



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL CAZÓN
BIRONCHE, *Rhizoprionodon longurio*
(JORDAN & GILBERT, 1882) EN EL PACÍFICO
MEXICANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

LUIS ALBERTO MEJÍA SALAZAR

LA PAZ, B.C.S., 2007



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 30 del mes de Noviembre del 2007 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 CAZÓN BIRONCHE, *Rhizoprionodon longurio*
(JORDAN & GILBERT, 1882) EN EL PACÍFICO MEXICANO"

Presentada por el alumno:

MEJÍA

Apellido paterno

SALAZAR

materno

LUIS ALBERTO

nombre(s)

Con registro:

A	0	5	0	1	2	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS 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


DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

PRESIDENTE


DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO


DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

SEGUNDO VOCAL


DRA. ROSA ISABEL OCHOA BÁEZ

TERCER VOCAL


DRA. CAROLINE ANNE DOWNTON HOFFMAN

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 04 del mes Diciembre del año 2007, el (la) que suscribe LUIS ALBERTO MEJÍA SALAZAR alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A050129 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA y cede los derechos del trabajo titulado: "BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL CAZÓN BIRONCHE, *Rhizoprionodon longurio* (JORDAN & GILBERT, 1882) EN EL PACÍFICO MEXICANO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: luismejiasalazar@yahoo.com aherrera@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Luis Alberto Mejía S.
LUIS ALBERTO MEJÍA SALAZAR
nombre y firma

A MI MADRE

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por el apoyo académico e infraestructura para la realización de la tesis.

Al programa Institucional de Formación de Investigadores por el apoyo económico otorgado.

Al proyecto SAGARPA-CONACYT "Caracterización de la Pesquería Artesanal de tiburones desembarcados en Salina Cruz, Oaxaca, México", por la realización de esta investigación.

Al Dr. Agustín Hernández Herrera por su apoyo, paciencia y sugerencias para mejorar y finalizar este trabajo.

Al Dr. Felipe Galván Magaña por su confianza y respaldo para la realización de esta tesis.

A la Dra. Rosa Isabel Ochoa Báez por su enseñanza durante la Maestría.

A los miembros del comité revisor: Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, Dra. Caroline Ann Downton Hoffman, Dr. Agustín Hernández Herrera, Dr. Felipe Galván Magaña, Dra. Rosa Isabel Ochoa Báez por sus correcciones y sugerencias para la tesis.

Al laboratorio de Ecología de Peces y Laboratorio de Morfofisiología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por el uso de sus equipos e instalaciones.

A la M.C. Maribel Carrera Fernández por la recolección, envío de muestras y colaboración en la realización de la tesis.

A los pescadores de Playa Sur, Chipehua, Mogote y Saladito por permitirnos obtener las muestras de sus capturas.

A Humberto Ceseña por su colaboración durante la Maestría.

A Antonio (Toño) y Gustavo del Laboratorio de Morfofisiología por la ayuda en el proceso histológico de las muestras.

A mi familia por su eterno apoyo.

A mis hijas por regresar la felicidad a mi vida.

A Erszi por ser parte de esa felicidad y por amarme aun en tiempos difíciles.

A tequi por ladrar, divertir y enojar mi vida.

A Ivonne y azul por apoyarme y quererme incondicionalmente.

A Pilar Blanco, Mauricio Hoyos y Carolina Galván por su gran ayuda durante la elaboración de este trabajo.

A March por mejorar nuestra amistad de Universidad y por aguantarme en las buenas y en las malas.

A Linda por ser una buena amiga.

A todas aquellas personas que me apoyaron y/o que convivieron conmigo durante parte o toda la Maestría: Vane y Yassir; Alfredo Zayas; Carolain y José Angel; Mauricio Hoyos; Pilar y Carlos; March y Rico; Mimi Bocanegra; Luis Burnes; Xchel; Trip; Ruth; Mauricio Conde; Flor; Iván; Laura; Daivis; Norma y Pablo;

Adriana; Cota; Don Pancho; Ofe; Arturo; Pol y aquellas personas que por el estrés y cansancio del momento haya olvidado mencionar.

A México por recibirme afectuosamente en su encantadora tierra.

Y aun a aquellas personas que quisieron salir de mi familia, Ana y Jose.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. OBJETIVOS	15
5. ÁREA DE ESTUDIO	16
6. MATERIAL Y MÉTODOS	20
7. RESULTADOS	25
7.1 Composición de tallas	25
7.2 Proporción de sexos	28
7.3 Morfología del aparato reproductor masculino	29
7.4 Morfología del aparato reproductor femenino	32

7.5 Madurez sexual en machos	38
7.6 Madurez sexual en hembras	40
7.7 Fecundidad, periodo de gestación y de apareamiento	41
8. DISCUSIÓN	44
9. CONCLUSIONES.....	51
10. RECOMENDACIONES	53
11. BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de <i>Rhizoprionodon longurio</i>	4
Figura 2. Vista lateral del cazón bironche <i>Rhizoprionodon longurio</i>	5
Figura 3. Surcos labiales y posición de la segunda aleta dorsal y anal.	5
Figura 4. Área de estudio.	16
Figura 5. Distribución de tallas de las capturas de la pesca comercial del cazón bironche para el total de las localidades.	26
Figura 6. Composición de tallas para los individuos capturados comercialmente en Salina Cruz, Oax.	27
Figura 7. Composición de tallas para los individuos capturados comercialmente en Playa Sur, Mazatlán.	27
Figura 8. Composición de tallas para los individuos capturados comercialmente en Bahía de La Paz- Punta Arenas.	28
Figura 9. Proporción de sexos para la totalidad de las muestras.	29
Figura 10. Estructuras reproductivas de los machos de <i>R. longurio</i>	30
Figura 11. Longitud del testículo en relación a la longitud total de los individuos.	30
Figura 12. Ancho del testículo con respecto a la longitud total de los individuos.	31
Figura 13. Presencia de espermatozoides en individuos externamente inmaduros. 10X. Tinción H-E.	31
Figura 14. Desarrollo diamétrico en el cazón bironche. 4X. Tinción H-E.	32
Figura 15. Relación del oocito más grande a través de los meses.	33
Figura 16. Ovario maduro.	33
Figura 17. Oviductos y glándula oviducal en individuos juveniles.	34

Figura 18. Relación de la glándula oviducal con la longitud total.	35
Figura 19. Oviductos, útero y glándula oviducal en individuos adultos.	35
Figura 20. Cápsula uterina en compartimiento individual.	36
Figura 21. Cápsulas uterinas y tercer membrana.	37
Figura 22. Talla promedio de las cápsulas uterinas y embriones a través de los meses de muestreo.	37
Figura 23. Embriones en diferentes estados de desarrollo (A) y en compartimiento individual (B).	38
Figura 24. Longitud del gonopterigio vs longitud total.	39
Figura 25. Modelo logístico para los machos relacionando la longitud total con la proporción de individuos maduros.	39
Figura 26. Relación de la glándula oviducal con la longitud total.	40
Figura 27. Modelo logístico para las hembras relacionando la longitud total con la proporción de individuos maduros.	41
Figura 28. Relación entre el número de embriones (e) – cápsulas uterinas (cu) y la longitud total de las hembras.	42
Figura 29. Talla promedio de los embriones (e) y cápsulas uterinas (cu) a través de los meses de muestreo.	43
Figura 30. Diámetro promedio de oocitos con respecto a los meses de muestreo.	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de organismos observados por mes, durante el periodo de marzo de 2004 a septiembre de 2006, en las tres localidades de muestreo.	26
---	----

GLOSARIO

APPENDICULAE: Procesos dendríticos, aplanados que se proyectan desde la superficie del cordón umbilical (Alcock, 1890).

ATRIBUTOS DE LA POBLACIÓN: También llamados atributos demográficos, son aquellos que no es posible distinguir en un individuo aislado o un reducido grupo de ellos. Estos atributos son: densidad, natalidad, mortalidad, inmigración, emigración, patrón de distribución de los individuos, tasa de crecimiento de la población, estructura de edades, composición genética, tasa sexual y estructura social (Saruhkán, 1987)

CORTEJO: Son las acciones y eventos más o menos elaborados que preceden el apareamiento entre sexos en una especie (Saruhkán, 1987).

ESPERMATOGÉNESIS: Es un proceso biológico en el cual se producen el desarrollo y diferenciación de las células sexuales masculinas (espermatozoides) en las gónadas de los machos (Lender *et al.*, 1982).

ESPERMATOZEUGMATA: Es un conjunto de masas organizadas de espermatozoides unidos por una matriz cohesiva para formar masas ovoides o amorfas (Pratt y Tanaka, 1994).

ESPERMATOZOIDE: Es el gameto masculino maduro que se caracteriza porque presenta movilidad (Lender *et al.*, 1982).

FECUNDIDAD: Es la capacidad reproductiva de un organismo. Esta basada en la tasa de producción de huevos en especies ovíparas y el número de embriones en los úteros de especies vivíparas (Dood, 1983).

FENOTIPO: Es la apariencia física que resulta en un organismo debido a la interacción entre su genotipo y componentes del ambiente (Saruhkán, 1987).

GENOTIPO: Es la suma total de todos los genes presentes en un individuo y que pueden expresarse en forma total o permanecer latentes y que constituyen la estructura genética de un organismo (Saruhkán, 1987).

GONOPTERIGIOS: Órganos copuladores del macho, que son modificaciones de los bordes internos de las aletas pélvicas, son característicos de los elasmobranquios (Álvarez del Villar, 1978).

OVARIO EXTERNO: Se caracteriza porque tiene los ovocitos expuestos sobre el estroma. Este ovario es característico de la familia Carcharhinidae y Sphyrnidae (Pratt, 1988).

POBLACIÓN: Conjunto de individuos de la misma especie que coexisten en un mismo espacio y tiempo, que comparten ciertas propiedades biológicas, las cuales producen una alta cohesión reproductiva y ecológica del grupo (Enciclopedia en línea Wikipedia).

STOCK: Parte de la población que puede ser manejada como una unidad discreta (Quinn y Deriso, 1999)

TERCER MEMBRANA: Es la cubierta que protege al huevo fecundado; en especies vivíparas placentarias esta membrana es muy delgada y transparente (Hamlett, 1999).

VITELOGÉNESIS: Este proceso se caracteriza por la aparición de gránulos de vitelo, que se van desarrollando e incrementando su tamaño y después se fusionan para formar una masa fluida continua de vitelo (Houillon, 1978).

RESUMEN

El cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* es una especie de importancia en los desembarcos artesanales de tiburones de algunos lugares del Pacífico Mexicano. Se distribuye desde el sur de California hasta Perú, desplazándose a lo largo de la Costa Occidental de México a manera de corridas reproductivas. Con el fin de analizar los parámetros reproductivos del cazón bironche, se realizaron muestreos durante marzo de 2004 a septiembre de 2006 en varias localidades del Pacífico Mexicano: Bahía de La Paz, B.C.S., Punta Arenas, B.C.S., frente a Isla Cerralvo, Mazatlán, Sin., ubicadas dentro del Golfo de California; y en la Ensenada de Chipehua, Salina Cruz, Oax., dentro del Golfo de Tehuantepec. Se registraron un total de 387 ejemplares para todas las localidades, con una distribución de sus capturas en el intervalo de 46 a 123 cm LT. Se capturaron incidentalmente 5 neonatos en la Bahía y Ensenada de La Paz, con un intervalo de tallas entre los 36 y 46.5 cm LT. La proporción de sexos para el total de la población fue de 1.18M:1H. La talla de primera madurez sexual para las hembras fue a los 80 cm LT; mientras que para los machos fue a 82 cm LT. Se registraron 44 hembras con embriones y 24 hembras con cápsulas uterinas, siendo la fecundidad de 2 a 10 embriones. La talla promedio menor para los embriones fue de 2.4 cm LT en el mes de agosto; mientras que la mayor estuvo presente en el mes de febrero (25.7 cm LT), lo cual, apoyado con el neonato de menor longitud, capturado en el mes de mayo, sugiere un periodo de gestación de 11 a 12 meses. El periodo de apareamiento y expulsión de neonatos es durante los meses de mayo a principios de agosto, con un posible nacimiento de los neonatos en la Bahía de La Paz.

Palabras claves: *Rhizoprionodon longurio*, reproducción, migración, población, stock, Pacífico Mexicano.

ABSTRACT

The Pacific Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon longurio*, is a specie of commercial importance in some places of the Mexican Pacific coast with reproductive migrations through this coast. Its distribution goes from Southern California to Perú. Samples were obtained from the fishing camps of Bahía de La Paz, B.C.S., Punta Arenas, B.C.S., Mazatlán, Sin., in the Gulf of California; and Ensenada Chipehua, Salina Cruz, Oax., in the Gulf of Tehuantepec, from March 2004 to September 2006. The reproductive biology of 387 Pacific Sharpnose Shark was examined. Their total length (TL) ranged from 46 cm to 123 cm. Five new-born of sizes between 36 and 46.5 cm TL were captured incidentally in Bahía de La Paz. The overall sex ratio was 1.18:1 males per female. Ovarian egg diameters and the presence of uterine eggs or developing embryos show that female maturation occurs at about 80 cm TL, while clasper development suggests that males mature at about 82 cm TL. Forty four pregnant females and 24 with uterine eggs were captured, with fecundity between 2 to 10 embryos. The smallest embryos were found during August and new-born during May and September. The gestation period was estimated in 11-12 months. The mating time in Bahía de La Paz apparently occurs from May to August.

Keywords: *Rhizoprionodon longurio*, reproduction, migration, population, Mexican Pacific coast, stock.

1. INTRODUCCIÓN

Los tiburones han estado presentes en los océanos por cerca de 400 millones de años. Representados en la actualidad por aproximadamente 417-494 especies. Este grupo de vertebrados marinos está ahora experimentando una reducción a nivel mundial por la actividad pesquera (Hueter, 1998).

Entre las características más distintivas en el ciclo de vida de los tiburones están su lento crecimiento, madurez tardía, prolongada gestación, alta longevidad, baja fecundidad, frecuencia reproductiva desconocida y un aparente mecanismo denso dependiente asociado a la relación stock-reclutamiento (Walker, 1992). Tales características biológicas ubican a los tiburones como organismos de bajo poder reproductivo comparado con los peces teleosteos y por lo tanto, susceptibles de ser sobreexplotados, dando como resultado, reducciones de sus stocks, entre 50 y 90 % dependiendo de la especie para las poblaciones costeras y oceánicas del Atlántico noroeste y Golfo de México. Mientras que en el Golfo de California se ha observado la misma tendencia, pero no existen estadísticas por especie (Hueter, 1998; INP, 2000; Compagno *et al.*, 2005; Klimley y Galván, 2006; Nevill, 2007).

La biología reproductiva en los condriktios es una de las más antiguas áreas de la investigación biológica (Wourms y Demski, 1993). Los componentes claves del estudio de la reproducción son: la proporción de sexos al nacer, la relación entre la talla o edad materna y el número de descendientes de ésta y la proporción de hembras de la población que contribuyen al reclutamiento anual con respecto a su edad o talla; esta última a su vez, requiere conocer la periodicidad del ciclo ovárico y la gestación (Walker, 2005). El cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* es una de las principales especies en los desembarcos artesanales de algunos lugares del Pacífico Mexicano (Golfo de California, representando a la tercera especie en importancia relativa con un 8.42 %; y específicamente en Sinaloa, siendo la segunda especie en importancia para 1995, representada por un 28.56 %) (INP, 2000; CONAPESCA-INP, 2004); sin embargo, actualmente existe poca información de su biología, migración y aspectos reproductivos. De esta manera, es importante definir

sus parámetros reproductivos, en forma detallada en una parte de su distribución en el Pacífico Mexicano, lo que permitirá conocer aspectos básicos de su dinámica poblacional, lo cual a su vez podrá contribuir al establecimiento de planes de manejo adecuados para la especie.

2. ANTECEDENTES

La pesquería del tiburón ha tenido un importante valor social y económico para las comunidades rurales ubicadas a través de la costa del Pacífico Mexicano, la cual se caracteriza por el uso de diferentes artes de pesca (redes y anzuelos) y zonas de pesca, trayendo como consecuencia que la captura además de ser multiespecífica, incluya una gran variedad de tallas y estadios de desarrollo: neonatos, juveniles, adultos e incluso hembras preñadas con diferentes estadios embrionarios, la mayoría en estadios avanzados (Bonfil, 1994; Tapia-García y Gutiérrez, 1998; INP, 2000).

Las especies que prácticamente sostienen la pesquería de tiburón en México se agrupan dentro del orden Carcharhiniformes (Márquez-Farías, 2002). Dentro de este orden la familia Carcharhinidae es una de las más importantes. En el área del Pacífico centro oriental, ésta familia está representada por 7 géneros y 18 especies, siendo el género *Rhizoprionodon* monoespecífico para esta área (Compagno *et al.*, 1995).

Clasificación taxonómica de *R. longurio* (Nelson, 1994)

Phyllum Chordata

Subphyllum Vertebrata

Superclase Gnathostomata

Clase Chondrichthyes

Sub-clase Elasmobranchii

Orden Carcharhiniformes

Familia Carcharhinidae

Genero *Rhizoprionodon*

Especie *R. longurio* (Jordan & Gilbert, 1882)

El cazón Bironche u Horma, *Rhizoprionodon longurio* está distribuido desde el sur de California hasta Perú, incluyendo el Golfo de California, Isla Malpelo e Isla Cocos. (Robertson y Allen, 2002) (Fig. 1). Es una especie costera, vive sobre la plataforma continental, siendo la talla máxima de 110 cm de longitud total (LT), aunque probablemente alcance los 154 cm LT. Su hocico es largo y puntiagudo con apariencia semitraslúcida visto desde abajo; hendiduras nasales oblicuas; coloración gris o gris café en el dorso y costados, vientre blanco (Fig. 2); presenta surcos labiales muy largos y el origen de la segunda aleta dorsal marcadamente detrás de la aleta anal (Fig. 3) (Castro, 1983; Compagno, 1984; Compagno *et al.*, 1995; Robertson y Allen, 2002; Compagno *et al.*, 2005). Se congrega en la cercanía de la desembocadura de ríos y en ocasiones penetra hacia las lagunas costeras, donde permanece algún tiempo, probablemente como parte de su ciclo de vida. Se alimenta de peces (*Hippocampus*, *Pleuroncodes*, *Synodus*, *Scomber japonicus*, *Rhynchoconger nitens*), crustáceos (camarones, jaibas, cangrejos) y moluscos (*Lucina aproximata*) (Saucedo-Barron *et al.*, 1982; Allen y Robertson, 1994; Alatorre-Ramirez, 2003; Espinosa-Pérez *et al.*, 2004; Alderete-Macal, 2007).



Figura 1. Distribución de *Rhizoprionodon longurio*.



Figura 2. Vista lateral del cazón bironche *Rhizoprionodon longurio*.

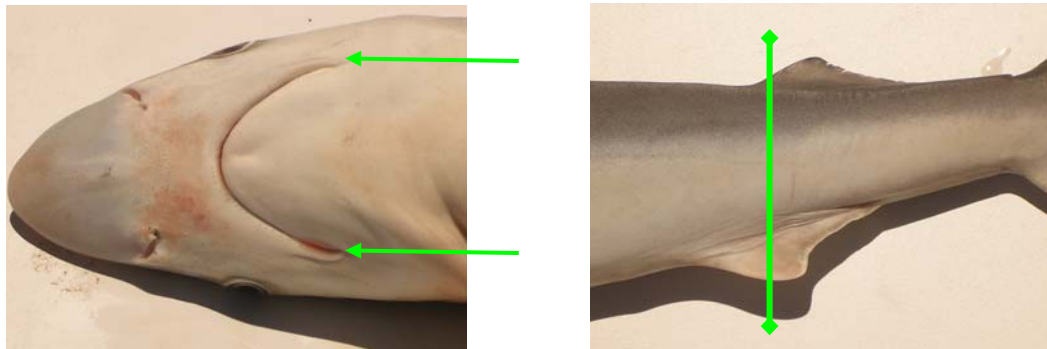


Figura 3. Surcos labiales y posición de la segunda aleta dorsal y anal.

En el Pacífico Mexicano esta especie se explota comercialmente desde el Golfo de California, de forma temporal debido a migraciones estacionales masivas denominadas "corridas", hasta Puerto Madero, Chiapas (Castillo-Géniz *et al.*, 1997; INP, 2000). En general, en el Golfo de California, la estructura de tallas es de 45 a 120 cm LT (INP, 2000). En el Alto Golfo de California (Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco, Son – San Felipe, B.C.), la pesca del cazón bironche se realiza desde noviembre hasta agosto, con capturas máximas entre principios de marzo y finales de junio (Cudney-Bueno y Turk-Boyer, 1998). En la Bahía de La Paz, esta especie es capturada durante los meses de marzo, abril, agosto, octubre y noviembre, siendo los principales meses de captura los dos primeros. La amplitud de tallas se encuentra entre los 52 y 116 cm LT, siendo el intervalo de talla más frecuente de los 90 a los 100 cm LT (Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1997). En el sur de Sinaloa, la pesquería de *R. longurio* se lleva a cabo desde noviembre hasta mayo, con picos máximos en febrero, en donde la mayor parte de las capturas (95 %) corresponden a individuos

maduros, siendo un 50 % hembras preñadas y/o que ya han parido, con dos grupos modales para adultos a los 96 y 108 cm LT y un componente pequeño de juveniles con una moda de 70 cm LT (INP, 2000; Márquez-Farías *et al.*, 2004; CONAPESCA-INP, 2004); sin embargo, López-García (2006), determina una mayor proporción de individuos juveniles (63%) con respecto a individuos adultos (37%). Alrededor de Isla Isabel es una de las principales especies capturadas durante los meses de enero a febrero, siendo el intervalo de talla más frecuente de 95-104 cm LT, con la mayor parte de las capturas compuesta de organismos maduros (59%) (Pérez-Jiménez *et al.*, 2002). En el litoral chiapaneco (Pto. Madero) como en el de la costa de Oaxaca (Santa Cruz, Huatulco, Pto. Angel, Mazunte y Pto. Escondido), el cazón bironche presenta una abundancia muy baja (Castillo-Géniz, 2001; Alejo-Plata *et al.*, 2002).

No existen trabajos en cuanto a la anatomía y estrategia reproductiva de la especie, sin embargo, se encuentran algunas publicaciones sobre sus congéneres. Parson (1983), describe el ovario maduro de *Rhizoprionodon terraenovae* como una estructura impar, cuya forma asemeja a una lágrima, con longitudes que van de los 6 a 10 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho, presentando a diferencia de la mayoría de los Carcharhinidos (Pratt, 1988), el izquierdo funcional. En cuanto a su estructura y localización (aparte de su posición sobre el lado izquierdo de la cavidad corporal) son similares a las encontradas en el tiburón azul (Pratt, 1979). El ovario de los organismos adultos durante la mayoría del año, presenta numerosos oocitos pequeños (0.2 a 0.5 cm), embebidos en tejido conectivo denso, los cuales sirven como un almacén de reserva de una estación reproductiva a otra. Al ocurrir la ovulación, se da una rápida depositación de vitelo en 4 a 8 de los pequeños oocitos ya presentes. Cerca o en el momento de la ovulación el ovario se encuentra grande y altamente vascularizado, con oocitos de color amarillo, con diámetros de 20 mm, mientras que el resto de oocitos que no han sufrido vitelogénesis sufren atresia.

Posterior a la ovulación, los oocitos se mueven hacia la cavidad corporal dentro del ostium, el cual forma el final anterior del oviducto, para continuar hacia la glándula oviducal donde la fertilización probablemente tiene lugar. La glándula

oviducal en *R. terraenovae*, es una estructura pareada, localizada en dirección posterior del oviducto; su función es producir la tercer membrana o estuche del huevo, además de servirle como almacenaje de corta duración de esperma y retraso en la inseminación (Pratt, 1993). Después de que los oocitos han sido fertilizados en la glándula oviducal, estos se dirigen hacia el útero, en donde son implantados en depresiones de las paredes uterinas. En este momento, los huevos uterinos son de forma alargada, con promedios de 1.8 cm de ancho x 3.2 cm de largo.

Castro y Wourms (1993), proporcionan un estudio detallado en cuanto a la placentación y desarrollo embrionario de *Rhizoprionodon terraenovae*, reportando la formación de compartimentos separados en el útero para cada huevo cuando el embrión ha alcanzado de los 0.3 a los 3 cm. Estos embriones van a depender del vitelo durante las primeras 8 semanas de desarrollo. Posterior a esto, cuando tienen 7.2 cm de longitud y su suplemento de vitelo está reducido, cambian a nutrición matrotrofica. El desarrollo de la placenta comienza cuando los embriones están de 4 - 5.5 cm y el saco vitelino está vascularizado y en contacto con las paredes del útero. El momento de la implantación y formación de la placenta ocurre a las 8-10 semanas de edad, en este instante, los embriones ya se encuentran de 7 - 8.5 cm. La tercer membrana esta presente durante toda la gestación, separando los tejidos de la madre y el feto. Además el embrión desarrolla numerosos *appendiculae* o procesos dendríticos, aplanados que se proyectan desde la superficie del cordón umbilical.

En cuanto a la estructura de los testículos y el epidídimo, Parson (1983), los describe de la siguiente manera: en individuos maduros, los testículos son órganos pareados, alargados y aplanados. Dependiendo de la estación y la talla de los adultos, los testículos tienen un rango de 13 a 20 cm de largo, 1 a 2 cm de ancho y 0.5 a 1 cm de grosor. Estos se encuentran localizados en posición dorsal a los lóbulos del hígado en el final anterior de la cavidad peritoneal, soportado por un *mesorchium*. Internamente, el órgano esta ocupado por ámpulas seminíferas esféricas o folículos seminíferos (Pratt, 1988), similar a las encontradas en el tiburón azul, las cuales contienen espermatozoides en varios estados de desarrollo, con sus

cabezas dispuestas en grupos discretos en la periferia del folículo. Los espermatozoides abandonan los testículos por los ductos eferentes e ingresan al epidídimo, el cual es un órgano pareado, que se localiza por encima de los testículos, contra la pared dorsal de la cavidad abdominal.

Pratt (1988), diferencia al menos 3 tipos de testículos (radial, diamétrico y compuesto) y 2 tipos de ovarios (externo e interno) entre los elasmobranquios y concluye que tanto *Rhizoprionodon terraenovae*, como *R. lalandii* presentan testículo tipo diamétrico (patrón de desarrollo de los folículos a través del diámetro) y ovario tipo externo (soportado externamente por la superficie distal del órgano epigonal, o suspendido directamente por el mesovarium) para *R. terraenovae*.

Pratt y Tanaka (1994), describen el almacén de esperma en machos adultos de *Rhizoprionodon terraenovae*, de tipo espermatozeugmata (masa organizadas de esperma desnudo unidos con una matriz cohesiva formando masas ovoides de 100-1200 micrómeros) compuesta de varias capas de cúmulos de espermatozoides que parecen esfera y están agregados alrededor de un cúmulo de esperma al azar.

Los aspectos reproductivos para la especie han sido abordados para individuos capturados en dos localidades: en la Bahía de La Paz (Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1997), determinan la talla de madurez a los 90 cm LT para los machos, inferida a través de la relación de la longitud del gonopterigio y su calcificación vs la longitud total, mientras que para las hembras esta fue de 100 cm LT, estimada a partir del diámetro de los oocitos y de las hembras grávidas más pequeñas; asimismo, determina una fecundidad de 8 embriones con tallas de 23.5 hasta 35 cm LT.

Para el sur de Sinaloa, Saucedo-Barron *et al.* (1982) determinan una fecundidad de 4 a 12 embriones, con longitudes entre 28 y 33 cm LT; mientras que Castillo-Géniz (1990), estima la talla de madurez para hembras, en base al criterio de la hembra grávida más pequeña (Gubanov, 1978) de 83 cm LT y para machos de 86

cm de LT, de acuerdo al individuo maduro de menor talla con gonopterigios bien desarrollado, que sobrepasen el borde posterior de las aletas pélvicas e intensa vascularización en la región de la base. A su vez determina la edad de primera madurez sexual para hembras a los 2.3 años y para los machos de 2.7 años utilizando el método desarrollado por Holden (1974) en donde se utiliza información biológica como talla de nacimiento, longitud máxima observada y la duración del periodo de gestación. Este mismo autor calcula una fecundidad de 5 a 11 embriones, con longitudes de 26 a 35 cm LT, y un crecimiento de los neonatos durante su primer año de vida de 25 a 26 cm; además sugiere de forma indirecta, por la presencia anual documentada de un gran número de hembras grávidas en las capturas comerciales un periodo de gestación de 10 a 11 meses y determina una proporción de sexos de 2.04H:1M y 1:1, para el total de la población y para los embriones, respectivamente .

Márquez-Farías *et al.* (2004), asimismo para la región de Sinaloa, propone una proporción sexual en embriones de 1:1, una madurez sexual para los machos de 93 cm LT de acuerdo al individuo maduro de menor talla con gonopterigio calcificado y de 83 cm LT en el caso de las hembras, inferido por la hembra grávida de menor talla. Este mismo autor cita una fecundidad de 1 a 12 embriones, con longitudes entre 15 y 37 cm LT; y un periodo de gestación de 10 a 12 meses, con talla al nacer de 31 cm LT y una temporada de nacimiento que se extiende desde principios de abril hasta finales de junio.

López-García (2006), en su estudio de edad y crecimiento de *R. longurio* en Mazatlán, Sin., establece la edad de primera madurez sexual para las hembras a los 5 y 6 años, mientras que de 4 a 5 años para los machos.

Parson (1983), para la región norte-centro del Golfo de México, determina para *R. terraenovae* la madurez sexual a los 80 cm LT, a través del crecimiento del gonopterigio y el desarrollo del saco sifonal; mientras que la talla de madurez para las hembras fue de 85 a 90 cm LT, de acuerdo a un marcado aumento en el diámetro

de los oocitos en relación a la talla del individuo. Este autor reporta una fecundidad de 1 a 7 embriones, un periodo de gestación de 10 a 11 meses, con un periodo de nacimiento de mayo-junio y apareamiento en julio-agosto y una talla de nacimiento de 32 cm LT.

Castro y Wourms (1993), para Carolina del Sur, USA., establecen para *R. terraenovae*, un periodo de gestación de 11 a 12 meses, ocurriendo el parto en aguas costeras poco profundas a finales de mayo-principios de junio y la cópula a finales mayo-mediados de julio, con una talla al nacer de 29 a 32 cm.

Loefer y Sedberry (2002), reportan diferencias en talla y edad de madurez para diferentes años de muestreo, entre hembras de *R. terraenovae*, del Golfo de México y Sureste de la costa de Los Estados Unidos; abriendo la posibilidad, de que esas diferencias estén relacionadas a cambios temporales en la estructura poblacional de la especie a través de estas dos regiones, debidas a la presión pesquera.

Márquez-Farías y Castillo-Géniz (1998) y Castillo-Géniz *et al.* (1998), determinan para *R. terraenovae* en el sur del Golfo de México, la talla de madurez para las hembras a los 91.5 cm LT, según la hembra grávida de menor talla, un desarrollo embrionario de 11 a 12 meses, una fecundidad de 1 a 9 crías, con un periodo de nacimiento entre mayo y julio.

Simpfendorfer (1992), reporta para *R. taylori*, en el norte de Queensland, Australia, la talla de madurez para las hembras a los 57.5 cm LT, cuando el 50 % de las hembras están maduras y para los machos a los 56 cm LT, de acuerdo a la calcificación de los gonopterigios, un ciclo reproductivo anual en verano, un periodo de gestación de 11.5 meses, una fecundidad de 1 a 10 embriones y una talla de nacimiento de 22 a 26 cm LT. A su vez, cita la presencia de diapausa embrionica para esta especie.

Mattos *et al.* (2001), citan para *R. porosus*, en el norte de Brasil, una proporción sexual para el total de la población de 1M: 1.57H y para los embriones de 1M: 1.79 H, una madurez sexual para las hembras de 65 cm LT, determinada en relación al desarrollo de los ovarios, la hembra de menor talla con oocitos maduros y/o grávidas; mientras que para los machos entre 65 y 70 cm LT, según el completo desarrollo de los gonopterigios. Igualmente, infiere un ciclo anual de reproducción, un pico reproductivo desde finales de invierno hasta finales de primavera, una fecundidad de 1 a 8 embriones, con talla de nacimiento entre 33 y 37 cm LT.

Ferreira y Lessa (1988), reportan para *R. lalandii* en la costa sur y norte de Brasil, una madurez sexual de 60 a 65 cm LT y de 52 a 56 cm LT, respectivamente. Asimismo, Motta *et al.* (2005), para la costa sur de Brasil, proponen un periodo reproductivo de abril a julio.

Castro (1993), basado en la distribución de tiburones por talla y sexo y en relación a sus patrones migratorios, establece la existencia de 3 diferentes áreas: las áreas de alimentación de los adultos, la cual abarca la parte más amplia del rango de una especie, siendo estas, los lugares donde los adultos viven excepto en el tiempo en el que migran a áreas específicas de apareamiento o áreas de crianza. Estas áreas de apareamiento es el lugar donde los adultos se congregan con fines reproductivos. Por otro lado, las áreas de crianza, son partes geográficamente discretas del rango de distribución de la especie donde las hembras grávidas paren a las crías (en las especies vivíparas) y en donde los juveniles gastan sus primeras semanas, meses o años.

El concepto de área de crianza ha sido reportado por un gran número de autores: Meek (1916), Springer (1967) y Castro (1987), establecen que la distribución de los tiburones vivíparos indicaba que las hembras viajan a una región particular a liberar a sus crías y que los requerimientos de las especies por las áreas de crianza pueden estar limitados por la profundidad del agua y tipo de hábitat, es decir, aguas someras altamente productivas como manglares costeros y estuarios, donde los

juveniles pueden encontrar abundante alimento. Asimismo, Bass (1978), divide las áreas de crianza en dos tipos: áreas de crianza primarias y secundarias. Las áreas de crianza primarias son aquellas donde ocurre el parto y las crías viven por un corto tiempo, mientras que las áreas de crianza secundarias son aquellas en las cuales los juveniles se encuentran después de haber dejado las áreas de crianza primarias y antes de alcanzar la madurez. Evidencia de lo anterior se presenta en ciertas especies de Carcharhínidos (Gruber *et al.*, 1988) y de la familia Sphyrnidae (Clarke, 1971; Castro 1987). Sin embargo, en algunas especies de carcharhínidos las áreas de crianza primarias y secundarias ocurren en la misma área (Snelson *et al.*, 1984).

Branstetter (1991), sugiere que las áreas de crianza pueden ser categorizadas por el grado de exposición a depredadores potenciales en: 1) áreas de crianza protegidas, localizadas en áreas no frecuentadas por los adultos; y 2) áreas de crianza no protegidas, que se encuentran en hábitats ocupados por los adultos. Además, el mismo autor sugiere que las especies que producen crías pequeñas o de lenta tasa de crecimiento utilizan áreas de crianza protegidas, donde la depredación es baja, reduciéndose así la mortalidad de las crías mientras que las especies que ocupan áreas de crianza expuestas son de crecimiento rápido. En adición, las crías de las especies pequeñas que pueden sufrir una alta depredación debido a su tamaño, alcanzan la madurez más rápidamente y se reproducen más frecuentemente que las especies de mayor tamaño.

Parson (1983) y Castro y Wourms (1993), sugieren que *R. terraenovae* migra de aguas costeras a oceánicas profundas; permaneciendo en éstas durante los meses fríos de invierno, a partir de octubre-noviembre y regresando hacia la costa a finales de primavera-verano (abril, mayo, junio), siendo quizás las aguas someras del norte del Golfo de México y las de Carolina del Sur, áreas de expulsión de neonatos y crianza. Sin embargo, Parson y Hoffmayer (2005), posteriormente sugieren que tanto, el apareamiento como el nacimiento ocurren en aguas oceánicas.

Castillo-Géniz *et al.* (1998), postulan un movimiento estacional para *R. terraenovae* en aguas mexicanas del Golfo de México, de acuerdo a lo propuesto por Parson (1983), con desplazamientos de la especie a finales de otoño en dirección sur, penetrando hacia Tamaulipas y Veracruz; siendo las aguas costeras de Matamoros, Tamaulipas, parte de una área de crianza no protegida para la especie.

Heist *et al.* (1996), reportan que existe suficiente flujo genético entre individuos de *R. terraenovae* colectados a través de un amplio rango geográfico (Veracruz, Mx. - Virginia, USA), indicando que existe una única población reproductiva.

La migración de *R. longurio* es poco clara, aunque se propone la presencia de una migración reproductiva de la población desde el sur de Isla Tiburón en el centro del Golfo de California a la región sur del estado de Nayarit, durante invierno-primavera a través de la costa oriental del Golfo de California, con la integración de los grupos por talla y sexo de los organismos maduros y de las hembras grávidas (Castillo-Géniz, 1990), con movimientos de retorno en el periodo otoño-verano, en dirección opuesta a través del eje central del golfo o a lo largo de la costa de Sonora, alcanzando su lugar de origen, incluyendo el Alto Golfo de California, en donde están reportadas áreas de crianza y un periodo reproductivo que va de marzo a junio, con un pico máximo en abril (Cudney-Bueno y Turk-Boyer, 1998). Sin embargo, otros estudios, suponen una aparente migración al interior del Golfo de California, principalmente en primavera, con una expulsión de neonatos en la Bahía de La Paz (Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1997 y INP, 2000). Asimismo, se señala a la costa de Sonora, Sinaloa, Baja California y Baja California Sur como áreas de reproducción para esta especie (Saucedo-Barron *et al.*, 1982; Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1999; Cadena-Cárdenas y Villavicencio-Garayzar, 2000; Castillo-Géniz *et al.*, 2000; Torres-Huerta y Villavicencio-Garayzar, 2000; Villavicencio-Garayzar *et al.*, 2000). Kato y Hernández (1967), reportan el movimiento de un espécimen que fue marcado en la Bahía de San José del Cabo, B.C.S, siendo recapturado 4 meses más tarde 600 millas al norte en la costa oeste de la Península de Baja California.

3. JUSTIFICACIÓN

Los estudios sobre tiburones se han dirigido primordialmente a la caracterización de sus pesquerías y en menor grado hacia aspectos de la biología reproductiva.

La fuerte y continua tasa de explotación de al menos treinta años sobre el cazón bironche, en la costa occidental de México, aunado con falta de conocimiento en cuanto a los aspectos reproductivos y migratorios de la especie, hacen necesario este tipo de estudios conforme a las características biológicas de los tiburones y su explotación.

A pesar de que se han realizado algunos estudios sobre aspectos reproductivos, son puntuales, por lo tanto se desconoce si los caracteres básicos de su reproducción varían a lo largo de su distribución en el Pacífico Mexicano.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer la biología de la reproducción del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* en la costa occidental de México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la composición de tallas de los organismos capturados.
- Determinar la proporción de sexos.
- Describir la morfología del aparato reproductor femenino y masculino.
- Establecer y caracterizar la talla de madurez para ambos sexos.
- Conocer la fecundidad y el periodo de gestación.
- Inferir la temporada de reproducción.

5. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprende varias localidades en el Pacífico Mexicano: Bahía de La Paz, B.C.S., en los campos pesqueros "El Saladito" ubicado en la parte norte de la Bahía y "El Mogote", ubicado en el sur de la Bahía; Punta Arenas, B.C.S., frente a Isla Cerralvo; Mazatlán, Sin., en el campo pesquero Playa Sur, éstos dentro del Golfo de California; y en la Ensenada de Chipehua, Salina Cruz, Oax., dentro del Golfo de Tehuantepec (Fig. 4).



Figura 4. Área de estudio.

La Bahía de La Paz, situada dentro del Golfo de California es una entrada amplia de agua de mar ubicada sobre la margen suroriental de la Península de Baja California. Esta limitada hacia el oeste y sur por tierra firme, hacia el norte y oriente por las aguas del Golfo de California y las Islas Espíritu Santo y Partida. Se comunica libremente con las aguas del Golfo de California a través de una boca principal ubicada entre Punta Cabeza Mechuda y el extremo norte de Isla Partida. Al sur también se comunica con el Golfo de California a través de una boca secundaria

(Canal San Lorenzo) ubicada entre el extremo sur de Isla Espíritu Santo y Punta Las Pilitas. La bahía tiene las profundidades más bajas en la parte sur y las máximas en la parte norte. En el extremo sur se ha desarrollado una laguna costera (Ensenada de La Paz) de profundidades muy someras protegida de mar abierto por una barrera arenosa (El Mogote). Esta laguna se comunica permanentemente con las aguas de la bahía a través de un canal que se forma entre la barrera arenosa y la costa sur de la bahía (Álvarez-Arellano *et al.*, 1997).

La batimetría de la mitad noroeste de la bahía indica una región profunda (400 m) separada por un umbral suave en la boca principal (250 m). Hacia el sur disminuye la profundidad gradualmente hasta llegar a una parte somera con pendiente suave y playas extensas. La profundidad máxima del Canal de San Lorenzo es de 19 m. La marea en La Paz es de carácter semidiurno, y al igual que en la mitad sur del Golfo de California, el reflujo que se encuentra entre la pleamar superior y la bajamar inferior es el más intenso, ocasionando corrientes de marea muy fuertes, mayores que las que se observan en el caso del flujo. En la Bahía de La Paz, además del régimen de brisa, se pueden identificar tres patrones de vientos característicos: vientos del noroeste, vientos del norte y vientos del sureste (conocidos como "Coromuel", "Nortes" y "Coyas", respectivamente) (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997).

El campo pesquero de Punta Arenas se encuentra dentro de la Bahía La Ventana, la cual esta localizada en la parte suroeste del Golfo, frente a la Isla Cerralvo, ésta se separa 11 km del lado este de la Península de Baja California Sur por el canal de Cerralvo, que tiene una profundidad de hasta 500 m. La región esta considerada como una zona de transición con una complicada estructura oceanográfica (De la Lanza, 1991).

El campo pesquero Playa Sur, se encuentra ubicado, al sur de la ciudad de Mazatlán. La zona se caracteriza por su clima subtropical y subhúmedo. Los vientos dominantes durante el invierno son del Oeste y del Noroeste y causan las olas más

fuertes del Noroeste y del Norte, además de una deriva litoral hacia el Sur. Durante el verano prevalecen los vientos del Sur-Suroeste, con oleaje en la misma dirección y con una deriva litoral resultante hacia el norte (García, 1973; Peraza-Vizcarra, 1986). Las corrientes que afectan a las áreas marinas donde opera la flota pesquera de Mazatlán son variables de acuerdo a los diversos grados de influencia de las mayores corrientes oceánicas, principalmente de California, del Golfo de California y de la Costanera de Costa Rica, las cuales de acuerdo al periodo del año, confluyen con diferentes intensidades, causando fuertes diferencias estacionales y locales (Cano-Pérez, 1991).

La zona de influencia de la flota operada por los pescadores de Playa Sur tiene como límites aproximados la localidad de Mármol (23 ° 13' 00" latitud Norte y 106 ° 30' 00" longitud Oeste) y la boca de Chametla (23 ° 45' 25" latitud Norte y 106 ° 05' 15" longitud Oeste), con una superficie global de aprox. 6000 km², aunque la mayoría de los pescadores tienden a operar en un área más restringida y cerca de la costa, entre las 30 y 50 brazas (55-90 m) de profundidad (Sarabia-Alvarado y Velásquez-Mayorquín, 2002).

El Golfo de Tehuantepec incluye tanto el litoral del estado de Oaxaca como el de Chiapas. En este, la temperatura superficial del agua, se caracteriza por su distribución heterogénea debido al efecto del viento. Durante los meses de noviembre a marzo, la temporada de secas, las temperaturas del mar son bajas debido a que las aguas superficiales del Golfo están sometidas a vientos intensos (nortes o tehuanos) que soplan a través del Istmo dando lugar al desplazamiento de aguas profundas hacia la superficie provocando una difusión de agua fría hacia las áreas adyacentes, que varían entre los 18 y 21°C. Durante los meses de mayo a octubre, la temporada de lluvias, los vientos se debilitan y soplan en dirección oriental registrando valores de temperatura entre los 28 y 30° C (Fernández *et al.*, 1992).

Las corrientes en el Golfo de Tehuantepec son irregulares ya que fluctúan con los cambios de dirección de los vientos. (Fernández *et al.*, 1992). El oleaje en el Golfo de Tehuantepec es estacional. Durante los tehuanos las olas son generadas localmente, el oleaje que se produce es violento; en otras épocas del año, el oleaje que se registra en esta zona es generado en lugares distantes del Océano Pacífico central, de período y longitud largos y amplitud relativamente moderada. Estas olas tienen energía suficiente para transportar sedimentos en el litoral, según la forma de la costa y la dirección de incidencia (Fernández *et al.*, 1992).

Dentro del Golfo de Tehuantepec, se encuentra la ciudad y puerto de Salina Cruz, Oax., ubicada en la parte norte del Golfo de Tehuantepec. La Ensenada Chipehua, se localiza a los 16° 02' 36" de Latitud Norte y 95° 22' 62" de Longitud Oeste, se caracteriza por una saliente pronunciada, ya que constituye una inmensa duna de arena en constante crecimiento. Sobresale casi 1.6 km la línea de costa y forma una especie de doble península. A continuación de la punta Chipehua se forma una bahía del mismo nombre con una amplitud aproximada de 8 km. Su costa es rocosa y acantilada, mientras que el fondo es rocoso y arenoso, con profundidades variables de 3.6 m a 36 m (Gentier ,1982). La bahía se encuentra a 6 kilómetros al sureste del centro de la localidad de Salina Cruz.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos para la Bahía de La Paz, Punta Arenas y Playa Sur se realizaron principalmente durante los meses de invierno – primavera de 2004 a 2006, de acuerdo a un fuerte patrón estacional de la especie durante estos meses (Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1997 y Márquez-Farías *et al.*, 2004). Para la Ensenada Chipehua, los muestreos se realizaron semanalmente durante los años 2004, 2005 y 2006. Las artes de pesca utilizadas para la captura del cazón bironche en La Bahía de La Paz – Punta Arenas fueron principalmente redes de fondo con luz de malla de 4, 5 y 8 pulgadas y esporádicamente cimbra de fondo, con anzuelos # 3 ; en Playa Sur fueron cimbras de fondo, con anzuelos # 5 y en la Ensenada de Chipehua se utilizan principalmente redes de fondo con luz de malla de 4 pulgadas , dirigidas a la pesca de escama y en menor medida cimbras de fondo con anzuelos # 1 y 2.

En campo se anotaron la fecha, localidad, arte de pesca, profundidad, distancia a la costa desde el lugar de captura y tipo de carnada utilizada.

De los organismos capturados se obtuvieron los siguientes datos:

- Especie: Se identificó a los organismos con base a las claves para la identificación de tiburones realizadas por Castro (1983) y Compagno (1984).
- Sexo: Se determinó como macho a los organismos que presentaron gonopterigios y hembras a las que no.
- Longitud total (LT): Medida en centímetros, se tomó desde la punta del hocico hasta la punta terminal del lóbulo superior de la aleta caudal, colocando la cola en posición natural; y además en el caso de los machos se registró la longitud del gonopterigio en centímetros (medido desde la inserción de la cloaca hasta la punta distal del mismo).

- Estadio: Su estadio de desarrollo se clasificó de acuerdo a lo descrito por Castro (1983): Embrión fue el estadio de pre-parto. El estadio de Neonato fue el posterior al parto, siendo individuos libres nadadores con cicatriz umbilical. Los individuos juveniles fueron los individuos que no habían madurado aún sexualmente. Adulto fue el individuo sexualmente maduro de la población.

La madurez sexual fue determinada siguiendo los criterios establecidos por Springer (1960) y Clark y Von Schmidt (1965):

MACHOS

- Gonopterigios bien calcificados, que puedan rotar fácilmente y cuando los cartílagos distales del gonopterigio (rifiodón) puedan abrirse libremente.
- Presencia de puntos hematosos en los gonopterigios, considerados como indicadores de cópula reciente.

HEMBRAS

- Presencia de oocitos en desarrollo.
- Huevos o embriones en el útero.
- Útero expandido en forma de saco (la distensión del útero muestra evidencia de un estado de gravidez previo).
- Presencia de heridas (marcas de dientes) causadas por la actividad de cortejo en los flancos o aletas.

Estructuras reproductivas:

Se realizó una incisión desde la cloaca hasta el centro de las aletas pectorales para permitir el acceso a la cavidad corporal y poder así extraer las diversas estructuras reproductivas.

MACHOS

- Los testículos y el epidídimo fueron preservados en formol al 10% (Pratt, 1979), para su posterior revisión (midiéndose tanto el ancho como el largo de los testículos).
- Se prepararon secciones histológicas de 1 cm de la porción media de los testículos, se sometieron a sucesivos baños de alcohol de creciente concentración para su deshidratación en un procesador de tejidos, posteriormente incluidas en paraplast y cortadas transversalmente a un grosor de 7 micras en un microtomo tipo Minot en el Laboratorio de Morfofisiología del CICIMAR-IPN para posteriormente ser teñidas con hematoxilina-eosina (H-E) (Martoja y Martoja-Pierson, 1970) y ser examinada cada laminilla con microscopia de luz.
- La vesícula seminal se removió con cuidado y fue fijada en formol al 10%. Posteriormente fue sometida a la misma metodología de corte, tinción y observación.

HEMBRAS

- Las glándulas oviducal es fueron removidas, medidas y preservadas cuidadosamente con el fin de prevenir dislocación del posible esperma almacenado y contaminación por otras muestras. Se seccionó una porción de 1 cm de la parte posterior de la glándula siguiendo el mismo procedimiento que en los machos.
- Los ovarios fueron preservados en formol al 10% para su posterior revisión. Se contaron el número de oocitos y midió el diámetro del oocito más grande con un vernier digital.
- Los úteros fueron removidos desde la glándula oviducal hasta la cloaca anotando su grado de distensión.

- Las cápsulas uterinas fueron medidas, preservadas y clasificados según Simpfendorfer (1992) en:

Huevos en etapa 1 (Sin signos microscópicos de desarrollo embrionario).

Huevos en etapa 2 (Mostrando desarrollo embrionario macroscópico).

En el caso de los embriones se registró la siguiente información:

- Localización de los embriones dentro del útero
- El sexo de los embriones, determinado por la presencia o ausencia de gonopterigios.
- Número total de embriones, longitud total de los embriones, grado de desarrollo.

Para obtener la composición de tallas se agruparon dichos datos en tablas de frecuencias generando histogramas; la proporción de sexos se determinó de acuerdo al número de organismos de cada sexo, analizándose mediante la prueba estadística X^2 para comprobar si existe diferencia significativa en la proporción (Daniels, 2002).

Para los machos, se observó la relación entre la longitud total con la longitud del gonopterigio y su grado de calcificación como indicador de madurez, ya que la inflexión superior de la línea de tendencia muestra cuando los individuos alcanzan la madurez sexual, mientras que la tendencia vertical de esta relación refleja los ejemplares en estado de transición entre inmaduros a maduros (Pratt, 1979; Castro 1996). En las hembras se realizó este mismo análisis entre la longitud total con el diámetro de los oocitos y la glándula oviducal indicando así el comienzo del periodo de madurez (Natanson y Cailliet, 1986).

La talla de primera madurez poblacional se consideró aquella a la cual el 50% de los organismos en la frecuencia de clase estén maduros (Pratt y Otake, 1990), estimada a través del modelo logístico

$$P_m = 1 / 1 + \exp (- (L_T - L_{50\%}) / \phi),$$

donde P_m es la proporción de individuos maduros a la longitud L_T , $L_{50\%}$ es la longitud a la cual el 50% de los ejemplares son maduros y ϕ es la inclinación de la curva. Los parámetros fueron estimados minimizando la suma de cuadrados de las diferencias entre los valores de madurez observados (proporción de individuos maduros) y estimados (modelo logístico) (Márquez-Farías, 2007).

Se determinó la fecundidad uterina por medio del conteo de embriones o huevos fecundados por hembra (Pratt, 1979), siendo descartados de los análisis los úteros abiertos, debido a una posible pérdida de embriones, consecuencia del estrés del tiburón al momento de su captura. El periodo de gestación se evaluó de acuerdo a la presencia de hembras con huevos recién fecundados o embriones en periodos tempranos de desarrollo en comparación con hembras grávidas terminales o neonatos con respecto al tiempo.

7. RESULTADOS

Los datos en cuanto a localidades se presentan de manera conjunta, con base a una marcada estacionalidad de las capturas en el Pacífico Mexicano, bajo el supuesto de una aparente migración reproductiva a través de la costa occidental de México.

7.1 Composición de tallas

Se registraron un total de 387 ejemplares para todas las localidades (marzo-2004 a septiembre-2006) (Tabla 1). La distribución de las capturas de la pesca comercial tuvo un intervalo de 46 a 123 cm LT (Fig. 5). Para la región de Oaxaca se midieron y se les determinó el sexo a 258 individuos de sep-2004 a abril-2006. Se observaron dos grupos modales, un primer grupo pequeño, compuesto por individuos juveniles con longitudes entre 46 cm y 75 cm LT y un segundo más grande, de individuos en su mayoría adultos, con tallas hasta los 100 cm LT. El intervalo de tallas más frecuente para machos fue entre 81 - 85 cm LT y para hembras entre 91 - 95 cm LT (Fig. 6). Para Mazatlán fueron un total de 46 individuos en el mes de febrero de 2006, registrándose un tercer grupo modal de individuos adultos de tallas superiores a los 100 cm LT, siendo el intervalo más frecuente para los machos de 101 - 105 cm LT y para hembras entre 106 - 110 cm LT (Fig. 7). En cuanto a la Bahía de La Paz-Punta Arenas, el total de individuos fue de 83 para enero-2006, marzo-2004/2005 y febrero-2005/2006, reconociéndose tanto el primer grupo modal de individuos juveniles de tallas menores de 75 cm LT, como el tercero de individuos adultos de longitudes mayores a los 100 cm LT, con un intervalo de tallas más frecuente para machos de 71 - 75 y para hembras 66 - 70 (Fig. 8). A finales de abril de 2006 fueron capturados 2 individuos machos (61.3 y 61 cm LT) y a principios de septiembre se capturaron otros tres ejemplares machos de 45, 45.5, 46.5 cm LT y una hembra de 40.5 cm LT, de manera incidental en La Bahía de La Paz. Los ejemplares anteriormente mencionados para el mes de septiembre presentaron evidencia de cicatriz umbilical siendo considerados neonatos. Asimismo, para el mes

de mayo de 2005 fue capturado en la Ensenada de La Paz, un ejemplar macho de 36 cm LT, también con presencia de cicatriz umbilical.

Tabla 1. Número de organismos observados por mes, durante el periodo de marzo de 2004 a septiembre de 2006, en las tres localidades de muestreo.

LOCALIDADES			
	OAXACA	MAZATLÁN	B. LA PAZ – PTA ARENAS
ENERO	-	-	1
FEBRERO	20	46	19
MARZO	9	-	56
ABRIL	7	-	2
MAYO	-	-	1
JUNIO	8	-	-
JULIO	41	-	-
AGOSTO	55	-	-
SEPTIEMBRE	28	-	4
OCTUBRE	46	-	-
NOVIEMBRE	-	-	-
DICIEMBRE	44	-	-
TOTAL	258	46	83

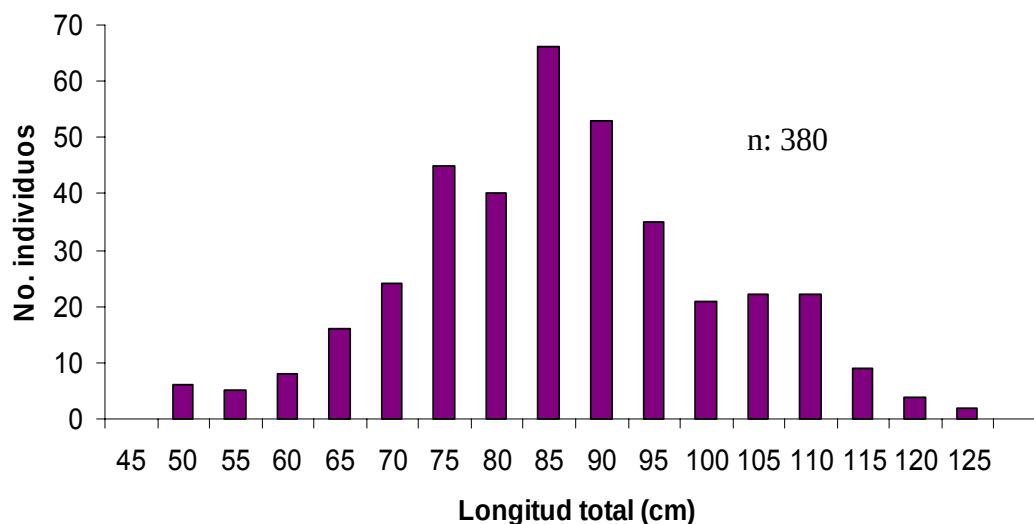


Figura 5. Distribución de tallas de las capturas de la pesca comercial del cazón bironche para el total de las localidades.

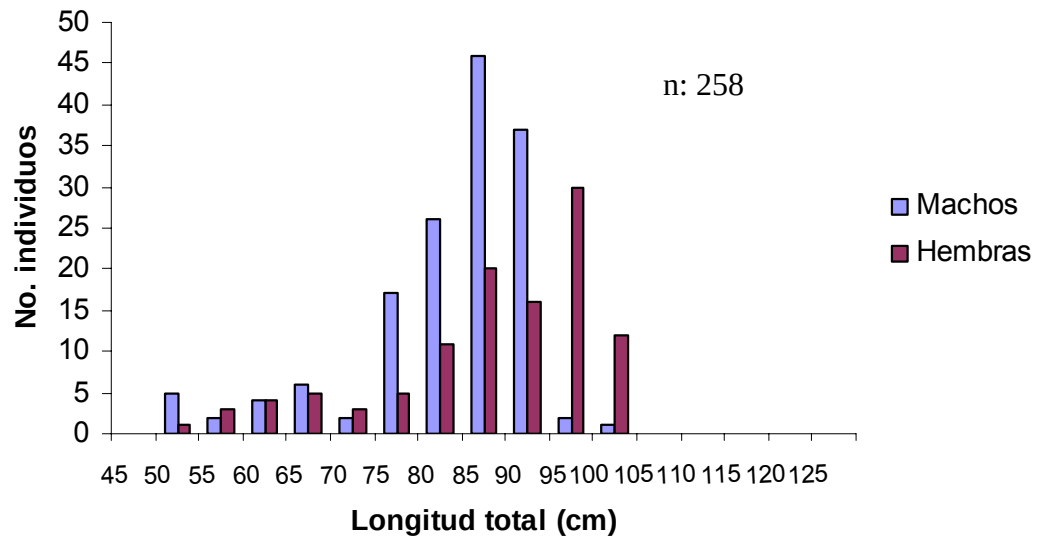


Figura 6. Composición de tallas para los individuos capturados comercialmente en Salina Cruz, Oax.

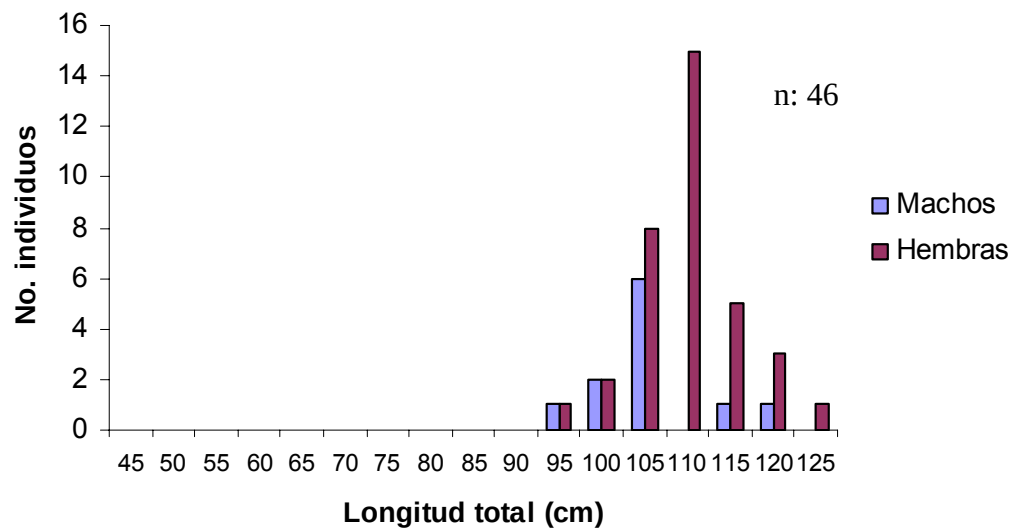


Figura 7. Composición de tallas para los individuos capturados comercialmente en Playa Sur, Mazatlán.

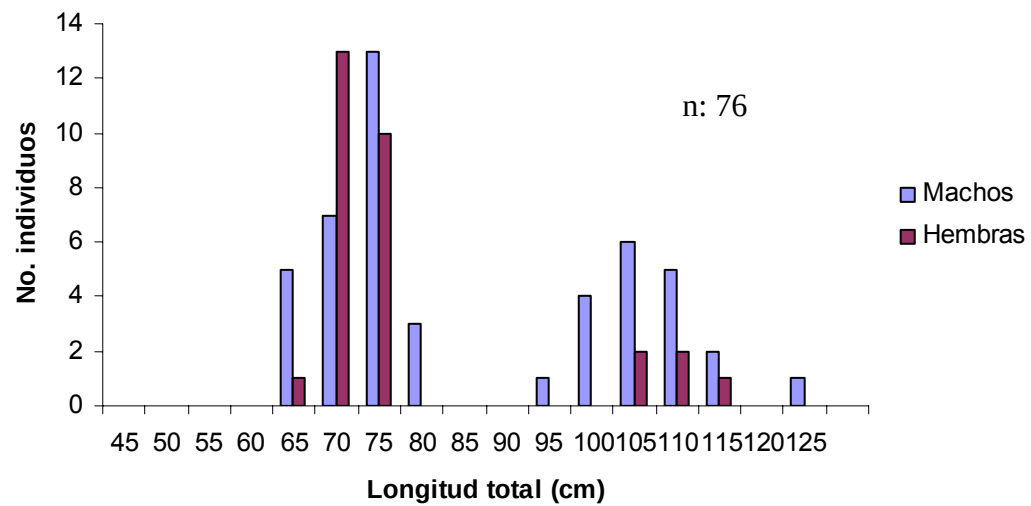


Figura 8. Composición de tallas para los individuos capturados comercialmente en Bahía de La Paz- Punta Arenas.

7.2 Proporción de sexos

Con respecto al total de las muestras, 205 fueron machos y 173 hembras, presentando una proporción de sexos de 1.18M:1H ($X^2=2.70$, $p>0.05$) (Fig. 9). Sin embargo, separando por localidades de muestreo, la proporción sexual mostró diferencias significativas. En la región de Oaxaca esta fue de 1M:0.74H ($X^2=5.59$, $p<0.05$), correspondiendo los individuos capturados en su mayoría a machos y hembras adultas (60.7 % y 68.4 %, respectivamente). En Mazatlán la proporción de sexos fue de 1M:3.18H ($X^2=12.5$, $p<0.05$), siendo los ejemplares capturados principalmente adultos (90 % ♂ y 94.3% ♀). En la Bahía de La Paz – Punta Arenas la proporción sexual fue de 1M:0.63H ($X^2=3.85$, $p<0.05$), estando representada las capturas en su mayoría por individuos juveniles (60.9 ♂ y 100 % ♀). En cuanto a los embriones, éstos tuvieron una proporción de 1M:1.53H ($X^2=9.50$, $p<0.05$).

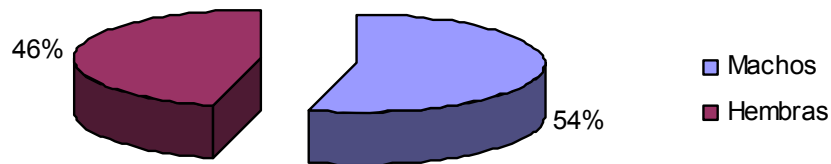


Figura 9. Proporción de sexos para la totalidad de las muestras.

7.3 Morfología del aparato reproductor masculino

Los testículos de los tiburones son localizados anteriormente en la cavidad corporal, suspendidos de la pared dorsal del cuerpo por un *mesorchium*, rodeados por la porción anterior del órgano epigonal (Fig. 10). En los organismos inmaduros, estos tienen longitudes entre 2 y 10 cm y ancho de 0.2 a 1 cm; mientras que en los individuos maduros la longitud varió de los 10 a los 18 cm y el ancho de los 0.5 a 2.5 cm (Fig 11 y 12). En los organismos más pequeños (51-55 cm LT) se observaron las fases de la espermatogénesis, pero sin llegar a formar espermatozoide en la parte distal del testículo; sin embargo, en algunos individuos de longitud total mayor a los 56 cm, aún sin alcanzar la madurez sexual y sin estar morfológicamente aptos para aparearse se encontraron folículos con espermatozoides (Fig 13). Histológicamente, están compuestos de diferentes folículos en distintas fases de la espermatogénesis, caracterizado por un desarrollo de tipo diamétrico, de la zona germinal hacia la periferia (Fig 14).

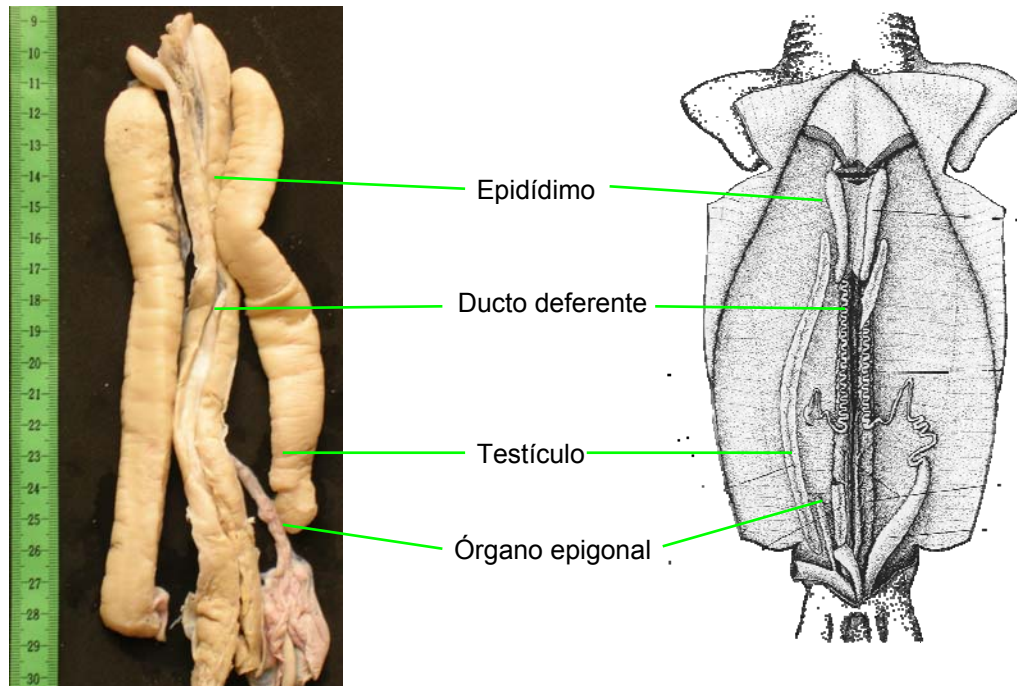


Figura 10. Estructuras reproductivas de los machos de *R. longurio*.

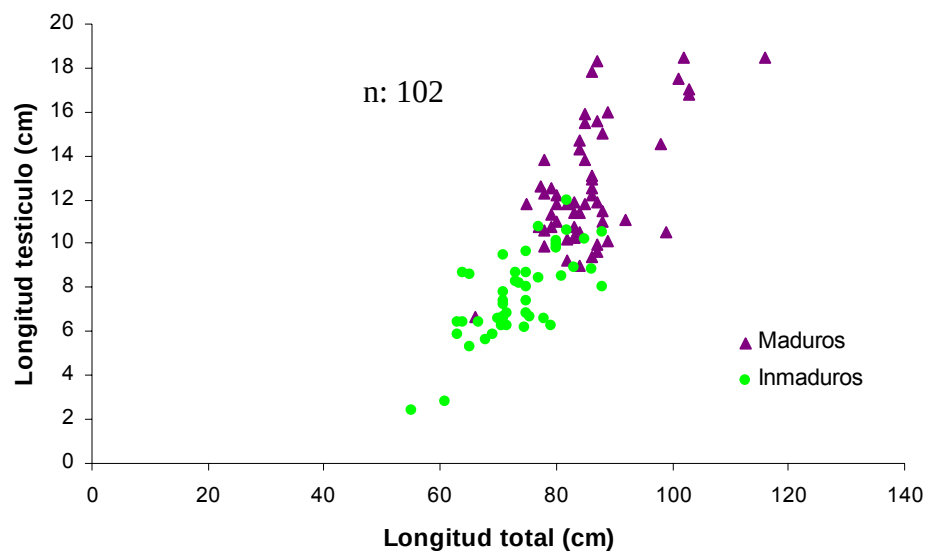


Figura 11. Longitud del testículo en relación a la longitud total de los individuos.

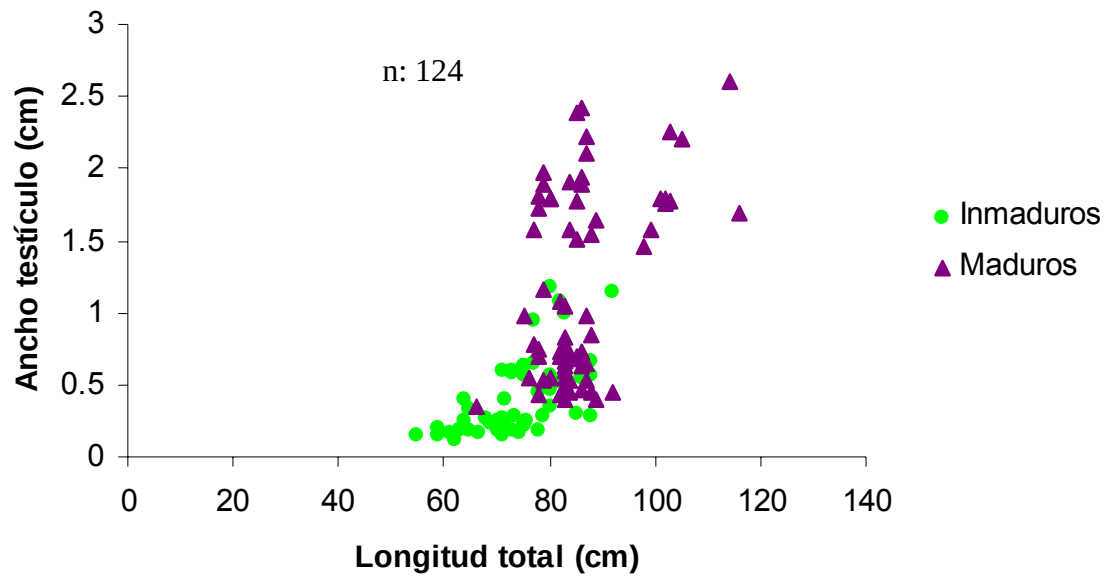


Figura 12. Ancho del testículo con respecto a la longitud total de los individuos.

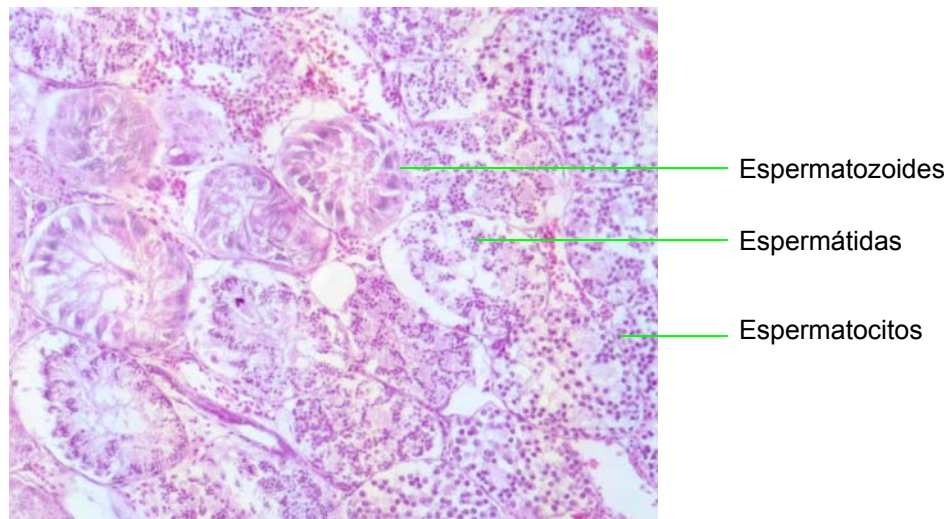


Figura 13. Presencia de espermatozoides en individuos externamente inmaduros.
10X. Tinción H-E.

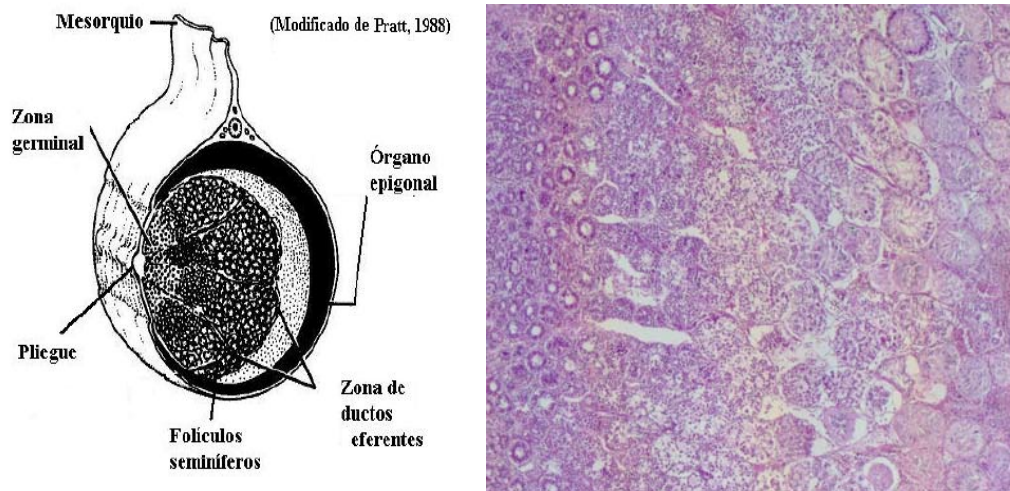


Figura 14. Desarrollo diamétrico en el cazón bironche. 4X. Tinción H-E.

7.4 Morfología del aparato reproductor femenino

El ovario es de tipo externo, siendo sólo el ovario izquierdo funcional, esta ubicado en la porción anterior de la cavidad abdominal, unido a la superficie distal del órgano epigonal. En los individuos juveniles, los folículos son de color blanco, con oocitos sin volumen definido, sin ser visibles. En los organismos maduros, éstos presentan variaciones promedio en cuanto al diámetro del oocito más grande a lo largo de los meses (Fig. 15), con diferentes cohortes de oocitos, que van desde 0.04 cm hasta 1.4 cm, aunque predominan aquellos sujetos a ovulación; y con colores que van desde el blanco, crema, y amarillo a medida que van madurando (Fig. 16).

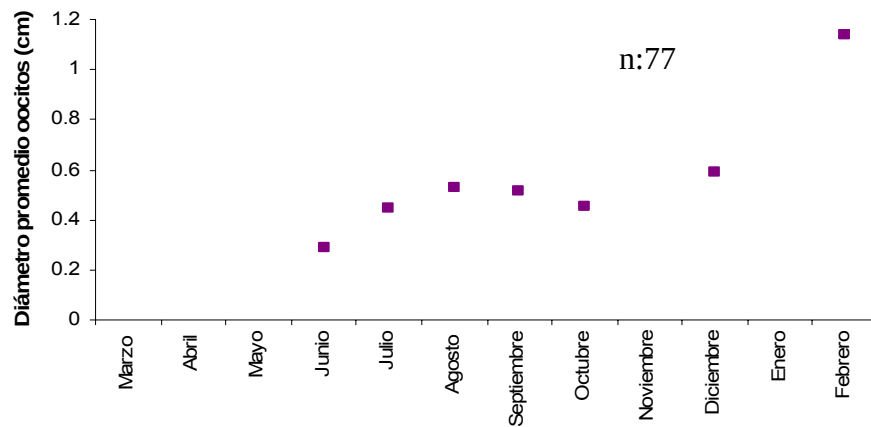


Figura 15. Relación del oocito más grande a través de los meses.

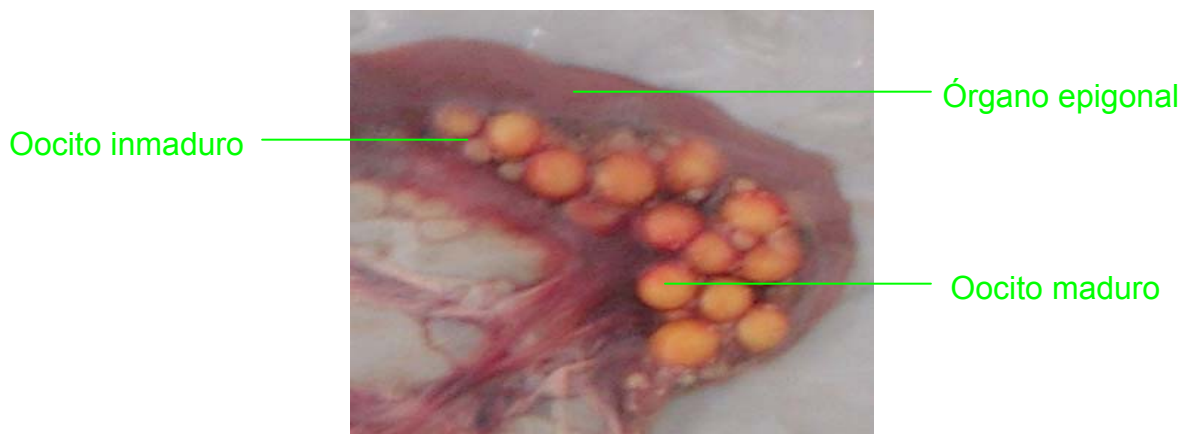


Figura 16. Ovario maduro.

En los juveniles, los oviductos son delgados, largos y poco desarrollados, sin presentar una distinción en cuanto a tamaño con el útero (Fig. 17). La glándula es plana, con forma de "v", con diámetro en las hembras examinadas de 0.2 a 0.4 cm (Fig.18), sin presentar o sin estar bien desarrollados sus divertículos (Fig. 17).

Los organismos adultos, presentan oviductos más desarrollados, los cuales son fácilmente separables de los úteros. La glándula ya presenta un volumen definido, con diámetros que van desde los 0.5 a 1.6 cm (Fig. 18) y sus dos divertículos anteriores se encuentran ya expandidos anteriormente y a su vez girando sobre su mismo eje en dirección anterior (Fig. 19).

En cuanto al almacén de esperma, de las 9 hembras seleccionada para cortes histológicos, ninguna presentó almacén.

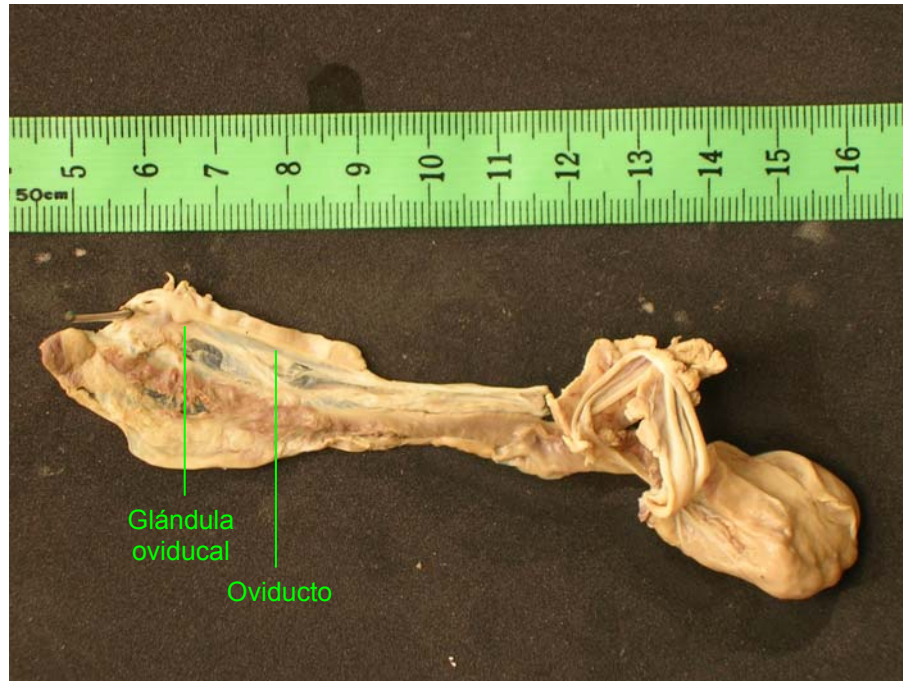


Figura 17. Oviductos y glándula oviducal en individuos juveniles.

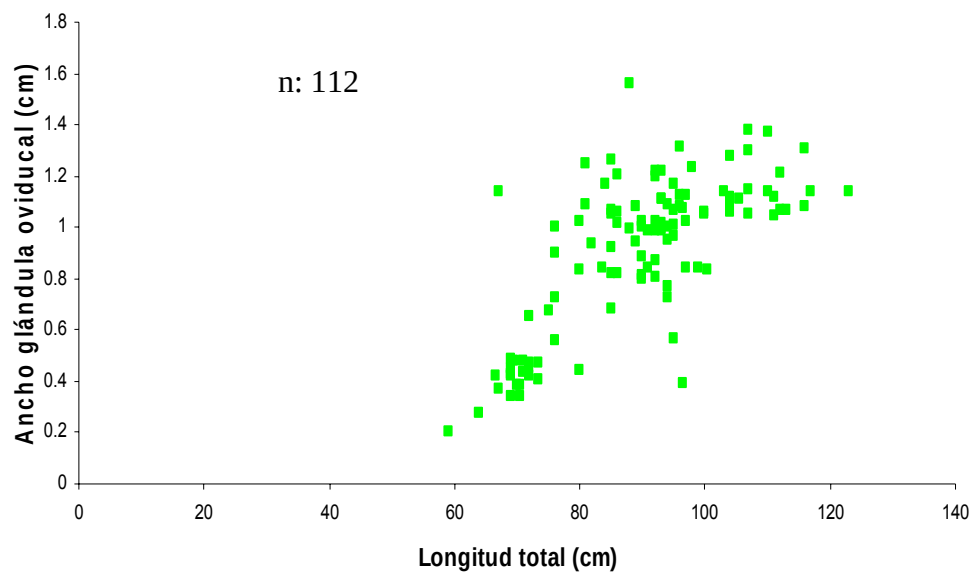


Figura 18. Relación de la glándula oviducal con la longitud total.

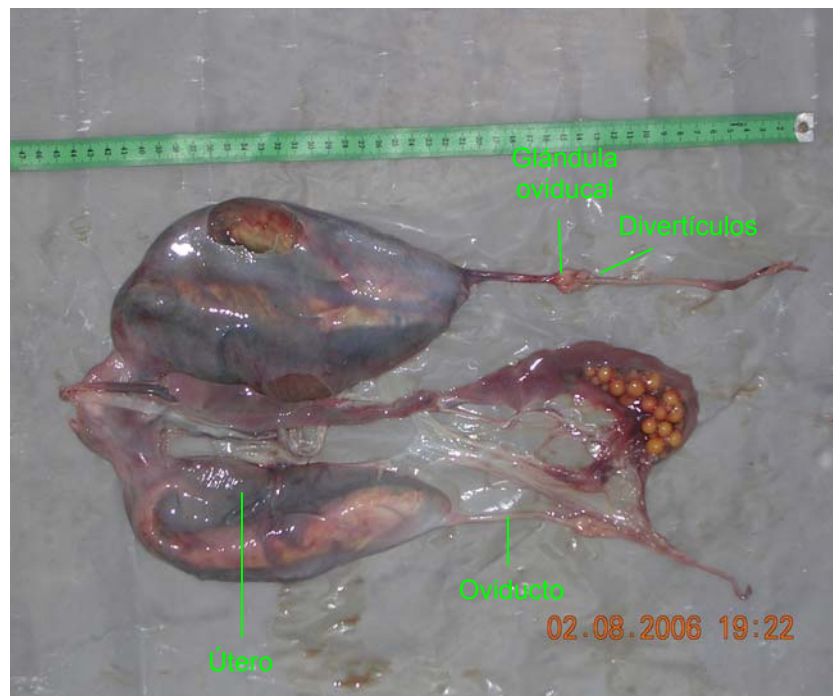


Figura 19. Oviductos, útero y glándula oviducal en individuos adultos.

El desarrollo embrionario del cazón birnche sucede dentro de los úteros durante todo su periodo de gestación, iniciando con la presencia de cápsulas uterinas en compartimentos uterinos (Fig. 20), rodeados por la tercer membrana (Fig. 21) durante los meses de junio, julio y agosto. Posteriormente, el desarrollo continua en los meses de agosto, septiembre, octubre, diciembre y febrero en los cuales los embriones alcanzan valores promedios de longitud de 2.4, 5.3, 10.5, 17.5 y 25.7 cm LT, respectivamente (Fig. 22). Estos embriones desde sus primeras etapas hasta las últimas de su desarrollo permanecen dispuestos en los úteros en compartimentos uterinos individuales (Fig. 23), rodeados por la tercer membrana y con su cordón umbilical presentando *appendiculae*.



Figura 20. Cápsula uterina en compartimiento individual.



Figura 21. Cápsulas uterinas y tercer membrana.

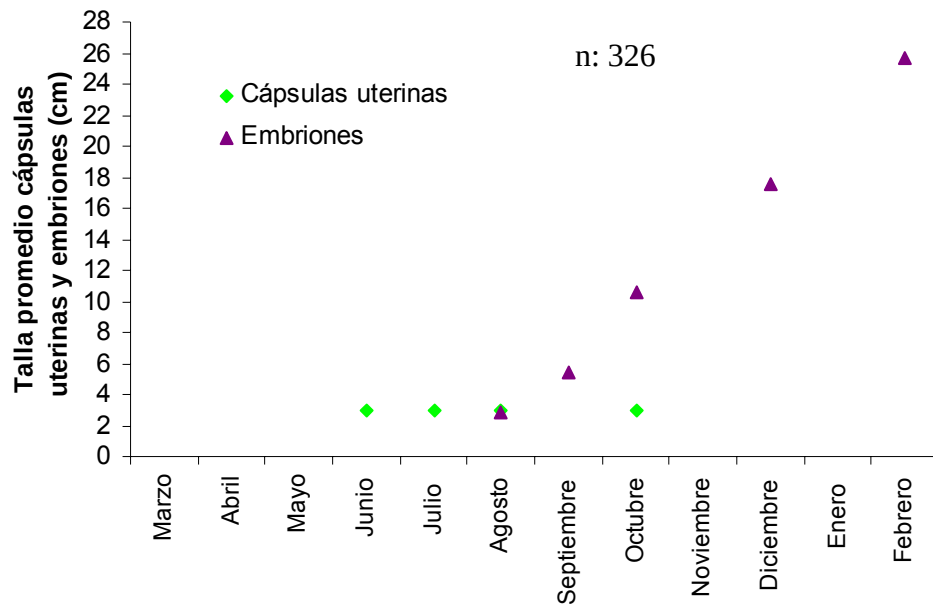


Figura 22. Talla promedio de las cápsulas uterinas y embriones a través de los meses de muestreo.

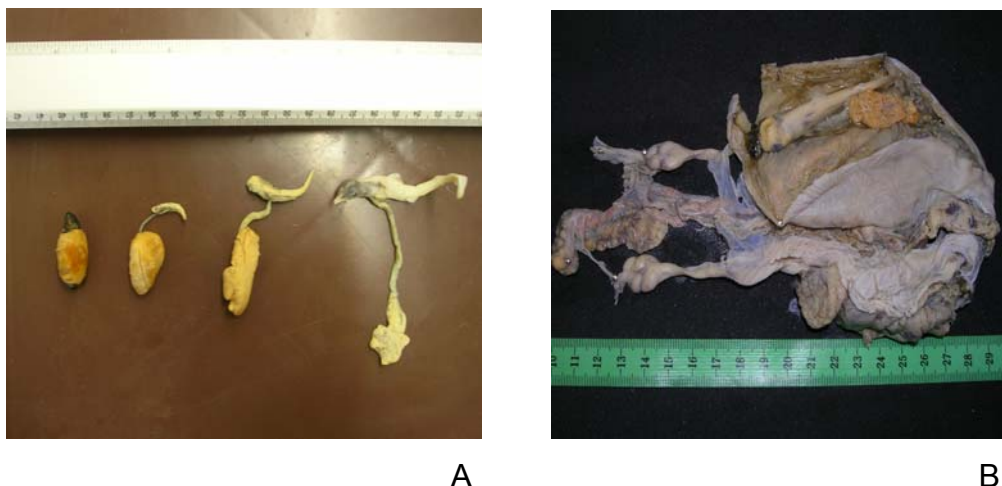


Figura 23. Embriones en diferentes estados de desarrollo (A) y en compartimiento individual (B).

7.5 Madurez sexual en machos:

Con respecto a la madurez sexual de los machos se definieron dos grupos con respecto a la calcificación del gonopterigio: sin calcificar o semi calcificado (juveniles o inmaduros) y calcificado (adultos o maduros). En Oaxaca la mayoría de los machos entre 46 y 78 cm LT presentaron gonopterigios (2 a 8 cm) sin calcificar; mientras que después de los 78 cm de LT se hallaron individuos con gonopterigios (8 a 12 cm) en proceso de calcificación o completamente calcificados con capacidad de rotación. En Mazatlán, solo uno de los individuos muestreados (92 cm LT) presentó sus gonopterigios en proceso de calcificación; mientras el resto ya presentaban gonopterigios (10 a 12 cm) calcificados y con la capacidad de rotación. Para La Bahía de La Paz la mayoría de los machos tuvieron gonopterigios (3 a 4 cm) sin calcificar, aunque en uno de los muestreos se registraron 8 individuos con gonopterigios (11 a 13 cm) calcificados. En Punta Arenas se registraron machos maduros, con excepción de un único organismo de 95 cm LT que estaba sin calcificar (Fig. 24). Se determinó la talla de primera madurez para los machos a los 82 cm LT a través del modelo logístico (Fig. 25), siendo corroborada por medio de cortes histológicos de testículos.

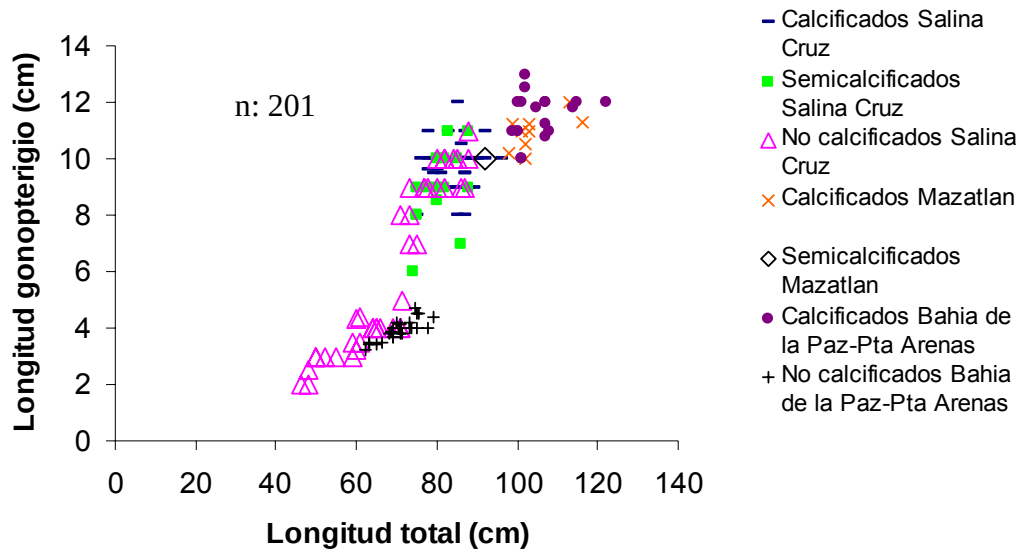


Figura 24. Longitud del gonopterigio vs longitud total.

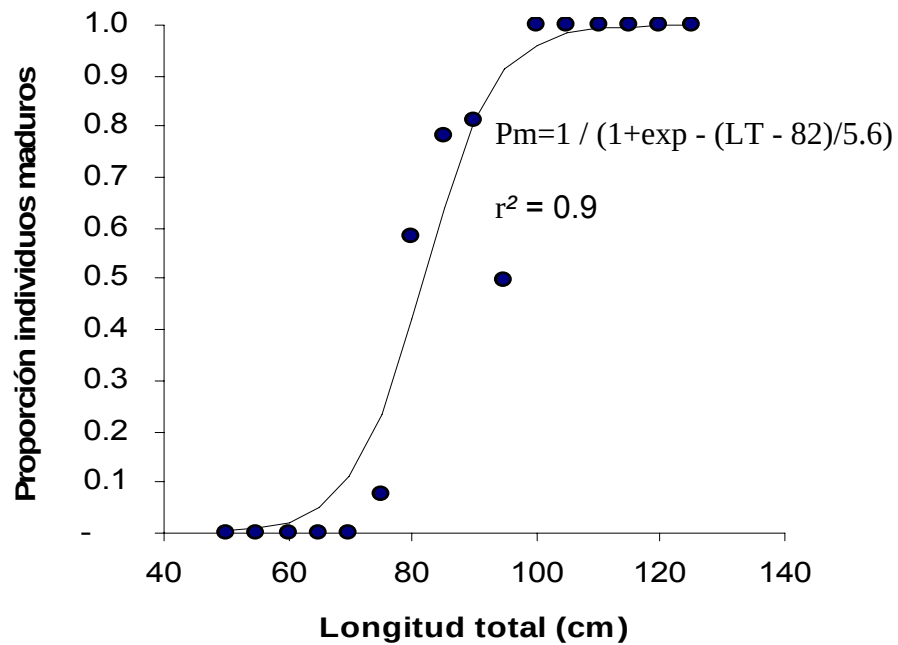


Figura 25. Modelo logístico para los machos relacionando la longitud total con la proporción de individuos maduros.

7.6 Madurez sexual en hembras

La madurez sexual para las hembras se determinó de acuerdo al desarrollo de la glándula oviducal, la presencia de oocitos maduros en el ovario y la condición del útero; sin embargo, para los individuos de Oaxaca ésta se estableció por las hembras con cápsulas uterinas o embriones en desarrollo, como evidencia de su participación en la migración reproductiva. En Oaxaca la glándula mostró un crecimiento lento hasta que las hembras alcanzaron los 80 cm LT, después de esa talla, el ancho de la glándula oviducal creció abruptamente obteniendo medidas de 0.4 a 1.6 cm (Fig 26). La hembra más pequeña con cápsulas uterinas midió 67 cm LT; y la que presentó embriones ya formados fue de 89 cm LT. En cuanto a las hembras capturadas en Mazatlán, las mayores a 100 cm LT tenían oocitos maduros y glándula oviducal entre 0.8 - 1.4 cm (Fig. 26). La hembra más pequeña que presento embriones midió 100 cm LT. La captura de hembras en la Bahía de La Paz, estuvo dominada por individuos entre 70-75 cm LT con oocitos inmaduros y glándulas oviducales en desarrollo (Fig 26); sin embargo, para Punta Arenas se registraron algunas hembras con un intervalo de tallas entre 101 - 110 cm LT. Del mismo modo que para los machos, la talla de primera madurez para las hembras se estimó a los 80 cm LT (Fig. 27).

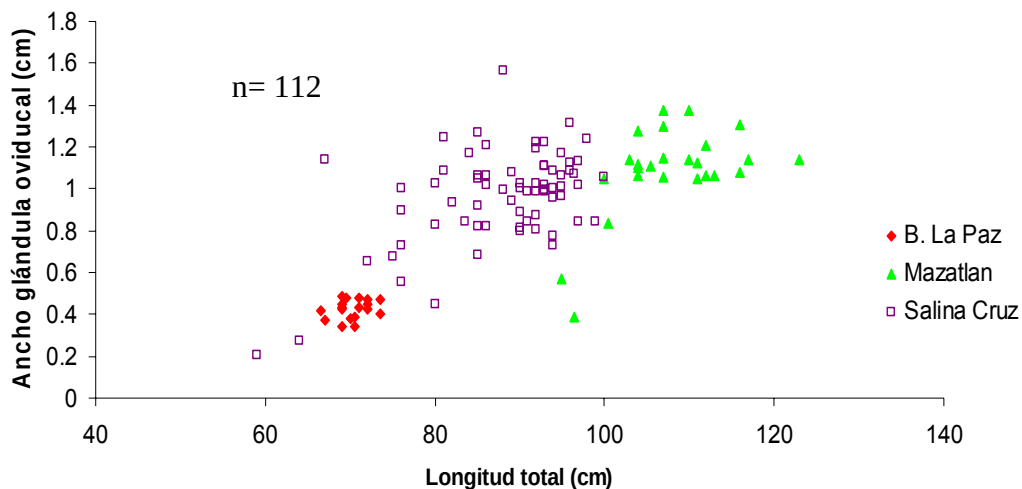


Figura 26. Relación de la glándula oviducal con la longitud total.

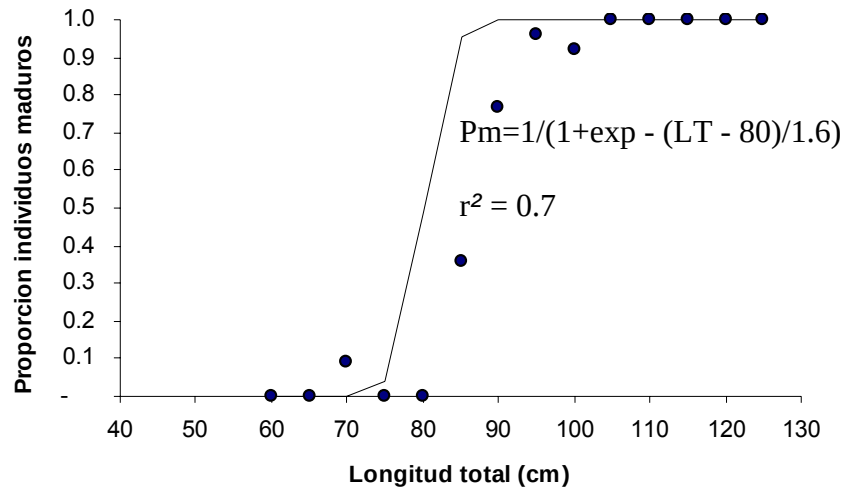


Figura 27. Modelo logístico para las hembras relacionando la longitud total con la proporción de individuos maduros.

7.7 Fecundidad, periodo de gestación y de apareamiento

Durante los meses de muestreo se registraron 44 hembras con embriones (1.5 a 30.5 cm LT) y 24 hembras con cápsulas uterinas, variando el número de embriones de 2 a 10, sin encontrarse ninguna relación estadística entre la longitud de la hembra y su fecundidad (Fig. 28).

Se observaron un total de 107 cápsulas uterinas (cu) en la localidad de Oaxaca y 219 embriones (e) para las localidades de Oaxaca y Mazatlán entre los meses de junio a febrero. Los promedios mensuales de longitud total para los embriones en la costa de Oaxaca fueron 2.4 cm (agosto), 5.3 cm (septiembre), 10.5 cm (octubre), 17.5 cm (diciembre) y para los de Mazatlán 25.7 cm (febrero) (Fig. 29); asimismo, el diámetro del oocito más grande también mostró un incremento en cuanto a los ovarios de los ejemplares evaluados en las diferentes localidades (Fig. 30).

Además se capturaron de manera incidental 5 neonatos, por medio de línea de mano: en la Ensenada de La Paz un individuo macho de 36 cm LT en el mes de mayo de 2005, los demás fueron capturados en la Bahía de La Paz, a principios de septiembre de 2006, con longitudes de 45, 45.5, 46,5 y 40.5 cm LT, siendo los tres primeros machos. Todos los ejemplares mencionados presentaron evidencia de cicatriz umbilical. Se consideró el periodo de gestación de 11 a 12 meses. Se observó que las hembras a cualquier grado de desarrollo de sus embriones presentaban oocitos maduros en el ovario, lo cual sugiere que la especie tiene un ciclo anual de reproducción. El periodo de apareamiento y expulsión de neonatos es durante los meses de mayo a principios de agosto, con una posible expulsión de neonatos en la Bahía de La Paz.

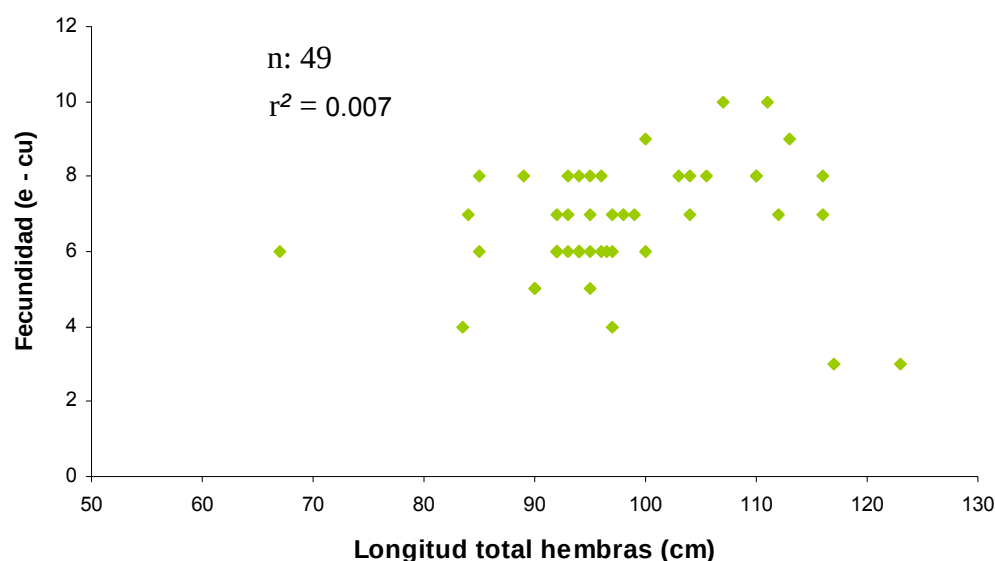


Figura 28. Relación entre el número de embriones (e) – cápsulas uterinas (cu) y la longitud total de las hembras.

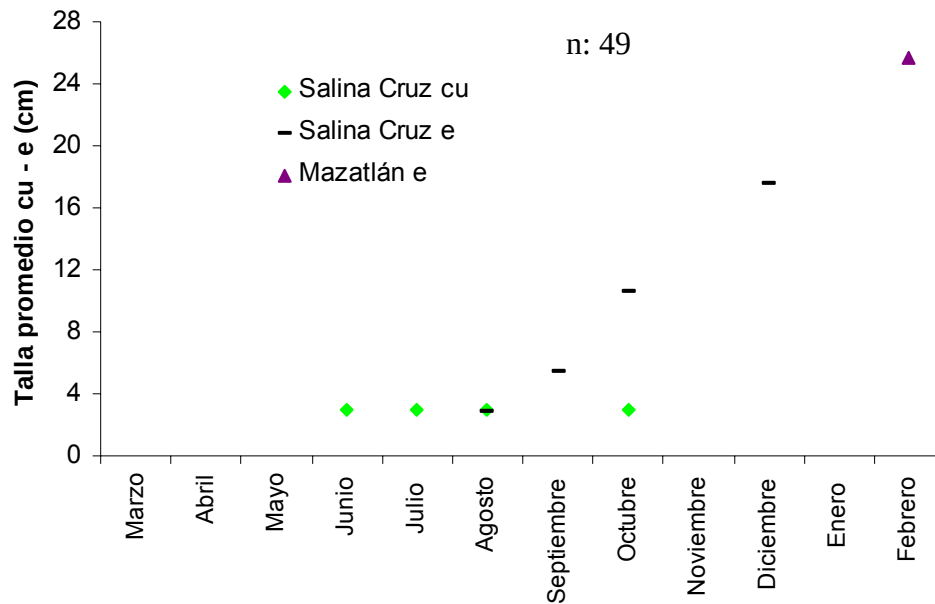


Figura 29. Talla promedio de los embriones (e) y cápsulas uterinas (cu) a través de los meses de muestreo.

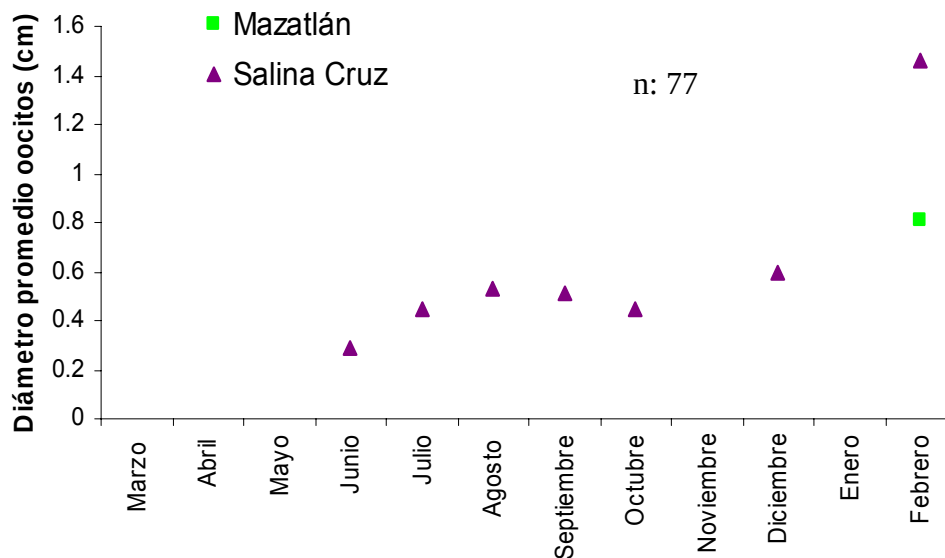


Figura 30. Diámetro promedio de oocitos con respecto a los meses de muestreo.

8. DISCUSIÓN

Los atributos de la historia de vida son el resultado de la estrategia por la cual las poblaciones de peces o stocks han evolucionado. La tasa de crecimiento, madurez sexual y mortalidad reflejan la dinámica básica de la población. Se cree que la estimación de estos parámetros es un reflejo de los individuos dentro de un stock y puede ser utilizada para distinguir entre stocks separados debido a que estos parámetros son la expresión fenotípica de la interacción del genotipo y el ambiente (Begg, 2005). Así, estas diferencias encontradas en la historia de vida entre grupos de individuos son asumidas como evidencia de que los stocks de peces están geográficamente aislados y por esto se consideran como stocks discretos para propósitos de manejo (Ihssen *et al.*, 1981).

En el presente estudio se considera, que los individuos de *Rhizoprionodon longurio*, capturados en las distintas localidades de muestreo del Pacífico Mexicano, forman parte de una misma población, la cual esta compuesta por diferentes stocks, con un flujo reproductivo considerable entre ellos, evidenciado hasta la fecha, por sus migraciones a lo largo de la costa, las cuales, se ven reflejadas por la estacionalidad de sus capturas (Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1997; Márquez-Farías *et al.*, 2004) y el desarrollo embrionario diferencial en las localidades de muestreo.

Al parecer no existe una correlación entre el tipo reproductivo y la simetría ovárica; sin embargo, en la mayoría de las especies de tiburones vivíparos solo un ovario predomina (Hamlett y Kobb, 1999); siendo a su vez el ovario derecho el que típicamente es funcional dentro de las especies de la familia Carcharhinidae (Pratt, 1988). Esto no sucede en el caso del cazón bironche, *R. longurio*, en donde el ovario funcional es el izquierdo. Esta misma característica, se presenta en su congénere, *Rhizoprionodon terraenovae* (Parson, 1983; Castro y Wourms, 1993).

El ovario de *R. longurio* es de tipo externo (Márquez-Farías, 2004), según la clasificación dada por Pratt (1988), compartiendo la generalidad de los tiburones de la familia Carcharhinidae, como es el caso de *C. plumbeus* (Pratt, 1988), *C. falciformis* (Hoyos-Padilla, 2003), *Prionace glauca* (Carrera-Fernández, 2004) y *R. terraenovae* (Parson, 1983; Castro y Wourms, 1993).

La glándula oviducal de *R. longurio* difiere en cuanto a su estructura externa con respecto a otros tiburones que han sido estudiados, como *Carcharhinus falciformis* y *Prionace glauca* (Pratt, 1979; Hoyos-Padilla, 2003; Carrera-Fernández, 2004). Esta diferencia principalmente esta dada en cuanto a la forma y disposición de sus divertículos, los cuales en vez de ramificarse hacia su superficie interna, lo hacen curvándose hacia la parte anterior de la glándula por su superficie externa. Esta disposición de los divertículos también ha sido esquematizada por Parson (1983) para *R. terraenovae*.

Con respecto al almacenamiento de esperma, ha sido comprobado en algunas especies de tiburones, como es el caso de *Prionace glauca*, *Rhizoprionodon terraenovae*, *Carcharhinus obscurus* y *Sphyrna lewini* (Pratt, 1993; Carrera-Fernández, 2004). Sin embargo, en *R. longurio* no hay evidencia del almacén de esperma, posiblemente debido a que el comportamiento reproductivo de la especie no requiere de esta estrategia, ya que sus migraciones reproductivas suceden a manera de "corridas"; sin ser organismos solitarios, de tal manera que el encuentro hembra-macho sería común. *R. terraenovae*, podría ser similar en cuanto a su historia de vida, presenta almacenamiento de corto termino, de semanas a meses, con el fin de demorar la inseminación (Pratt, 1993). De esta manera, *R. longurio* difiere en este sentido de *R. terraenovae* o tal vez sería necesario aumentar el número de glándulas oviducal analizadas de *R. longurio* y perfeccionar la técnica utilizada para observar el probable almacén de esperma en esta especie.

En cuanto al desarrollo embrionario, *R. longurio* presenta un abundante número de cápsulas uterinas y embriones en etapas tempranas de desarrollo, así como la presencia de compartimentos uterinos individuales durante toda la gestación, lo cual es la primera aportación de este tipo de información para esta especie de tiburón. Hoyos-Padilla (2003) reporta para *C. falciformis* la existencia de algunas cápsulas uterinas y compartimentos uterinos. Asimismo, Castro y Wourms (1993), realizaron un estudio detallado en cuanto a la reproducción, placentación y desarrollo embrionario de *R. terraenovae* para las costas de Charleston, Carolina del Sur, Estados Unidos, haciendo una descripción de estos compartimentos, el desarrollo de la placenta, su implantación en el útero, la presencia de ornamentaciones en el cordón umbilical y la permanencia de la tercer membrana a través de toda la gestación, siendo este proceso similar al encontrado en *Rhizoprionodon longurio*.

La estructura tanto externa como interna, la localización y desarrollo de los testículos de *R. longurio* son similares a lo descrito por Parson (1983) para *R. terraenovae* en la parte central norte del Golfo de México. De igual manera, el patrón de desarrollo de los folículos seminíferos de tipo diamétrico de *R. longurio* concuerda con el que presentan otros carcharhinidos como *Prionace glauca* y algunos del orden squaliformes (Pratt, 1988).

La composición de tallas registradas en *R. longurio* es similar a la de otros estudios (INP, 2000; Márquez-Farías *et al.*, 2004); sin embargo, existe diferencia en cuanto al intervalo de tallas más frecuentes dentro de las diferentes localidades, lo cual, para el Golfo de California, más que representar la distribución actual de tallas de la fracción de la población, podría estar causado por la alta selectividad de las artes de pesca (Kirkwood y Walter, 1986), pudiendo excluir en gran medida de las capturas al segundo grupo modal (76 cm a 100 cm LT); mientras que para el Golfo de Tehuantepec, podría ser un reflejo de las diferencias entre la estructura de tallas de los stocks, excluyendo realmente del área al tercer grupo modal de individuos superiores a los 100 cm LT, los cuales de estar presentes serían parte de la captura

multiespecífica de tiburones de tallas superiores (*Sphyrna lewini*, *Carcharhinus limbatus*, *C. falciformis*) en la zona (Alejo-Plata *et al.*, 2002).

La distribución espacial y la estructura poblacional de *R. longurio* es compleja, en la medida en que se infiere una migración reproductiva de la especie a lo largo del Pacífico, desconociéndose realmente el flujo genético entre stocks, la regularidad dentro del stock reproductivo y a sus áreas de reproducción, lo cual, probablemente sería similar a lo encontrado por Parsons y Hoffmayer (2005) para *R. terraenovae*, los cuales citan marcados cambios en cuanto a su distribución y abundancia relativa en la parte centro-norte del Golfo de México. A pesar de lo anterior, en el presente estudio, se separan principalmente los stocks en tres áreas (Castro, 1993), el Golfo de California, como área de apareamiento y área de crianza, en donde confluyen los individuos en forma de "corridos" reproductivos, con base a lo reportado por Saucedo-Barron *et al.* (1982), Castillo-Géniz (1990), Villavicencio-Garayzar *et al.* (1997), Cudney-Bueno y Turk-Boyer (1998) y a lo registrado en el presente estudio con la presencia de neonatos en Bahía de La Paz y hembras grávidas en Mazatlán; y la zona central del Golfo de Tehuantepec, principalmente, la Ensenada de Chipehua, como un área de alimentación, en donde alcanzan su madurez sexual y posteriormente abandonan el área, cuando son mayores de 100 cm LT, integrándose probablemente a stocks maduros en aguas profundas mexicanas del Pacífico Centro Oriental.

La talla de madurez para *R. longurio* en este estudio (80 cm LT ♀ y 82 cm LT ♂), es similar a la reportada por Parson (1983) para *R. terraenovae* (80 cm LT ♂ y 85 a 90 cm LT ♀), aunque mayor a la registrada por Ferreira y Lessa (1988) citada por Motta *et al* (2005) para *R. lalandii* (52 a 65 cm LT), Simpfendorfer (1992) para *R. taylori* (57. 5 cm LT ♀ y 56 cm LT ♂) y Mattos *et al* (2001) para *R. porosus* (65 cm ♀ LT y 65 a 70 cm LT ♂), los cuales corresponden a especies de tallas menores (< 100 cm LT).

Asimismo, la talla de madurez de *R. longurio* del presente estudio es similar a la estimada para el sur de Sinaloa por Castillo-Géniz (1990) y Márquez-Farías *et al.* (2004) de 83 cm LT ♀ - 86 cm LT ♂ y 83 cm LT ♀, respectivamente, aunque diferente para los machos (93 cm LT), según Márquez-Farías *et al.* (2004). Esta diferencia, podría ser explicada por una combinación de dos factores: la alta selectividad del arte de captura, la cual excluiría a los individuos de menor talla ya maduros y/o a diferencias en las técnicas de análisis de los muestreos (Loefer y Sedberry, 2002).

Pratt (1979), postuló que es común que las capturas de tiburón, estén compuestas por un limitado intervalo de tallas, lo que hace evidente la segregación por talla y sexo en algunas especies de la familia Carcharhinidae, comúnmente reflejada en los desembarques de la pesquería (Márquez-Farías *et al.*, 2004). A pesar de lo anterior, la proporción de sexos para la población de *R. longurio* de la costa occidental de México se considero de 1 a 1. Este dato concuerda con lo citado para otros tiburones, como, *Carcharhinus falciformis* para las aguas de El Salvador (Villatorio y Rivera, 1994), Guatemala (Del Rosario, 1998), Chiapas (Ronquillo, 1999), resultados que corresponden a periodos anuales. Sin embargo, si la proporción de sexos es evaluada de manera aislada, en respuesta a una estacionalidad en las capturas y a una migración reproductiva de la especie, se registran diferencias en cuanto a la proporción sexual por localidad. Para las muestras de Oaxaca, se encontró una proporción sexual de 1M:0.74H, lo cual podría estar explicado, por una posible mayor contribución de las hembras a la corrida reproductiva, abandonando la zona de muestreo en algunos meses del año, ocasionando la diferencia en la proporción sexual en el stock. Para las muestras de la región de Mazatlán, se registró una proporción sexual (1M:3.18H), lo cual concuerda con lo reportado por Castillo-Géniz (1990) (1M:2H).

Lo anterior, podría ser una consecuencia de un mayor número de hembras presentes en la población de *R. longurio*, evidenciado por la diferencia encontrada entre el número de embriones machos y hembras (1M:1.53H) en el presente

estudio y asimismo, en el de Mattos *et al* (2001) para *R. porosus* (1M:1.79H), aunque diferente a lo reportado por Márquez-Farías *et al* (2004) para *R. longurio* (1M:1H). Sin embargo, debido a la gran cantidad de hembras grávidas presentes en la zona en cada temporada de pesca (Castillo-Géniz, 1990), también es posible, que esta alta abundancia de hembras se deba en parte a la migración reproductiva al área o que la especie debido a su tasa de explotación de al menos treinta años (Pérez-Jiménez *et al.*, 2002) este evidenciando cambios en su estrategia reproductiva, lo cual de ocurrir, podría ser evidenciado por estadísticas reales de captura por especie y sexo. La proporción sexual para la localidad de Bahía de La Paz – Punta Arenas fue de 1M:0.63H, lo cual podría deberse a la ausencia de hembras maduras capturadas en este estudio.

La fecundidad en el presente estudio fue de 2 a 10 embriones, resultado similar a lo registrado por Márquez-Farías *et al.* (2004) (1 a 12), Castillo-Géniz (1990) (5 a 11), Villavicencio-Garayzar *et al.* (1997)(8) y Saucedo-Barron *et al.* (1982) (4 a 12), aunque mayor a la propuesta por Castro (1983) y Allen y Robertson (1994) los cuales mencionan de 2 a 5 embriones, diferencias que quizás sean debidas a fluctuaciones normales de la misma población como se ha observado en otras especies de tiburones (Holden, 1973). Además no se detectó una relación directa entre el número de crías y la talla de la madre; aunque se ha sugerido su existencia, ha sido observada en pocas especies de tiburones (Márquez-Farías *et al.*, 2004).

Actualmente solo hembras con embriones en estado avanzado de desarrollo han sido documentadas (Castillo-Géniz, 1990; Márquez-Farías *et al.*, 2004). El periodo de gestación fue de 11 a 12 meses, determinado por el registro en las costas de Salina Cruz, para los meses de junio, julio y agosto, de hembras que presentaron cápsulas uterinas y embriones en estados tempranos de desarrollo, así como por la captura del neonato de menor longitud en el mes de mayo en la Ensenada de La Paz; siendo similar al establecido en el trabajo de Márquez-Farías (2004) (10 a 12 meses), Castillo-Géniz (1990) (10 a 11 meses), al propuesto para *R. terraenovae* para la región del norte del Golfo de México (10 a 11 meses) por Parson (1983) y

para la costa de Carolina del Sur (11 a 12 meses) (Castro y Wourms, 1993) y para *R. taylori* (11.5 meses) por Simpfendorfer (1992).

En relación a los patrones de migración, son difíciles de determinar sin estudios de marcaje; sin embargo, se pueden inferir movimientos de esta especie con fines reproductivos a través de las aguas del Pacífico Mexicano de sur a norte durante invierno-primavera.

Al parecer, *R. longurio* como *R. terraenovae* frecuentan diferentes áreas de reproducción y crianza (Parson, 1983; Castro y Wourms, 1993); y aunque, la presencia de cicatriz umbilical en neonatos de tiburones es una buena evidencia para la determinación del periodo de nacimiento, no lo es para ubicar la localidad de nacimiento (Parson y Hoffmayer, 2005), el presente estudio, propone que el nacimiento de los neonatos podría llevarse a cabo en aguas profundas de la Bahía de La Paz o en sus cercanías, con un periodo que va desde el mes de mayo hasta mediados de agosto, lo cual es propuesto también por Villavicencio-Garayzar *et al.* (1997), según capturas de hembras preñadas con embriones cercanos a la talla de nacimiento. Asimismo, Cudney-Bueno y Turk-Boyer (1998), reportan en el Alto Golfo un periodo reproductivo entre principios de marzo y mediados de junio, siendo su pico máximo en abril. Por otro lado, Saucedo-Barron *et al.* (1982) y Castillo-Géniz (1990), sugieren que el periodo de alumbramiento puede comprender desde principios de abril hasta finales de junio, siendo probablemente, las áreas de nacimiento y crianza, las lagunas costeras y estuarinas del sur de Sinaloa.

Posiblemente, el traslape entre la temporada reproductiva del cazón bironche a través del Golfo de California responde a que en un momento dado el stock reproductivo que migra a lo largo de la costa del Pacífico Mexicano se dispersa hacia diferentes áreas de expulsión y apareamiento o a que desde el principio de la corrida reproductiva se han generado grupos específicos que se congregan en sitios reproductivos concretos del Golfo de California.

9. CONCLUSIONES

- El cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio*, distribuido a lo largo de la costa occidental de México representa una única población probablemente conformada por diferentes stocks, que se desplazan a través de ésta, con fines reproductivos en invierno-primavera, en dirección sur-norte desde el Golfo de Tehuantepec.
- La distribución de tallas para *R. longurio* capturados comercialmente en el Pacífico Mexicano va de 46 cm a 123 cm LT., siendo representada esta, principalmente por individuos maduros en la región de Mazatlán, por ejemplares tanto inmaduros como maduros para la Bahía de La Paz-Punta Arenas, mientras que para Oaxaca, estuvo en su mayoría conformada por individuos maduros.
- La proporción de sexos para la población de *R. longurio* fue de 1 a 1. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas para los embriones (1M:1.53H) y para las localidades de Oaxaca (1M:0.74H), Mazatlán (1M:3.18H) y Bahía de La Paz-Punta Arenas (1M:1.53H).
- En el cazón bironche solo el ovario izquierdo es funcional, con un patrón de crecimiento de sus oocitos con respecto a los meses del año.
- Tanto el útero derecho como el izquierdo contienen cápsulas uterinas y embriones, ubicados en compartimentos uterinos individuales a lo largo de todo su desarrollo.
- El cordón umbilical es ornamentado a manera de appendiculæ.
- El desarrollo de los folículos seminíferos en el cazón bironche es de tipo diámetrico.

- La talla de primera madurez para los machos se estimó a los 82 cm de longitud total, mientras que la de las hembras se determinó a los 80 cm de longitud total.
- El periodo de gestación del cazón bironche para la costa occidental de México es de 11 a 12 meses, con una fecundidad que varía de 2 a 10 embriones. Sin una relación estadística entre el número de embriones y la talla materna.
- Los embriones evidenciaron un crecimiento diferencial en talla entre las distintas localidades, presentándose así un ciclo reproductivo estacional.
- Se propone a la Bahía de La Paz, como una posible área de expulsión y crianza de neonatos de *R. longurio* en los meses de primavera y parte de verano.

10. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con la investigación del cazón bironche, tratando de cubrir los interrogantes de información pesquera y biológica en cuanto a su distribución en la costa occidental de México, con el propósito de definir los límites, las relaciones entre los stocks y las áreas donde confluyen.
- Desarrollar estudios independientes de captura y liberación de neonatos de *R. longurio* sobre las posibles áreas de reproducción y crianza, con el fin de reconfirmar la existencia de estas zonas.
- Es pertinente realizar estudios de genética poblacional sobre *Rhizoprionodon longurio*, con el fin de aportar elementos para confirmar la existencia de una única población en el Pacífico Mexicano.
- Es importante efectuar estudios de marcaje-recaptura, para esclarecer sus rutas migratorias.

11. BIBLIOGRAFÍA

Alatorre-Ramirez, V. G. 2003. Análisis del contenido estomacal del tiburón *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) capturados en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis profesional. UAS. México. 34 p.

Alcock, A. 1890. Observations on the gestation of some sharks and rays. J. Asiat. Soc. Bengal 59: 51-56.

Alderete-Macal, M. J. 2007. Hábitos alimenticios del tiburón Horma *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en Salina Cruz, Oaxaca. Tesis profesional. UABCS. México. 55 p.

Alejo-Plata, Ma. C., G. Cerdanars-Ladrón y G. González-Medina. 2002. La pesca de tiburón en la costa chica de Oaxaca. Memorias I Foro Científico de Pesca Ribereña. Octubre 17-18. Guaymas, Son., México.

Allen, G. R. y D. R. Robertson. 1994. Peces del Pacífico oriental tropical. University of Hawai Press. 327 p.

Álvarez-Arellano, A. D., H. Rojas-Soriano, J. J. Prieto-Mendoza. 1997. Geología de la Bahía de La Paz y áreas adyacentes , 13-29. En: Urbán-Ramirez, J. y M. Ramírez-Rodríguez (Eds). La Bahía de La Paz. Investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. México. 345 p.

Álvarez del Villar, J. 1978. Los Cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados. Ed. CECSA. México D. F. 372 p.

Anislado-Tolentino, V. 2000. Ecología pesquera del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el litoral del estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría. UNAM. México. 118 p.

Bass, A. J. 1978. Problems in studies of sharks in the southwest Indian Ocean, 545-594. En: Hodgson, E. S. y R. F. Mathewson. (Eds.). Sensory biology of sharks, skates and rays. Office of Naval Research, Department of the Navy, Arlington.

Begg, G. A. 2005. Life history parameters , 119-150. En: Cadrin S. X., K. D. Friedland y J. R. Waldman (Eds.). Stock identification methods. Elsevier Academic Press, New York.

Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, vol. 341.

Branstetter, S. 1981. Biological notes on the sharks of the north central Gulf of Mexico. Contrib. Mar. Sci. 24:13-34.

Branstetter, S. 1991. Shark early life history: One reason sharks are vulnerable to overfishing. Amer. Littoral Soc. Spec. Pub. 14: 29-34.

Cadena-Cárdenas, L. y C. J. Villavicencio-Garayzar. 2000. An overview of elasmobranch fisheries in the northeastern Gulf of California. Memorias XVI Encuentro Anual de la Sociedad Americana de Elasmobranquios. Mayo 14-20. La Paz, B.C.S., México.

Cano-Pérez, A. 1991. Golfo de California. Oceanografía Física , 453-514. En: De la Lanza Espino, G. (Ed.). Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor. México.

Carrera-Fernández, M. 2004. Biología reproductiva del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR. La Paz, B.C.S, México. 82 p.

Castillo-Géniz, J. L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio*, (Jordan y Gilbert, 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), del sur de Sinaloa. México. Tesis profesional. UNAM. México. 128 p.

Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez-Farías, A. Cid del Prado, S. R. Soriano y S. C. Ramírez. 1997. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. 34 p.

Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez-Farías, M. C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés y A. Cid del Prado. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Mar. Freshwater Res.*, 49: 611–20

Castillo-Géniz, J. L., A. Ocampo-Torres, G. Pérez y D. Corro-Espinosa. 2000. Characterization of the artisanal shark and ray fisheries off Sinaloa, southern Gulf of California. Memorias XVI Encuentro Anual de la Sociedad Americana de Elasmobranchios. Mayo 14-20. La Paz, B.C.S., México.

Castillo-Géniz, J. L. 2001. "Elasmobranchios del Golfo de Tehuantepec, litoral chiapaneco". Informe Final del Proyecto S123. Programa Tiburón. Dirección General de Investigación para la Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros. Instituto nacional de la pesca. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo, pesca y alimentación. México. 47 p.

Castro, J. I. 1983. The sharks of north American waters. Texas A y M. Univ. Press, College Station, U. S. A. 180 p.

Castro, J. I. 1987. The position of sharks in marine biological communities , 11-17. En: Cook, S. (Ed.). Sharks, An Inquiry Into Biology, Behavior, Fisheries, and Use. Oregon State University Extension Service, Corvallis.

Castro, J. I. 1993. The biology of the finetooth shark, *Carcharhinus isodon*. *Envir. Biol. Fish.* 36: 219-232.

Castro, J. I. y P. J. Wourms. 1993. Reproduction, placentation and embryonic development of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *J. Morph.* 218: 257-290.

Castro, J. I. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, off the southern United States. *Bull. Mar. Sci.* 59(3):508-522.

Clark, E. y K. von Schmidt. 1965. Sharks of central gulf coast of Florida. *Bull. Mar. Sci.* 15: 13-83.

Clarke, T.A. 1971. The ecology of the scalped hammerhead, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pac. Sci.* 25: 133-144.

Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalogue. Vol 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. *FAO Fish.Synop.*, (125)Vol.4,Pt.2:251-655.

Compagno, L. J. V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Env. Biol. Fish.* 28: 33-75.

Compagno, L. J. V., F. Krupp y W. Schneider. 1995. Tiburones, 648-743. En: Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y 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.

Compagno, L. J. V., M. Dando y S. Fowler. 2005. *Sharks of the World*. Princeton University Press. Princeton and Oxford. USA. 368 p.

CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 85 p.

Cortés, E. 2003. Conservación de elasmobranquios: perspectiva internacional. Resúmenes Jornada UNAM. <http://www.jornada.unam.mx/2003/ene03/030127/eco-cara.html>. (Fecha de consulta: Mayo 6 de 2004).

Cudney-Bueno, R. y P. J. Turk-Boyer. 1998. Pescando entre mareas del Alto Golfo de California. Una guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo.

Daniels, W. W. 2002. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª Edición. Editorial Limusa. México. 755 p.

De la Lanza, G. E. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT editor. México. 525 p.

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.

Dood, J. M. 1983. Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes) , 31-95. En: Hoar, W. S., D. J. Randall y E. M. Donaldson. (Ed.). Fish Physiology. Academic Press, Inc.

Espinosa-Pérez, H., J. L. Castro-Aguirre y L. Huidobro. 2004. Listados faunísticos de México. IX Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha). UNAM. México. 134 p.

Fernández, A., A. Gallegos y J. Zavala, 1992. Carta Oceanográfica Física 1, masas de agua y mareas. Atlas nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM, vol. II.

Ferreira, B. P. 1988. Ciclo reproductivo de *Rhizoprionodon lalandei* (Valenciennes) e *R. porosus* (Poey) (Selachii, Carcharhinidae) na região de Barra de Guaratiba. RJ. An. Acad. Bras. Ci. 60 (1), 91–101.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). UNAM. Instituto de Geografía. México. 246 p.

Gentier M. C. 1982. Contribución al estudio de pesquerías marítimas con base en el puerto de Salina Cruz, Oaxaca. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Gruber, S. H., D. R. Nelson y J. F. Morrissey. 1988. Patterns of activity and space utilization of lemon sharks, *Negaprion brevirostris* in a shallow Bahamian lagoon. Bull. Mar. Sci. 43: 61-76.

Gubanov, Y. P. 1978. The reproduction of some species of pelagic shark from the ecuatorial zone of the Indian Ocean. J. Ichthyology. 18(5):781-792.

Hamlett, W. C. 1999. Male reproductive system , 444-469. En: Hamlett, W. C. (Ed.). Sharks, skates and rays the biology of elasmobranch fishes. The Johns Hopkins Univ. Press, E.U.A. 515 p.

Hamlett, W. C. y 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. 515 p.

Heist, E. J., J. A. Musick y J. E. Graves. 1996. Mitochondrial DNA and divergence among sharpnose sharks, *Rhizoprionodon terraenovae*, from the Gulf of Mexico and Mid-Atlantic Bight. Fishery Bulletin, 94:664-668.

Holden, M. J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranch possible?. J. du Conseil Rapports et Proces-Verbaux, Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 164:360-367.

Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions, 117-137. En: Harden, F. R. (Ed.). Sea Fisheries Research. Logos Press, London.

Houillon, C. 1978. Sexualidad. Tercera Edición. Ediciones Omega S.A. 668 p.

Hoyos-Padilla, E. M. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bribon, 1839) de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S. 59 p.

Hueter, R. E. 1998. Science and management of shark fisheries – Introduction. Fisheries research. 39: 105.

Ihssen P. E., H. E. Booke, J. M. Casselman, J. M. McGlade, N.R. Payne y F. M. Utter. 1981. Stock identification: materials and methods. Can J Fish Aquat Sci 38:1838–1855.

Instituto Nacional de Pesca. 2000. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: evaluación y manejo. Informe. México.

Jiménez-Illescas, A. R., M. Obeso-Nieblas y D. A. Salas-de León. 1997. Oceanografía física de la Bahía de La Paz, B.C.S., 31-41. En: Urbán-Ramírez, J. y M. Ramírez-Rodríguez (Eds). La Bahía de La Paz. Investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. México. 345 p.

Kato, S. & C.A. Hernández. 1967. Shark tagging in the Eastern Pacific ocean, 1962-65, 93-109. En: Gilbert, P. W., R. F. Mathewson y D. P. Rall (Eds.). Sharks, skates and rays, Johns Hopkins, Baltimore.

Kirkwood, G. P. y T. I. Walker. 1986. Gill net mesh selectivities for gummy shark, *Mustelus antarcticus*, Günter, taken in Southeastern Australian waters. Aust. J. Mar. Freshwat. Res., 37: 689–697.

Klimley, P. y F. Galván-Magaña. 2006. Shark, not folks, need protecting. UC MexUS News., 43:15-18.

Lender, T., Delavault, R y Le Moigne, A. 1982. Diccionario de Biología. Ediciones Grijalvo, S.A. 203 p.

Lessa, R.P.T., 1988. Premièeres observations sur la biologie reproductive de *Rhizoprionodon lalandei* (Valenciennes, 1839) (Pises Carcharhinidae) de la côte nord du Brésil – Maranhão. Rev. Bras. Biol. 48 (4), 721–730.

Loefer, J. K. y G. R. Sedberry. 2002. Life history of the Atlantic sharpnose shark (*Rhizoprionodon terraenovae*) (Richardson, 1836) off the southeastern United States. Fish. Bull. 101:75-88.

López-García, L. I. 2006. Edad y crecimiento del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en Mazatlán, Sinaloa. Tesis profesional. UNAM. México. 53 p.

Márquez-Farías, J. F. y J. L. Castillo-Géniz. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. Fish. Res 39:183-198.

Márquez-Farías, J. F. 2002. Análisis de la pesquería de tiburón de México. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México. 97 p.

Marquéz-Farías, J. F., D. Corro-Espinosa y J. L. Castillo-Géniz. 2004. Observations on the Biology of the Pacific Sharpnose Shark (*Rhizoprionodon longurio*, Jordan and Gilbert, 1882), Captured in Southern Sinaloa, Mexico. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 35:1-8.

Marquéz-Farías, J. F. 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California. México. Mar Biol. 10 p.

Martoja, R. y M. Martoja-Pierson. 1970. Técnicas de Histología Animal. Toray-Masson, S.A. Editores, Barcelona, España. 350 p.

Mattos, S. M. G., M. K. Broadhurst, F. H. V. Hazin y D. M. Jonnes. 2001. Reproductive biology of the Caribbean sharpnose shark, *Rhizoprionodon porosus*, from northern Brazil. Mar. Freshwater Res., 52:745-52.

Meek, A. 1916. The migrations of fish. Edward Arnold, Londres. 427 p.

Motta, F. S; O. B. F. Gadig; R. C. Namora y F. M. S. Braga. 2005. Size and sex compositions, length–weight relationship, and occurrence of the Brazilian sharpnose shark, *Rhizoprionodon landii*, caught by artisanal fishery from southeastern Brazil. Fisheries Research, 74:116-126

Natanson, L. J. y Caillet, G. M. 1986. Reproduction and development of the pacific angel shark, *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. Copeia (4):987-994.

Nelson, J. 1994. Fishes of the world. 3^a Edition. John Wiley and Sons. New York. 624 p.

Nevill, J. 2007. National plan of action for the conservation and management of sharks. http://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/IPOAS/national/seychelles/Shark_NPOA_Final_Draft.pdf.

Parsons, G. R. 1983. The reproductive biology of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson). Fish. Bull. 81 (1): 61-73.

Parson, G. R. y E. R. Hoffmayer. 2005. Seasonal changes in the distribution and relative abundante of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the north central Gulf of Mexico. Copeia, (4):914-920.

Peraza-Vizcarra, R. 1986. Las playas, la deriva litoral de la arena en las playas de la costa del sur de Sinaloa. Revista Ciencias del Mar, UAS. Época 1, año 2, 8:50-52.

Pérez-Jiménez, J. C., O. Sosa-Nishizaki, E. Furlong-Estrada, D. Corro-Espinosa, A. Venegas-Herrera y O. V. Barragán-Cuencas. 2005. Artisanal Shark Fishery at "Tres Marias" and Isabel Islands in the Central Mexican Pacific. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 35:333-343.

Pratt, H. L., Jr. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. U. S. Fish. Bull. 77:445-470.

Pratt, H. L., Jr. 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. Copeia: 719-729.

Pratt, H. L. y T. Otake. 1990. Recommendations for work needed to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 509-510.

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. y S. Tanaka. 1994. Sperm Storage in Male Elasmobranchs: A Description and Survey. J. Morph. 219: 297-308

Quinn II, T. J. y R. B. Deriso. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. New York, USA. 542 p.

Robertson, D. R. y G. R. Allen. 2002. Shorefishes of the tropical eastern Pacific: an information system. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá.

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.

Sarabia-Alvarado, D. y J. Velásquez-Mayorquin. 2002. Composición de las capturas de tiburón de la flota artesanal de playa sur, Mazatlán, Sinaloa, entre 2000 y 2002. Tesis profesional. UAS. México. 57 p.

Saruhkán, J. 1987. Introducción a la ecología de poblaciones. Instituto de biología. UNAM. México. 76 p.

Saucedo-Barron, C. J., G. C. Uribe, J. G. Martínez-Adrian, S. Burgos-Zazueta, J. G. Chacon-Cortez y J. Espinoza-Fierro. 1982. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del estado de Sinaloa. Memoria del servicio social. UAS. México.

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.

Snelson, F. F., Jr., T. J. Mulligan y S. E. Williams. 1984. Food habits, occurrence, and population structure of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, in Florida coastal lagoons. Bulletin of Marine Science 34:71-80.

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 y D. P. Rall (Eds.). Sharks, skates and rays, John Hopkins press, Baltimore. E.U.A.

Tapia-García, M. y Gutierrez, B. 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas, Cap. 11:149-162. En: M. Tapia-García (Ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, México, 240 p.

Torres-Huerta, A. y C. J. Villavicencio-Garayzar. 2000. Elasmobranch fisheries and nursery areas in the southeastern Gulf of California, México. Memorias XVI Encuentro Anual de la Sociedad Americana de Elasmobranchios. Mayo 14-20, La Paz, B. C. S., México.

Vázquez-Rojano, M., D. Corro-Espinosa y C. Castillo-Castro. 2003. Aspectos biológicos de tiburones y rayas de la costa centro y sur de Sinaloa: (Invierno y Primavera). Memorias I Foro de Intercambio Científico sobre Tiburones y Rayas: Biología, ecología y pesquerías. Mayo 29-30, Guaymas, Sonora.

Villatorio, O. y C. Rivera. 1994. Diagnóstico de la pesquería del tiburón en El Salvador. Tesis Profesional, Univ. Nac. El Salvador, El Salvador 95 p.

Villavicencio-Garayzar, C. J., E. Mariano-Meléndez, C. Downton-Hoffmann. 1997. Tiburones capturados en La Bahía de La Paz, B. C. S., 189-200. En: Urbán-Ramírez, J. y M. Ramírez-Rodríguez (Eds.). La Bahía de La Paz. Investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS., México. 345 p.

Villavicencio-Garayzar, C. J., A. M. Torres-Huerta y L. Cadena-Cárdenas. 1999. Áreas de crianza de tiburones en el Golfo de California. Informe final L054. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 121 p.

Villavicencio-Garayzar, C. J., L. Cadena-Cárdenas, A. M. Torres-Huerta, E. Mariano-Melendez y L. A. Guerrero-Maldonado. 2000. Elasmobranch fisheries on the east coast of Baja California Sur, Gulf of California. Memorias XVI Encuentro Anual de la Sociedad Americana de Elasmobranchios. Mayo 14-20, La Paz, B. C. S., México.

Walker, T.I. 1992. Fishery simulation model for shark applied to the gummy, *Mustelus antarticus* Günther, from southern Australian Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:195-212.

Walker, T. I. 2005. Reproduction in fisheries science., 81-127. *En*: Hamlett, W. C. (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc. USA.

Wourms, P. J. y L. S. Demski. 1993. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: introduction, history, overview, and future prospects. *Environ. Biol. Fishes.* 38:7-21.