

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

**EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
PRESENTAMOS A CONSIDERACION DE USTEDES EL
PRESENTE TRABAJO DE SEMINARIO**

**Estudio del ciclo reproductivo del tiburón blanco *Carcharhinus
falciformis*, (Bribón, 1839) procedente de las capturas de la
flota artesanal tiburonera del Pacífico de Guatemala.**

**COMO REQUISITO PREVIO OPTAR AL TITULO PROFECIONAL
DE**

TECNICO UNIVERSITARIO EN ACUICULTURA

CONSEJO REGIONAL
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA

PRESIDENTE: M. Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

COORDINADOR ACADEMICO: Lic. Eduardo Caal

SECRETARIO: M. Sc. Leonel Carrillo Ovalle

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

T.U.A. Manuel de Jesús Ixquiac

T.U.A. Rodolfo Liutti

T.U.A. Hugo Hidalgo

Br. Carlos Tay Leiva

Br. Lourdes Estrella Marroquin

ASESOR DE SEMINARIO

Licda. Claudia Ruiz

CATEDRATICO DE SEMINARIO

M.V. Salomon Medina

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por ser la luz que guía mi camino.

A MIS PADRES

Por todo su apoyo incondicional y ser mi mejor ejemplo.

Manuel Antonio Pacas Escobar

Gloria Esperanza Martínez de Pacas

A MIS HERMANOS

Por todo su apoyo.

Wanda de Petersen

Jessica Pacas

Manuel Pacas

A MI NOVIA

Por su apoyo y ser mi inspiración para seguir adelante.

Sofía Sagastume

A MIS AMIGOS

Por que siempre están conmigo en las buenas y en las malas.

A MI PATRIA

Agradecimientos

La realización de este trabajo fue posible gracias a Dios y al apoyo institucional del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- y de la Dirección Técnica de Pesca y Acuicultura –DITEPESCA-.

Agradezco a la Industria Tiburonera del Puerto de San José y de la Aldea Buena Vista, por permitirme llevar acabo mis muestreos. Un especial agradecimiento a Industria Tiburonera San Rafael (Familia Salguero), al Señor Efrain Flores y a los Esposos Víctor García y Sonia García; y a todas las personas que trabajan con el recurso tiburón.

Especial agradecimiento a mi asesor Lic. Claudia Ruiz, a mis Catedráticos M.Sc. Luis Franco, M Sc. Leonel Carrillo y M.V. Salomos Medina, a mis amigos Lorena, Ervin, Guayo y a mi promoción, en especial a José Martínez, por su apoyo. Agradezco a la familia Sagastume por su apoyo y ser tan especiales.

También agradezco al Departamento de Seguridad de la Universidad de San Carlos de Guatemala por se apoyo y comprensión, en especial a Maynor y Jerry.

Agradezco a todos las personas que de una u otra manera ayudaron para la realización de este trabajo, que sin su ayuda no hubiera sido posible la elaboración de este documento.

Resumen

Esta investigación es una contribución, a las investigaciones que se han realizado en Guatemala sobre las pesquerías del tiburón. El objetivo de esta investigación es conocer el ciclo biológico del tiburón blanco *Carcharhinus falciformis*, procedente de las capturas de la flota artesanal del Pacífico de Guatemala. Se espera que este trabajo contribuya a definir metodologías y estrategias para el manejo sostenible del recurso tiburón, ya que se considera una valiosa fuente de empleo para un gran número de familias dedicadas a la pesca extractiva y en general es una fuente de alimento para la población guatemalteca.

Este estudio estuvo basado en una serie de muestreos biológicos que fueron realizados en el Puerto de San José y Buena Vista, del departamento de Escuintla, en la Costa Sur de Guatemala. El muestreo se realizó de forma quincenal de enero a octubre de 1998, tratando de abarcar el mayor número de organismos posible. Los datos tomados fueron longitud total (LT), longitud precaudal (LP), longitud prepectoral (LPp), peso del animal (P), longitud de claspers y testículo; tamaño de óvulos y glándula oviducal, así como el estado del ovario y testículo. El tamaño de la muestra obtenida fue de 710 organismos, un 48% de hembras y un 52% de machos, la media de tallas de la población muestreada fue 132 cm de LT, con un máximo de 270 cm LT y un mínimo de 59 cm LT.

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidenciaron que no se observó un período específico de apareamiento y alumbramiento para *C. falciformis*, ya que se obtuvieron muestras de hembras grávidas y embriones en diferentes etapas de gestación en varios meses del año. La composición de las capturas de *C. falciformis* estuvieron constituidas en un 63% por organismos de estado de desarrollo II o juveniles. Las talla de madurez sexual calculadas fueron de 175 cm LT para machos y de 175 cm LT para hembras.

ABSTRACT

This investigation is a contribution to the previous sharks fisheries investigations that have been carried on in Guatemala. The objective of this study is to know the biological cycle of the silky shark *Carcharhinus falciformis* coming from the captures of the handmade fleet of the Pacific of Guatemala. It is expected that this study will also allow to define methodologies and strategies for the sustainable handling of sharks, since this resource is a valuable source of employment for a great number of families dedicated to the extractive fishing and in general it is a food source for the Guatemalan population.

This study was based on a serie of biological samplings that were carried out in Puerto San José and Buena Vista, of the department of Escuintla, in the South Coasts of Guatemala. The sampling was carried out in a biweekly way, from January to October 1998; trying to embrace a good number of organisms. The taken data were: total length (LT), precaudal length (LP), prepectoral length (LPp), weight of the animal (P), clasper and testicle length; size of ovule and shell gland, as well as the condition of the ovary and testicle. The size of the sample belonged to 710 organisms, 48% females and 52% males. The average's size shown was 132 cm of LT, with a maximum of 270 cm LT and a minimum of 59 cm LT.

The results obtained in the present study evidenced that a specific period of matching and lighting was not observed for *C. falciformis*, since samples of gesting female and embryos were obtained in different gestation stages in several months of the year. The composition of the captures of *C. falciformis* was established in a 63% of juveniles or organisms in a development stage. Sexual maturity sizes were of 175 cm LT for both females and males.

Indice

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
3. HIPOTESIS	4
4. MARCO TEÓRICO	
4.1. Consideraciones generales	5
4.2. Taxonomía	6
4.3. Características distintivas del tiburón blanco (<i>Carcharhinus falciformis</i>)	7
4.4. Reproducción	8
4.4.1. Oviparidad	9
4.4.2. Ovovíparidad	10
4.4.3. Viviparidad o viviparidad placentar	11
4.5. Determinación del estado de madurez	12
4.5.1. Machos	12
4.5.2. Hembras	12
5. MATERIALES Y METODOS	
5.1. Desarrollo de la investigación	14
5.2. Diseño del muestreo	14
5.3. Parámetros biológicos	15
5.3.1. Medidas morfométricas	15
5.3.2. Sexo y madurez sexual	15
5.3.2.1. Machos: características externas e internas	16
5.3.2.2. Hembras: características externas e internas	16
5.4. Análisis de la información	17
5.4.1. Relaciones morfométricas	17
5.4.1.1. Relaciones entre la longitud total y las longitudes Parciales (furcales, precaudales y prepectorales)	17
5.4.1.2. Relaciones longitud total - peso corporal	17

5.4.1.3.	Longitud de primera madurez	18
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
6.1.	Estructura de longitudes	19
6.2.	Etapas de desarrollo	22
6.2.1.	Estructura de tallas	22
6.2.2.	Distribución mensual de las etapas de desarrollo	25
6.2.3.	Proporción de las etapas de desarrollo	28
6.3.	Proporción Sexual	29
6.4.	Relaciones Morfométricas	30
6.4.1.	Relación longitud total - longitud precaudal	30
6.4.2.	Relación longitud total - longitud prepectoral	30
6.4.3.	Relación longitud total - peso entero	30
6.4.4.	Longitud de madurez	33
6.4.4.1.	Machos	33
6.4.4.1.1.	Relación entre longitud total - longitud testicular	34
6.4.4.2.	Hembras	35
6.5.	Ciclo reproductivo y desarrollo embrionario	39
7.	CONCLUSIONES	42
8.	RECOMENDACIONES	44
9.	BIBLIOGRAFIA	45
	ANEXOS	

Índice de Cuadros

Cuadro:

Cuadro No. 1	Estadísticas para la distribución de frecuencias de talla de <i>C. falciformis</i> .	20
Cuadro No. 2	Estadística descriptiva para hembras de <i>C. falciformis</i> , por etapa de desarrollo.	24
Cuadro No. 3	Estadística descriptiva para machos de <i>C. falciformis</i> , por etapa de desarrollo.	24
Cuadro No. 4	Coefficientes de las relaciones morfométricas de <i>C. falciformis</i> .	31
Cuadro No. 5	Hembras grávidas de <i>C. falciformis</i> , encontradas durante el periodo de estudio de enero 1998 a octubre 1998.	36
Cuadro No. 6	Hembras no grávidas de <i>C. falciformis</i> , encontradas durante el periodo de estudio.	36

Índice de Gráficas

Gráficas:

Gráfica No. 1	Estructura de longitudes de <i>C. falciformis</i> . (Sexos Combinados).	21
Gráfica No. 2	Estructura de longitudes de <i>C. falciformis</i> . (Hembras).	21
Gráfica No. 3	Estructura de longitudes de <i>C. falciformis</i> . (Machos).	21
Gráfica No. 4	Estacionalidad de las hembras de <i>C. falciformis</i> por etapa de desarrollo.	27
Gráfica No. 5	Estadística de los machos de <i>C. falciformis</i> por etapa de desarrollo.	27
Gráfica No. 6	Proporción de etapas de desarrollo en hembras.	28
Gráfica No. 7	Proporción de etapas de desarrollo en machos.	28
Gráfica No. 8	Proporción de machos y hembras.	29
Gráfica No. 9	Relaciones morfométricas <i>C. falciformis</i> .	32
Gráfica No. 10	Relación entre la longitud total - longitud clasper.	34
Gráfica No. 11	Relación longitud total - longitud testicular.	35
Gráfica No. 12	Estimación de la longitud de madurez de hembras.	37
Gráfica No. 13	Relación longitud total - diámetro de glándula oviducal.	38
Gráfica No. 14	Crecimiento embrionario de <i>C. falciformis</i> .	40
Gráfica No. 15	Distribución de natos, de enero a octubre de 1998	40
Gráfica No. 16	Relación tamaño glándula oviducal, óvulo y longitud de embriones en función de la fecha.	41

1. Introducción:

Los tiburones son organismos que por sus características biológicas, han sido clasificados como típicos estrategas "K", de la teoría de selección r/k . Su lenta tasa de crecimiento, madurez sexual tardía, bajo potencial reproductivo y una relación directa entre la poblaciones adultas y juveniles los convierten en organismos altamente vulnerables a una alta presión por pesca (Hoening & Gruber 1989; Bonfil, 1994).

Fischer *et al*, (1995) menciona que los conocimientos básicos sobre la biología de muchas especies marinas en especial de los tiburones, son insuficientes y en algunos lugares inexistentes. Según el autor, es importante que estos estudios sean enriquecidos con nuevas informaciones colectadas por las personas e institutos que operan en el campo de la pesca.

En Guatemala el tiburón blanco *Carcharhinus falciformis* se considera como la especie de mayor importancia comercial. Ruiz (1997) reporta que esta especie es la más abundante en las capturas comerciales de la flota artesanal, que opera en la ZEE del Pacífico de Guatemala. Constituyendo en 1996 y 1997, el 54% y 45% de las capturas totales de tiburones. El autor indica que durante la investigación realizada en el período 1996-1997; el tiburón blanco *C. falciformis*, representó el 78% de las capturas registradas en los muestreos biológicos, en relación a otras especies. Como resultado de esta investigación (Ruiz y Marques) consideran que esta especie es la más abundante en las costas del Pacífico del país, en donde la pesquería del tiburón en su mayoría es de pequeña escala y de gran importancia comercial generadora de valiosas fuentes de empleo y alimento para un gran número de familias de las áreas rurales y urbanas del Pacífico de Guatemala.

Según Fischer *et al*, (1995) muchos de los tiburones del pacífico Centro-Oriental¹ son capturados por flotas artesanales siendo utilizados principalmente para consumo humano. El autor explica que *C. falciformis* es muy apreciado por la calidad de su carne, la cual se mercadea en fresco y seco salado, la piel es utilizada en la fabricación de artículos de uso personal, y las aletas se utilizan para la elaboración de sopas; del hígado se extrae aceite el cual es rico en vitamina "A"; y del cartílago se utiliza par la elaboración de productos farmacéuticos.

Debido a la importancia socioeconómica del recurso tiburón y a la importancia comercial del tiburón blanco *C. falciformis* y de otras especies que se capturan en el océano pacífico del país, se hace necesario obtener información sobre parámetros biológicos y pesqueros que ayuden a definir estrategias y políticas de manejo para el uso sostenido y racional de este recurso. En la actualidad muchos son los autores que indican que en diversos países, en donde la pesquería del tiburón es una fuente importante de alimento y empleo, no se cuenta con ninguna reglamentación para su captura. Debido principalmente a la falta de información técnica y biológica de las pesquerías del tiburón. (Compagno, 1990; Zavala 1994; Fischer, 1995)

Por esta razón se planteó la realización del presente estudio el cual pretendió determinar los períodos de gestación y el desarrollo embrionario del tiburón *C. falciformis* por ser la especie predominante en las capturas comerciales del Pacífico del país, con el objeto de contribuir al conocimiento biológico de la especie y a la generación de información para la posterior evaluación de la pesquería del recurso tiburón en Guatemala.

¹ Pacífico Centro-Oriental= zona 77 clasificación según FAO.

2. Objetivos:

General:

1. Identificar las tallas de madurez sexual, épocas de apareamiento, alumbramiento y el ciclo embrionario del tiburón blanco *Carcharhinus falciformis*, procedentes de las capturas comerciales de la flota del Pacífico de Guatemala.
2. Contribuir a las investigaciones de tiburones realizadas en Guatemala, con el fin de crear una base de datos, sobre aspectos biológicos de esta especie, que permitan a mediano plazo identificar las estrategias adecuadas para el manejo sostenido del recurso.

Específicos:

- ◆ Identificar las épocas de apareamiento del tiburón blanco *C. falciformis*.
- ◆ Conocer el período de gestación del tiburón blanco *C. falciformis* desde la implantación del huevo hasta la liberación del neonato.
- ◆ Identificar las tallas mínimas de madurez de hembras y machos de *C. falciformis*.

3. Hipótesis:

- El apareamiento y alumbramiento de *C. falciiformis* ocurre en los meses de abril, mayo y junio.
- Las hembras de *C. falciiformis* alcanzan su talla mínima de madurez a los 185 cm de longitud total, mientras que los machos se encuentran sexualmente maduros entre las tallas de 168 y 180 cm de longitud total.

4. Marco Teórico:

4.1 Consideraciones Generales

Los tiburones son un grupo que incluyen una variedad de peces por lo general de forma cilíndrica o moderadamente deprimidos. Los ojos en los tiburones se sitúan en el dorso o en los lados, y los espiráculos (cuando presentan) se encuentran en el dorso o en la superficie dorso-lateral de la cabeza. La aleta caudal y la cola están siempre bien desarrolladas y estas le sirven para propulsar el cuerpo del animal por medio de ondulaciones laterales; las aletas pectorales no son utilizadas para la propulsión, pero ayudan a estabilizar y a dirigir el cuerpo. Por lo general existen de 5 a 7 aberturas branquiales a cada lado de la cabeza. La mayoría de los tiburones poseen 2 aletas dorsales, raramente presentan una, a veces provistas de un aguijón en su borde anterior, además poseen una aleta anal que sin embargo no la presentan algunas familias. La boca es generalmente ventral o subterminal, pero prácticamente es terminal en pocas especies. Los dientes mandibulares están dispuestos en varias hileras transversales y van siendo constantemente remplazados desde el interior de la boca. Todas las especies de tiburones están cubiertas parcialmente o totalmente de pequeñas escamas placoides o denticulos dérmicos ocasionalmente engrandecidas. Los machos poseen órganos copuladores cilíndricos o claspers en sus aletas pélvicas, que utilizan para la fecundación interna de los huevos de las hembras. (Fischer, *et al.* 1995).

Aproximadamente la cuarta parte de las especies de tiburón depositan sus huevos sobre el fondo del mar, protegidos por cápsulas rectangulares o cónicas constituidas por un material de tipo córneo (especies ovíparas); las otras especies son vivíparas. Tiburones vivíparas, como las musolas o tiburones mamón (Triakidae), la mayoría de los cazones picudos y otros de la familia Chacharhinidae y todas las especies de cornudas o peces martillo (Sphyrnidae) son vivíparos placentarios; en ellos, los sacos vitelinos de los fetos forman una placenta con el útero materno para el traspaso de substancias nutritivas; otros tiburones vivíparos son los ovovivíparos de las familias (Odontaspidae, Alopidae, Lamnidae, Pseudocarchariidae, y presumiblemente también, (Cetorhinidae y Megachasmidae), practican un canibalismo uterino; en este caso uno o mas fetos en cada

útero reabsorben sus sacos vitelinos y devoran luego los huevos que siguen bajando de los oviductos, los que le permiten adquirir tallas considerables antes del nacimiento.

Los tiburones sexualmente maduros varían totalmente desde talla muy pequeñas de unos 15 - 19 cm hasta 12.1 m y en peso desde 10 - 12 g hasta varias toneladas métricas. La mayor parte de las especies son de talla reducidas o medianas. (Fischer, *et al.* 1995).

4.2 Taxonomía

La clasificación taxonómica de *Charcharhinus falciformis* según la lista faunística presentada por Zavala (1994), es:

Phylum	Chordata.
Subphylum	Vertebrata.
Superclase	Gnatostomata.
Clase	Elasmobranchinorphii.
Subclase	Chondrichthyes.
Infraclasse	Elasmobranchii.
Superorden	Euselachii.
Orden	Charchiriniiformes.
Familia	Carcharhinidae.
Genero	<i>Charcharhinus</i>
Especie	<i>falciformis</i>
Nombre común	
Mundial:	Tiburón sedoso
Guatemala:	Tiburón blanco

4.3 Características distintivas del tiburón blanco (*Carcharhinus falciformis*).

Es una especie de gran talla y cuerpo alargado y esbelto. Hocico estrechamente redondeado moderadamente largo, su longitud es igual o levemente menor que la anchura de la boca, pero mayor que la distancia internarial; surcos labiales muy cortos; repliegues nasales anteriores bajos, rudimentarios; espiráculos ausentes; dientes de la mandíbula superior con cúspides relativamente angostas y bien delimitadas de las bases robustas y aserradas, sus bordes externos escotados; dientes de la mandíbula inferior verticales, sus bordes solo levemente aserrados. Primera aleta dorsal moderadamente alta, de ápice redondeado, su origen situado por detrás de los extremos libres de las aletas pectorales; segunda aleta dorsal muy baja, su lóbulo posterior notoriamente largo y delgado, su borde interno dos veces la altura de la aleta, y su origen situado aproximadamente por encima de la aleta anal, aletas pectorales largas y falciformes, mas pronunciadamente en adultos que en juveniles. Cresta interdorsal presente. El color en el dorso gris oscuro, gris-marrón o azul negruzco (en vida), vientre grisáceo o blanco. La talla máxima es 3,5 m de longitud total, la longitud común es de 2,5 m, talla al nacer 57 a 87 cm. (Fischer, *et al.* 1995).

Este vive en aguas oceánicas por encima del talud continental y mas afuera, pero también en aguas costeras, generalmente cerca de la superficie. A veces alcanza profundidades considerables hasta 500 m. Es vivíparo, el número de embriones por camada es de 2 a 14. Se alimenta principalmente de peces (inclusive atunes), calamares y pulpos pelágicos. Es una especie muy veloz que a menudo causa daños en las capturas y artes de pesca de las pesquerías atuneras. Considerado como peligroso para el hombre. (Fischer, *et al.* 1995).

El tiburón sedoso es utilizado por su carne que se mercadea en fresco o seco-salado para el consumo humano, la piel es utilizada en la fabricación de artículos de uso personal, y las aletas para la elaboración sopas; del hígado se extrae aceite que es rico en vitamina A. (Fischer, *et al.* 1995).

4.4 Reproducción

El modo primitivo de la reproducción en peces es la producción de un gran número de huevos y espermatozoides, los cuales son liberados en el agua, donde ocurre la fertilización. Esto es conocido como oviparidad y es típico de la mayoría de los peces óseos. Los embriones de los peces ovíparos son proveídos con solo una pequeña cantidad de yema y consecuentemente nidan en una condición larval, y requiere semanas o meses para completar su desarrollo. Ambos, huevos y jóvenes son sumamente vulnerables a predadores y factores ambientales por periodos prolongados y sufren de mortalidad masiva.(Castro 1983).

Las adaptaciones reproductivas de los tiburones han contribuido a su éxito evolutivo. Lo más significativo de esto es la fertilización interna y la producción de un pequeño número de crías, las cuales nacen activas y completamente desarrolladas; con las características de tiburones adultos. Los embriones pasan sus etapas de desarrollo dentro del cuerpo de su madre y así reciben protección durante sus etapas mas vulnerables. Los tiburones nacen de un tamaño relativamente grande, reduciendo el número de predadores potenciales y competidores mientras incrementan el número de presas potenciales y así aumentando sus oportunidades de supervivencia. (Castro 1983).

Todos los tiburones tienen fertilización interna. El tiburón macho insemina a la hembra con el uso de sus claspers; durante el apareamiento los claspers se mueven hacia adelante y uno es insertado dentro de la hembra. El espermatozoides es entonces empujado fuertemente con ayuda de las contracciones de los sifones en forma de saco. El apareamiento en los tiburones rara vez se ha observado o reportado. Descripciones detalladas están disponibles solamente de algunas especies pequeñas que pueden permanecer en cautiverio.

En algunos tiburones pequeños, el macho prende su cuerpo alrededor de la hembra, la cual permanece extendida e inmóvil. En otros tiburones, como el tiburón cuernudo, el macho sujeta a la hembra estrechando una de sus aletas pectorales con su boca y luego maniobra su cola alrededor de la hembra para poder insertar un clasper. Muy poco

se conoce acerca de la actividad de apareamiento de los tiburones grandes. El tiburón limón es probablemente el único tiburón grande del cual se ha reportado su comportamiento de apareamiento. Un par de tiburones limón se han observado mientras se apareaban nadando lado a lado, las cabezas un tanto aparte y sus cuerpos unidos, nadando en una sincronía casi perfecta. Otro tiburón grande pelágico se cree que también se aparea de esa forma. En muchas especies las hembras cargan marcas de dientes en sus aletas y en regiones de su cabeza, las cuales se cree que son una evidencia de cortejo o actividad de apareamiento, pero estas actividades quedan de ser observadas. (Castro 1983).

El número de crías producidas cada temporada es pequeño, usualmente los rangos son de 2 a 20, aunque las hembras grandes de algunas especies pueden llevar camadas de cien o más nonatos, la producción de crías requiere que grandes cantidades de nutrientes estén disponibles para el desarrollo del embrión, para criarlo para un gran tamaño, los tiburones han evolucionado diversos medios de nutrir a sus embriones, como la producción de huevos con grandes yemas, el ingerir yemas de huevos por los embriones, y la directa transmisión de nutrientes de la madre al embrión a través de la yema del saco de la placenta. Tradicionalmente estas adaptaciones han sido agrupadas en 3 modos de reproducción: oviparidad, ovoviparidad y viviparidad. (Castro 1983).

4.4.1 Oviparidad

En los tiburones es la condición más primitiva, y hay una oviparidad modificada, diferente a los de los peces óseos. Los tiburones ovíparos expulsan huevos grandes que contienen suficiente yema para nutrir al embrión mientras su desarrollo y permite que surja como un tiburón miniatura totalmente desarrollado. Estos huevos están anexados en unas fundas expansibles que son depositadas en el fondo sin contacto adicional con la madre. Las fundas de los huevos son usualmente rectangulares o cónicas, las fundas rectangulares tienen grandes tallos en cada esquina para poderse adherir a las plantas o rocas del fondo; las fundas cónicas de los huevos, tienen un flagelo espiral alrededor el cual probablemente sirve para enterrarse en los suaves fondos. Las fundas de los huevos son producidas cuando el huevo pasa, a través de la glándula de concha; cuando son recién puestos son suaves y

pálidos, pero en pocas horas se hacen fuertes y oscuras. La única protección del embrión es su fuerte y expansible funda compuesta de fibras de proteína. El desarrollo de estos huevos depende de la temperatura y usualmente dura unos meses. Los neonatos de los tiburones ovíparos son relativamente pequeños porque su crecimiento es limitado por la cantidad de nutrientes guardados en el huevo. Los embriones de los grandes tiburones ballena, el pez mas grande, mide solamente 36 cm (14 pulg.), un tamaño excedido por los embriones de tiburones ovovivíparos o vivíparos. La oviparidad es encontrada en solo 4 familias de tiburones: tiburones cabeza de toro, tiburones nodrizas, los tiburones gato y los tiburones ballena. (Castro 1983).

4.4.2 Ovoviparidad

También conocida como viviparidad aplacental, es la forma mas común en la reproducción en tiburones . Los huevos enyemados de los tiburones ovovivíparos nidan en el útero antes de que los embriones estén completamente desarrollados, los embriones entonces continúan creciendo en el útero sin formar una conexión placental con la madre y hacen después que su desarrollo se haya completado. Los embriones son nutridos por la yema guardado en el saco de yemas que esta adjunta al embrión por medio del tronco de yemas, ambas de estas estructuras son completamente absorbidas previo al nacimiento.

Es propio que en algunos tiburones ovovivíparos, como el tiburón tigre, la línea del útero segregue fluidos nutritivos que son absorbidos por el embrión , previendo alimento después de que los nutrientes guardados en el huevo hayan sido consumidos. En otros tiburones ovovivíparos, como el tigre de arena , el saco de yemas y el tallo de yema son absorbidos muy temprano en el desarrollo; después el embrión se nutre a si mismo tragando huevos infertilizados y embriones mas pequeños en el útero, en una forma de canibalismo embrionario llamado (**Oviphagy**). Estos embriones consumen grandes cantidades de yema, adquiriendo grandes gargantas dilatadas y enormes estómagos de yema. En estos tiburones usualmente solo un embrión sobrevive en cada útero, teniendo que comerse a sus hermanos mas pequeños. (Castro 1983).

4.4.3 Viviparidad o viviparidad placental

Es la forma mas avanzada de reproducción. Los embriones de los tiburones vivíparos son inicialmente dependientes de la yema guardada pero son mas tarde alimentados por la madre, a través de la conexión placental.

En los tiburones vivíparos, el tallo de yema crece a lo largo, teniendo un reducido saco de yema al final; donde el saco hace contacto con el útero de la madre, este se modifica convirtiéndose en una placenta de saco de yema. Aquí los tejidos del embrión y la madre están en íntimo contacto, y los nutrientes son pasados al embrión . En otros tiburones vivíparos la línea uterina produce un fluido nutritivo (usualmente llamado leche uterina), la cual baña el embrión en el útero. Este embrión tiene varias ramificaciones de tallo de yema, los que se cree que absorben este fluido. La viviparidad esta limitada para algunas especies de peccs perro, tiburones grises y algunos tiburones cabeza de martillo. La mayoría de los Carcarinidos son vivíparos. (Castro 1983).

4.5 Determinación del Estado de Madurez

La madurez en los tiburones se puede determinar mediante las siguientes características:

4.5.1 Machos

Se toman en cuenta 4 criterios según Pratt (1979)

1. **Calcificación:** Rigidez del clasper, solo en organismos maduros.
2. **Rotación:** Se verifica al girarlo por el lado interior hacia la parte frontal del animal.
3. **Vascularización:** la parte distal del clasper presenta un color rojizo.
4. **Presencia de fluido seminal:** Al seccionar organismos maduros, se deberá observar la presencia de semen que es una sustancia densa de color blanco amarillento, los órganos externos e internos no maduran simultáneamente por lo que criterios de madurez deberán corroborarse entre sí.

4.5.2 Hembras

En las hembras se observan las siguientes características según Castillo *et al* (1997); Pratt (1979):

1. **Tamaño y coloración de los óvulos:** Se debe observar el diámetro y coloración de los óvulos.
2. **Flacidez del útero:** debe observarse su coloración y consistencia.

3. Cicatriz de cópula: En hembras ya maduras se observan cicatrices en la región pélvica y dorsal que le hace el macho en el momento de la copulación.
 4. Himen: Este se puede sentir introduciendo dos dedos en la cloaca de la hembra y se utiliza para saber si todavía es juvenil o madura.
 5. Dimensión de la glándula oviducal: El tamaño de la glándula oviducal varia estacionalmente, por la actividad de los óvulos del ovario.
 6. Tamaño del ovario: se presenta vascularizado y turgente durante el desarrollo de embriones.
 7. Presencia de fluido seminal: podría observar la presencia de semen en diferentes órganos de la hembra como son: útero, glándula oviducal y en la región del istmos.
- El desarrollo de los tiburones es caracterizado en cuatro períodos según lo expuesto por (Castillo *et al*, 1997).

I. Embrionario.

II. Neonatos.

III. Juveniles.

IV. Adultos.

5. Materiales y Métodos

5.1 Desarrollo de la investigación:

El estudio del tiburón blanco *Cacharhinus falciformis*, se llevó a cabo, como continuidad al estudio realizado en 1997, por la Dirección Técnica de Pesca y Acuicultura – DITEPESCA-. Los muestreos se realizaron en el Puerto de San José y la aldea de Buena Vista del Departamento de Escuintla.

La estrategia de muestreo fue la misma utilizada en estudios anteriores y se basó en la obtención de información biológica (descrita abajo), a partir de los desembarques de la flota tiburonera del área. Los muestreos se llevaron a cabo en el período comprendido entre febrero y octubre de 1998; realizando 2 muestreos al mes con intervalos de 15 días.

5.2 Diseño del muestreo:

La muestra se definió mediante el modelo de **muestreo aleatorio simple**, según la fórmula (Sparre y Venema 1995):

$$n = (t_{n-1} * S / E * x)^2$$

Donde **n** es igual al tamaño de la muestra requerida, **s** es la desviación estándar, **x** la media, **E** el error máximo relativo, **t** es el valor de la tabla.

5.3 Parámetros biológicos:

5.3.1 Medidas morfométricas:

Las medidas morfométricas se realizaron tomando en cuenta la necesidad de contar con factores de conversión² teniendo como base la recomendación de Compagno (1984) y las mencionadas en los estudios sobre tiburones realizados en el océano Pacífico por Castillo (1997), Ruiz (1997) y Porras (1997).

- Longitud Total : De la punta del hocico hasta la parte más distal de la aleta caudal del animal.
- Longitud Estándar o precaudal: De la punta del hocico hasta la muesca o base de la aleta caudal:
- Longitud prepectoral: De la punta del hocico hasta la base de las aletas pectorales.
- Peso entero del animal
- Longitud del Clasper o myxopeterigio: De la base en la aleta pélvica hasta la parte más distal del clasper.

5.3.2 Sexo y madurez sexual:

El sexado de los tiburones se llevó a cabo de forma visual identificando los machos de acuerdo a la presencia de los órganos copuladores denominados Claspers. Se tomaron muestras de órganos internos de tiburones machos y tiburones hembras que se consideraron maduros. Basándose en la asignación del estado de madurez presentada por Castillo (1997).

² Regional Strategy for Management and conservation of Sharks. Eastern Pacific Workshops, 1997

Los criterios generales para la asignación de los estados de madurez y preñez se describen a continuación:

5.3.2.1 Machos: Características externas e internas (Pratt, 1979)

- Observación de Claspers, (órgano copuladores)
- Rotación
- Vascularización
- Calcificación
- Presencia de fluido seminal
- Estado y tamaño del testículo

5.3.2.2 Hembras: Características externas e internas (Pratt, 1979)

- Presencia de cicatriz de cópula
- Observación del tamaño de los óvulos
- Observación de tamaño y flacidez de ovarios
- Observación de tamaño de la glándula oviducal
- Aspecto del útero
- Presencia de embriones
- Presencia de cápsulas en formación.

Para el estudio del ciclo reproductivo, se tomaron las medidas de los ovarios y óvulo en las hembras (largo por ancho en cm), y cuando se encontraron embriones dentro del útero se extrajeron y se tomaron medidas de longitud total de los organismos y se identificó el sexo de cada uno.

5.4 Análisis de la información:

5.4.1 Relaciones morfométricas

5.4.1.1 Relación entre la longitud total y las longitudes parciales (furcales, precaudales y prepectorales)

Con el objeto de determinar la relación existente entre la longitud total y otras longitudes parciales registradas, se consideraron los criterios de medición recomendados para tiburones (Compagno 1984). Lo anterior permitió hacer extrapolaciones confiables de la longitud total de los tiburones, que sean desembarcados con la aleta caudal cortada, aplicando un modelo de regresión lineal simple de la forma:

$$y = a + bx$$

donde, a = ordenada al origen; b = pendiente; x = Longitud parcial (furcal o precaudal); y = Longitud total.

Para estimar el peso total a partir de pesos parciales, se utilizó la misma relación lineal con el siguiente criterio, x = Peso parcial; y = Peso total.

5.4.1.2 Relación Longitud total-peso corporal:

Para estimar el peso total (P) a partir de la longitud (L), se utilizó la relación exponencial sugerida por Tovar (1995) de la forma,

$$P = a L^b$$

donde a y b fueron previamente definidos en el modelo de regresión lineal entre el peso y la longitud.

5.4.1.3 Longitud de primera madurez.

Con el fin de validar la información de talla de primera madurez obtenida en estudios previos, y en base a las observaciones macroscópicas de aspectos reproductivos se estimaron la fases de madurez y la longitud de primera madurez aplicando la fórmula de bondad de ajuste:

$$Lm = (1/(1 + \exp a + b (Lt)))$$

donde a y b son constantes de ajuste, Lt = Longitud total, Lm = Longitud de madurez. Una vez obtenidas las constantes de ajuste, se estimaron la longitud de madurez al 50% y 75% (Lt50% y Lt 75%) de la siguiente forma Lt 50% = a / -b, Lt 75% = a + ln(3)/ -b.

6. Análisis y Discusión de Resultados

6.1 Estructura de longitudes:

Para el análisis de las frecuencias de longitudes de *C. falciformis*, se seleccionaron únicamente los ejemplares con registros de longitud total. En la Gráfica No. 1, se observa la distribución de frecuencias de tallas para una muestra de 710 animales de ambos sexos. La Gráfica No. 2, muestra la frecuencia de tallas para una muestra de 344 hembras, mientras que en la Gráfica No. 3 se observa la frecuencia de tallas para una muestra de 366 machos. Las tres Gráficas muestran que el tiburón blanco, *C. falciformis* esta siendo explotado en toda su estructura de tallas, presentando rangos de longitudes de 59 a 217 cm.

También se puede observar en las Gráficas, que el conjunto de organismos registrados en éste estudio esta constituido por tres grupos de talla. Para sexos combinados se observa un grupo de organismos de reciente nacimiento, cuya marca de clase se encuentra entre los 55 y 85 cm de longitud total. El segundo grupo se encuentra entre la clase de los 85 a los 185 cm de LT³ y un tercer grupo entre los 165 y 225 cm de LT.

El conjunto de hembras (Gráfica No. 2) y de machos (Gráfica No. 3) muestran que los tres grupos de *C. falciformis* observados durante el estudio, se encuentran aproximadamente entre la clase de los 55 a los 95 cm de LT, entre los 85 a los 175 cm de LT y entre los 165 a los 225 cm de LT, para las hembras. Mientras que para los machos, se observa que los grupos de organismos estuvieron constituidos por animales entre los 55 a los 105 cm, entre los 85 a los 175 cm y entre 155 a 215 cm de LT. Lo anterior indica que las capturas de tiburón blanco *C. falciformis*, están constituidas por individuos de diferentes tallas y edades.

³ Longitud Total en centímetros.

En las Gráficas No.1, No.2 y No.3 se observa un grupo de animales entre las tallas de 165 y 225 cm LT, tallas correspondientes a organismos maduros. La Gráficas parecen indicar que en el período enero - octubre de 1998, los organismos maduros de ambos sexos constituyeron parte importante de las capturas. Sin embargo, es importante señalar que para alcanzar los objetivos de este estudio, el muestreo estuvo dirigido a obtener datos de animales maduros, ya que las características reproductivas y de maduración son más fáciles de apreciar en organismos mayores.

El Cuadro No. 1 muestra la estadística descriptiva para las distribuciones de frecuencias de tallas observadas en las Gráficas anteriores. Los datos indican que las capturas están compuestas por hembras y machos de similar estructura de tallas; con una media de longitudes de 130 y 133 cm y una desviación estándar de 32 y 34 cm. El rango de longitudes fue de 59 a 217 cm para las hembras y de 60 a 214 cm para los machos. Mientras que en 1997 el rango de longitudes obtenido en el estudio realizado, fue de 58 a 235 cm para hembras y de 45 a 209 cm de longitud total para los machos.

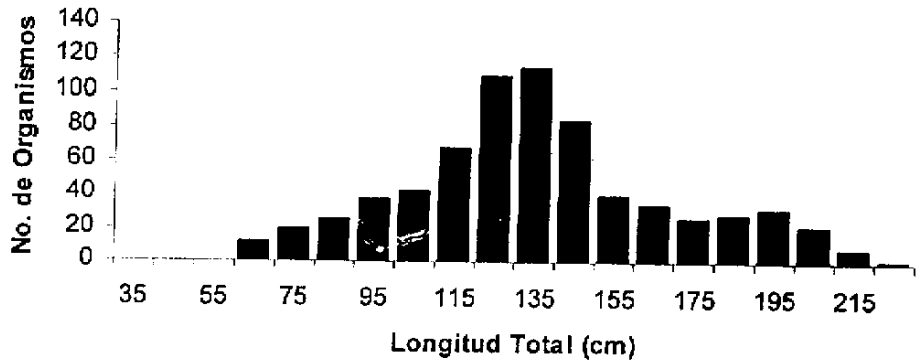
Como se mencionó anteriormente, el conjunto de organismos registrados en este estudio, esta constituido por tres grupos de tallas. Sin embargo, se puede apreciar que la mayoría de los ejemplares capturados por la flota, pertenecen a un grupo de organismos juveniles. A través de un análisis de probabilidad estándar normal, por medio de la prueba de Z, se obtuvo que el 54% de las capturas en 1998, estuvieron constituidas por tiburones de 110 a 150 cm de longitud total. (Gráfica No. 1).

Cuadro No.1 Estadísticos para la distribución de frecuencias de talla de *C. falciformis*.

Estadísticos	Sexos Combinados (cm)	Hembras (cm)	Machos (cm)
Media	132	130	133
Mediana	128	127	129
Moda	123	127	123
Desviación estándar	33	32	34
Rango	158	158	154
Mínimo	59	59	60
Máximo	217	217	214
muestra	710	344	366
Nivel de confianza(95.0%)	2.44	3.44	3.47

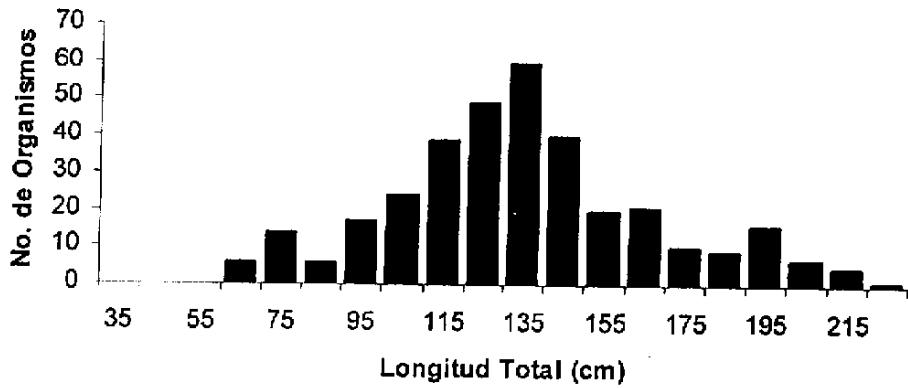
Gráfica No. 1
Estructura de longitudes de *C. falciformis*

Sexos Combinados



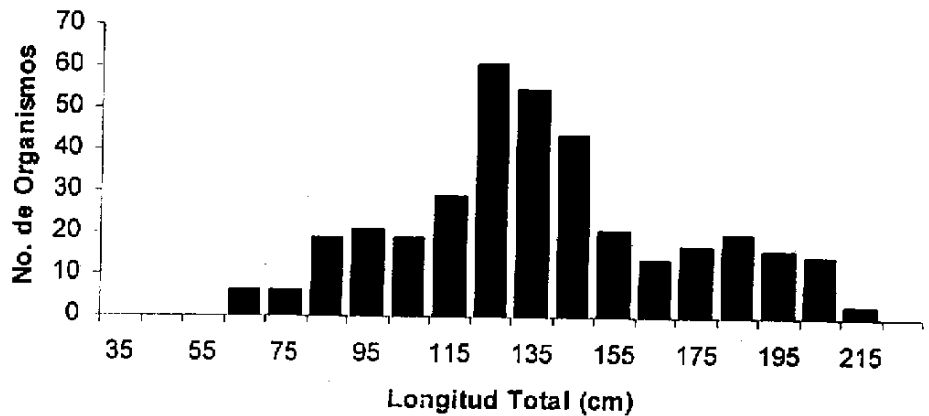
Gráfica No. 2
Estructura de longitudes de *C. falciformis*

Hembras



Gráfica No. 3
Estructura de longitudes de *C. falciformis*

Machos



6.2 Etapas de desarrollo

6.2.1 Estructura de tallas:

Los Cuadros No.2 y No.3 muestran las estadísticas obtenidas para describir la estructura de longitudes, por etapa de desarrollo de hembras y machos de *C. falciformis*. Los mismos muestran que la etapa de desarrollo I, que incluye organismos de reciente nacimiento y con presencia de cicatriz umbilical, se encuentra en el rango de longitudes de 59 a 110 cm de LT para las hembras y entre los 60 a 108 cm LT para los machos; con una media de 83 cm para ambos sexos. Esto concuerda con lo reportado por Ruiz (1998), los rangos de longitudes para la etapa de desarrollo I, obtenidos en 1997, estuvieron entre los 58 y 105 cm para hembras y 45 y 117 cm para machos, con una media de tallas de 78 y 80 cm, respectivamente.

A excepción del macho de 45 cm reportado por el autor, se observa que en ambos periodos de estudio, se encontraron organismos de vida libre con tallas de 58 cm, dato que se acerca a las tallas de nacimiento reportadas por Fischer *et al* (1995), quienes indican que el nacimiento de *C. falciformis*, ocurre entre las tallas de 57 y 87 cm de longitud total. El macho de 45 cm reportado en 1997, fue probablemente un macho abortado por la madre en el momento de la captura.

El rango de tallas observado para la etapa de desarrollo II, fue de 93 a 163 cm LT para las hembras y de 89 a 167 cm LT para los machos, con una media de 125 y 128 cm para hembras y machos respectivamente. Ruiz (1998) reporta que para la misma etapa de desarrollo, el rango de longitudes estuvo entre de 70 a 184 cm LT para hembras y 65 a 176 cm de LT para machos, con tallas promedio de 124 y 128 cm de LT. Se puede observar que los datos obtenidos en 1997 y en 1998, en cuanto a tallas promedio para la etapa de desarrollo I y II son similares, en cuanto que las tallas promedio no variaron considerablemente.

En la etapa de desarrollo III, la cual corresponde a organismos en etapa de maduración, el rango de tallas observado para hembras de *C. falciformis* fue de 128 a 173 cm LT, mientras que para los machos el rango de tallas observado fue de 147 a 214 cm LT. El promedio de talla observado para ambos sexos fue de 157 y 169 cm para hembras y machos, respectivamente. Después de esta talla es posible encontrar organismos maduros.

El traslape de tallas observado entre la etapa de desarrollo II y III, se debió probablemente a un sesgo de muestreo ocasionado por la dificultad de obtener la información de órganos internos. Principalmente por que en las hembras las características de madurez y la asignación de la etapa de desarrollo, se realiza únicamente por observación de órganos internos, lo cual se dificulta en el momento de muestreo debido a la rapidez con que debe realizarse el mismo. En los machos, el estadio de madurez puede obtenerse por observación de los órganos copuladores o claspers los cuales son externos. En la etapa de desarrollo II, estos órganos son pequeños, blandos y no sobrepasan la parte distal de las aletas pélvicas (Figura No. 1). Mientras que en la etapa III, los claspers son alargados y sobrepasan la parte distal de la aleta pélvica, pero aun no presentan signos de calcificación o rotación. Asimismo fue notable la presencia de algunos machos con claspers pequeños pero con tallas mayores a los 169 cm. Esto se debe a que al igual que en otras poblaciones de animales, algunos individuos alcanzan una maduración tardía.

El rango de tallas observado para los ejemplares en etapa de desarrollo IV fue de 146 a 217 cm LT para las hembras y de 132 a 206 cm LT para los machos, encontrándose tallas promedio de 188 cm y 186 cm para las hembras y machos, respectivamente. Los rangos obtenidos en 1997, para esta etapa de desarrollo fue de 140 a 235 cm LT para hembras y 166 a 209 cm LT para machos, con tallas promedio de 182 cm para las hembras y 187 cm para los machos. Las tallas observadas por Ruiz en 1997 y las observadas en este estudio para cada etapa de desarrollo, presenta cierta similitud. Esto indica que la población de este especie en el Pacífico de Guatemala, no presentó variaciones entre ambos períodos de investigación, en cuanto a su composición en tallas y en etapas de maduración o desarrollo. Por lo que se esperaría obtener datos similares en las tallas de maduración.

Cuadro No.2 Estadística descriptiva para hembras de *C. falciformis* por etapa de desarrollo.

Hembras	I (cm)	II (cm)	III (cm)	IV (cm)	V (cm)
Media	83	125	157	189	191
Mediana	84	126	159	188	194
Moda	94	127	164	179	194
Desviación estándar	14	14	10	16	10
Rango	51	70	45	56	47
Mínimo	59	93	128	161	163
Máximo	110	163	173	217	210
Cuenta	51	215	34	25	19
Nivel de confianza(95.0%)	3.85	1.86	3.57	6.67	4.77

Cuadro No. 3 Estadística descriptiva para machos de *C. falciformis*, por etapa de desarrollo.

Machos	I (cm)	II (cm)	III (cm)	IV (cm)
Media	83	128	167	187
Mediana	83.5	127	166	186.5
Moda	80	123	172	174
Desviación estándar	12	16	16	10
Rango	48	118	67	45
Mínimo	60	89	147	161
Máximo	108	207	214	206
Cuenta	56	233	17	60
Nivel de confianza(95.0%)	3.08	2.09	8.35	2.63

6.2.2 Distribución mensual de las etapas de desarrollo:

La distribución de los organismos de *C. falciformis* por etapa de desarrollo, se muestra en las Gráficas No. 4 y No. 5. La Gráfica No.4 muestra la distribución mensual de las hembras de *C. falciformis*, por etapa de desarrollo. En la Gráfica se observa que durante el período de estudio se registraron hembras de todas las etapas de desarrollo: I, II, II, IV y V. Observándose que la etapa de desarrollo predominante en las capturas de 1998, fue la etapa II, la cual es abundante en todos los meses de muestreo. Este resultado concuerda con lo estipulado por Ruiz (1998), quien igualmente señaló que la etapa de desarrollo de mayor frecuencia en las capturas de hembras en el período de 1996-1997, fue la etapa de desarrollo II o juveniles.

La Gráfica mencionada también muestra que algunas hembras maduras en etapa de desarrollo IV y V se observan en todos los meses de muestreo, representado entre un 25% y 19 % de la captura mensual, a excepción de los meses de abril y junio, en el cual las hembras IV no constituyeron parte de la muestra. Las hembras grávidas en etapa de desarrollo V, se observaron en los meses de enero (1%), febrero (10%), marzo (10%), julio (13%), agosto (5%) y octubre (5%).

Ruiz (1998), indica que las hembras grávidas en el Océano Pacífico de Guatemala en el año de 1997 aparecieron en poca cantidad durante todo el período de estudio, presentando sus mayores abundancias en los meses de febrero, mayo, agosto y septiembre; no detectándose una época de mayor abundancia para las hembras grávidas. Por lo que, igualmente se podrá concluir que el *C. falciformis* de la ZEE del Pacífico de Guatemala, no presenta una época definida de reproducción.

Es importante señalar que durante el mes de mayo se observó mayor cantidad de hembras maduras, con relación a los meses de febrero, marzo y abril, lo que podría coincidir con lo indicado por Branstetter (1981), quien indica que los periodos de apareamiento y reproducción para los Carcarinidos, ocurre en los meses de mayo, junio y julio. No obstante, el apareamiento de hembras maduras en la mayoría de los meses de muestreo, así como de organismos pequeños de vida libre, etapa de desarrollo I, podría

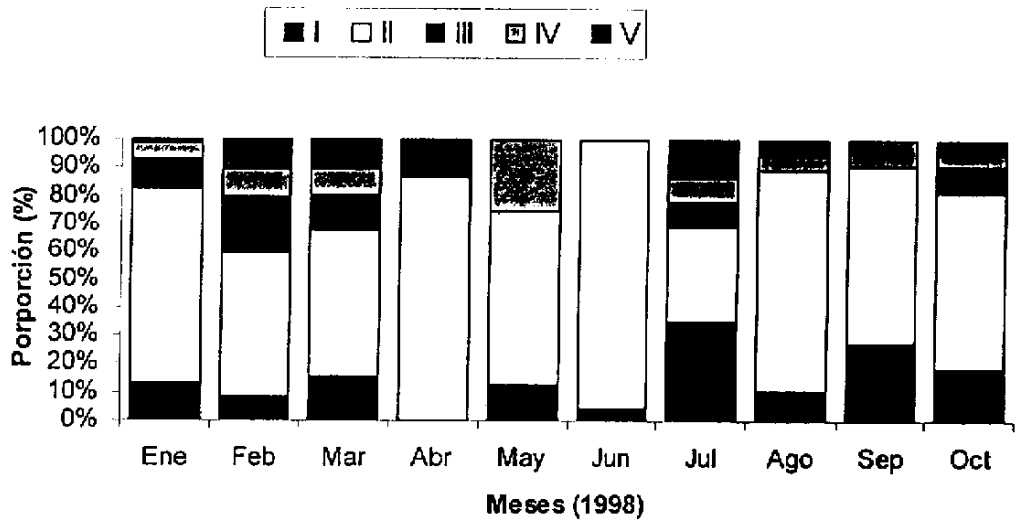
indicar que la población no cuenta con un período de reproducción estacional. Branstetter (1991) señala que en las aguas tropicales, para las poblaciones de esta especie, la actividad reproductiva podría ocurrir en cualquier época del año. Esta observación no significa que el apareamiento y reproducción sea una actividad constante durante todos los meses, ya que algunos tiburones de la familia Carcarinade como el *Carcharhinus limbatus*, cuentan con ciclos reproductivos de dos años, que incluyen una ovulación bianual con períodos de gestación de un año (Castro, 1996). El mismo comportamiento podría presentarse en *C. falciformis*, la cual es una de las especies de mayor abundancia en la familia Carcarinidae

La Gráfica No.5 indica la estacionalidad de los machos de *C. falciformis*, por etapa de desarrollo. En la Gráfica se observa que los machos más abundantes son, al igual que las hembras, los organismos en etapa de desarrollo II, u organismos juveniles. Los machos de esta especie presentan un comportamiento similar al de las hembras, ya que se observa que la presencia de organismos en etapas de desarrollo I, II, III y IV, durante todos los meses de muestreo. A excepción del mes de mayo en el cual la presencia de organismos maduros, IV, fue nula, observándose a diferencia de otros meses, el 34% de organismos en etapa de maduración (III). Ambas Gráficas muestran que las capturas comerciales de *C. falciformis*, en el Pacífico de Guatemala están constituidas en su mayoría por organismos inmaduros, en las etapas de desarrollo I y II principalmente. Las pocas observaciones de la etapa III indican que esta es una etapa que ocurre con rapidez, o en forma abrupta (Ruiz, 1998. Conversación Personal).

Empero a lo señalado anteriormente, es importante que la información anterior sea sujeta a validación en posteriores estudios, ya que la captura de tiburones y de otras especies de peces, especialmente por la pesca artesanal, esta sujeta a las condiciones ambientales prevalecientes y a los ciclos lunares. Lo cual ocasiona sesgo en la muestra.

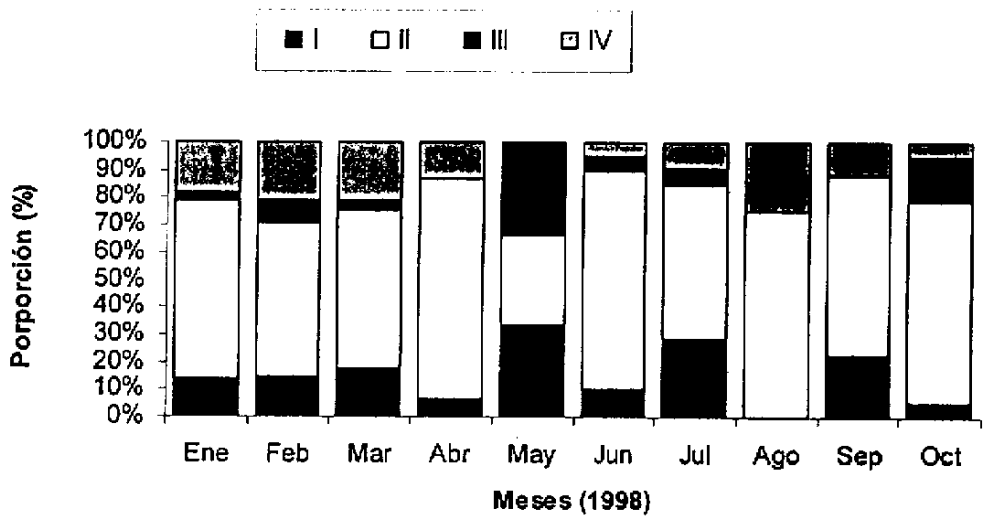
Gráfica No. 4

Estacionalidad de las hembras de *C. falciformis* por etapa de desarrollo



Gráfica No. 5

Estacionalidad de los machos de *C. falciformis* por etapa de desarrollo

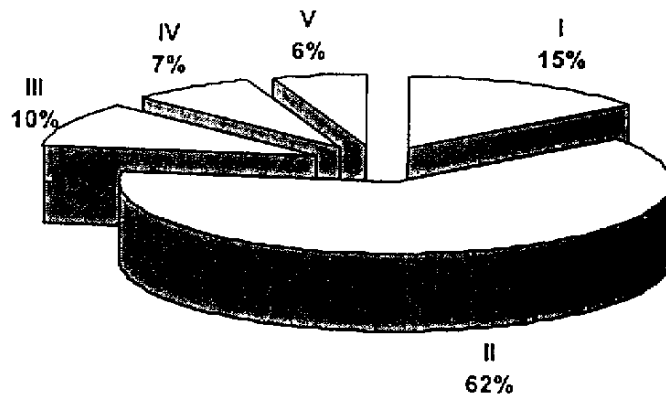


6.2.3 Proporción de las etapas de desarrollo:

Las Gráficas No.6 y No.7 muestra la proporción de los ejemplares muestreados, por etapa de desarrollo. Las Gráficas indican que la mayor proporción le corresponde a los organismos en etapa de desarrollo II, con un 62% para el total de hembras (Gráfica No.5) y un 64% para el total de machos (Gráfica No. 6). Ruiz (1998), reporta una proporción del 54% de organismos de estadio II para las hembras y del 64% para las machos, observándose nuevamente una similitud entre los datos obtenidos en ambos períodos.

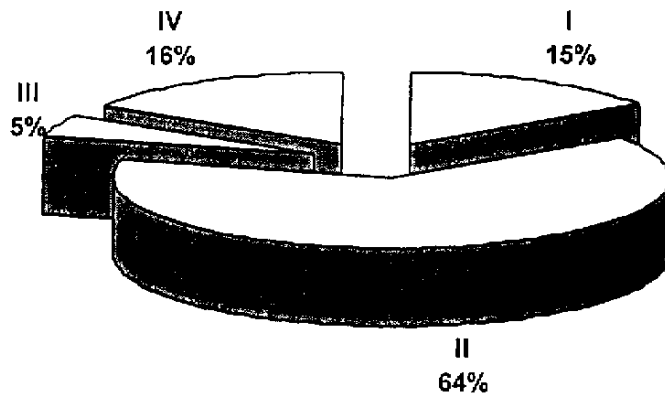
Gráfica No. 6

Proporción de etapas de desarrollo en Hembras



Gráfica No. 7

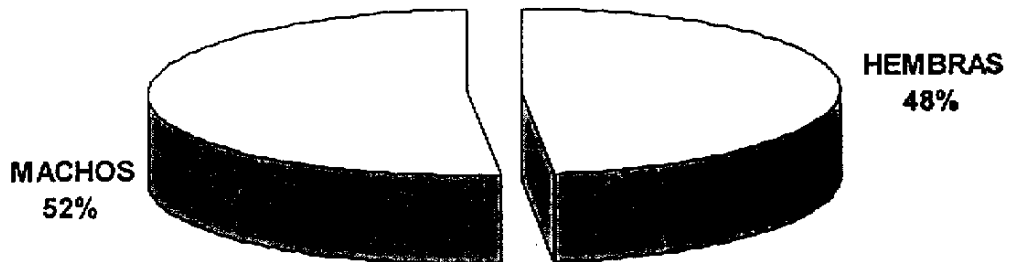
Proporción de etapas de desarrollo en Machos



6.3 Proporción Sexual

La proporción total de hembras y machos se observa en la Gráfica No. 8, la cual muestra que el 52% del total de los ejemplares muestreados fueron machos, mientras que el 48% del total de los ejemplares fueron hembras. La relación macho: hembra de las capturas de esta especie resulto ser 1:0.9. Los datos obtenidos por Ruiz (1998), indican una proporción de hembras y machos de 45% y 55%, con una relación macho:hembras de 1: 0.8.

Gráfica No. 8
Proporción de Machos y Hembras



6.4 Relaciones Morfométricas

6.4.1 Relaciones Longitud Total - Longitud Precaudal:

La relación Longitud Total (LT) y la Longitud Precaudal (LP), y la relación entre la Longitud Total y la Longitud Prepectoral (LPp) se obtuvo mediante la fórmula de la regresión lineal simple, $(LP), (LPp) = a + b * LT$. En la Gráfica No. 9 se observa que las relaciones resultantes entre la longitud total (LT) y la longitud precaudal (LP) para ambos sexos, son efectivamente de carácter lineal; con un coeficiente de correlación múltiple r de 0.98 y un coeficiente de determinación de 0.99, para una muestra de 710 animales. Para una muestra de 344 hembras se obtuvo coeficientes de correlación de 0.98, contando con el mismo para una muestra de 366 machos. El coeficiente de correlación r , obtenido para ambos sexos indica que para calcular factores de conversión a partir de la variable LP, no es necesario separar la muestra por sexos.

6.4.2 Relación Longitud total - Longitud Prepectoral:

En la Gráfica No. 9 se observa la relación entre la Longitud Total (LT) y la Longitud Prepectoral (LPp); de la cual se obtuvo un coeficiente r para sexos combinados de 0.93, para las hembras y los machos este coeficiente fue de 0.93 y 0.93, respectivamente. Observándose un coeficiente b de 0.21 para hembras y 0.20 para machos. De igual forma se observa que el factor de conversión entre estas variables podrá calcularse a partir de una muestra de sexos combinados.

6.4.3 Relación Longitud total - Peso entero:

Para obtener la relación entre el peso entero y la longitud total del animal, se pesaron y midieron 46 organismos, 23 hembras y 23 machos. La muestra fue tomada al azar a partir de los desembarques de la flota artesanal. En la Gráfica No. 9 se observa que la relación entre la longitud total (LT) y el peso del animal (P) es de tipo exponencial, la cual se ajusta al modelo: $P = a * LT^b$. o $y = a * x^b$.

Donde (P) es el peso, (LT) es la longitud total, a es el antilogaritmo del intercepto y b es la pendiente o coeficiente de alometría. Tovar (1995) en Ruiz (1998), indica que si b es 3 o muy cercano a 3 el crecimiento es de tipo isométrico y si b es mayor que 3, entonces el crecimiento es alométrico. En este caso se observa que b es 3.17 para sexos combinados, 3.30 para las hembras y 3.05 para los machos; denotando una tendencia de tipo alométrico. El Cuadro No. 4, muestra los coeficientes obtenidos en las regresiones entre las variables "x" y "y", para sexos combinados, hembras y machos.

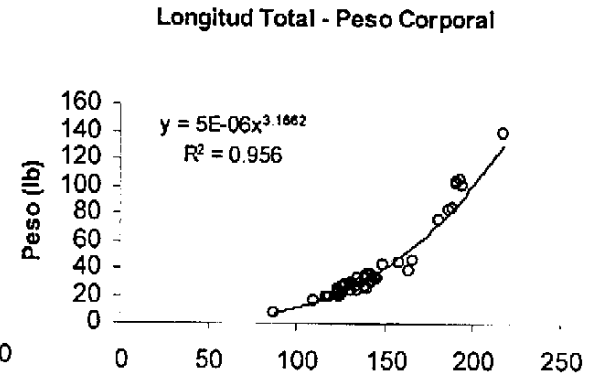
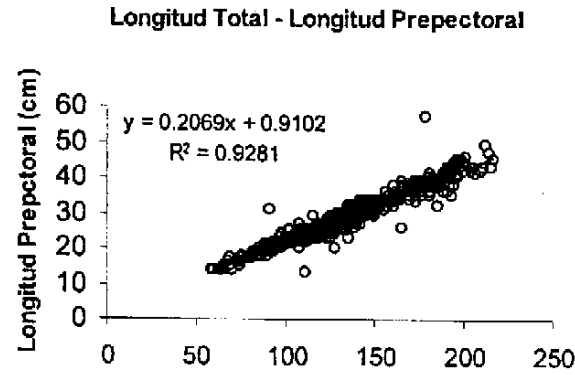
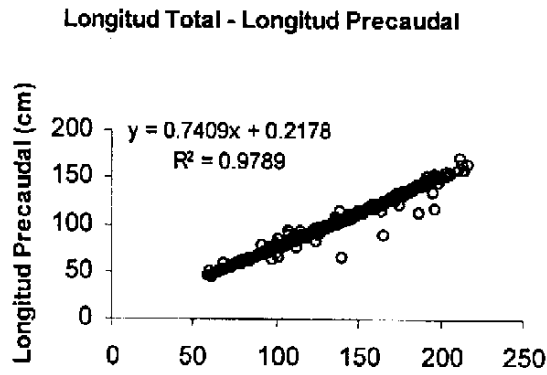
De todas las relaciones calculadas, se observa que no existen cambios en las proporciones entre hembras y machos de *C. falciformis*. A excepción en la relación peso-longitud en la que la condición de gravidez de algunas hembras pudo alterar cambios en el peso (Kohler *et al*, 1994; Tovar, 1995 en Ruiz, 1998).

Los resultados obtenidos en este estudio, período 1998 y los obtenidos durante el período de 1997, permitirán obtener factores de conversión conociendo tan solo una de las variables. Asimismo, los factores obtenidos de las regresiones anteriores podrán ser utilizados por las administraciones pesqueras de Guatemala y de otros países, en donde el recurso tiburón también es importante en los desembarques de pesca.

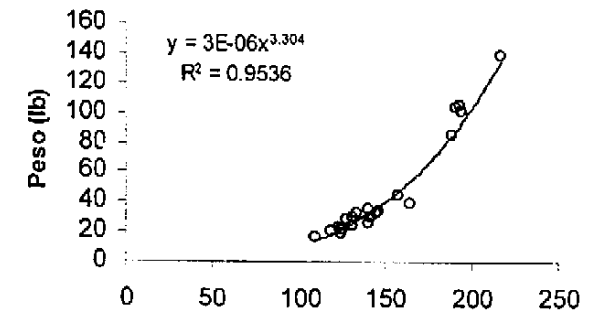
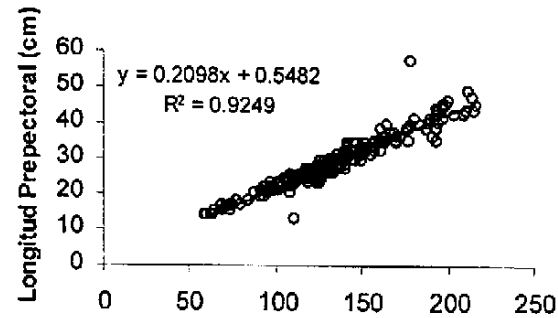
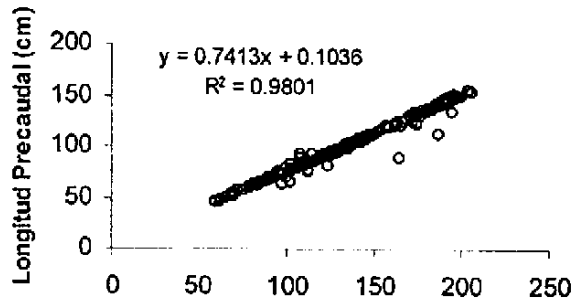
Cuadro No. 4 Coeficientes de las relaciones morfométricas de *C. falciformis*.

Muestra	Regresión	Observaciones	a	b	r	r ²	r ajustado
	Lt-LPp						
Sexos Combinados		594	0.22	0.74	0.99	0.98	0.98
Hembras		297	0.22	0.74	0.99	0.98	0.98
Machos		297	0.39	0.74	0.99	0.98	0.98
	LT-LPp						
Sexos Combinados		581	0.89	0.21	0.96	0.93	0.93
Hembras		285	0.61	0.21	0.96	0.93	0.93
Machos		296	1.16	0.20	0.97	0.93	0.93
	Peso						
Sexos Combinados		46	-12.16	3.17	0.98	0.96	0.95
Hembras		23	-12.87	3.30	0.98	0.95	0.95
Machos		23	-11.58	3.05	0.98	0.96	0.96

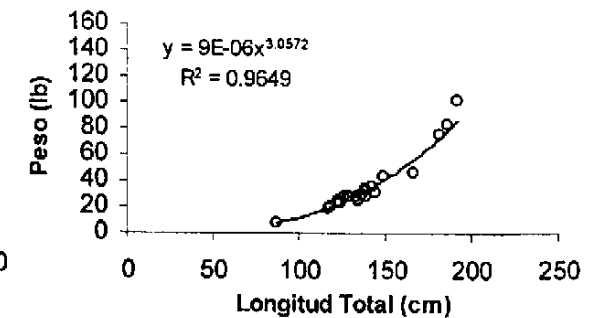
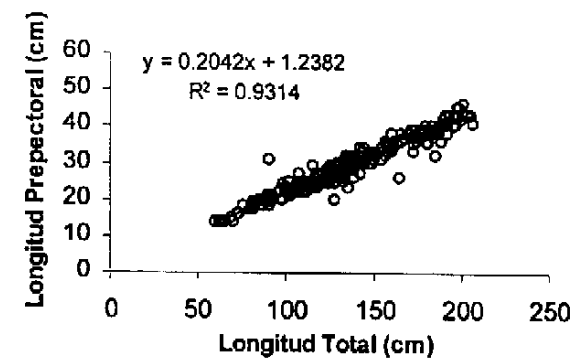
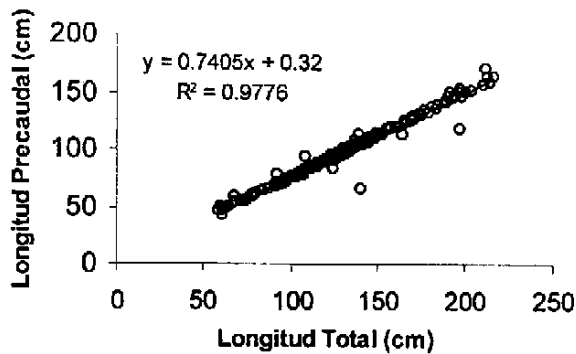
Sexos
Combinados



Hembras



Machos



Relaciones morfométricas de *Carcharhinus falciformis*
Gráfica No. 9

6.4.4 Longitud de madurez

Según (Castro 1993; Carrier 1991 en Tovar 1995) y Ruiz (1998), indica que los tiburones son animales de lento crecimiento que requieren de varios años para alcanzar la edad reproductiva. Compagno (1984) describe que los machos de *C. falciformis*, se encuentran maduros entre los 187 y 217 cm de LT, mientras que las hembras alcanzan su madurez sexual entre los 213 y 230 cm LT.

Ruiz (1998) reporta que los machos de *C. falciformis* del Pacífico de Guatemala se consideran maduros a los 178 cm de LT, y las hembras a los 176 cm LT. Castillo *et al* (1997) indican, para organismos de la misma área, que los machos pueden considerarse maduros entre los 175 y 200 cm de longitud total, observando hembras grávidas en un rango de 160 y 220 cm de LT.

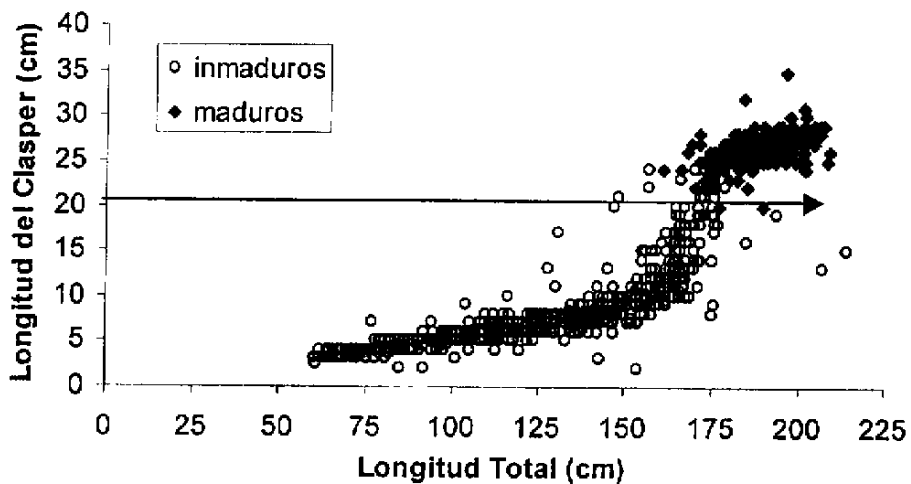
6.4.4.1 Machos:

La longitud de primera madurez para los machos se obtuvo mediante la relación entre la Longitud Total del animal y la Longitud del Clasper. La cual se muestra en la Gráfica No. 10. En la Gráfica se muestra que los machos con longitudes totales entre los 60 y 214 cm de LT tienen claspers entre los 3 y 31 cm de largo. Los machos inmaduros se observaron entre los 60 y 175 cm, con claspers entre 3 y 12 cm, aunque también se observaron organismos con talla mayores y claspers con características de inmadurez.

El crecimiento del clasper se acelera cuando los animales tienen entre 160 y 175 cm de LT. Los organismos maduros se observaron a partir de los 175 cm LT, considerándose esta como la talla de maduración. Los datos presentados en esta Gráfica son en conjunto los observados en el período de 1997 y 1998. La talla de maduración obtenida no es la misma que obtuvo Ruiz (1998), quien menciona que en 1997 la talla de madurez para machos fue de 178 cm LT.

Para obtener un mejor estimado de la talla de primera madurez de los machos, se unieron los datos de Longitud Total y Longitud de Claspers, obtenidos durante 1997 y 1998, los cuales se muestran en la Gráfica No. 10. En la Gráfica se observa que los machos alcanzan su madurez sexual a los 175 cm de LT. Sin embargo, debido a que en especies pelágicas se dificulta obtener la maduración a una talla precisa, la misma se estima en rangos, considerándose que para los machos, registrados en el Océano Pacífico de Guatemala, la maduración ocurre entre los 155 y 175 cm LT, observándose organismos completamente maduros a los 175 cm LT.

Figura No. 10
Relación Longitud Total - Longitud del Claspers

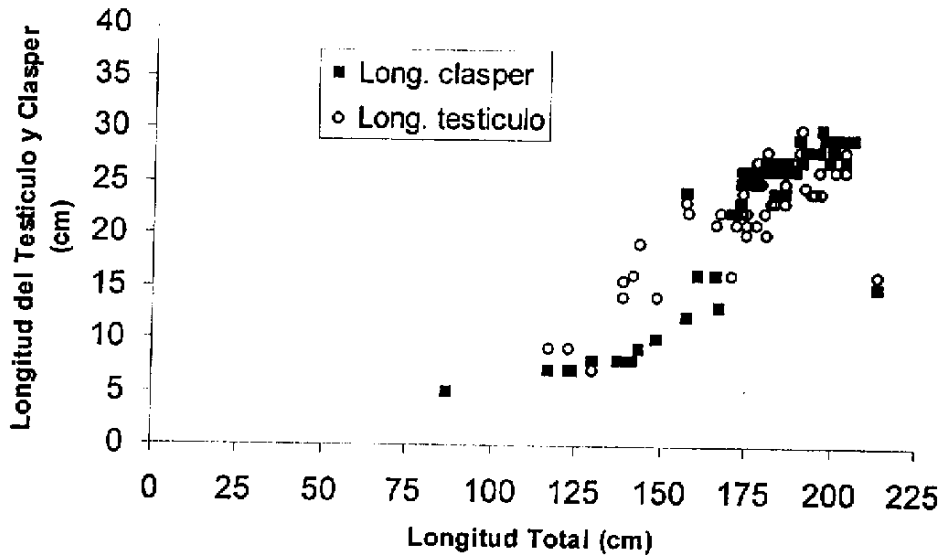


6.4.4.1.1 Relación entre la Longitud Total y Longitud testicular

En la Gráfica No. 11 se observa la relación entre la Longitud Total del animal y la Longitud Testicular. Se puede apreciar que esta variable tiene la misma relación del crecimiento con respecto a la longitud del clasper, es decir que aparentemente la relación Longitud Total - Longitud Testicular, tiene la misma tendencia que la Longitud Total - Longitud del Clasper. Se observa que el testículo al igual que el clasper crece lentamente en los primeras etapas de desarrollo del animal, siendo este crecimiento abrupto, a partir de los 150 cm.

En las primeras etapas de desarrollo no fue posible obtener información sobre las gónadas, ya que estas eran poco visibles. La información se obtuvo de los animales mayores a los 87 cm. Se considera que es importante tomar mas datos de gónadas.

Gráfica No. 11
Relación Longitud Total - Longitud Testicular



6.4.4.2 Hembras

El Cuadro No. 5 muestra los datos obtenidos para hembras de *C. falciformis* en estado de gravidez o etapa de desarrollo V. El cuadro indica que se obtuvieron observaciones para un total de 17 hembras grávidas, entre los 163 y 210 cm de LT.

La hembra grávida más pequeña, se encontró en el mes de febrero de 1998 con una longitud de 163 cm LT y un total de 3 embriones en los úteros; una hembra y dos machos, cuya longitud promedio fue de 39 cm LT. La hembra a un presentaba óvulos en el ovario, los cuales fueron medidos en diámetro.

Cuadro No. 5 Hembras grávidas de *C. falciformis*, encontradas durante el período de estudio de enero a octubre 1998.

Fecha	LT	No. Embriones	Hembra	Machos	Longitud Promedio	Observaciones
25/02/98	210	6	2	4	41	
25/02/98	173	3	1	2	30	
25/02/98	194	5	3	2	34	Diámetro de óvulo en ovario 1cm
25/02/98	194	5	4	1	31	
25/02/98	163	3	1	2	39	Diámetro de óvulo en ovario 0.5cm
13/03/98	197	5	3	2	32	
13/03/98	195	5	2	3	32	Diámetro de óvulo en ovario 0.7cm
13/03/98	192	6	3	3	52	Diámetro de óvulo en ovario 1cm
26/03/98	195	2	0	2	46	Diámetro de óvulo en ovario 3cm
26/03/98	190	5	3	2	42	
26/03/98	181	3	1	2	41	
26/03/98	197	4	0	4	39	
10/07/98	194	5	3	2	61	
10/07/98	193	4	1	3	56	
10/07/98	191	5	0	5	59	
8/08/98	195	6	5	1	43	
21/10/98	197	4	2	2	55	

La hembra grávida más grande también fue reportada en el mes de febrero, con una LT de 210 cm y un total de 6 embriones, cuya LT promedio fue de 41 cm.

En el Cuadro No. 6, se muestran los datos correspondientes a hembras maduras. Se puede observar hembras con cicatriz de copula en los meses de septiembre y julio, con un promedio de 6 óvulos en absorción en cada hembra.

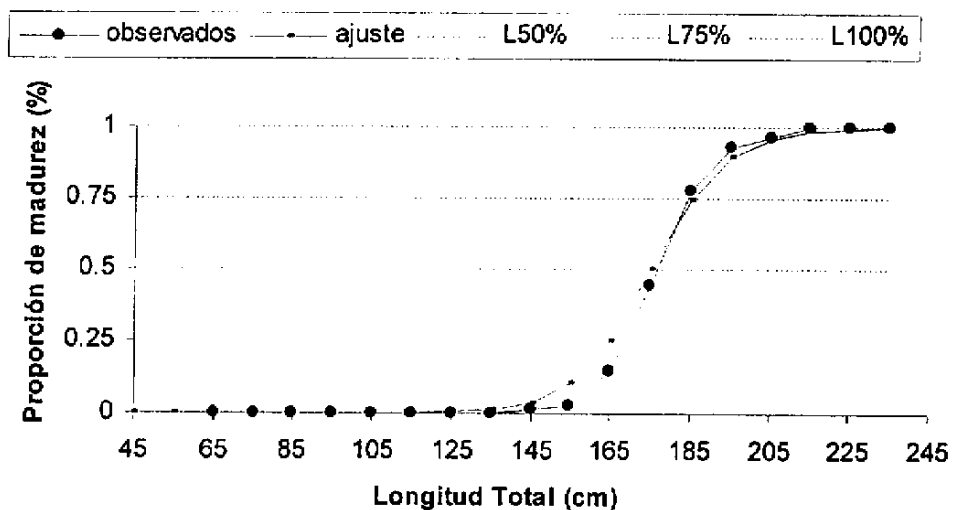
Cuadro No. 6 Hembras no grávidas de *C. falciformis*, encontradas durante el período de estudio.

Fecha	LT (cm)	No. X óvulos	D. X de Ovulo (cm)	Observaciones
15/01/98	197	13	5	6 óvulos en absorción
13/03/98	170	37		
25/02/98	161	20	1	Ovario maduro
13/03/98	204	34	1	6 óvulos en absorción
13/03/98	179	35	1	
13/03/98	185	30	0.6	Ovulos en absorción
13/03/98	177	24	1	
26/03/98	194	24	1	
26/03/98	215	24	1.2	
9/05/98	176	11	1.6	Ovulos en absorción
10/07/98	188	10	2	Ovulos en absorción
10/07/98	211	9	1.2	Cicatriz de Copula, óvulos en absorción
8/08/98	189	12	2	Ovulos en absorción
23/09/98	212	10	3.5	Cicatriz de Copula, óvulos en absorción
24/09/98	184	5		Cicatriz de Copula, ovario pálido
21/10/98	189	7	1.3	Ovulos en absorción

La longitud de madurez de las hembras, se obtuvo mediante una relación entre la longitud de las hembras, y el modelo de ajuste: $y = 1/(1+\exp a + b*x)$ La longitud al 50% y al 75% se muestran en la Gráfica No.12. Las mismas se obtuvieron mediante las fórmulas $LT\ 50\% = a/b$, y $LT\ 75\% = a + \ln(3)/b$; obteniendo los siguientes resultados $LT\ 50\% = 175\text{ cm}$ $LT\ 75\% = 185\text{ cm}$. La Gráfica muestra que las hembras se encuentran completamente maduras a los 215 cm LT.

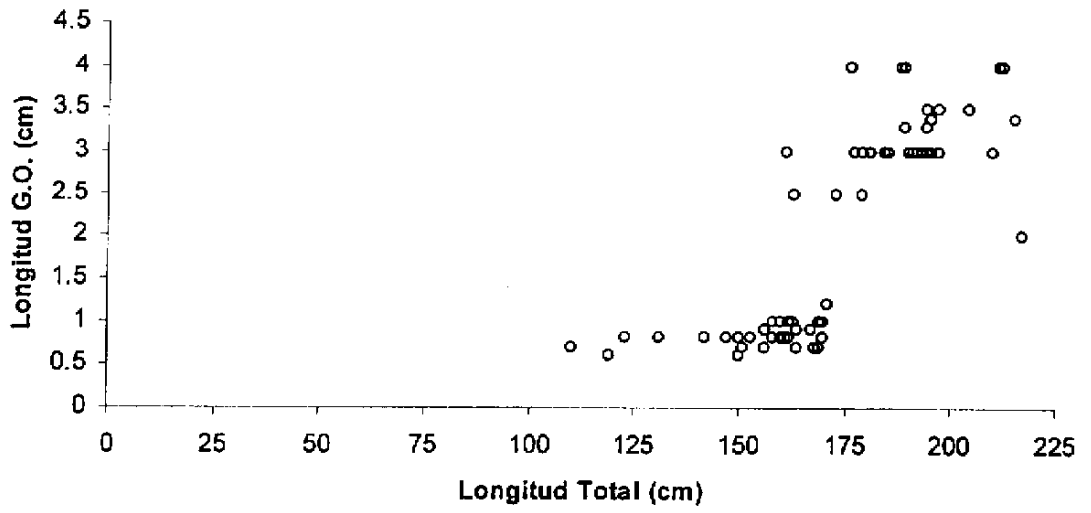
Gráfica No. 12

Estimación de la longitud de madurez de hembras



La Gráfica No. 13, indica la relación entre la Glándula Oviducal y Longitud Total de las hembras. Se observa que en las tallas de 100 a 173 cm el tamaño de la glándula oviducal se mantiene entre 0.5 y 1.5 cm de diámetro. Pero cuando las hembras se encuentran entre los 175 a 225 cm, se pueden observar glándulas ensanchadas con diámetros entre los 2.5 y 4.0 cm. Se observa una glándula oviducal de 2 cm en una hembra de talla 215 cm LT; esto puede deberse a que acaba de pasar la época de alumbramiento y las glándulas se absorben disminuyendo su tamaño. Castro (1996) indica que en hembras de reciente copula u ovulación las glándulas se absorben a un menor tamaño. Se observa que el crecimiento de la Glándula Oviducal con respecto a la Longitud Total, aparenta tener una tendencia similar a la relación Longitud del Clasper y la Longitud Total del macho.

Gráfica No. 13.
Relación longitud Total - Diámetro de Glándula Oviducal



6.5 Ciclo Reproductivo y Desarrollo Embrionario:

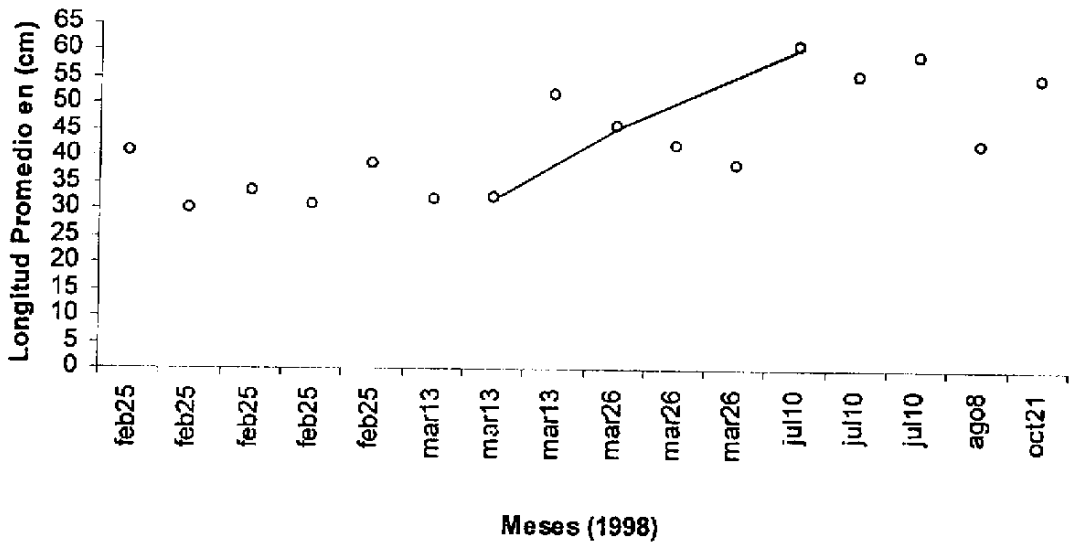
Según (Clarck y Von Schmidth, 1965 en Tovar, 1995 en Ruiz 1998) el apareamiento y nacimiento de algunas especies de Carcarinidos ocurre durante los meses de mayo y junio. Bonfil *et al* (1993) sugiere que el alumbramiento de *C. falciformis* puede ocurrir en el mes de julio, observándose períodos de gestación de 12 meses (Bonfil *et al* 1993 en Ruiz, 1998).

En el presente estudio, se pudo observar que las hembras con embriones aparecen en los meses de enero, febrero, marzo, julio, agosto y octubre, a excepción de los meses de abril, mayo, junio y septiembre. Los embriones registrados en los muestreos presentaron un rango de tallas de 33 a 63 cm de longitud total, aparentemente en distintas etapas del período de gestación. El número promedio de embriones por hembra fue de 4, con una relación de 1:0.8 machos :hembras.

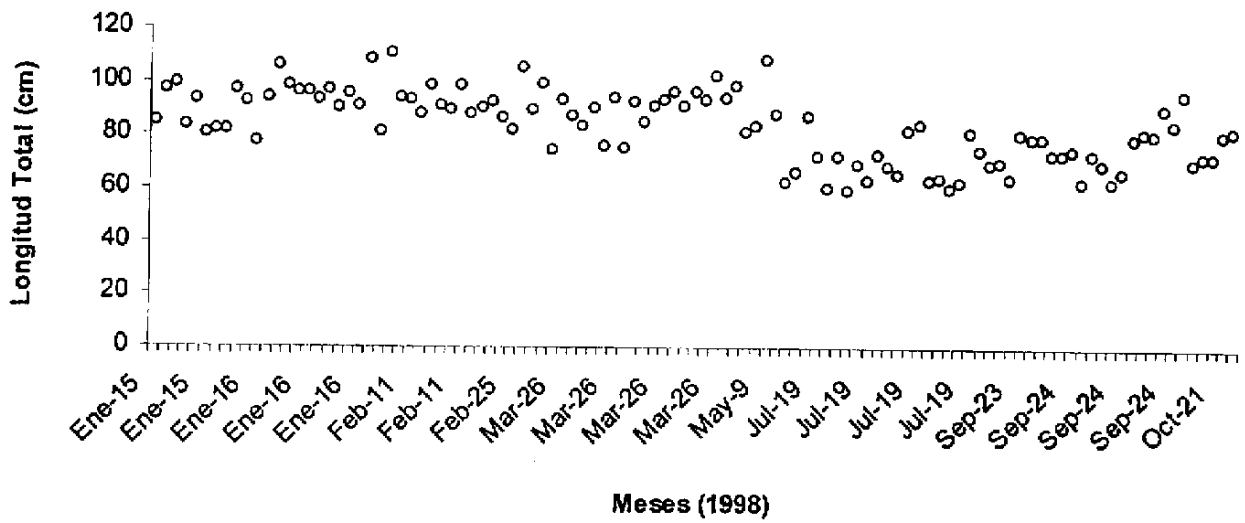
La Gráfica No. 14 indica el crecimiento embrionario de *C. falciformis*. La Gráfica muestra cinco grupos de embriones entre los meses de febrero, marzo, junio, agosto y octubre . Embriones cercanos a la talla de nacimiento (57 cm), se encontraron en el mes de julio, con una talla promedio de 59 cm LT. En el Gráfico No. 15 se observan los organismos de vida libre registrados en el estudio. La Gráfica muestra que organismos de vida libre con tallas de 59 cm fueron encontrados a partir del mes de julio. Esto concuerda con lo reportado por los autores antes mencionados quienes indican que el alumbramiento de esta especie puede ocurrir entre los mes de mayo a julio, y hasta septiembre

La talla mínima de un organismo de vida libre fue de 59 cm LT, reportada entre los meses de julio y septiembre. Siendo de 83 cm la longitud promedio de hembras y machos, clasificados como natos. Estas tallas concuerdan con las tallas de nacimiento reportadas por Fischer *et al*, (1995) quienes indica que *C. falciformis* nace entre los 57 y 87 cm de Longitud Total.

Gráfica No. 14
Crecimiento Embrionario de *C. falciformis*



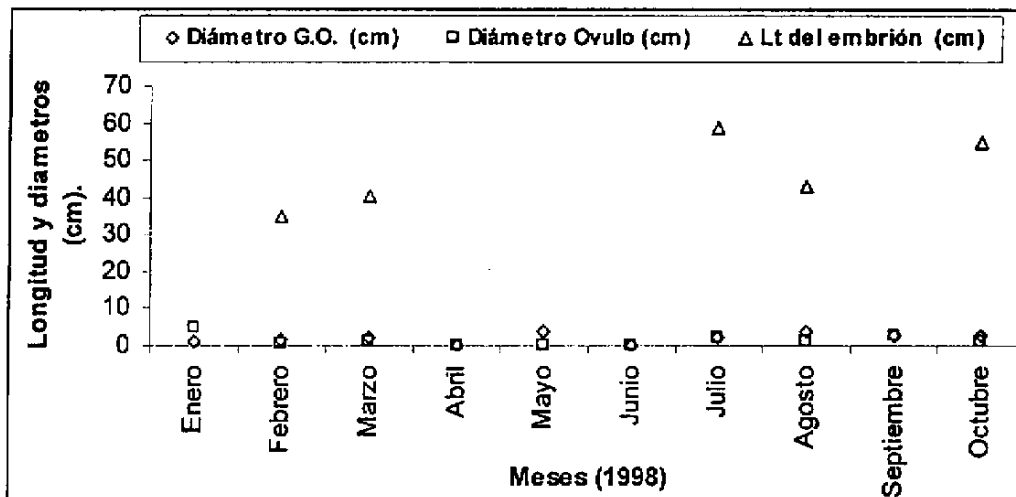
Gráfica No. 15
Distribución de Natos, de enero a octubre de 1998



En la Gráfica No. 16 se observa el comportamiento reproductivo de *C. falciformis*. En la misma se indica los datos obtenidos con respecto al tamaño del óvulo y glándula oviducal; además de la longitud promedio de los embriones. En esta podemos apreciar que en el mes de julio y agosto, hay un incremento en el tamaño de la glándula oviducal y en el tamaño de los óvulos. Observándose en julio embriones en tallas cercanas a la talla de alumbramiento. Las mismas características se pueden apreciar en el mes de octubre. Según la Gráfica y los datos considerados en la sección 6.5, el apareamiento de *C. falciformis*, ocurre en el mes de julio, en un período de gestación para los embriones de 12 meses.

Sin embargo es notoria la presencia de embriones en diferentes etapas de desarrollo en todos los meses del año. Por lo que habría de considerarse la toma de muestras para validar esta información.

Gráfica No. 16
Relación tamaño de Glándula Oviducal, Óvulos y
Longitud de Embriones en función de la Fecha.



7. Conclusiones

1. No se observó un período específico de apareamiento y alumbramiento para *Carcharhinus falciformis*; ya que se obtuvieron muestras de hembras grávidas y embriones en diferentes etapas de gestación en varios meses del año. Invalidando la hipótesis No. 1.
2. La tallas de madurez sexual se encuentran entre los 175 cm LT para machos y de 175 cm LT para hembras. Invalidando la hipótesis No. 2.
3. El período de gestación observado fue de 12 meses.
4. La longitud del organismo de vida libre más pequeño fue 59 cm, talla cercana a las tallas de nacimiento reportados por otros autores.
5. La composición de las capturas de *C. falciformis* estuvo constituida por organismos de distintas tallas, representando un 63% de la captura los organismos de estado II, un 62% de hembras y un 64% de machos. Siendo los organismos en estado juvenil los más abundantes en las capturas durante el período de estudio, coincidiendo con lo reportado por Ruiz (1997).
6. Los coeficientes de correlación (0.98 y 0.93) entre las variables de longitud, muestran que la longitud precaudal y prepectoral, pueden ser utilizadas para calcular la longitud total del animal.
7. La talla máxima de captura fue de 217 cm, existiendo una variación de 18 cm en lo reportado por Ruiz (1998), quien reporta una talla máxima de 235 cm.

8. La talla promedio de los organismos muestreados fue de 132 cm, las cuales corresponden a organismos en etapa de desarrollo II.

9. Las capturas de *C. flaciformis* estuvieron representadas por 52% de machos y 48% de hembras, no existiendo una diferencia que se considere significativa en el porcentaje de hembras y machos.

8. Recomendaciones

1. Continuar con los monitoreos de las capturas comerciales del tiburón en Guatemala.
2. Contar con el equipo necesario para realizar los muestreos de tiburón con el fin de obtener la mayor cantidad de datos posibles.
3. Capacitar a los muestreadores y recolectores de información, para que las muestras obtenidas sean confiables.
4. Evaluar la selectividad de las artes de pesca utilizados en la captura del tiburón.
5. Tener un intercambio de información entre los investigadores de otros países.
6. Realizar estudios sobre las zonas, áreas de pesca de las especies de tiburones.

9. Bibliografía

- BONFIL, R. et al. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky shaks *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico. United States, NOAA/NMFS. Department of Commerce. Technical Report. no.115:73-86.
- CASTILLO, J. L. et al. 1997. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. México, Instituto Nacional de la Pesca Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesa. Informe parcial de Investigación 113 p.
- CASTRO, J. I. 1983. The sharks of north american waters. United States, Texas A&M University. 179 p.
- 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, off the southeastern United States. Bulletin of Marine Science. (United States). 59(3):508-522.
- COMPAGNO, L. 1984. Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Rome, FAO. p. 1, p. 4: 247. (Documento tecnico no.125).
- FISCHER, W. et al. 1995. Guía para la clasificación de especies de peces tropicales. Italia, FAO. v 2, p. 665-1200.
- HOENING, J.; GRUBER, S. 1990. Life-history paterns in the elasmobranch: Implication for Fisheries Management. NOAA/NMFS. Department of Commerce. Technical Report. (United States) 90:1-16.
- PRATT, H. 1979. Rreproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fisheries Bulletin (USA) 77(2): 445-470.
- PORRAS, G. 1997. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del tiburón punta de zapato, *Nasolamia velox*, capturado por la pesca artesanal en el Pacífico de Guatemala. Problema Especial. Guatemala, CEMA-USAC/DIGESEPE-DITEPESCA. 38 p.
- RUIZ, C. 1997a. Caracterización de la pesca y comercialización del tiburón en las costas del Pacífico de Guatemala. Problema Especial. Guatemala, USAC/CEMA. DIGESEPE/DITEPESCA. 57 p.
- 1997b. Informe final de ejercicio profesional supervisado. Guatemala, USAC/CEMA. 75 p.



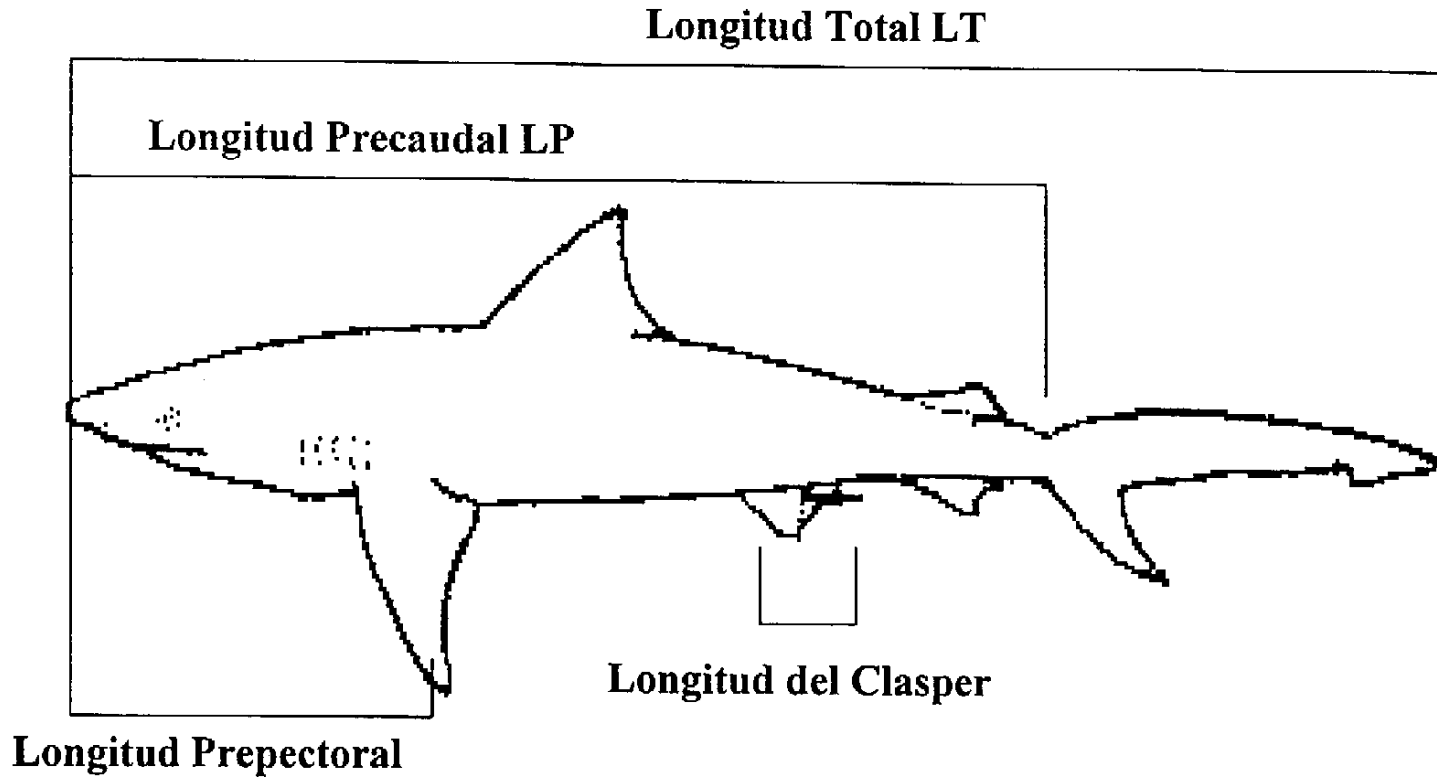
- , 1998. Contribución al Conocimiento de la Biología y Pesquería del Tiburón Blanco *Carcharhinus falciformis*, (Bribón, 1839), de las Costas del Pacífico de Guatemala. Tesis de Licda. en Acuicultura USAC/CEMA. 74 p.
- TOVAR, J. 1995. Biología y pesquería del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes 1939) de las aguas de Veracruz y Tamaulipas, México. Tesis de Lic. Biol. México, Universidad Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 95 p.



Anexos

Anexo 1

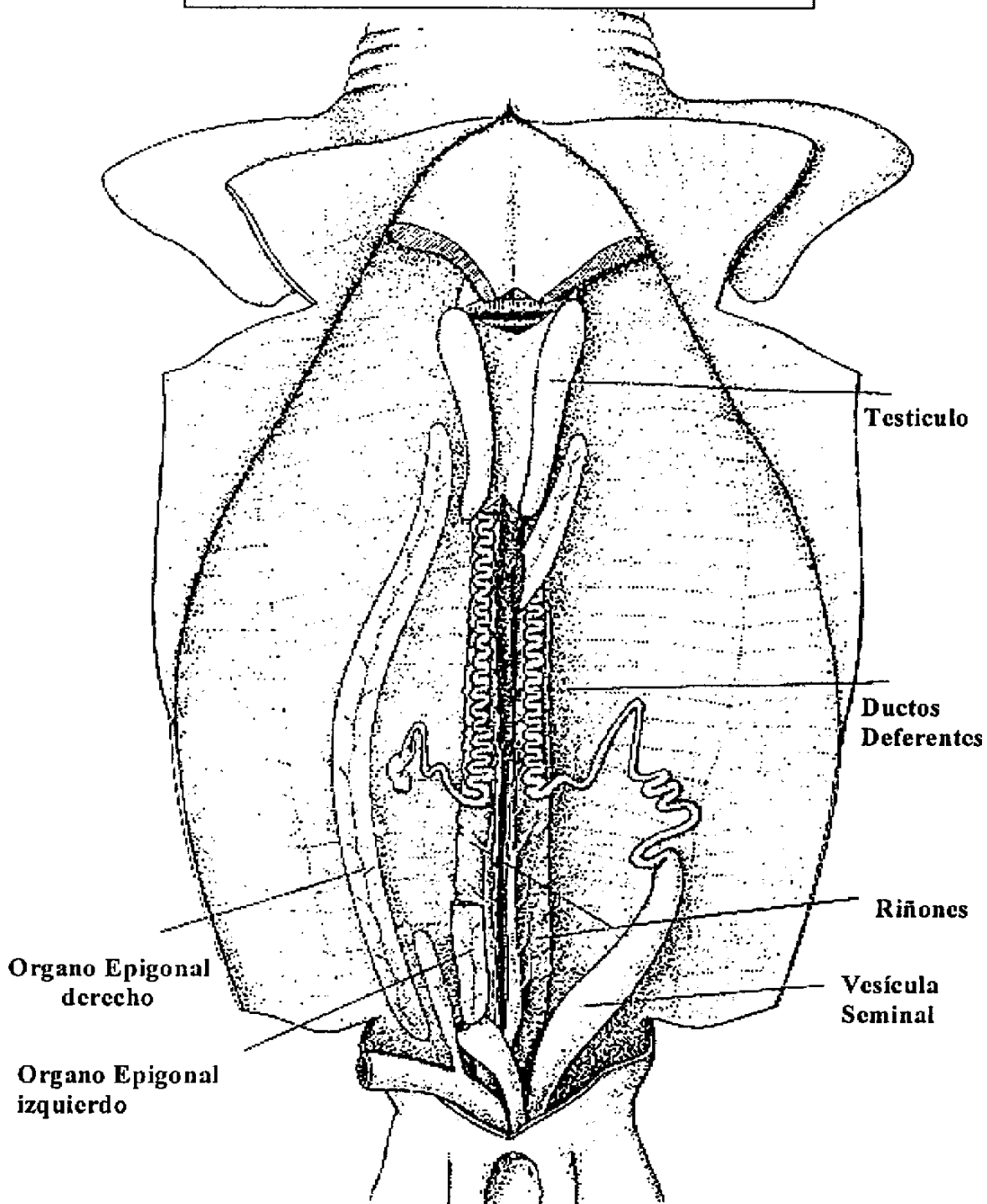
Figura No. 1 Medidas Morfométricas del Tiburón blanco, *Carcharhinus falciformis*.



Ruiz, 1998

Anexo 2

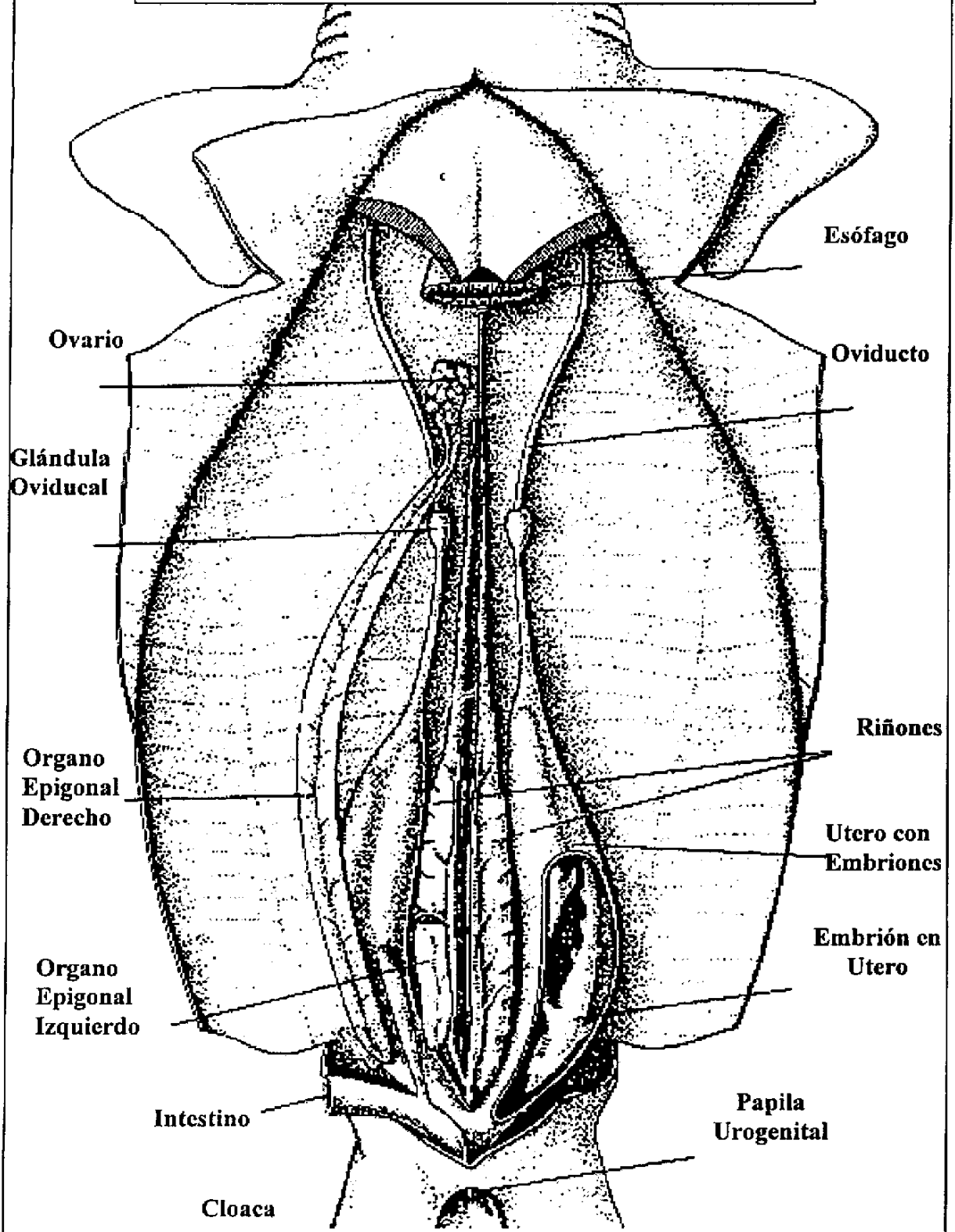
Figura No.2 Sistema Urogenital Masculino



Fuente: Castro 1983

Anexo 3

Figura No. 3 Sistema Urogenital Femenino



Fuente: Castro, 1983