LT. La anatomía reproductiva y el almacén de esperma se describe para ambos sexos. Notamos la ausencia de una estacional definida para la actividad reproductiva en las poblaciones del tiburón piloto de la costa occidental de Baja California Sur.

ABSTRACT

The silky shark *Carcharhinus falciformis,* inhabits warm-tropical and subtropical waters throughout the world. Off North America it ranges from Baja California to Peru. Even though it is exploited in the Gulf of Mexico and in the Pacific coast, its reproductive processes have received little attention. The species appears in the waters of the west coast of B.C.S. from June to November. All data were collected between September 2000 and October 2002 at the commercial fishing ports of the west coast of Baja California Sur: Punta Belcher and Punta Lobos. A total of 295 silky sharks were analized. The 179 females ranged from 88-316 cm TL, whereas the 116 males ranged from 142-260 cm TL. The overall sex ratio was 1:0.6 females per male. Ovarian egg diameters and the presence of uterine eggs or developing embryos show that female maturation occurs at about 180 cm TL, while clasper development and the presence of sperm aggregates suggest that males mature at about 182 cm TL. The reproductive anatomy and the sperm storage of both male and female is described. We noted the absence of a defined seasonality for reproduction in the west coast of Baja California Sur populations.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La clase Chondrichthyes (peces cartilaginosos) es un grupo de vertebrados acuáticos, con aletas, respiración por medio de branquias, y mandíbulas similares a los peces (gnanostomados) que incluye a los tiburones y rayas (Subclase Elasmobranchii) y a las quimeras y peces elefante (Subclase Holocephalii), además de numerosos taxa extintos.

Aproximadamente el 96% de las especies en esta clase son elasmobranquios y el 4% son quimeras. Dentro de la subclase Elasmobranchii en el superorden Galeomorphii se encuentra el orden Carcharhiniformes con ocho familias (Compagno, 1999).

La familia Carcharhinidae es una de las más importantes y diversa en especies, muchas de las cuales son comunes y de amplia distribución geográfica en todos los mares tropicales y templados. Constituye los tiburones dominantes en aguas tropicales tanto por la diversidad de sus especies como por la abundancia y biomasa de sus poblaciones. La mayor parte de las especies habitan a lo largo de las costas continentales tropicales, algunas muestran preferencia por arrecifes coralinos e islas oceánicas; mientras que otras son típicamente oceánicas. 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. Son nadadores activos resistentes, y viven ya sea solitarios o en cardúmenes. La mayoría de las especies de esta familia alcanzan tallas medianas a grandes (entre 1 y 3 m). Esta es la familia de tiburones de mayor importancia pesquera en áreas tropicales, y varias de sus especies contribuyen significativamente a las capturas de escualos obtenidas en las pesquerías artesanales, industriales y deportivas. Casi todas se comercializan para el consumo humano, pero también se utilizan en la preparación de varios subproductos como aceite, aletas para el mercado oriental, cuero y harina. En el área del Pacífico centro oriental, la familia Carcharhinidae está representada en el área por 7 géneros y 18 especies, de las cuales 12 pertenecen al género *Carcharhinus* (Compagno *et al.,* 1995).

Perteneciente a este género, el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Anexo 1) es capturado comúnmente por pescadores que operan con palangres flotantes, pero también con redes fijas al fondo y redes de enmalle flotantes. Su carne se vende seca o salada para el consumo humano y sus aletas para sopa (Compagno *et al.,* 1995).

1.2 Reproducción

La biología reproductiva de los elasmobranquios es de gran interés ya que tienen una historia filogenética muy larga (al menos 350 millones de años), además de su amplia distribución y de las especializaciones reproductivas que han adoptado. Muchos aspectos de la reproducción en elasmobranquios, incluyendo la gonadogénesis, determinación de sexo, lugar donde sucede la gestación, origen de los ductos reproductivos y la baja fecundidad ovárica, son más similares a los anfibios y amniotas que a los teleósteos. Como en otros vertebrados, los caracteres sexuales secundarios en elasmobranquios se clasifican como morfológicos, fisiológicos y de

comportamiento. Las estructuras sexuales se desarrollan tanto interna como externamente, las primeras son los ductos que llevan a los gametos hacia el exterior (Dodd, 1983).

En las hembras de los elasmobranquios, los ovarios en desarrollo son pareados y simétricos, pero en la mayoría de los géneros examinados (*Scylorhinus, Pristiophorus, Carcharhinus, Mustelus, Sphyrna* y *Cethorhinus)*, sólo el derecho es funcional. En algunos casos, sólo el ovario izquierdo es funcional (*Urolophus, Dasyatis*), y en otros ambos son funcionales (*Squalus acanthias, Scoliodon sorrahkowah)*. La morfología del ovario maduro es extremadamente variable, pero las diferencias son superficiales y se atribuyen al número de ovocitos y a la cantidad de vitelo que contienen, lo cual esta en función de la etapa reproductiva a la cual el ovario es examinado. En cierta forma, la morfología del ovario, se relaciona también con el modo de reproducción de las especies y del grado al cual las crías dependerán de los nutrientes de la hembra. Su ovario es gymnovárico y no es continuo con los oviductos por lo que los ovocitos son liberados en la cavidad peritoneal y llevados hacia los oviductos por movimiento de cilios (Dodd, 1983).

En la mayoría, se desarrollan dos oviductos funcionales y se comienzan en un segmento superior delgado que lleva, a partir de la cavidad peritoneal, por un *osteum* en el ligamento falciforme. El oviducto superior es corto y lleva a una glándula oviducal altamente diferenciada, en cuya parte terminal existe una zona más grande secretora de la capa protectora de los huevos que, en ciertas especies, actúa también como *receptaculum seminis.* La fertilización interna es universal en elasmobranquios y al parecer, el esperma de una sola cópula sirve para sucesivas fertilizaciones (Wourms, 1977).

La porción posterior del oviducto se diferencia en una región larga de pared delgada para la gestación (útero) y un segmento grueso muscular que se abre en la cloaca. En las hembras inmaduras cada oviducto está cerrado por un himen.

En cuanto a la morfología interna de los elasmobranquios machos, los testículos son pareados, elongados, aplanados dorso ventralmente y están suspendidos por un mesorchium. El órgano epigonal, un órgano linfomieloide, envuelve a los testículos y generalmente se extiende mas allá del tejido testicular. Los testículos llevan a cabo las funciones duales de espermatogénesis y esteroidogénesis (Hamlett, 1999). Son usualmente grandes y en ciertas temporadas del año pueden representar el 4% del peso total. Su morfología difiere de la de otros vertebrados en que las unidades estructurales son folículos esféricos o folículos con un arreglo zonificado en lugar de túbulos seminíferos. La espermatogénesis se ha identificado en muy pocas especies como *Scylorhinus canicula*: Los folículos se originan en la zona ampulogénica o zona germinal, siendo las más cercanas a la periferia las que contienen las fases terminales de la espermatogénesis. En éstas, los espermatozoides se compactan más y presentan un arreglo espiral dentro del ámpula para posteriormente ser liberados en el sistema de ductos eferentes (Dodd, 1983).

En los testículos, los espermatozoides y fragmentos de las células de Sertoli se liberan a través de los ductos eferentes localizados en la parte anterior del

mesorchium. La mayoría de los autores se refiere al segmento extratesticular de forma cilíndrica como epidídimo. Este segmento es continuo con los ductos deferentes también conocidos como *vas deferens* o Ductos de *Wolf.* Los ductos deferentes se continúan con una vesícula seminal de mayor diámetro (Pratt & Tanaka, 1994). En los tiburones, el esperma se mantiene almacenado en la vesícula seminal de varias maneras: como masas lateralmente alineadas de esperma sin matriz extracelular, cúmulos alineados de esperma rodeados por una matriz (espermatófoto) y como cúmulos rodeados pero con las colas de los espermas proyectadas fuera de la matriz en contacto con el fluido luminal de la vesícula seminal (espermatozeugmata) (Pratt & Tanaka, 1994).

En los machos, el carácter sexual secundario externo más importante es la presencia de los llamados mixopterigios u órganos asociados con la intromisión del semen. Consisten en un par de apéndices alargados por debajo de la cloaca que poseen un esqueleto de cartílago. En la punta distal del mixopterigio se encuentra el rifiodón, el cual es una estructura que sirve para anclar el mixopterigio a la cloaca de la hembra. Además de los mixopterigios también existen otros caracteres que demuestran dimorfismo sexual en los machos como la forma y el tamaño de los dientes, mandíbulas más fuertes, y una agresividad incrementada (Dodd, 1983).

El éxito evolutivo de los tiburones se debe en gran parte a estas adaptaciones reproductivas. Las más significativas son la fertilización interna y la producción de pequeñas cantidades de crías grandes, las cuales eclosionan o nacen como tiburones miniatura activos y totalmente formados, aumentando así su oportunidad de sobrevivir (Castro, 1983).

2. ANTECEDENTES

Según Bonfil *et al.* (1993) a nivel mundial existen pocos trabajos concernientes a la biología del tiburón piloto, y los registros que se han hecho acerca de su biología se conocen debido a su presencia regular como fauna acompañante de pesquerías como la del atún. Los registros específicos de la reproducción de esta especie están limitados a observaciones esporádicas de campo (Strasburg, 1958; Springer, 1960; Bane, 1966; Bass *et al.*, 1973; Stevens , 1984 b; & Branstetter, 1987).

El único trabajo publicado referente a aspectos reproductivos con apoyo de histología es el realizado por Gilbert & Schlernitzauer (1966) quienes encontraron que *Carcharhinus falciformis* es una especie vivípara y que las capas que intervienen entre el feto y la madre son: endotelio maternal, epitelio maternal, epitelio fetal y endotelio fetal. Observaron que solo el ovario derecho es funcional.

Branstetter & McEachran (1986) estimaron la edad y crecimiento de poblaciones del Noroeste del Golfo de México. Un año después, Branstetter (1987) hizo un estudio acerca de la edad, crecimiento y biología reproductiva de *C. falciformis* y *Sphyrna lewini* en el noroeste del Golfo de México. Para *C. falciformis* menciona que presenta un período de gestación de 12 meses con un período de partos de mayo a junio y que machos y hembras maduran a una talla de 210 cm LT (6-7 años) y 225 cm LT (7-9 años) respectivamente.

En México, se han realizado escasos trabajos específicos de la biología de *C. falciformis*. En el Banco de Campeche, Bonfil *et al.* (1993) estimaron sus parámetros reproductivos, de desarrollo y crecimiento. Con base en muestreos de marzo de 1985 a agosto de 1989 determinaron que la época de nacimientos es a principios de verano con un periodo de gestación de 12 meses y que nacen a una talla de 76 cm LT. Los machos maduran cuando alcanzan una talla de 225 cm LT (≈ 10 años) y las hembras de 232-245 cm LT (> 12 años). Las edades máximas registradas fueron de 22 y 20 años para hembras y machos respectivamente. No se detectaron diferencias en el crecimiento entre los dos sexos. Según Bonfil *et al.* (1993) antes de este trabajo sólo se habían hecho conteos o estimaciones de la especie (Castro-Aguirre, 1967; Applegate *et al.*, 1979), y estudios de su importancia y estructura para la pesquería comercial (Bonfil, 1987; Bonfil *et al.*, 1988,1990).

Ronquillo (1999) estima la frecuencia mensual de tallas, captura por undidad de esfuerzo (CPUE) como índice de abundancia mensual, composición de sexos de las capturas, parámetros reproductivos y aspectos pesqueros para el tiburón *C. falciformis* del Golfo de Tehuantepec, en Puerto Madero, Chiapas con base a los datos de las capturas comerciales realizadas del mes de junio de 1996 a diciembre de 1997.

Cadena (2001) realizó muestreos en la región central del Golfo de California para describir la biología reproductiva del tiburón piloto. Obtuvo un total de 1003 organismos, de los cuales 780 fueron hembras y 223 machos. A partir de sus datos determinó que: La talla de primera madurez se alcanza a los 180 cm LT en ambos sexos, la fecundidad se incrementa con la talla materna, el ciclo embrionario y ovárico no presentan un patrón estacional, la talla de nacimiento es a los 70 cm LT y que el período de gestación es de 12 meses con un descanso entre parto y parto.

3. JUSTIFICACIÓN

La mayoría de los tiburones tiene una estrategia reproductiva más parecida a los mamíferos que a otros peces. En vez de depositar grandes cantidades de huevos como la mayoría de los peces, muchos llevan a sus crías internamente. Existen características reproductivas particulares de los tiburones, entre ellas tienen una madurez sexual tardía, un crecimiento lento, invierten mucha energía en la producción de un número de crías relativamente bajo, y algunas especies solo se reproducen cada dos años, lo cual los vuelve muy sensibles a la explotación. Debido a estas características, la tasa de reemplazo dentro de las poblaciones es muy baja (Hoening & Gruber, 1990). Considerando la presión incrementada en las últimas décadas sobre los tiburones como fuente de alimento, por pesca recreacional, por captura incidental en otras pesquerías y al precio elevado que alcanzan sus aletas en el mercado internacional, el futuro de estas especies debe ser considerado cuidadosamente.

Debido a que los elasmobranquios son de menor importancia económica comparado con los peces teleósteos y además de que son difíciles de preservar, se conoce muy poco acerca de su biología. La mayoría de la información existente es selectiva, descriptiva y fragmentada. En México, el tiburón piloto representa una de las especies más importantes en la pesquería en el Golfo de México y la costa del Océano Pacífico, sin embargo, existen muy pocos estudios concernientes a su biología lo cual impide la realización de estudios del potencial para su explotación.

Las estrategias reproductivas son un factor limitante en las pesquerías de elasmobranquios. El entendimiento de su reproducción es vital para el éxito de un manejo adecuado de su pesquería. Debido a las diferencias en sus historias de vida, las especies de elasmobranquios varían mucho en cuanto a su condición de madurez reproductiva. La madurez sexual debe ser determinada por el método más certero posible y la presencia de productos sexuales totalmente formados es el indicador más preciso. Por lo anterior, el tipo de estudios como el histológico que involucra una descripción exhaustiva y detallada de sus órganos reproductores permitirán aportar un conocimiento más preciso y completo acerca de la biología reproductiva de esta especie.

4. OBJETIVOS

General:

- Conocer la biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de la costa occidental de Baja California Sur.

Particulares:

- Determinar la proporción de sexos y la talla de primera madurez sexual para ambos sexos.

- Inferir la temporada de copulación para esta especie.

- Describir la morfología externa e interna del aparato reproductor femenino con énfasis en la glándula oviducal.Describir el desarrollo embrionario tomando en cuenta la fecundación, características del huevo fecundado, formación de compartimientos uterinos, anexos extraembrionarios, implantación, transición saco vitelino-placenta, así como determinar la duración del período de gestación.

- Describir la morfología externa e interna del aparato reproductor masculino con énfasis en el patrón de desarrollo de los folículos seminíferos, las etapas de la espermiogénesis y el tipo de almacén de los espermatozoides.

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1 Área de Estudio

Las localidades de Punta Lobos y Punta Belcher se ubican entre los paralelos 23º 25´ latitud norte, 110º 14´ longitud oeste y 24º 34´ latitud norte y 112º 05´ latitud oeste respectivamente, en la costa occidental del estado de Baja California Sur (Fig. 1).

El clima de la Península de Baja California Sur es caliente y seco según el sistema de clasificación de climas de Köppen, la mayor parte de la península es árida (BW) o semi árida (BS). Las regiones de los extremos norte y sur de la Península reciben las mayores cantidades de precipitación en comparación a la región central (Rueda, 1983).

El balance de lluvias a lo largo de la Península es desigual y se caracteriza por inundaciones y sequías que producen un exceso de agua en verano e invierno y un déficit en primavera y otoño. El déficit de agua anual para las estaciones de la costa del Pacífico varía, en Bahía Magdalena 910 mm y en San José del Cabo 890 mm (Wright *et al*., 1973).

La costa occidental de la Península alcanza los 70 Km de ancho y el rango de la pendiente promedio es de 11 m por cada 1850 m. 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. Las mareas a lo largo de la costa del Océano Pacífico son de tipo mixto. La onda se propaga de la costa sur hacia el noroeste, por lo que durante el flujo, la corriente de marea se dirige hacia el norte y el reflujo hacia el sur, siendo estas corrientes rotatorias en la plataforma continental (Salinas-González, 1987).

A lo largo de la costa de Baja California los vientos procedentes del norte y del noroeste son importantes ya que bajo su influencia se mueven las aguas paralelamente a la costa y bajo la influencia de la rotación terrestre las aguas superficiales son transportadas hacia mar abierto. Estas, son reemplazadas por aguas mas frías y salobres provenientes de profundidades de 200 m produciendo surgencias, que son procesos altamente fluctuantes con efectos importantes para el ecosistema ya que acarrean nutrientes a la capa superficial quedando estos disponibles para la producción orgánica primaria (Gómez & Vélez, 1982).

Durante la primavera, las desviaciones estacionales de temperatura y salinidad son negativas (valores menores al promedio anual). Durante el verano y el otoño las desviaciones estacionales de temperatura son positivas y en invierno son negativas. Con respecto a la salinidad, las desviaciones son positivas en otoño e invierno y negativas en verano (Gómez & Vélez, 1982).

La costa occidental de B.C.S. esta influenciada por dos grandes sistemas de corrientes, la de California que transporta aguas de origen subártico hacia el sur y la Norecuatorial que transporta aguas de origen trópico-occidental, caracterizados por valores altos de temperatura y salinidad así como niveles bajos de oxígeno disuelto (Sverdrup *et al.,* 1942). Frente a la costa oeste de la península, las características de la corriente de California predominan en toda la zona con una salinidad y temperatura

de 34.6 ‰ y 20° C; sin embargo, cerca de la costa estas características pueden alterarse debido a surgencias y contraflujos (Gómez & Vélez, 1982).

5.2 Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó durante el período comprendido del mes de septiembre del año 2000 hasta octubre del 2002 con base en las capturas comerciales de campos pesqueros localizados en la costa occidental del estado de Baja California Sur. La captura de tiburón en la costa occidental de B.C.S. se realiza en embarcaciones con casco de fibra de vidrio de 23 a 16 pies de eslora con motores fuera de borda de 75 a 100 HP.

Los muestreos se realizaron quincenalmente en el campo pesquero más cercano a la ciudad de La Paz (Punta Lobos), y mensualmente en los campamentos pesqueros al norte de la ciudad de La Paz (Punta Belcher).

- Los especimenes obtenidos en Punta Lobos fueron capturados principalmente con palangre con una línea principal de 2.10 km aproximadamente, y una serie de ramales distanciados 17 m entre sí con anzuelos del número 4. Los palangres fueron colocados a una distancia de 15-35 millas de la costa utilizando como carnada dorado, pierna, diablo y conejo.
- En Punta Belcher, los tiburones fueron generalmente capturados con redes de enmalle a la deriva de monofilamento y en algunos casos con palangres de superficie. Las dimensiones de la red son 200 m de largo X 25 m de fondo con una luz de malla de 10-12 pulgadas. La redes se colocan a una distancia de la costa de 30-80 millas durante el atardecer y se revisan al amanecer del día siguiente. Utilizan como carnada: marlin, dorado, atún, barrilete y macarela.

Cada espécimen fue medido y examinado para conocer su condición reproductiva. En el formato elaborado para fines de muestreo, se anotó la fecha, localidad, arte de pesca, tipo de carnada utilizada, profundidad y distancia a la costa del lugar de captura. En cuanto a los organismos capturados se obtuvieron los siguientes datos:

a)Especie: Se identificó a los organismos con base a las claves para la identificación de tiburones realizadas por Compagno (1984) y Castro (1983).

b)Sexo. Los machos se diferenciaron de las hembras por la presencia de mixopterigios (órganos copuladores).

c)Longitud total (LT). Se colocó a cada organismo de costado y se midió con una cinta métrica graduada en centímetros desde la punta del hocico hasta la punta terminal del lóbulo superior de la aleta caudal, colocando la cola en posición natural. Adicionalmente, en el caso de los machos se registró la longitud total del mixopterigio midiendo desde la inserción de la cloaca hasta la punta distal del mismo.

d)Estadio. Su estadio de desarrollo fue evaluado de acuerdo a lo estipulado por Castro (1983) : **Embrión** es el estadio de pre-eclosión, en el caso de los tiburones vivíparos es el estadio de pre-parto. El estadío de **Neonato** es el posterior a la eclosión o al parto, son individuos libres nadadores con una cicatriz umbilical en

el caso de las especies placentadas. Los individuos **juveniles** son los individuos que no han madurado aún sexualmente. **Adulto** es el individuo sexualmente maduro.

La madurez sexual fue determinada de acuerdo a los criterios establecidos por Springer (1960) y Clark & von Schmidt (1965): En el caso de los machos, por la presencia de mixopterigios bien calcificados que puedan rotar fácilmente, cartílagos distales del mixopterigio (rifiodón) fáciles de expandir, sacos sifonales totalmente desarrollados y la presencia de puntos hematosos en los mixopterigios (indicadores de cópula reciente). En el de las hembras, si el himen está roto, por la presencia de ovocitos en desarrollo, huevos o embriones en el útero, úteros distendidos (evidencia de un estado de gravidez previo), y por la presencia de heridas (marcas de dientes) causadas por la actividad de cortejo en los flancos o en las aletas. Se consideró como talla de primera madurez poblacional aquella a la cual el 50% de los organismos en la frecuencia de clase están maduros (Pratt & Otake, 1990).

Para determinar la temporada de copulación se observaron las siguientes características: machos con grandes cantidades de esperma en la vesícula seminal, testículos grandes y con un mucus blanco en los pliegues del mixopterigio. Hembras con grandes huevos maduros, heridas infringidas durante la cópula y si existe esperma en el útero o en la vagina (Branstetter, 1981).

La duración de la temporada de gestación se determinó con la estacionalidad en presencia de hembras con huevos recién fecundados y embriones en períodos de desarrollo tempranos en comparación con la presencia de hembras grávidas terminales.

Para tener acceso a la cavidad corporal, se realizó una incisión en la parte ventral desde la cloaca hasta el centro de las aletas pectorales a la altura del esófago. Se extrajeron las estructuras reproductivas y se fijaron en formol al 10 % para su posterior análisis. En el caso de las hembras, se extrajo el ovario, las glándulas oviducales (removidas cuidadosamente para prevenir dislocación del posible esperma almacenado) y los úteros. Para los machos se extrajeron los testículos y cuando fue posible los epidídimos, ductos deferentes y vesícula seminal.

5.3 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio de ictiología del CICIMAR cada estructura reproductiva fue lavada con agua corriente para eliminar los fragmentos de arena que pudieran dificultar el trabajo histológico. Se midió el ancho y largo de los testículos y posteriormente se preservaron de nuevo en formol al 10% (Pratt,1979) en recipientes de plástico con etiquetas de papel encerado con la información de su captura (localidad, fecha, especie y número asignado).

En el caso de las hembras, se midió la longitud y el ancho del ovario, así como el diámetro del ovocito mas grande y de ambas glándulas oviducales con un vernier. Los úteros fueron removidos desde la glándula oviducal hasta la cloaca anotando su grado de distensión. En el caso de encontrarse huevos uterinos en su interior, se midieron y clasificaron según Simpfendorfer (1992) en: huevos en etapa 1 (Sin signos

de desarrollo embrional) y huevos en etapa 2 (Mostrando desarrollo embrional macroscópico). De encontrarse úteros grávidos, se registró el número total de embriones, longitud total, sexo así como su localización y grado de desarrollo.

En el laboratorio de Invertebrados del CICIMAR se realizaron los cortes histológicos de las glándulas oviducales (en la parte anterior, media y posterior), ovocitos y pseudo placenta. De cada estructura se realizó un corte de aproximadamente 1cm de ancho por 2 cm de largo el cual fue nuevamente fijado en formol al 10 % por 24 horas. Posteriormente cada tejido fue lavado al menos durante 4 horas en agua corriente y se sometió a sucesivos baños de alcohol de creciente concentración para su deshidratación en un procesador de tejidos modelo BT 24H2B. El medio de inclusión utilizado fue el de paraplast. Los cortes transversales se realizaron a un grosor de 5-7 µm con un micrótomo tipo Minot modelo LEICA RM2025 y fueron montados en portaobjetos de vidrio. Los métodos de tinción utilizados fueron hematoxilina-eosina. La técnica de tinción se realizó en un teñidor de tejidos automático marca BAKURA modelo Tissue-Tek DRF. Cada laminilla fue examinada con microscopia de luz a 400x, 600x y 1000x.

En el caso de los machos, cada corte seleccionado, fue nuevamente fijado en formol al 10 % durante 24 horas para asegurar la fijación total del tejido y posteriormente fue lavado al menos durante 4 horas en agua corriente para eliminar el exceso de formol. Para deshidratar las muestras, fueron colocadas en alcohol a una concentración del 80 % durante dos días. Posteriormente se sometió a sucesivos baños de alcohol, de creciente concentración en un procesador de tejidos hasta que se deshidrató completamente para su inclusión en paraplast. Los cortes transversales se realizaron a un grosor de 6-7 µm y se tiñeron usando la técnica de hematoxilina-eosina para ser examinados con microscopía de luz.

6. RESULTADOS

Se capturaron un total de 295 organismos en los dos campamentos pesqueros localizados en la costa occidental de B. C. S. de los cuales se tienen las medidas de 260 (Tabla I y II). Debido a que el número de datos no es muy grande, el análisis de la información se hizo para ambas localidades.

Tabla I. Organismos de ambos sexos capturados en la localidad de Punta Belcher. n = número total, ♀ = hembras, ♂ = machos, D. Est. = Desviación estandar.

Pta. Belcher							
Mes	n	♀	Talla promedio	D. Est.	♂	Talla promedio	Des. Est.
Agosto-00	5	1	182		4	199.75	10.14
Septiembre-00	66	42	192.3	16.13	24	191.62	18.22
Octubre-00	3	2	185.5		1	191	
Noviembre-00	1	1	152		0		
Enero-01	0	0			0		
Julio-01	1	1	212		0		
Agosto-01	10	7	217.14	9.78	3	195.33	13.42
Septiembre-01	0	0			0		
Junio-02	2	1	316		1	174	
Julio-02	43	24	198.91	15.8	19	193.68	13.43
Agosto-02	24	6	184.33	24.48	18	202.61	14.48
Octubre-02	62	41	178.97	14.53	21	186.38	20.79

Tabla II. Organismos de ambos sexos capturados en la localidad de Punta Lobos. n = número total, ♀ = hembras, ♂ = machos, D. Est. = Desviación estandar.

Pta. Lobos							
Mes	n	♀	Talla promedio	D. Est.	♂	Talla promedio	D. Est.
Agosto-00	4	2	195.5		2	148.5	
Septiembre-00	6	3	176.33	13.86	3	158	14.42
Octubre-00	5	4	160.75	50.68	1	193	
Noviembre-00	4	3	209.33	4.04	1	196	
Enero-01	1	1	180		0		
Julio-01	11	3	188.66	9.01	8	194.87	12.73
Agosto-01	7	6	199.16	12.12	1	208	
Septiembre-01	5	4	210.25	11.14	1	170	
Junio-02	0	0			0		
Julio-02	0	0			0		
Agosto-02	0	0			0		
Octubre-02	0	0			0		

La presencia del tiburón piloto mostró una clara estacionalidad en esta costa, encontrándose en su mayoría en los meses de junio a octubre con una mayor abundancia en el mes de Septiembre (Fig. 2).

6.1 Composición de tallas

La talla mínima y máxima registrada para hembras fue de 88 y 316 cm LT con una talla modal de 180 cm LT y para machos de 142 y 260 cm LT con una talla modal de 182 cm LT respectivamente. El 76.4% de las capturas esta representado por organismos mayores a 176 cm LT (Fig. 3). Del total de organismos maduros, el 57.6% corresponde a hembras y el 42.4% a machos.

6.2 Proporción de sexos

De todos los organismos capturados, 179 fueron hembras y 116 machos en una relación 1H:0.6M (n = 295). En julio se capturaron 28 hembras y 27 machos (1:.96); en agosto 22 hembras y 28 machos (1:1.27); en septiembre 49 hembras y 28 machos (1:0.57); en octubre 47 hembras y 23 machos (1:0.48); y en noviembre 8 hembras y 2 machos. La proporción se sexos intrauterina fue de 0.56H:1M (n = 76).

6.3 Talla de primera madurez

En el caso de las hembras, a partir de 180 cm LT la longitud del ovario (Fig. 4) y el diámetro máximo del ovocito (Fig. 5) pueden alcanzar valores máximos lo cual no ocurre con las hembras de tallas inferiores. Así mismo, la glándula oviducal midió de 4 a 17 mm de diámetro en hembras menores a 179 cm LT, y creció a un diámetro de hasta 26 mm después de que alcanzaban una talla de 180 cm LT (Fig. 6). Esta talla concuerda con la encontrada para la hembra grávida mas pequeña. Por lo anterior es posible afirmar que la talla de primera madurez para hembras es alcanzada alrededor del 180 cm LT. Esta talla es equivalente al 50 % de las hembras maduras en el intervalo de clase (Fig. 7).

En el caso de los machos, el desarrollo de los testículos es gradual pero a partir de 180 cm LT llegaron a alcanzar tallas de 25 cm (Fig. 8). El desarrollo de los mixopterigios es mas abrupto, comienzan a calcificarse a partir de que alcanzan los 160 cm LT y se calcifican cuando tienen una talla de alrededor de 178 cm LT. Todos los especimenes mayores a 180 cm LT se consideraron maduros ya que tenían mixopterigios calcificados, rotables, con el rifiodón expandible, además de la presencia de cúmulos de esperma totalmente formados en la vesícula seminal (Fig. 9). Esta talla es equivalente al 50 % de los machos maduros en el intervalo de clase (Fig. 10).

6.4 Copulación

Con respecto a los indicios de actividad reproductiva se encontraron pocos en los distintos meses tanto para hembras como para machos (Fig. 11). En cuanto a las hembras, durante el mes de julio, se encontraron dos con folículos postovulatorios o "corpora lutea" en sus ovarios, en julio, agosto, septiembre y octubre con ovocitos vitelogénicos de tamaño ovulable y en julio y septiembre dos hembras con ovarios totalmente atrésicos en reabsorción con indicios de haber ovulado, es decir con folículos postovulatorios visibles a simple vista. Se encontró una hembra en agosto y una en septiembre con la presencia de semen la vagina y también durante septiembre se encontró una hembra con huevos recién fecundados en el interior de los úteros (Tabla III).

En el caso de los machos, en el mes de agosto se registró la presencia de 3 machos con semen en la punta distal del mixopterigio y en octubre se encontraron siete. Machos con vesículas seminales vacías con restos de semen fueron registrados durante los meses de agosto septiembre y octubre (Tabla IV).

Tabla III. Indicativos de actividad reproductiva en hembras (A/CL Atresia y *Corpus luteum*).

FECHA	LT (cm)	Ovocito (mm)	Condición
22-Sep-00	181	42	Ovocitos grandes.
22-Sep-00	181	42	huevos uterinos
22-Sep-00	181	0	Atresias
19-Oct-00	165	4	marcas
24-Nov-00	210	35	marcas
13-Jul-01	180	33	A/CL
31-Ago-01	229	35	Ovocitos grandes
31-Ago-01	229		semen
31-Jul-02	204	30	Ovocitos grandes
31-Jul-02	202	33	Ovocitos grandes
31-Jul-02	216	35	Ovocitos grandes
31-Jul-02	197	32	semen
31-Jul-02	197	30	*Corpus Lut.*
31-Jul-02	202	33	*Corpus Lut.*
31-Jul-02	204	0	A/CL
31-Jul-02	205	14.3	Atresias
31-Jul-02	190	0	A/CL
05-Oct-02	190	36	Ovocitos grandes

Tabla IV. Indicativos de actividad reproductiva en machos.

Long. Total	FECHA	Long. Mixopterigio	Semen Mixopterigio	Vesícula seminal
211	1-Ago-02	21	Si	Vacía
192	1-Ago-02	24	Si	
211	1-Ago-02	27	Si	
219	1-Ago-02	27		Vacía
188	1-Ago-02	24		Vacía
212	21-Sep-00	30		Vacía
203	3-Oct-02	28	Si	
194	3-Oct-02	27		Vacía
260	4-Oct-02	26	Si	Vacía
178	4-Oct-02	24	Si	
192	6-Oct-02	25	Si	
188	6-Oct-02	26	Si	
182	6-Oct-02	25	Si	Vacía
178	6-Oct-02	25	Si	

6.5 Morfología Aparato Reproductor (Hembras)

6.5.1 Ovario

Un total de 104 ovarios fueron revisados durante el período de estudio. El ovario funcional encontrado en *C. falciformis* es el derecho, es de tipo externo, se localiza en la parte anterior de la cavidad abdominal y se encuentra en la superficie distal plana del órgano epigonal. Esta rodeado por una cubierta fibrosa que envuelve al tejido del estroma donde se encuentran embebidos numerosos folículos de distintas cohortes (Fig. 12). En las hembras adultas es un órgano grande que puede llegar a medir desde 9 hasta 25 cm de largo y 2.6 a 9.6 cm de ancho respectivamente (Fig. 4).

6.5.2 Folículos

Durante la temporada de ovulación, el ovario contiene distintas cohortes de folículos, desde ovocitos previtelogénicos (menores de 2 mm) hasta ovocitos vitelogénicos (mayores a 20 mm de diámetro), los cuales se desarrollan al mismo tiempo proliferando células de la granulosa y de la teca, acumulando vitelo a la misma tasa (Hamlett & Koob, 1999). Los folículos de los ovocitos maduros tienen una pared externa constituida por tejido conjuntivo laxo; teca externa, formada por una sola capa de células cúbicas con núcleos granulosos; teca interna de naturaleza acidófila, constituida por varias capas de células aplanadas y fibras de colágeno; membrana basal, precedida por numerosas células sanguíneas; granulosa, formada por una capa de células cilíndricas altas con núcleos basófilos en la base; zona radiata con numerosos *villi* y al interior numerosos gránulos de vitelo (Fig. 13). Los ovocitos previtelogénicos difieren en que la granulosa está constituida por células planas en vez de una sola capa de células cilíndricas.

El número y diámetro de los ovocitos fue variable en las distintas hembras examinadas encontrándose hembras con tallas de 180 cm con ovocitos maduros con 3.5 cm de diámetro y hembras de 183 cm LT con folículos de sólo 1mm de diámetro (Fig. 5). En el ovario, comúnmente se encontraron un promedio de 7.5 folículos mayores de 4mm de la misma cohorte, aunque en ocasiones, se encontraron hasta 37 folículos visibles en un solo ovario. Cientos de folículos de color blanco con aproximadamente 1mm de diámetro se desarrollan en el ovario, aunque sólo se encontraron un máximo de 11 con un tamaño y características de ovocitos maduros, es decir, llenos de vitelo, muy irrigados y con alrededor de 30 mm de diámetro. No se encontró un desarrollo estacional definido, presentándose ovocitos de distintos tamaños a lo largo de los meses (Fig. 14).

6.5.3 Atresias y Cuerpos lúteos

En 86 de los ovarios revisados, se encontraron estructuras con forma ovoidal deprimida de color amarillo claro que variaron desde 4 hasta 34 mm de diámetro. Se asume que dichas estructuras son ovocitos que fallaron en ovular durante el período de reproducción mas reciente. Estas estructuras son "corpora atrética" las cuales se han derivado de folículos que contienen ovocitos (Dodd, 1983).

Después de la ovulación, la pared del folículo colapsa formando un cuerpo luteo, el cual consiste en células llenas de lípidos derivados de la granulosa, inicialmente rodeando a la cavidad pero después llenando la estructura completa (Hisaw and Hisaw, 1959; citados por Hamlett & Koob, 1999). En algunos ovarios fueron encontrados folículos postovulatorios o "corpora lutea" con un diámetro desde 6 mm hasta 33.6 mm. Hamlett & Koob, (1999) establecen que en las especies vivíparas, persisten durante la gestación, sin embargo, decrecen en tamaño continuamente.

6.5.4 Glándula oviducal

El oviducto superior es delgado, corto y se comunica con una modificación del mismo conocida como la glándula oviducal (Fig. 12). Su diámetro en las hembras examinadas varió de 13 a 50 mm ($r= 0.67$ $p>0.05$) en individuos maduros (Fig. 6). En el tiburón piloto, ambas glándulas tienen forma de corazón y a la altura de su parte media, se forman dos divertículos curvos, uno hacia cada lado (Fig. 15). Superficialmente, las glándulas no poseen pigmentación alguna, están bien irrigadas y una capa gruesa de tejido conectivo las envuelve lo cual dificulta su corte histológico si no se retira.

El lumen de la glándula en sección transversal tiene forma de ¨S¨ (Fig. 16). El lumen central de la glándula se encuentra constituido por un epitelio con células cilíndricas y cilios en su parte distal para permitir el paso del ovocito a través de la misma. En un corte longitudinal se puede observar que se divide en tres zonas distintas: una zona anterior secretora de albumen seguida por una zona corta de secreción de mucus y por último una zona mas grande secretora de la capa protectora de los huevos. La última zona actúa también como receptora de semen (Dodd, 1983).

6.5.5 Almacén de esperma

De 50 glándulas analizadas, solamente en las de una hembra de 180 cm LT con ovocitos de 33 mm de diámetro y la presencia de cápsulas uterinas se encontró la presencia de espermatozoides almacenados en los túbulos oviducales. Dichos túbulos oviducales presentan una forma redondeada en sección transversal y están formados por dos tipos celulares: las llamadas células secretoras o de la glándula, y células no secretoras ciliadas. La sección transversal del túbulo muestra el primer tipo de células con núcleos redondeados con un diámetro de 8 µm, las cuales se encuentran hacia la periferia del túbulo. El segundo tipo de celular, se encuentra cercano al lumen del túbulo, tiene núcleos elipsoides de 10-12 µm y un cilio bien desarrollado que ayuda a llevar los productos secretados por la glándula hacia el lumen de la glándula oviducal (Prasad, 1945). La localización de los espermatozoides fue preferencial en los túbulos oviducales pequeños (120 a 170 µm de diámetro) de paredes delgadas que se encuentran alrededor de la curva superior izquierda del lumen en forma de "S" de la glándula oviducal (Fig. 16). Únicamente se encontraron grupos de 1 a 11 espermatozoides máximo por túbulo oviducal en dichas áreas con una orientación preferencial vertical (Fig. 17). Cuando el ovocito pasa por la glándula

oviducal se fecunda y posteriormente es cubierto por una membrana traslucida color verde conocida como tercer membrana (Budker, 1971) que se produce también en la glándula oviducal (Fig. 18).

6.5.6 Útero

El huevo recién fecundado y encapsulado, sale de la glándula oviducal por un tramo de los oviductos que tiene aproximadamente 4 cm de largo hasta llegar a expandirse y aumentar en grosor formando el útero (Fig. 12). Cuando éste tipo de cápsulas se encuentran en el útero, este se expande y sus paredes incrementan su grosor a casi el doble. En un espécimen con cápsulas uterinas, el tamaño del útero fue de 21.5 cm de largo por 7.5 cm de ancho y el grosor de las paredes fue de 8 mm, por lo que tal vez en esta etapa se forma el mayor porcentaje del tejido de la pared del útero y posteriormente solo continúa expandiéndose.

Se encontró la presencia de tres cápsulas uterinas de 2.7 X 5.8, 2.6 X 6.1 y 2.4 X 5.5 cm de largo por ancho en una hembra de 181 cm LT y cuatro fragmentadas (tal vez por una mala fijación) en una hembra de 180 cm LT que se clasificaron según Simpendorfer (1992) en huevos en etapa 1 (Sin signos microscópicos de desarrollo embrional) (Fig. 18). Tales cápsulas son de color amarillo, tienen forma ovoide y corresponden a la etapa de discoblástula (Castro & Wourms, 1993).

A finales de julio se encontró una hembra de 225 cm LT con embriones en formación. Uno de sus úteros tenía una longitud de 33.4 cm de largo por 6.7 cm de ancho y el segundo 34 cm de largo x 6 cm de ancho, ambos con paredes de 3.5 mm de grosor. En estadios embrionales posteriores el útero continúa expandiéndose llegando incluso a tener cerca de 20 cm de diámetro cuando presenta embriones de 40-50 cm LT. La pared del útero se va volviendo cada vez mas delgada llegando a disminuir a un grosor de 1 mm, volviéndose incluso traslúcida.

6.5.7 Tercer membrana

Una vez que los huevos encapsulados entran al útero, la tercer membrana (Fig. 18), continúa siendo secretada por la glándula oviducal y el material recién formado se deposita en un reservorio o cámara de almacén en forma de pequeños plegamientos para aprovechar al máximo el espacio disponible. Esta cámara de almacén es al parecer, el primer compartimiento que se forma en el útero y a partir de esta, se forman conductos individuales por medio de los cuales sale un conjunto de plegamientos de tercer membrana que corresponde con el número de embriones que existe en cada útero.

En el caso particular de los úteros de la hembra de 225 cm LT con embriones pequeños (6-8 cm), la tercer membrana también se encontró rodeando a cada embrión hasta la parte mas posterior del útero cerca de la cloaca. Durante la gestación, la membrana es gradualmente liberada por dichos orificios para acomodarse alrededor del embrión en crecimiento y permanece intacta rodeándolo incluso cuando el embrión alcanza una talla terminal.

6.5.8 Compartimientos uterinos

La presencia de los pliegues uterinos que darán lugar a los compartimientos uterinos (Fig. 19) se observó tempranamente cuando el huevo acaba de ser encapsulado y se encuentra en la parte proximal del útero. Estos pliegues uterinos están formados de tejido conectivo, células de músculo liso y vasos sanguíneos que posteriormente se fusionan para formar los compartimientos uterinos que darán sostén y soporte a los embriones.

Se encontró una hembra cuyos úteros contenían en total 6 embriones de 6-8 cm LT (Fig. 20). Durante este período de gestación, los compartimientos se encontraban semi cerrados y arreglados de manera transversal, cada embrión se encontraba en lo que asemejaba la formación de un compartimiento propio. Por otra parte, se encontraron embriones con compartimientos propios a partir de 22 cm LT, por lo tanto, la formación completa de los mismos se da cuando los embriones miden entre 8-22 cm LT.

Fue examinada una hembra de 228 cm LT con la placenta intacta y ocho embriones en su interior con longitudes de 47-58 cm LT para determinar la naturaleza de los compartimientos uterinos en estado de gestación mas avanzada. Al interior del útero, los compartimientos están orientados de manera longitudinal y con un compartimiento para cada embrión (Fig. 21). Sólo uno de los compartimientos se comunica con el lumen de la región anterior del oviducto, así mismo, solo un compartimiento se comunica con la cloaca. Los demás compartimientos se encuentran cerrados. Los embriones se encontraron con su parte anterior dirigida hacia la parte anterior de la hembra y con un arreglo especial: desde la pared ventral del útero hacia la pared dorsal, los embriones se encuentran acomodados por tallas, es decir, de los mas grandes a los mas chicos aprovechando al máximo el espacio uterino. Los cordones umbilicales son largos, lisos y se unen a la pared ventro lateral posterior de cada cámara del útero donde se forma la seudo placenta (Fig. 21). La longitud de los cordones umbilicales va de la mitad a casi la longitud total del embrión. A medida que avanza el estado de gestación de los embriones, se observó una gran cantidad de vasos sanguíneos que irrigan cada compartimiento, siendo más abundantes hacia la parte posterior del útero cercana a la cloaca. Para conocer mas a fondo las características y modificaciones de la placenta y porción uterina en un estado de gestación mas avanzado se recomienda el trabajo de Gilbert & Schernitzauer, (1966).

6.5.9 Fertilización y período de gestación

En la muestra de hembras grávidas, únicamente en una se encontró un huevo no fertilizado constituido de una sustancia acuosa amarillo-verdosa. Hembras ovulando, con huevos uterinos en etapa de discoblástula y con crías en desarrollo muy temprano 6-8 cm LT , fueron capturadas en julio y septiembre; mientras que las hembras con crías de 50-87 cm LT, fueron capturadas en su mayoría a finales de junio y de septiembre, sin observarse algún patrón o estacionalidad en el tamaño de los embriones y el mes (Fig. 22). El número promedio de embriones fue de 4.7 con un mínimo de 2 y un máximo de 9 (Tabla V).

Tabla V. Hembras grávidas. DO = diámetro máximo del ovocito (mm), DGO = Diámetro máximo de la Glándula Oviducal (mm), h.u. = huevos uterinos, 3 ^{er} m. = tercer membrana.

Fecha	LT cm	DO	DGO	No. de crías	Talla	Promedio
25-Jun-02	316			7	69-92	83.7
13-Jul-01	180	32	24	3er m.		
31-Jul-02	202			6		
31-Jul-02	228	10	36	6	44-48	46.3
31-Jul-02	216	Atresia		8	58-59.5	58.8
31-Jul-02	225		43	6	6.7-8.8	7.6
31-Jul-02	215	Atresia	37	2	58-59	58.5
31-Jul-02	222	Atresia	36	6	49-51	50.3
01-Ago-02	205			3		
17-Ago-01	195	12	27.5	2	41-45	43
20-Sep-00	202	10	28	8	41.6-43	42.4
20-Sep-00	218	8	28	9	19-22	21
21-Sep-00	213			3	44-45	44.6
21-Sep-00	180	Atresia	35	2	29	29
22-Sep-00	210		33	2	50	50
22-Sep-00	181	42	43	h.u.		
06-Oct-02	230	7	32		28-30	29
19-Oct-00	200	10	27	3	43-46	44.6
10-Nov-00	213	7	35	7	22-23	22.4
24-Nov-00	210	Atresia		5	18-26	22.8
24-Nov-00	205	5	27	5	18-25	21.9

6.6 Morfología Aparato Reproductor (Machos)

6.6.1 Testículo

En el tiburón piloto, los testículos están asociados a los órganos epigonales (órganos hematopoyéticos) y surgen en la parte distal de los mismos. Son órganos pares de color crema claro con matices obscuros. Se encuentran suspendidos de la pared abdominal por un mesorchia, tienen una forma elongada con ondulaciones laterales y están aplanados dorso ventralmente con una tonalidad más clara hacia el vientre y más obscura hacia el dorso (Fig. 23). A lo largo de los testículos se observa un pliegue pre-germinal, el cual es el sitio donde comienza la formación de los folículos seminíferos. Dependiendo de la talla del macho adulto, la longitud del

testículo varió de 17 a 33.5 cm de largo y no se observó relación con su tamaño y el del organismo (r= 0.50 p>0.05), pudiéndose encontrar organismos de 180 cm LT con testículos de 25 cm y de 196 cm LT con testículos de 17 cm de largo (Fig. 8).

6.6.1.2 Ultra estructura del testículo

El análisis microscópico de los testículos maduros del tiburón piloto, mostró que en corte transversal son ovalados y poseen una pared delgada. Estructuralmente poseen una banda de tejido conectivo a partir de la cual se ramifica un estroma de trabéculas, comúnmente de 3-6, que soporta la matriz de los folículos. Los folículos seminíferos, se desarrollan a partir de la zona germinal y se distribuyen a través del diámetro de la glándula hacia la pared opuesta de manera sincrónica (arreglo zonificado), es decir, cada zona se encuentra en la misma etapa de espermatogénesis y las divisiones de las células germinales son sincrónicas dentro de cada folículo (Fig. 24 a). Entre los folículos existe una intrincada red de vasos sanguíneos que los mantiene irrigados constantemente. Los folículos más próximos a la pared opuesta de la zona germinal contienen los espermatozoides completamente formados y son recibidos por un sistema colector de ductos eferentes. El patrón de desarrollo de estos folículos es referido por Pratt (1988) como diamétrico , es decir, a través del diámetro (Fig. 24 b).

6.6.1.3 Desarrollo de los folículos seminíferos

Las folículos se originan en la zona ampulogénica o zona germinal (Fig. 25 a), donde se pueden reconocer células grandes y esféricas (espermatogonias primarias) y células pequeñas y fusiformes, consideradas por Stanley (1966 citado por Dodd, 1983) como homólogos de las células de Sertoli. La formación de los folículos seminíferos se dividió en etapas de acuerdo a las características morfológicas y estructurales que fueran presentando:

- **ETAPA I**. Después de numerosas divisiones mitóticas, ambos tipos celulares se encuentran en dos capas concéntricas, los homólogos de las células de Sertoli alrededor del lumen central y las espermatogonias hacia la periferia (Fig. 25 b). Posteriormente se forma un espermatocisto en el cual cada célula de Sertoli engloba a un solo espermatogonio, ahí, ocurren subsecuentes divisiones mitóticas después de las cuales cada célula de Sertoli acaba su migración hacia la periferia.
- **ETAPA II**. Cuando la espermatogonia secundaria entra en la profase de la primer división meiótica se forman los espermatocitos primarios los cuales tienen núcleos grandes con cromosomas prominentes y los folículos llegan a medir 390 µm.
- **ETAPA III** (Fig. 25 c). Durante la fase de espermatocito secundario, el folículo mide 360 µm y se observan pequeños núcleos y cromosomas heterocromáticos condensados .
- **ETAPA IV**. Esta etapa seguida por la fase de espermátida (Fig. 25 d) y el diámetro del folículo es de 354 µm, se presentan núcleos elípticos y flagelos hacia el lumen.

- **ETAPA V**. Posteriormente comienza la formación de los espermatozoides (espermiogénesis). El folículo espermatozoico mide de 315 a 320 µm y en su interior se encuentran las células de Sertoli hacia la periferia con las cabezas de los espermatozoides embebidas en su citoplasma y los flagelos dirigidos hacia el lumen del folículo.
- **ETAPA VI** (Fig. 25 e). Gradualmente los espermatozoides se compactan mas y presentan un arreglo espiral dentro del folículo espermatozoico.
- **ETAPA VII** (Fig. 25 f) para posteriormente ser liberados (Fig. 25 g). Del lado opuesto a la zona germinal se encuentra una zona de reabsorción que consiste de grandes folículos vacíos con remanentes de las células de Sertoli y espermatozoides residuales (Fig. 25 h). El macho más pequeño que fue capturado (162 cm LT) ya tenía folículos en sus testículos con espermatozoides en formación.

6.6.2 Conductillos eferentes

Los espermatozoides son liberados junto con material particulado en el lumen de los conductillos eferentes, los cuales están localizados en la parte distal anterior del *mesorchium* que es el mesenterio que une a los testículos a la pared corporal. Los conductillos eferentes están compuestos por epitelio ciliado que facilita el transporte de los espermatozoides y se pueden encontrar también numerosos leucocitos granulosos eosinófilos (Fig. 26).

6.6.3. Epidídimo

El epidídimo se encuentra en medio de los testículos en la pared dorsal anterior y es una estructura pareada, no pigmentada y digitiforme (Fig. 23). En un individuo adulto pueden alcanzar una longitud de 25 cm de largo y 2 cm de ancho hasta que entran al riñón.

En su interior, es una estructura intrincada donde se encuentran numerosas glándulas tubulares conocidas como glándulas de Leydig, las cuales son una sección anterior modificada del mesonefros (Hamlett, 1999). Tienen un diámetro aproximado de 190 a 360 µm y dentro de las mismas se produce y transporta una secreción que en el epidídimo y ductos deferentes se solidifica en cuerpos ovoidales al ser fijada en formol. Las glándulas de Leydig, están formadas por un epitelio columnar simple con dos tipos celulares identificados: a) células ciliadas cuyo núcleo se encuentra en el ápice de la células y b) células que producen secreciones eosinófilas las cuales se van agregando en el lumen de la glándula a manera de pequeñas gotas. Estas células están caracterizadas por un núcleo grande y una zona más clara que lo rodea (Fig. 27 a).

Además de las glándulas de Leydig, en el interior del epidídimo se encuentran túbulos de 1500 µm aproximadamente cuyo epitelio es columnar estratificado con cilios hacia el lumen del conducto (Fig. 27 b). En su interior, se pueden encontrar grandes masas de espermatozoides libres junto con cuerpos celulares de Sertoli y otros materiales con perfiles heterogéneos que podrían ser citoplasma de las células de Sertoli o cuerpos de la glándula de Leydig (Hamlett, 1999).

6.6.4. Ductos deferentes

En la parte terminal del ámpula del epidídimo los conductos aumentan su diámetro y se forman los ductos deferentes que son estructuras tubulares que bajan a manera de espiral aumentando el área superficial al máximo incrementando su grosor a medida que se acercan más a los riñones (Fig. 23). En *C. falciformis*, el epitelio de los ductos deferentes es columnar simple ciliado. En su interior, se encuentran agregaciones de espermas (Fig. 28) junto con cuerpos de la glándula de Leydig, cuerpos de Sertoli y secreciones del epidídimo.

6.6.5. Vesícula seminal

Cada ducto deferente, desemboca en una vesícula seminal que puede llegar a medir 5 cm de largo por 1.2 cm de diámetro en un individuo adulto y se localizan en la pared dorsal posterior de la cavidad abdominal justo en medio de los riñones al final de los uréteres (Fig. 23). Son estructuras de color blanco en forma de saco y están recubiertos por delgadas capas de tejido conjuntivo. Su epitelio interno es cilíndrico ciliado seudo-estratificado con un grosor de 4 µm aproximadamente, se pueden observar pequeñas divisiones de paredes delgadas hacia la periferia, algunas forman ciegos mientras que otras se unen a la pared de la vesícula formando bahías ciegas (Fig. 29 a). También se pueden observar hacia la periferia masas de tejido en formas de "V" y "S" que no se unen al epitelio interno. Después del epitelio interno, existe una capa media muscular de unas 4 µm y por último una capa externa de tejido conjuntivo rico en fibras elásticas de 12 µm de grosor.

6.6.5.1 Almacén de esperma

En el lumen de la vesícula seminal, se encuentran masas organizadas de espermas desnudos unidos con una matriz cohesiva conocidos como espermatozeugmata (Pratt, 1994), así como el material de esta matriz cohesiva asociada a espermas individuales (Fig. 29 b). En sección longitudinal el espermatozeugmata tiene una forma de ovalo y comúnmente un diámetro de 115 a 125 µm aunque también pueden presentarse amorfos con diámetros desde 96 µm hasta 310 µm (Fig. 29 b). En el tiburón piloto, están constituidos por una sola capa de grupos de espermas radialmente alineados con las cabezas embebidas circularmente hacia el centro y los flagelos dispuestos hacia la periferia alrededor de la matriz cohesiva de naturaleza eosinófila (Fig. 29 c). El comienzo de la formación de los espermatozeugmata se observó en machos a partir de una talla de 179 cm LT (Tabla 5) donde además se pudo observar esperma suelto y matrices cohesivas sin espermas. Sin embargo, en machos de tallas grandes (192, 213 cm LT), se encontró la presencia de esperma suelto sin la formación de espermatozeugmata en la vesícula seminal (Tabla VI). A la vesícula seminal de un macho de 211 cm LT se le realizaron cortes a diferentes niveles desde la parte anterior hasta la terminal y se observa que a medida que el fluido seminal se encuentra hacia la parte terminal, los espermatozeugmata están más compactados y se forman grupos mucho más grandes con un medio circundante más homogéneo.

Tabla VI. Presencia de espermatozeugmata en machos con respecto a su talla y condición reproductiva. S = sin espermatozeugmata, F = con espermatozeugmata en formación, C = con espermatozeugmata totalmente formados, V = vesícula seminal vacía con indicios de la presencia de espermatozeugmata.

Long. Total (cm)	FECHA	Long. Mixopterigio (cm)	Grado de Calcificación	Semen en Mixopterigio	Vesícula seminal
179	05-Oct-02	22	1		C
172	06-Oct-02	18	1		S
176	06-Oct-02	17	0		S
178	06-Oct-02	25	1	SI	
179	31-Jul-02	21	0		F
180	31-Ago-01	25	2		S
182	21-Sep-00	17.4	0	NO	S
182	31-Jul-02	24	1		C
182	31-Jul-02	21	1		F
182	06-Oct-02	25	2	SI	V
188	01-Ago-02	24	2		V
192	01-Ago-02	24	2		F
192	06-Oct-02	25	2	SI	C
194	03-Oct-02	27	2		V
195	31-Jul-02	26	1		C
197	03-Oct-02	27	2		C
199	01-Ago-02	25	2		V
200	01-Ago-02	27	2		C
200	01-Ago-02	23	2		C
202	05-Oct-02	26	2		C
203	03-Oct-02	28	2	SI	C
204	01-Ago-02	26	2		V
206	22-Sep-00	28	2		
207	31-Jul-02				C
211	01-Ago-02	21	2		V
211	01-Ago-02	25.5	2		C
211	01-Ago-02	27	2		C
212	21-Sep-00	30	2	NO	C
213	31-Jul-02	27	1		S
219	01-Ago-02	27	2		V
260	04-Oct-02	26	2	SI	V

6.7 Mixopterigios

El carácter sexual secundario externo más evidente en los machos, es la calcificación de los llamados mixopterigios los cuales consisten en un par de apéndices alargados por debajo de la cloaca que poseen un esqueleto de cartílago. En el tiburón piloto, la longitud del mixopterigio aumenta conforme aumenta la talla del tiburón (Fig. 9). Se encontraron machos con mixopterigios calcificados totalmente, rotación total en su base, y rifiodón fácilmente expandible, a partir de que alcanzaban la talla de los 176 cm LT aunque también se registraron cuatro individuos con longitudes mayores que tenían mixopterigios semi calcificados (178, 179 y 182 cm LT). En la figura 9 se presenta la relación entre la longitud total de los machos y su condición reproductiva, es decir, tamaño del mixopterigio, grado de calcificación y presencia de espermatozeugmata. Claramente se puede observar que a partir de la talla de 180 cm LT la mayoría de los individuos presentan mixopterigios totalmente desarrollados y la formación de espermatozeugmata.

7. DISCUSIÓN

Se observa una clara estacionalidad en la presencia del tiburón piloto en la costa occidental de B.C.S. presentándose la mayor abundancia durante los meses de julio a octubre y solo muy esporádicamente en enero y junio. Según Gómez & Vélez (1982) el calentamiento solar incrementa la temperatura y salinidad de la corriente de California con lo que la temperatura superficial del agua frente a la costa de Baja California se incrementa hacia el sur de 15°C a 20°C en invierno y de 20°C a 25°C en verano. Temperaturas de 23° C a 24 ° C han sido registradas donde el tiburón piloto es comúnmente encontrado (Compagno, 1984) por lo que se sugiere que tal vez de este factor depende la ausencia ó presencia del tiburón piloto en la costa occidental de B.C.S. El que la temperatura influya en las migraciones de tiburones carcarínidos ha sido reportado para especies tales como *Carcharhinus isodon* y *Carcharhinus limbatus* en las costas de Florida, encontrándose ambos únicamente cuando el agua tiene una temperatura superficial mayor a los 20 ° C (Castro, 1993, 1996).

7.1 Composición de tallas

Las tallas registradas en la costa occidental de B.C.S. durante el período de estudio, demuestran que los organismos grandes (176-225 cm LT) son los que se capturan comúnmente. Este intervalo de tallas fue similar al encontrado por Cadena (2001) para el Golfo de California (170 y 220 cm LT).

En Chiapas y Oaxaca, la captura está representada en su gran mayoría por organismos pequeños de alrededor de 140 cm LT (Castillo-Géniz *et al*., 1997; Ronquillo, 1999; Chong-Robles & Alejo-Plata, 2002). Lo anterior se podría explicar por el hecho de que las zonas de pesca de tiburón en Chiapas y Oaxaca se encuentran ubicadas dentro de la franja costera que comprende las 30 millas náuticas a partir de la línea de la costa, a diferencia de las zonas de captura en la costa occidental de B.C.S. que se encuentran a una distancia mayor (45 millas náuticas). Sin embargo, por las características de la plataforma continental en la porción del Océano Pacífico de Chiapas y Oaxaca, la zona oceánica con su ambiente abierto y profundidades mayores a 500 metros, se ubica a unos cientos de metros, permitiendo la presencia de especies pelágicas a la zona costera. Otra explicación sería lo selectivo del arte de pesca, sin embargo en Chiapas el principal equipo de pesca empleado es la red agallera de superficie con una abertura de malla de 25-30 cm (Ronquillo, 1999), y la utilizada en Punta Belcher por ejemplo tiene una abertura de malla de 10-12 pulgadas (25.4-30.4 cm) la cual es muy similar. En el caso de Oaxaca la captura se realiza de manera simultánea con palangres y redes (Chong-Robles & Alejo- Plata, 2002) por lo que el arte de pesca se descarta.

Una posible explicación acerca de la diferencia en las tallas encontradas en la costa occidental de Baja California y la parte suroeste del país es que tal vez el tiburón piloto utiliza la zona oceánica de Chiapas y Oaxaca como área de crianza tanto primaria como secundaria. Las áreas de crianza primarias son aquellas donde ocurre el parto y las crías viven por un corto tiempo, mientras que las secundarias son aquellas en las cuales los juveniles se encuentran antes de alcanzar la madurez (Bass, 1973). Ronquillo (1999) para las costas de Chiapas, reporta la presencia de

neonatos de 50 a 83 cm LT principalmente en junio. Chong-Robles & Alejo-Plata (2002) encontraron la presencia de neonatos y hembras grávidas en los meses de marzo a mayo en Oaxaca.

En la tendencia a segregarse por tamaño, se reconoce que los grupos de tiburones en migración pueden ser seleccionados en diferentes categorías de tamaños por diferencias en las velocidades de nado entre los individuos pequeños y los de mayor tamaño. La segregación por tamaño también puede resultar a partir de diferencias en el hábitat y preferencias alimenticias entre los tiburones pequeños y los grandes (Springer, 1967) así que habrá que determinar si existen diferencias en las preferencias alimenticias de los organismos adultos y los inmaduros.

7.2 Proporción de sexos

Villatorio & Rivera (1994) reportan una relación de hembras y machos de 1:1 para aguas de El Salvador. La misma relación es encontrada también por Del Rosario (1998) para Guatemala y por Ronquillo (1999) para Chiapas, México. Bonfil *et al* . (1993) sugieren que la proporción de sexos en el tiburón piloto tal vez permanezca cercana a 1:1 en vida libre. Los resultados anteriores difieren con lo encontrado en este estudio (1H:0.6M). Sin embargo, los resultados citados con anterioridad corresponden a períodos anuales y en el caso de los tiburones capturados durante este estudio se observó una clara estacionalidad de captura. Ronquillo (1999) por ejemplo, hace énfasis en que durante los meses de Mayo y Junio el numero de hembras es mucho mayor. Por lo que tal vez, en vida libre y en un período anual no existe una fuerte segregación sexual como lo reportan Compagno (1984) y Bonfil *et al.* (1993).

Por otra parte, la proporción de sexos en los embriones fue inversa a la encontrada en los individuos de vida libre. Sin embargo, este resultado podría estar sesgado debido al hecho de que los embriones son expulsados en ocasiones por las hembras al tratar estas de liberarse del método de captura o a que pueden ser expulsados por la manipulación en el proceso de la embarcación. Por lo anterior, el determinar la proporción de sexos en los embriones no se considera como un método preciso de estimación, además de que los datos de embriones con los que contamos fueron limitados como para hacer una aseveración más precisa.

7.3 Madurez sexual

Fourmanoir (1961) encontró en las costas de Madagascar que los machos maduraban a los 240 cm LT y las hembras a los 248-269 cm LT. En el Atolón de Aldabra, Océano Indico, Stevens (1984a) encontró machos maduros a una longitud de 239 cm LT y hembras a los 216 cm LT. En lo que se refiere al Océano Pacífico, para la parte central, Strasburg (1958) registró 12 hembras grávidas de 213-236 cm LT y Stevens (1984b) para la parte sur, reporta machos maduros a 214 cm LT y hembras a los 202-208 cm LT en el mar de Tasmania.

Para la costa occidental de México, Ronquillo (1999) encuentra machos con mixopterigios totalmente calcificados a los 180 cm de LT y una hembra preñada con

la misma longitud para las costas de Chiapas. Asimismo, Cadena (2001) en su estudio para el Golfo de California, reporta una talla de primera madurez a los 180 cm LT tanto en hembras como en machos. Del Rosario (1998) encuentra tallas de primera madurez de 176 y 178 cm LT para hembras y machos respectivamente en las Costas del Pacífico de Guatemala. Los estudios anteriores concuerdan con lo encontrado en este trabajo. Las hembras ya presentaban ovocitos maduros, cápsulas uterinas y embriones a partir de 180 cm LT y los machos presentaron mixopterigios calcificados, rotables y rifiodón expandible a partir de 180 cm LT. Aunado a estos indicios en los machos, se tomó en cuenta la formación de espermatozeugmata en la vesícula seminal para verificar la madurez, ya que en especies como el tiburón azul *Prionace glauca*, Pratt (1979) encontró que el crecimiento de los mixopterigios es gradual y no provee algún indicio de aproximación a la madurez. A partir de 182 cm LT se encontró que la gran mayoría de los machos ya presentaban mixopterigios desarrollados y en todos los que se realizaron cortes histológicos de la vesícula seminal a partir de esta talla, se encontró la presencia de espermatozeugmata.

La diferencias en las tallas de primera madurez para con otros trabajos de distintas regiones del Mundo, puede deberse según Ronquillo (1999) a que cuando las especies son sometidas a intensas presiones de pesca pueden alcanzar la madurez sexual a tallas menores compensando así el abatimiento del stock por efecto de los mecanismos denso dependientes así como a las diferentes condiciones de su hábitat, ya que al parecer, la mayoría de los carcarinidos maduran según las condiciones de temperatura de su hábitat madurando a tallas menores los que se encuentran en zonas cálidas que los de zonas templadas (Hoening & Gruber, 1990).

En cuanto a la presión pesquera en el litoral occidental de América, Del Rosario (1998) reporta que *C. falciformis* representó la especie mas importante en la pesquería del tiburón en el Pacífico de Guatemala siendo la especie que sostiene la pesquería durante todo el año. Asimismo, Castillo-Géniz *et al.* (1997) la reportan como la especie más importante en la pesquería artesanal de tiburón en Puerto Madero, Chiapas durante el período de junio de 1996 a junio de 1997. Mientras que, para la misma zona, Ronquillo (1999) la encuentra como la segunda especie más importante registrando la captura de 6073 organismos durante 18 meses de muestreo (junio de 1996 a diciembre de 1997).

Villatorio & Rivera (1994) para aguas de El Salvador reportan que es la especie mayormente capturada representando el 47.3 % de la captura total. Campos *et al* . (1993) encontraron que es de gran importancia para la pesquería de Costa Rica. Chong-Robles & Alejo-Plata (2002) mencionan que el tiburón piloto representa más del 90% de la pesca del tiburón en Puerto Ángel, Oaxaca. Cabe mencionar que todos los autores anteriores concuerdan en que el mayor porcentaje de las capturas esta representado por individuos inmaduros.

Con base en los trabajos anteriores se podría suponer que el tiburón piloto se encuentra bajo una gran presión pesquera en aguas del Océano Pacífico de la costa occidental de América y que esto conlleve a que maduren a tallas menores, sin embargo, desde la parte noroeste del Golfo de México hasta el Caribe *C. falciformis*

también representa una de las especies mas importantes en la pesca del tiburón (Bonfil, 1987, Bonfil *et al.*, 1988, 1990; Branstetter, 1987) y alcanza la primera madurez a tallas mayores que las registradas en el Océano Pacífico por lo que no se puede asegurar que se deba a la presión por pesca, además de que la información no es suficiente como para determinar su grado de explotación.

Otra posible explicación de la diferencia en las tallas a la cual alcanzan la madurez sexual puede deberse a que los individuos de las poblaciones del Océano Pacífico oriental sean más pequeños que los del Océano Atlántico. Lo anterior ha sido reportado para otras especies como *Carcharhinus limbatus* por Garrick (1982) quien establece que las poblaciones del Océano Atlántico Noroeste difieren significativamente de los especimenes del Océano Pacífico en diferentes aspectos como talla, marcas, edad de madurez y número de crías.

Es posible que poblaciones separadas presenten características diferentes (Bonfil, 1987). El que las poblaciones de una especie se distribuyan en un área extensa, limita el intercambio genético entre las mismas poblaciones, ya que en las áreas apartadas, pierden la conexión genética entre sí, aún cuando la mantengan con otras poblaciones de posición intermedia (Margalef, 1972).

7.4 Copulación

Durante todos los meses en que el tiburón piloto es capturado en la costa occidental de B.C.S. (julio a noviembre) se presentaron algunos individuos con indicios de actividad reproductiva esporádica como hembras con cápsulas uterinas, semen en la cloaca, marcas de cortejo, y machos con semen en la punta distal de los mixopterigios, vesícula seminal llena con espermatozeugmata así como vacía. Al parecer no existe una estacionalidad definida para la reproducción, lo cual concuerda con lo encontrado por Strasburg (1958), Fourmanoir (1961), Stevens (1984), y Stevens & McLoughing (1991) para las poblaciones de esta especie en el Océano Pacífico e Indico.

7.5 Morfología Aparato Reproductor (Hembras)

7.5.1 Ovario

Al parecer no existe una correlación entre el tipo reproductivo y la simetría ovárica, sin embargo en la mayoría de las especies vivíparas solo un ovario predomina (Hamlett & Koob, 1999). Entre los tiburones vivíparos, el ovario derecho es el productor de huevos ovulables y *C. falciformis* no es la excepción. En cuanto a su constitución, su ovario es similar al de la mayoría de los elasmobranquios consistiendo en: folículos en desarrollo en varias etapas, ovocitos vitelogénicos, folículos pre-ovulatorios atravesando por atresia y corpora lutea, todos embebidos en un estroma de tejido conectivo (Hamlett & Koob, 1999).

7.5.2 Folículos

En las especies vivíparas el desarrollo de los folículos es muy diverso. Sin embargo en la mayoría de las especies solo un conjunto de folículos es seleccionado para desarrollarse hasta la ovulación. El desarrollo de los folículos puede durar varios meses o casi un año como en la mayoría de los tiburones y rayas y en algunas especies hasta dos años o más.

El desarrollo de los folículos para el siguiente embarazo puede ocurrir simultáneamente con un estado de preñez, principalmente durante la última mitad del embarazo, o en su mayoría entre embarazos. La duración del ciclo reproductivo en la mayoría de los tiburones del género *Carcharhinus*, medido de ovulación a ovulación o de parto a parto es de 2 años. Este ciclo reproductivo bienal existe por ejemplo en el tiburón puntas negras *C. limbatus* (Castro, 1996) y consiste de ciclos consecutivos ováricos y estacionales donde se pueden encontrar dos clases de hembras adultas: Un grupo de hembras que se embarazaron el verano anterior y que tienen embriones terminales a punto de nacer. Estas hembras tienen ovarios inactivos con ovocitos de 7 mm de diámetro en promedio. Después del parto estas hembras comenzaran un período de descanso antes de comenzar la ovogénesis y vitelogénesis y no ovularán hasta la primavera siguiente, un año después de haber parido. Las otras hembras están ovulando, las que parieron la primavera pasada y las nulíparas que acaban de alcanzar la madurez. Para las hembras preñadas encontradas en este estudio el tamaño máximo del ovocito fue de 5-12 mm por lo que tal vez también presenten un ciclo bianual aunque no se puede asegurar debido a que no existe una estacionalidad en su reproducción.

La histología de los folículos ha sido examinada en una variedad de tiburones vivíparos y ovíparos (Koob y Callard, 1991) y su descripción concuerda con lo encontrado para el tiburón piloto en este estudio. Las células que rodean la membrana basal forman las capas de las tecas. Las células de la granulosa en los folículos pequeños forman una sola capa con morfología escamosa o cúbica. A medida que los folículos crecen y se diferencian y conforme el ovocito acumula vitelo, la morfología de las células de la granulosa cambia e inclusiones ricas en lípidos comienzan a aparecer y a formarse. La teca pasa por cambios coordinados con el crecimiento del folículo. Un incremento en la vascularización, capas de distintos tipos celulares, elaboración de inclusiones ricas en lípidos y la transformación de la morfología de las células acompañan el desarrollo del folículo (Hamlett & Koob, 1999).

El hecho de que las hembras tengan ovocitos de distintos tamaños obedece a la condición reproductiva en la que se encuentren. El número de ovocitos encontrados que alcanzaron una talla ovulable en este caso fue un máximo de 11, aunque este tiburón está reportado con una fecundidad de hasta 14 crías.

7.5.3 Atresias

El tamaño de las atresias de hasta 30 mm también ha sido reportado para otros carcarínidos como *Carcharhinus isodon* por Castro (1993) además de que concuerda con lo establecido por Hamlett & Koob (1999) acerca de que las atresias

pueden presentarse en cualquier tamaño de ovocito. La presencia de las atresias no significa alguna disfunción ya que los folículos atrésicos pueden ser encontrados en la mayoría de los elasmobranquios activos reproductivamente, de hecho algunos autores consideran que juegan un rol importante en la producción de hormonas (Dodd, 1983).

7.5.4 Glándula oviducal

La estructura externa de la glándula oviducal del tiburón piloto, es similar a la de otros carcarínidos como *C. melanopterus y Prionace glauca* (Prasad 1945; Pratt 1979), donde el lumen se ramifica en dos divertículos que se extienden alrededor de su circunferencia. Internamente, al igual que en *C. melanopterus*, se divide en tres zonas: una zona anterior secretora de albumen, seguida por una zona corta de secreción de mucus y por último, una zona grande secretora de la capa protectora de los huevos.

En *C. falciformis*, la glándula no presentó un crecimiento relacionado a la talla de la hembra encontrándose hembras con glándulas de diámetros mayores a los 30 mm que presentaban una longitud alrededor de los 180 cm LT. Lo anterior se puede explicar por el hecho de que en ciertas especies pertenecientes a la familia Carcharhinidae como *Rhizoprionodon terraenovae*, cuando hay huevos fértiles listos para ovular, la glándula incrementa su tamaño a casi el doble (Castro & Wourms, 1993) lo cual sucede también en caso del tiburón piloto. Además de lo anterior, se ha encontrado que las glándulas oviducales en las especies vivíparas crecen en relación con el desarrollo folicular, llegando a su tamaño máximo antes de la ovulación y lo disminuyen después de descargar los precursores de la cápsula (Hamlett & Koob, 1999).

7.5.5 Almacén de esperma

Como en otros animales con fertilización interna donde numerosos huevos son fecundados en un sola cópula, el esperma debe ser almacenado o retenido al menos hasta que la ovulación tenga lugar. La glándula oviducal con sus túbulos largos y delgados provee esta capacidad a ciertas especies de elasmobranquios (Pratt, 1993). Los espermas encontrados en los túbulos oviducales de una hembra de *C. falciformis* estaban empacados libremente y las cabezas se tiñeron vividamente. Estas características corresponden con la descripción de almacenaje de corta duración de Pratt (1993): "El almacén de corta duración para una inseminación retardada se caracteriza por la presencia de espermas libremente empacados en túbulos que se encuentran más profundamente en la glándula oviducal". El esperma tiende a estar polarizado con sus cabezas apuntando corriente arriba. El esperma probablemente se encuentra nadando activamente para permanecer en su lugar por semanas como es el caso del tiburón nariz afilada *Rhizoprionodon terraenovae* el cual presenta este tipo de almacén (Pratt, 1993). Debido a que el útero de la hembra contenía cápsulas uterinas en etapa de discoblástula, una copulación reciente está descartada (Pratt, 1993).

El hecho de que el tiburón piloto presente este tipo de almacén, nos hace suponer que la cópula ocurre poco tiempo después de la ovulación, y el hecho de que únicamente se hayan encontrado espermas almacenados en la glándula oviducal de una hembra puede ser debido al corto tiempo de almacén, al tamaño de muestra o a un lavado excesivo.

7.5.6. Útero

El porcentaje de la presencia de huevos no fertilizados (0.06 %) con respecto al número total de embriones encontrados indica que la fertilización en el tiburón piloto puede ser muy efectiva. Al parecer, el huevo no fertilizado correspondía al ciclo ovárico presente ya que no presentó las características de un ciclo previo (seco y plano). Este tipo de huevos además de haberse encontrado en esta especie por (Gilbert & Schernitzauer, 1966) también se han encontrado en otras especies de tiburones como *Rhizoprionodon terraenovae* y se cree que tal vez son expulsados durante el parto (Castro & Wourms, 1993).

La presencia de cápsulas uterinas en *C. falciformis* sólo había sido mencionada por Cadena (2001) para la parte central del Golfo de California. Cuando el ovocito pasa por la glándula oviducal toma una forma elipsoidal, lo cual también ha sido reportado para especies como *R. terraenovae*. Durante el presente estudio se observó que ya existía la formación de pliegues que darán lugar a los compartimientos desde esta etapa cuando la cápsula mide unos 4.8 cm. La formación de los compartimientos uterinos es similar a la de otros tiburones vivíparos con placenta de saco vitelino como el tiburón martillo cabeza de pala *Sphyrna tiburo* (Gilbert & Schernitzauer, 1965) en el hecho de que se forman por la fusión de plegamientos dorsales y ventrales de la pared uterina, a que en un principio tienen una orientación transversal que después se torna longitudinal y por último a que se forman totalmente cuando la gestación es avanzada. Las características de embriones contenidos en cápsulas en la gestación temprana y la formación de compartimientos similares colocan a *C. falciformis* en la clasificación de tipo reproductivo IV de las especies útero-placentadas (Otake, 1990) lo cual significa que está en el desarrollo evolutivo más avanzado de la viviparidad en tiburones.

La tercer membrana que cubre a los huevos permanece hasta que los embriones están en un estado avanzado por lo que seguramente permanece hasta el parto. En la mayoría de los tiburones placentados, todo el intercambio metabólico entre el útero y el feto debe por lo tanto, ser efectuado a través de esta envoltura. La membrana en el tiburón piloto es muy delgada y se ha reportado que esto es común en las especies de tiburones vivíparos lo cual refleja una función alterada de la glándula oviducal (Hamlett & Koob, 1999).

Al parecer en el útero la mayor cantidad del tejido que lo compone se forma cuando el huevo es recién fertilizado y posteriormente continúa expandiéndose hasta disminuir su grosor a menos de 1 mm.

La hembra preñada más pequeña tenía una talla de 180 cm LT, lo cual corresponde con las tallas de hembras grávidas reportadas por Ronquillo (1999) y

Cadena (2001). El desarrollo embrionario de *C. falciformis* ha sido descrito por Bonfil *et al*. (1993) para el banco de Campeche encontrando que existía una estacionalidad marcada. En contraste, otros trabajos (Fourmanoir, 1961; Stevens, 1984 b; Stevens & McLoughlin, 1991) reportan la ausencia de una temporalidad de la reproducción. Con los datos obtenidos durante este estudio (18 hembras preñadas) es imposible determinar aún si existe o no un patrón de estacionalidad en el desarrollo embrionario. Sin embargo, al parecer concuerda con las autores anteriores ya que el tamaño de los embriones a lo largo del año parece no tener un patrón estacional debido a que se pueden encontrar embriones con tallas similares en meses muy diferentes (Fig. 22). Aunado a lo anterior, seguramente tampoco existe una temporada de nacimientos, sin embargo debido a que no se encontraron neonatos fue imposible determinarla ya que para hacerlo se comparan la frecuencia de tallas entre los embriones terminales y los neonatos (Bonfil *et al*., 1993). Branstetter (1990) sugirió que las poblaciones de *C. falciformis* pueden carecer de un período de gestación estacional en áreas tropicales, lo cual concuerda con trabajos realizados en África, Aldabra, New South Wales y Norte de Australia (Bass *et al*., 1973; Stevens, 1984 a y b; Stevens and McLoughlin, 1991). La duración de la gestación del tiburón piloto no se pudo determinar en este estudio debido a que no se encontró una temporada de copulación definida y a que los embriones no mostraron un desarrollo estacional. Suponemos que tiene una duración de 12 meses con base a lo establecido por Cadena (2001) para el Golfo de California.

7.6 Morfología Aparato Reproductor (Machos)

El tamaño de los testículos varió bastante pudiéndose encontrar organismos de 180 cm LT con testículos de 25 cm y de 196 cm LT con testículos de 17 cm de largo (Fig. 8). Esto se puede explicar por el hecho de que en ciertas épocas del año los testículos pueden aumentar de tamaño llegando incluso a representar el 4 % del peso total del macho (Dodd, 1983) por lo cual su tamaño depende de la condición reproductiva del organismo y no de su longitud total.

El patrón de desarrollo de los folículos seminíferos (crecimiento diamétrico) concuerda con el que se presenta en otros tiburones carcarinidos como el tiburón azul y algunos del orden squaliformes (Pratt, 1988). La forma alargada de los testículos permite que el trayecto a recorrer de los espermas a partir de la zona germinal hacia los ductos eferentes sea menor. Las etapas del desarrollo de los folículos concuerdan con las registradas para el tiburón *Scylorhinus canicula* (Dodd, 1983) y la raya *Urolophus jamaicensis* (Parsons & Grier, 1992) por lo que tal vez el patrón es similar en todos los elasmobranquios.

Una vez que los espermatozoides están formados, son colectados por los ductos eferentes donde los leucocitos intraepiteliales posiblemente remueven el material celular particulado del lumen. Además de los espermatozoides, otros materiales particulados son liberados en los ductos eferentes, tal es el caso de los cuerpos de Sertoli, que se originan en la región supranuclear de las células de Sertoli

justo antes de la espermiación, y de los citoplasmas celulares de Sertoli, los cuales son remanentes de las células de Sertoli (Hamlett, *et al.*, 1999 b).

Ya en el epidídimo, además de los anteriores materiales particulados se pueden encontrar los cuerpos de la glándula de Leydig los cuales son secreciones de la glándula de Leydig de naturaleza eosinófila, sin membrana. En *Heterodontus portusjacksoni,* Jones & Lin (1993) encontraron que la motilidad de los espermas se incrementa a un 96% cuando se encuentran en el epidídimo, sugiriendo que las secreciones del epidídimo y glándula de Leydig juegan un rol importante en el transporte de iones y agua, secreción de proteínas y maduración del esperma.

En el epitelio de los ductos deferentes se encontró material matricial, agregaciones de espermas, y material particulado. Se cree que la fuente del material matricial son las secreciones de las glándulas de Leydig del epidídimo y ductos deferentes pero otras fuentes no identificadas aún pueden existir (Hamlett, 1999). En *Heterodontus portusjacksoni* las secreciones de la glándula de Leydig son la fuente principal en el incremento de proteínas del fluido seminal en los ductos deferentes (Jones & Lin, 1993).

El tipo de almacén de esperma encontrado en la vesícula seminal del tiburón piloto fue el de espermatozeugmata de una sola capa. Se cree que el almacenamiento de esperma en cápsulas sirve para resistir pérdidas durante la transferencia a la hembra que involucra su transporte por el conducto del mixopterigio y varios orificios en la presencia de agua de mar. Este tipo de agregados es hidráulicamente más fácil de ser transportado a la hembra sin perdidas, en comparación con el esperma fluido; además, son mejores unidades compactas de almacén y pueden ser más fácilmente nutridos lo cual es muy importante para especies nómadas (Pratt, 1979). Durante el presente estudio se encontró que los machos ya presentan este tipo de cúmulos totalmente formados a partir de una talla de 179 cm LT lo cual difiere del trabajo de Pratt & Tanaka (1994) quienes revisaron únicamente a un macho de 193 cm LT capturado en aguas del Océano Atlántico que tenía únicamente esperma suelto, en acumulación y espematozeugmata en formación de una sola capa al interior de la vesícula seminal. Esto refuerza la idea de que la talla de primera madurez es alcanzada antes por las poblaciones de la costa occidental de América que para las del Océano Atlántico.

Además de lo anterior, también se encontró que la formación de los espermatozeugmata no es únicamente entre los septos y el lúmen de la vesícula seminal sino que también se encuentran en los ductos deferentes. La formación de espermatozeugmata coincide con lo encontrado en otras especies de elasmobranquios como *Carcharhinus limbatus, C. obscurus, C. porosus, C. plumbeus,* y *Raja englateria.* La tendencia a un mayor grado de acresión de los espermatozeugmata a medida que se encuentran mas hacia la parte distal de los vesícula seminal, concuerda con lo encontrado por Pratt & Tanaka (1994).

Los septos de la vesícula seminal, lugar donde se encuentra este tipo de agregados, son de pared gruesa para dar un mayor soporte físico e incrementar el área superficial de intercambio. El almacén de esperma en machos beneficia al tiburón piloto debido a que esta especie se encuentra en aguas oceánicas y las posibilidades de encontrar a una hembra son menores, además el hecho de que el esperma permanezca viable durante un período mas prolongado, asegura la inversión energética en la producción de los gametos masculinos al permitir que la fecundación sea exitosa en cualquier momento.

Con respecto a los caracteres sexuales secundarios, se observó una correlación positiva entre la longitud de los mixopterigios y la talla del macho al igual que como sucede en la mayoría de las especies de tiburones.

8. CONCLUSIONES

- La presencia y por lo tanto la captura del tiburón piloto en la costa occidental de B.C.S. está relacionada con el incremento de la temperatura superficial del mar en verano y por lo tanto es estacional, de junio a octubre con una mayor abundancia en septiembre. La captura incide principalmente en organismos adultos (179-200 cm LT).
- La proporción de sexos fue de 1H:.6M y la talla de primera madurez se encontró alrededor de 180 cm LT para ambos sexos.
- No se observó una clara temporada de copulación en las aguas de la costa occidental de B.C.S.
- Sólo el ovario derecho es funcional y no presenta un patrón estacional de crecimiento. El ovocito es ovulado cuando el diámetro del folículo es de 30 mm de diámetro y es fertilizado por esperma almacenado en la glándula oviducal (almacén de corta duración).
- El tamaño de la glándula oviducal no está correlacionado con el tamaño del organismo pero sí con la condición reproductiva ya que incrementa su tamaño a casi el doble durante la ovulación.
- Los huevos fertilizados son cubiertos por la tercer membrana y se desarrollan en úteros pares. Cuando están en etapa de discoblástula se comienzan a formar los compartimientos uterinos individuales. Posteriormente en estadios de gestación mas avanzados, los embriones se encuentran aprovechando al máximo el espacio intrauterino con la cabeza dirigida anteriormente y la placenta hacia la base de cada compartimiento.
- El rango en el número de crías encontradas dentro de los úteros fue de 2 a 9 con un promedio de 4.7 y se encontraron en diferentes grados de desarrollo por lo que se infiere que el tiburón piloto no presenta un ciclo reproductivo estacional definido.
- El tiburón piloto se encuentra en el desarrollo evolutivo mas avanzado de la viviparidad en tiburones debido a que tiene embriones contenidos en cápsulas en la gestación temprana así como compartimientos individuales para cada embrión.

- El tamaño de los testículos depende de la condición reproductiva del macho. El desarrollo de los folículos seminíferos es de tipo diamétrico y se pueden observar 8 etapas durante su formación.
- Los ductos extra testiculares principales del tiburón piloto consisten un par de: epidídimos, ductos deferentes y vesículas seminales, cuya función principal es el transporte de los espermatozoides, formación del fluido seminal y agregación de los cúmulos de esperma los cuales son tipo espermatozeugmata de una sola capa.
- El tamaño de los mixopterigios está correlacionado positiva y significativamente con la talla del macho.

9. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con la investigación del tiburón piloto por períodos mas largos, tratando de abarcar en lo posible su distribución espacio-temporal y estadios de desarrollo con el fin de tener un panorama completo de su biología reproductiva.

- Para elucidar por que existen diferencias en tallas de primera madurez y tamaño de los organismos entre las distintas poblaciones de tiburones piloto de lugares geográficos distintos, es necesario un análisis más específico de tipo ecológico, biogeográfico y genético que facilite la respuesta a este tipo de incógnitas.

- Se recomienda comparar las estructuras reproductivas descritas para el tiburón piloto con las de otros tiburones para observar si existen similitudes y diferencias y tratar de determinar patrones en cuanto a la evolución de la reproducción en los tiburones.

10. LITERATURA CITADA

- Applegate, S.P., L. Espinosa, L. Menchaca & F. Sotelo. 1979. Tiburones Mexicanos. SEP. 146 p.
- Bane, G.W. Jr. 1966. Observations on the silky shark, *Carcharhinus falciformis* in the Gulf of Guinea. Copeia, (2) : 354-356.
- Bass, A.J., J.D. D' Aubrey, & N. Kistnasamy. 1973. Sharks of the east coast of southern Africa. I. The genus *Carcharhinus* (Carcharhinidae). Oceanogr. Res. Inst. Invest. Rep. 33, 168 p.
- Bonfil, R. 1987. Composición por especies de la pesquería del tiburón y cazón de Yucatán y relaciones morfométricas para las principales especies. Cont. Inv. Pesq, Doc. Tec. 1: 1-10.
- Bonfil, R., R. Mena & D. de Anda. 1988. El Recurso Tiburón-cazón en el sureste de México, 421-439. En: Mena R. (Eds.) Los Recursos Pesqueros del País. Secretaría de Pesca, México.
- Bonfil, R., de Anda & R. Mena. 1990. Shark Fisheries in México: the case of Yucatán as an example. NOAA Tech. Rep. NMFS. 90: 427-441.
- Bonfil, R., de Anda D., & Mena , A.R. 1993. Biological parameters of comercially exploited silky sharks from the Campeche Bank, Mexico. NOAA Tech. Rep.NMFS . 115: 73-86.
- Branstetter, S. 1981. Biological notes on the sharks of the north central Gulf of Mexico. Contrib. Mar. Sci. 24: 13-34.
- Branstetter, S. 1987. Age, growht and reproductive biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. Envir. Biol. Fish. 19 (3): 161-173.
- Branstetter, S. 1990. Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the Northwest Atlantic. NOAA Tech.Rep. NMFS 90: 17-28.
- Branstetter, S. 1991. Shark early life history: One reason sharks are vulnerable to overfishing. Amer. Littoral Soc. Spec. Pub. 14: 29-34.
- Branstetter, S., & McEachran. 1986. Age and growth of four carcharhinid sharks common to the Gulf of Mexico: a summary paper, 361-371. En: Uyeno, T., R.T. Taniuchi & K. Matsuura (Eds.) Indo Pacific fish biology: proceedings of the second international conference of Indo Pacific fishes. Icthyol. Soc. Japan, Tokio.
- Budker, P. 1971. The life of Sharks. Columbia Univ. Press, New York, 222 p.
- Cadena, C. L. 2001 Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichtyes: Carcarhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis Profesional. U.A.B.C.S. La Paz (B.C.S.), México. 68 p.
- Campos, J. A., A. Segura, O. Lizano & E. Madrigal. 1993. Ecología básica de *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) y abundancia de otros grandes pelágicos en el Pacífico de Costa Rica. Cent. Invest. Cienc. Mar y Limnnol. Rev. Biol. 41 (3-B): 783-790.
- Castillo-Géniz J. L., Cid A., Soriano, S. Sancho, F., Márquez, J., & Ramírez, C. 1997. Descripción, evaluación y Manejo de la Pesquería artesanal del tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Inst. Nac. Pesca. 63 p.

- Castro-Aguirre, J. L. 1967. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis Profesional, IPN, México D. F. 257 p.
- Castro, J. I. 1983. The sharks of North American Waters. Texas A. & M. Univ. Press, College Station. 180 p.
- Castro, J. I. 1993. The biology of the finetooth shark, *Carchcahinus isodon*. Envir. Biol. Fish. 36: 219-232.
- Castro, J. I. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carchcahinus limbatus*. Bull. Mar. Sci. 59 (3): 508-522.
- Castro, J. I. & P.J. Wourms. 1993. Reproduction, placentation and embryonic development of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. J. Morph. 218: 257-290.
- Chong-Robles, J. & Ma. Del C. Alejo-Plata. 2002. Aspectos biológico-pesqueros del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* en Puerto Angel, Oaxaca. VIII Congreso Nacional de Ictiología. UMAR. Puerto Angel, Oaxaca, Méx. 134 p.
- Clark, E. & K. von Schmidt. 1965. Sharks of central gulf coast of Florida. Bull. Mar. Sci. 15: 13-83.
- Compagno, L.J.V. 1984. FAO Species Catalogue, Vol 4: Sharks of the World. FAO Fish. Synop., 4(125): 1-249.
- Compagno, L.J.V. 1999. Systematics and Body form, 1-42. En: Hamlett, W.C. (Ed.) Sharks, skates and rays the biology of elasmobranch fishes. The Johns Hopkins Univ. Press, E.U.A.
- Compagno, L.J.V., F. Krupp & W. Schneider. 1995. Tiburones, 648-743. En: Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (Eds.) Guía para la Identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II. Vertebrados- parte I. FAO. Roma, Italia.
- 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.
- Dodd, J.M. 1983. Reproduction in Cartilaginous fishes (Condrichtyes), 31-86. En: Hoar, W.S. & D.J. Randall (Eds.) Fish Physiology. Academic Press, Inc. New York, E.U.A.
- Fuormanoir, P. 1961. Requins de la cote ouest de Madagascar. Mem. Inst. Sci. Madagascar. 4: 1-81.
- Garrick, J.A.F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA Tech. Rep. NMFS. 445: 1-194.
- Gilbert, P.W. & D.A. Schlernitzauer. 1965. Placentation in the silky shark *Carcharhinus falciformis* and bonnetshark , *Sphyrna tiburo.* Anat. Rec. 151 (3): 452.
- Gilbert, P.W. & D.A. Schlernitzauer. 1966. The placenta and gravid uterus of *Carcharhinus falciformis.* Copeia (3): 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.

- Hamlett, W.C. 1999. Male reproductive system, 444-470. En: Hamlett, W.C. (Ed.) Sharks, skates and rays the biology of elasmobranch fishes. The Johns Hopkins Univ. Press, E.U.A.
- Hamlett, W.C., M. Hysell, M. Hezior, T. Rozycki, N. Brunette, & K. Tumilty, 1999. Fundamental zonation in elasmobranch oviducal glands, 271-280. En: Séret, B. & J. Y. Sire (Eds.) Procc. of the fifth Indo-Pacific Fish Conference, Noumea, Soc. Fr. Ichyol, Paris.
- Hamlett, W.C. & T. J. Koob. 1999. Female reproductive system, 398-443. En: Hamlett, W.C. (Ed.) Sharks, skates and rays the biology of elasmobranch fishes. The Johns Hopkins Univ. Press, E.U.A.
- Hamlett, W.C., M. Hysell, T. Rozycki, N. Brunette, K. Tumilty, A. Henderson, & J. Dunne. 1999 b. Sperm aggregation and spermatozeugmata formation in the male genital ducts in the clearnose skate, *Raja eglanteria,* 281-291. En: Séret, B. & J. Y. Sire (Eds.) Procc. of the fifth Indo-Pacific Fish Conference, Noumea, Soc. Fr. Ichyol, Paris. Proceedings of the fifth Indo-Pacific Fish Conference, Noumea, Soc. Fr. Ichyol, Paris.
- Hoening, J.M. & S.M. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs, implication for fisheries management. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 1-16.
- Holden, M.J. 1974. Problems in the rational explotation of elasmobranch populations and some suggested solutions, 117-137. En: Harden, F. R. (Ed.) Sea Fisheries Research. Logos Press, London.
- Jones, R.C., & M. Lin. 1993. Structure and function of the genital ducts of the male Port Jackson shark, *Heterodontus portusjacksoni.* Envir. Biol. Fish. 38: 127-38.
- Koob, T.J., & I. P. Callard. 1991. Reproducton in female elasmobranches, 155-209. En: Kinne, R.K. (Ed.) Comparative Physiology,. Basel, Karger.
- Margalef, R.G. 1972. Ecología Marina. Omega. Barcelona, España. 862 p.
- Otake, T. 1990. Classification of reproductive modes in sharks with comments on female reproductive tissue and structures. NOAA Tech. Rep. NMFS. 93: 111-130.
- Parsons, G. R. & H. J. Grier. 1992. Seasonal changes in shark testicular structure and spermatogenesis. J. Exp. Zool. 261: 173-84.
- Prasad, R. R. 1945. The structure, phylogenetic significance, and functon of the nidamental gland of some elasmobranchs of the Madras Coast. Proc. Nat. Inst. Sci. India 11: 282-302.
- Pratt, H.L., Jr. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca.* U.S. Fish. Bull. 77: 445-470.
- Pratt, H.L. 1988. Elasmobranch gonad structure: a descriptive survey. Copeia, (3): 719-29.
- Pratt, H.L. 1993. The Storage of Spermatozoa in the Oviducal Glands of Western North Atlantic Sharks. Envir.. Biol. Fish. 38 (1-3): 139-149.

- Pratt, H.L., & T. Otake. 1990. Recommendations for work needed to increase our knowlrdge of reproduction relative to fishery management. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 509-510.
- Pratt, H.L. & S. Tanaka. 1994 Sperm Storage in Male Elasmobranchs: A Description and Survey. J. Morph. 219: 297-308.
- Ronquillo, 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. México, 90 p.
- Rueda, S. F. 1983. La precipitación como indicador de variación climática en la Península de Baja California y su relación dendocronológica. Tesis Maestría, CICIMAR-IPN, B.C.S., México, 125 p.
- 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.
- Simpfendorfer, C.A. 1992. Reproductive Strategy of Australian Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon taylori* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), from Cleveland Bay, Northern Queensland. Austr. J. Mar. Freshwater Res., 43: 67-75.
- Springer, S. 1960. Natural history of the sandbar shark, *Eulamia milberti*. Fish. Bull. 61: 1-38.
- Springer, S. 1967. Social Organization of shark populations, 149-174. En*:* Gilbert, P.W.,R.F. Metheson & D.P. Rall (Eds.) Sharks, skates and rays, John Hopkins press, Baltimore. E.U.A.
- Stevens, J.D. 1984 a. Biological observations on sharks caught by sport fishermen off New South Wales. Austr. J. Mar. Freshwater Res. 35: 573-590.
- Stevens, J.D. 1984 b. Life-history and ecology of sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. Proc. R. Soc. Lond. Biol. Sci. 222: 79-106.
- Stevens, J.D., & K.J. McLoughlin. 1991. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from northern Australia. Austr. J. Mar. Freshwater Res. 42 (2): 151-199.
- Strasburg, D.W. 1958. Distribution, abundance, and habits of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. Fish. Bull. 58: 335-361.
- 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.
- Villatorio, O. & C. Rivera. 1994. Diagnóstico de la pesquería del tiburón en El Salvador. Tesis Profesional, Univ. Nac. El Salvador, El Salvador 95 p.
- Wright L. D.,H.H. Robert, J. M. Coleman., R.L. Kupfer & L.W. Bowden. 1973. Process-Form variability of multiclass coast: Baja California. Tech. Rep. 137.
- Wourms, J.P. 1977.Reproduction and Development in Condrichthyan Fishes. Amer. Zool., 17: 379-410.
- Zarate-Vidal, S. E. 1991. Balance energético de la costa occidental de Baja California. En: De la Lanza-Espino, G. (Ed.). Oceanografía de los mares mexicanos. AGT. Editor, S.A. 569 p.

Figura 1. Área de estudio mostrando los campamentos de Punta Belcher y Punta Lobos localizados en la costa occidental de B.C.S.

Figura 2. Representación gráfica de la presencia estacional del tiburón piloto en la costa occidental de B.C.S.

Figura 3. Distribución de tallas de las hembras y machos del tiburón piloto.

Figura 4. Relación de la longitud del ovario con la longitud total de la hembra.

Figura 5. Correlación del diámetro máximo del ovocito con la longitud total (r = .38203, p > 0.05).

Figura 6. Correlación del diámetro máximo de la Glándula Oviducal (GO) con la longitud total (r = .67233, p > 0.05).

Figura 7. Talla a la cual el 50% de las hembras en la frecuencia de clase están maduras (Pratt & Otake, 1990).

Figura 8. Relación entre la longitud del testículo y la longitud total del macho.

Figura 9. Relación de la condición reproductiva con el tamaño del macho (r = .81960 p< 0.05) NO CALC (gonopterigio sin calcificar), SEMI (gonopterigio semi calcificado), CALC (gonopterigio calcificado), CON EZT (gonopterigio calcificado y presencia de espermatozeugmata en sacos espermáticos).

Figura 10. Talla a la cual el 50% de los machos en la frecuencia de clase están maduros (Pratt & Otake, 1990).

a)

b)

Fig. 11. Indicios de actividad reproductiva a lo largo de los meses en hembras (a) y machos (b).

Figura 12. Morfología externa del aparato reproductor femenino de *Carcharhinus falciformis.*

Figura 13. Ultra estructura de un folículo ovárico listo para ovular.

Figura 14. Desarrollo de los ovocitos a lo largo de los meses.

Figura 15. Morfología externa de la Glándula oviducal.

Figura 16. Corte transversal a nivel del tercio posterior de la glándula oviducal mostrando sitios de almacén de esperma (AE).

Figura 17. Túbulo oviducal con espermatozoides en el lumen central.

Figura 18. Cápsulas uterinas y membrana del huevo o tercer membrana.

Figura 19. Útero mostrando la formación de los compartimientos uterinos.

Figura 20. Úteros con embriones en estadios tempranos de gestación de 6-8 cm LT.

Figura 21. Esquema que muestra las características del útero de una hembra grávida de *C. falciformis* así como la disposición de los embriones y la placenta en su interior.

Figura 22. Desarrollo embrionario a lo largo de los meses.

Figura 23. Aparato reproductor masculino de *C. falciformis*.

Figura 24a. Corte Transversal del testículo

Figura 24 b. Patrón de desarrollo de los folículos en el testículo.

Figura 25. Etapas en la formación de los folículos seminíferos (400 x).

Figura 26. Conductillos eferentes con la presencia de leucocitos intraepiteliales (LI).

Figura 27. Epidídimo. a) Glándula de Leydig. Células ciliadas (CC) y Células que producen secreciones eosinófilas (CS); b) Conducto del epidídimo con epitelio columnar estratificado ciliado. En el interior del mismo se puede encontrar a los espermatozoides libres (ESP) y citoplasma de las células de Sertoli (CS) o cuerpos de Leydig (CL).

Figura 28. Epitelio de los ductos deferentes mostrando la presencia de la formación de lo que será posteriormente un espermatozeugmata (SPZ).

Capa
Muscular
Epitelio
Espermatozeugmata
Bahías ciegas
100 x

a)

SPZ
ovoide
Núcleo
Eosinófilo
Líquido
seminal
SPZ
amorfo
600 x
40 µm

b)

ESPERMATOZEUGMATA
De una capa
Núcleo
eosinófilo
Cubierta de
colas de espermas
(Tomado de Pratt y Tanaka 1994)

c)

ANEXO 1

Carcharhinus falciformis (Bibron,1839)
(Tomado de Compagno, 1984)

Sinonimias: *Carcharias falcipinnis; Carcharias menisorrah; Squalus o Prionoidon tiburo; Gymnorrhinus pharaonis; Aprionodon sitankainesis; Carcharhinus floridanus; Eulamia malpeloensis; Carcharhinus atrodorsus.*

Nombres comunes: In- Silky shark; Fr- requin soyeux; Esp- Tiburón jaquetón, sedoso, piloto.

Características distintivas: Tiburón gris oceánico grande, oscuro, delgado, con un hocico largo moderadamente redondeado, ojos moderadamente grandes, dientes con cúspides oblicuas aserradas en la mandíbula superior, dientes superiores con cúspides basales o serraciones muy marcadas, comúnmente presenta filas de dientes anterioposteriores 15/15, pliegue interdorsal, aletas largas y angostas, primer aleta dorsal moderadamente larga con su origen posterior a la punta de las aletas pectorales, segunda aleta dorsal pequeña y pliegue libre con un margen interno muy elongado.

Dientes de *C. falciformis*

Morro de *C. falciformis*
(visto por debajo)

Características diagnósticas: Especie grande, que llega a medir los 3.3 m. Hocico moderadadamente largo y redondeado; distancia internarial de 1.2 a 1.6 veces la distancia preoral; ojos circular y moderadamente grandes con una longitud de 1.2 a 2.7 % de la longitud total; pliegues distales cortos e inconspicuos; línea hiomandibular de poros justo debajo de las esquinas de la boca; aberturas branquiales moderadamente largas del 2.9 al 3.6% de la distancia total; mandíbula con 15/15 filas de dientes antero posteriores en cada mandíbula (superior e inferior) pero que varían de 14 a 16/13 a 17; dientes superiores con cúspides de moderadas a oblicuas, bordes aserrados; dientes inferiores con cúspides delgadas, erectas, pliegues lisos y raíces transversas. Pliegue interdorsal presente.

Primer aleta dorsal falcada y de tamaño moderado, con ápice y margen distal redondeado; origen de la primer dorsal detrás de las puntas de las pectorales; margen interno de la primer dorsal largo, cerca de la mitad de la base de la primer dorsal; segunda aleta dorsal muy pequeña y baja, con una altura del 1.3% al 2.2% de la longitud total, su margen interno largo y de 1.6 a 3 veces su altura; origen de la segunda aleta dorsal detrás del origen de la aleta anal, aletas pectorales largas (especialmente en adultos, mas cortas en juveniles), falcadas, con ápices redondeados o puntiagudos, distancia de los pliegues anteriores del 14 al 22% de la longitud total; de 199 a 215 vértebras centrales totales, 98 a 106 precaudales. Color gris oscuro o café grisáceo por arriba, algunas veces casi negro, blanco por debajo, las puntas de las aletas con excepción de la primer dorsal obscuras pero no con la punta negra; banda blanca inconspicua en los flancos.

Distribución geográfica: Oceánico y costero, circuntropical. Distribución en el Atlántico oeste: Massachussets al norte de Brasil, incluidos el Golfo de México y el mar Caribe; Atlántico central: en St. Paul´s rock. Atlántico este: Madeira, España, y de Senegal al norte de Angola. Océano Indico: Madagascar, Mozambique, Tanzania, Comores y la isla Aldabra, entre Maldavia y Somalia, Oman, Mar Rojo, Sri lanka. Pacífico Oeste: Thailandia, Filipinas, Nueva Caledonia, Nueva Zelandia y China (incluyendo Taiwan). Pacífico este y central: Islas Carolina, Hawaii, Phoenix y Line, hacia el oeste: Islas de Cocos, Revillagigedo, Clipperton y Malpelos, del sur de Baja California a Perú.

Hábitat: Especie tropical de tiburón oceánico, epipelágico y litoral, que se encuentra comúnmente en el borde de la plataforma continental e insular así como en mar abierto. Ocasionalmente se encuentra cercano a la costa donde el agua es menor de 18 m; en aguas abiertas ocurre desde la superficie hasta 500 m de profundidad.

Este tiburón es comúnmente encontrado en arrecifes de aguas profundas y cerca de plataformas insulares. Temperaturas de 23-24° C han sido reportadas donde se le encuentra. Es un tiburón activo, de movimientos rápidos, agresivo en el agua.

La dinámica y estructura de la población son pobremente entendidos. Muestreos con línea en el este y Pacífico central, demuestran que es mas abundante en aguas abiertas cerca de la costa que en mar abierto. Los datos recopilados hasta el momento no demuestran tendencia a segregación sexual pero tal vez pueda ocurrir. Existe segregación por tamaño con juveniles que se encuentran en áreas de crianza de aguas abiertas y los adultos mas alejados. Este es uno de los tres tiburones oceánicos mas comunes junto con el tiburón azul y el puntas blancas oceánico, y uno de los organismos marinos mas abundantes.

Reproducción: Es vivíparo, con una placenta de saco vitelino; el número de crías es de 2-14 por camada. Al parecer no existe una estacionalidad de los nacimientos. El período de gestación no es conocido. En las áreas de crianza del Atlántico noroeste para los juveniles de esta especie se encuentran en el borde de la externo de la plataforma continental y en bancos oceánicos del Caribe. *Carcharhinus falciformis* es un tiburón de lento crecimiento que cuando adulto mide unos 3m. de largo y tienen crías de 90cm. Estas crías pasan su vida temprana en áreas de playa someras expuestas a la depredación por los adultos que se encuentran en las mismas áreas. Aunque crecen únicamente 15 cm (seis pulgadas) en el primer año, su relativo gran tamaño les ayuda a evitar a los depredadores.

Alimentación: Primariamente se alimenta de peces, teleósteos pelágicos costeros y pelágicos incluyendo pez gato, macarela, atún aleta amarilla, albacora, pez globo, calamares, nautilos, y cangrejos pelágicos. Se le asocia a grupos de atún por lo que comúnmente causan daños a los equipos de los pescadores de atún por lo que se a ganado la fama de "comedor de redes" en el Pacífico este tropical.

Comportamiento: El tiburón sedoso es reconocido como potencialmente peligroso para la gente, particularmente por su tamaño y abundancia en aguas abiertas, sin embargo no se han atribuido ataques a seres humanos.

Tamaño: La longitud máxima registrada es de 330 cm, los machos miden de 187-217 cm hasta los 270-300 cm; las hembras maduran a los 213-230 cm y alcanzando al menos 305 cm; tamaño al nacer 70 a 87 cm.

Interés a las pesquerías: Esta especie es comúnmente capturada en las pesquerías de altura con línea pero también es pescado con redes de fondo. Existen importantes pesquerías en Golfo de México y en mar Caribe. Su carne es utilizada para el comercio fresca y seco-salada, su piel es utilizada como cuero y sus aletas para la sopa de tiburón, su hígado es extraído para aceite y por que tiene un alto contenido de vitamina A.