



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y BIOLOGÍA MARINA



PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LOS TIBURONES PILOTO
(*Carcharhinus falciformis*), MARTILLO (*Sphyrna lewini*) Y AZUL
(*Prionace glauca*) EN EL PACÍFICO MEXICANO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA:
M.C. MARIBEL CARRERA FERNÁNDEZ.

La Paz, Baja California Sur, México.

Diciembre, 2011.



SIP-14

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 15 del mes de Noviembre del 2011 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 titulada:

"PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LOS TIBURONES PILOTO (*Carcharhinus falciformis*),
MARTILLO (*Sphyrna lewini*) Y AZUL (*Prionace glauca*) EN EL PACÍFICO MEXICANO"

Presentada por el alumno:

CARRERA

Apellido paterno

FERNÁNDEZ

materno

MARIBEL

nombre(s)

Con registro:

A	0	8	0	0	7	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

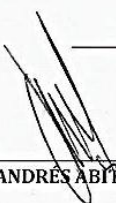
DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

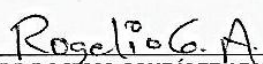
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

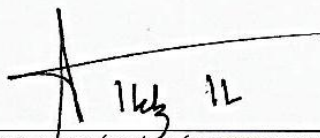
LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis


DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

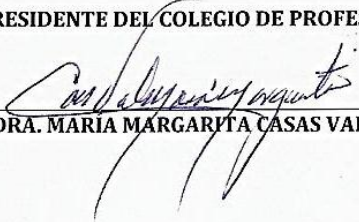

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS


DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS


DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA


DR. HERIBETO SANTANA HERNÁNDEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Noviembre del año 2011
el (la) que suscribe MC. MARIBEL CARRERA FERNÁNDEZ alumno(a) del
Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS
con número de registro A080076 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LOS TIBURONES PILOTO (*Carcharhinus falciformis*),

MARTILLO (*Sphyrna lewini*) Y AZUL (*Prionace glauca*) 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. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: galvan.felipe@gmail.com - carreraf.maribel@gmail.com

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

MC. MARIBEL CARRERA FERNÁNDEZ

nombre y firma

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mi familia, por su apoyo invaluable y ayudar ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante!

*A mis madre ISABEL FERNÁNDEZ ,
por hacer de mí, una mejor persona a través de sus consejos,
amor y estar a mi lado apoyándome siempre.*

*A mi padre JULIO CARRERA ,
por brindarme su cariño, su apoyo y confianza.*

*A mis hermana ERIKA CARRERA ,
Por tu cariño, eres mi ejemplo de lucha y fortaleza, eres única!*

*A mi hermano JAVIER CARRERA,
por tu compañía y apoyo todo este tiempo, por compartir
conmigo esta aventura en el Puerto de Ilusión.*

*A mi pequeña ALONDRA KRISTELL
Por darle un nuevo significado a mi vida.*

*¡Por ustedes, soy lo que soy,
Gracias por existir...*

Los quiero mucho!

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis **Dr. Felipe Galván Magaña**, por permitirme formar parte del proyecto tiburón (¡ya diez años!), por su apoyo durante todo este tiempo, gracias!.

Al comité revisor: **Dr. L. Andrés Abitia** **Dr. Heriberto Santana Hernández**, **Dr. Rogelio Gonzales Armas**, **Dr. Agustín Hernández Herrera**, por su apoyo y por sus acertadas observaciones en la elaboración de esta tesis que ayudaron a mejorar y complementar este trabajo.

Al **Dr. Heriberto Santana Hernández** y **L.I. Juan Javier Valdez Flores**, por facilitarme información de su proyecto para complementar este trabajo.

Al **CICIMAR**, **IPN** y **CONACYT** por darme la oportunidad de realizar el doctorado y por el apoyo económico otorgado a través de becas y del apoyo a los diferentes proyectos de tiburones dirigidos por el Dr. Felipe Galván.

Al **LCP. Humberto Ceseña** y **César Casas**, por su apoyo con los trámites del doctorado durante todo este tiempo, por su amabilidad y paciencia. Muchas gracias!

A **Maricela Calderón** y **Magda Mendoza**, por la ayuda con los trámites de beca PIFI y por gestionar los apoyos para asistir a los congresos. Al personal de la Biblioteca, especialmente a **Tere**, **Juan** y **Martina**, por facilitarme los préstamos de material bibliográfico.

Porque ser el motor que mueve mi mundo... ☺

A **mi familia**, un agradecimiento enorme, por los sacrificios, por el apoyo incondicional y ser mi ejemplo. A la Familia Fernández (Tía Bety, Tío Juan y tía Pifa, gracias por tanto cariño) y a la Familia Carrera (Abuelita, Dios te bendiga!; A mis tíos: Pancho, Ángeles, Maria, Nacho, Juan, Lucia, Amalia, A mis primos Miriam, Esmeralda, Karina, Vane, Francisco, Daniel y los que faltan en esta lista especial, gracias por su apoyo!!

A mi amiga de toda la vida **Nancy campos**, por tu amistad constante y apoyo.

A **Dalia** por conservar esta linda amistad, a pesar del tiempo y la distancia.

A mi familia Paceña: **Ofelia**, por tu amistad y todo el apoyo durante todo este tiempo (no quiero especificar los años, jajaj) y por compartir un sueño llamada Australia; **Joao**, por tu amistad, por tu apoyo y por creer en mí, ya sabes para todo y para siempre!; **Suri**, por tu constante apoyo desde mi regreso a La Paz, por ser la mamá adoptiva de mis eternos mininos y **Lavis**, por tu ternura, amistad y cariño, esperemos que el tiempo fortalezca más esta amistad! . A todos por compartir las tardes de películas, cine, cenas, playa y no podían faltar las visitas habituales a la tienda de curiosidades.

A **Socorro Hernández y Berenice Ramirez**, por su amistad durante todo este tiempo a pesar de la distancia, por el apoyo en los momentos difíciles y por esas noches inolvidables compartiendo un rico frappé de la Casita, seguido del Karaoke y terminando en el Club de la Salsa, lo mejor de Salina Cruz!!

A mi segunda familia, **Nancy, Erika, Doña Martha y Don Manuel** (qepd). Por todos los años de amistad y cariño, por darme un lugar especial en su linda familia.

A mi mamá adoptiva “**Doña Yadi**”, por aceptarme en su casa como una hija más; a mis niñas **Isis y Deya** por brindarme su apoyo y su cariño, haciendo más agradable mi estancia en el Puerto de Salina Cruz, Gracias por todo, las quiero mucho!!!!

A la familia Cota Osuna: **tía María, tía Tina**, gracias por su apoyo y cariño durante todo este tiempo de mi estancia en La Paz, nunca podré pagarles todo lo que han hecho por mí.

A los compañeros y anexos del Laboratorio de Ecología de Peces: **Dana, Xchel, Marcela Zuñiga, Pancheiro, Arturo, Berenice, José Miguel, Andres y Peggy**, por los momentos compartidos en las reuniones y en el laboratorio.

A **Carlos Alavéz Jimenez, Leydi Garcia Molina** y todos los estancieros que ayudaron a la obtención de las muestras en la costa de Oaxaca, por su amistad y compañía.

A **los pescadores** de Punta Belcher, Punta Lobos, El Portugués, (BCS), ya que sin su ayuda no hubiera sido posible este trabajo...

A **los pescadores de Ensenada Chipehua**, Oax. Especialmente a Ray y familia, doña Yadi, doña Elena y la interminable lista de amigos, gracias por su hospitalidad, su apoyo en la colecta de muestras, por las charlas y por las ricas comidas (pescado enchipotlado y totopos!) durante tres largos años, saben que mi corazón se quedó en esta playa...

A todos aquellos que me faltó mencionar, pero que de una u otra manera contribuyeron con consejos o buenos ratos para que este trabajo pudiera realizarse... **GRACIAS!!!!**

RECONOCIMIENTO

La presente tesis fue posible gracias a los diferentes proyectos apoyados por el Instituto Politécnico Nacional, dirigidos por el Dr. Felipe Galván Magaña:

- Biología de los tiburones del sur del Golfo de California". 2000-2001.
- Ecología de elasmobranquios en el Golfo de California". Julio 2001 a junio 2002.
- Biodiversidad de organismos marinos en el suroeste del Golfo de California". Julio 2001 a junio 2002.
- Ecología trófica de tiburones y mantas en el SW del Golfo de California. Abril 2002-marzo 2003.
- Biología reproductiva del tiburón azul (*Prionace glauca*) en Baja California Sur. Julio 2003-Junio 2004.
- Proyecto SAGARPA-CONACYT. "Caracterización de la pesquería artesanal de tiburones desembarcados en Salina Cruz, Oaxaca, México" Junio 2004-Mayo 2006.
- Hábitos alimenticios e isótopos de carbono y nitrógeno del tiburón angelito en el suroeste del Golfo de California. Enero-Diciembre de 2008.
- Ecología trófica de tiburones de Baja California Sur utilizando análisis isotópicos. Enero- 2009 –Diciembre 2010.
- Caracterización de la pesca artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de baja california sur Enero-Diciembre 2011.
- Proyecto "Selectividad y Eficiencia de Palangres para la Pesca de Tiburón en el Pacífico Central Mexicano". CRIP Manzanillo, dirigido por el Dr. Heriberto Santana Hernández.

ÍNDICE

Glosario de Términos.....	i
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tablas.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	5
1. Tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i>	5
2. Tiburón martillo <i>Sphyrna lewini</i>	7
3. Tiburón azul <i>Prionace glauca</i>	10
4. Variación en los parámetros reproductivos de tiburones.....	12
5. Áreas de apareamiento.....	13
6. Áreas de crianza.....	15
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
IV. HIPÓTESIS.....	18
V. OBJETIVOS.....	19
1. Objetivo general.....	19
2. Objetivos particulares.....	19
VI. ÁREA DE ESTUDIO.....	20
1. Costa occidental de Baja California Sur.....	20
2. Pacífico central mexicano.....	21
3. Golfo de Tehuantepec.....	21
VII. MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
1. Origen de la información.....	23
1.1 Bases de datos	23

1.2 Estudios de reproducción.....	24
2. Identificación de los estados de madurez sexual.....	25
3. Análisis de la información.....	27
VIII. RESULTADOS.....	30
1. Parámetros reproductivos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> ...	30
2. Parámetros reproductivos del tiburón martillo <i>Sphyrna lewini</i>	34
3. Parámetros reproductivos del tiburón azul <i>Prionace glauca</i>	38
Zonas de apareamiento.....	42
4. Áreas de crianza.....	50
IX. DISCUSIÓN.....	63
1. Parámetros reproductivos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i>	63
2. Parámetros reproductivos del tiburón martillo <i>Sphyrna lewini</i>	65
3. Parámetros reproductivos del tiburón azul <i>Prionace glauca</i>	68
4. Zonas de apareamiento.....	70
5. Áreas de crianza.....	72
X. CONCLUSIONES.....	80
XI. RECOMENDACIONES.....	81
XI. LITERATURA CITADA.....	82

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ÁREA DE CRIANZA. Son zonas discretas geográficamente en donde las hembras grávidas paren a sus crías o depositan sus huevos y donde las crías pasan sus primeras semanas, meses o años de vida (Castro, 1993).

CICLO REPRODUCTIVO: Abarca el ciclo ovárico y el periodo de gestación. Se entiende como ciclo ovárico a la frecuencia con que una hembra desarrolla un lote de oocitos que pasan por el proceso de vitelogénesis, hasta la ovulación de los mismos y el periodo de gestación es el periodo entre la fertilización y el nacimiento de las crías. Estos dos procesos pueden darse simultánea o consecutivamente (Hamlett y Koob, 1999).

ELASMOBRANQUIO: Grupo de peces que presentan un esqueleto cartilaginoso; que poseen generalmente cinco pares de aberturas branquiales en posición lateral, (algunos representantes tienen seis o siete) están ubicados taxonómicamente en la subclase *Elasmobranchii* de la clase Chondrichthyes. Comprende a las categorías comerciales denominadas tiburones y rayas (Mojetta, 2005).

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

FECUNDIDAD: Es la cantidad de huevos o embriones dentro del útero de una hembra (Conrath, 2005).

GLANDULA OVIDUCAL. Es una modificación del oviducto del tracto reproductivo de las hembras, en la cual se almacena el esperma, se fertiliza el oocito y se produce la tercer membrana o la capsula del huevo en las especies ovíparas (Hamlett y Koob, 1999).

GONOPTERIGIOS: órganos copuladores del macho, que son modificaciones de los bordes internos de las aletas pélvicas y se prolongan hacia atrás, mucho más que las aletas mismas, son característicos de los elasmobranquios (Álvarez del Villar, 1978).

JUVENIL: Estadio en el cual un organismo ha adquirido la morfología de un adulto, pero aún no es capaz de reproducirse (Castro, 1983).

NEONATO: Nombre que se le da a organismos pequeños recién nacidos. Se caracterizan por presentar la conexión umbilical, cuya abertura se presenta en diferentes modalidades dependiendo del tiempo transcurrido desde el nacimiento: abierta, iniciando la cicatrización y la cicatrizada (Castro, 1983)

OVIPARIDAD: Desarrollo embrionario que se lleva a cabo fuera del cuerpo de la madre; donde el embrión se alimenta solamente del vitelo presente en su cápsula (Pratt y Castro, 1990).

PALANGRE O CIMBRA: Arte de pesca fijo o de deriva está compuesto por varios elementos como son: línea madre, reinales, alambradas, anzuelos, orinque, grampín y boyarín. La línea madre es la línea más larga del arte de pesca de la cual penden los reinales; cada reinal lleva un anzuelo donde se coloca la carnada o cebo (Alavéz-Jiménez, 2007).

PARAMETRO REPRODUCTIVO: Son cantidades variables de las cuales depende la función que describe la capacidad reproductiva de una especie (tasa reproductiva) (Walker, 2004).

RED DE ENMALLE: Equipo de pesca de tipo pasivo de forma rectangular, utilizada fijo al fondo o a la deriva ya sea unidas a las embarcaciones o libres. Está conformada por varias secciones de paño de red de hilo multifilamento o

monofilamento unido a dos cabos o líneas de soporte denominadas “relingas”, confiriendo a la red la cualidad de mantener el paño extendido (Alavéz-Jiménez, 2007).

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).

VIVIPARIDAD PLACENTARIA: El desarrollo embrionario se realiza en el cuerpo de la madre y existe una conexión entre el embrión y la madre a través de una pseudoplacenta por la cual le transmite alimento y a su vez el embrión expulsa sus desechos metabólicos (Wourms, 1981).

LITERATURA CITADA EN EL GLOSARIO:

Alavéz- Jiménez, C. 2007. Aspectos de la biología y pesquería de los tiburones sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y pico blanco (*Nasolamia velox*), capturados por la flota artesanal pesquera en Ensenada Chipehua, Oaxaca durante el periodo 2004-2005”. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Salina Cruz. Salina Cruz, Oax. 72p.

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

Castro, J. I. 1983. *The Sharks of North American Waters*. Texas A & M. University Press, College Station, Texas. 179 p.

Castro J.I. 1993. The shark nursery of Bull Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Envir. Biol. Fish.* 38:37-48.

- Conrath, C. 2005. Reproductive biology, 133-164. En: Musick, J. y Bonfil, R. (Eds). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome, FAO. 251p.
- Hamlett, W. C. y Koob T. J. 1999. Female reproductive system, 398-443. En: Hamlett, W. C. (Ed). *Sharks, Skates and Rays: The Biology of Elasmobranch Fishes*. The Johns Hopkins University Press, E.U.A.
- Houillon, C. 1978. *Sexualidad*. Tercera Edición. Ediciones Omega S.A. 668 p.
- Mojetta A. 2005. *Guía del mundo submarino: Tiburones*. Editorial Diana. 167p.
- Pratt, H. L. y Castro, J.I. 1990. Shark reproduction: Parental investment and limited fisheries, an overview, 56-60. En: S.H. Gruber (Ed). *Discovering sharks*. American Litoral Society, USA .
- Pratt, H. L., y Tanaka, S. 1994. Sperm storage in male elasmobranchs: a description and survey. *J. Morphol.* 219:297-308.
- Walker T. I. 2005. Chapter 13. Management measures. En: J. A. Musick y R. Bonfil (Eds) *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome, FAO. 251p.
- Wourms, J.P. 1981. Viviparity: maternal-fetal relationships in fishes. *Am. Zool.* 21:473- 515.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Área de distribución del tiburón azul, <i>Prionace glauca</i> en el Pacífico mexicano (Tomado de Mendizabal y Oriza, 2000).....	2
Figura 2.	Área de distribución del tiburón martillo, <i>Sphyrna lewini</i> , en el Pacífico mexicano. (Tomado de Mendizabal y Oriza, 2000).....	3
Figura 3.	Área de distribución del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en el Pacífico mexicano. (Tomado de Mendizabal y Oriza, 2000).....	4
Figura 4.	Ubicación de la información disponible en bases de datos y estudios de reproducción en el Pacífico mexicano.....	25
Figura 5.	Embriones encontrados en los úteros de una hembra de tiburón piloto.....	31
Figura 6.	Relación entre la talla materna y el número de embriones de <i>C. falciformis</i>	32
Figura 7.	Curvas de madurez de machos de <i>C. falciformis</i> en las tres regiones.....	33
Figura 8.	Curvas de madurez de hembras de <i>C. falciformis</i> en las tres regiones.....	33
Figura 9.	Embriones terminales de tiburón martillo en Salina Cruz, Oaxaca.....	35
Figura 10.	Relación entre la talla materna y el número de embriones de <i>S. lewini</i>	36
Figura 11.	Curvas de madurez de machos de <i>S. lewini</i> en las tres regiones.....	37
Figura 12.	Curvas de madurez de hembras de <i>S. lewini</i> en las tres regiones.....	37
Figura 13.	Embriones de una hembra grávida de tiburón azul, capturada con	

	palangre en Punta Lobos, BCS, 2009.....	39
Figura 14.	Relación entre la talla materna y el número de embriones de <i>P. glauca</i>	39
Figura 15.	Curvas de madurez de machos de <i>P. glauca</i> en las tres regiones.....	41
Figura 16.	Curvas de madurez de hembras de <i>P. glauca</i> en las tres regiones.....	41
Figura 17.	Proporción de machos de <i>C. falciformis</i> en la costa occidental de BCS.....	42
Figura 18.	Proporción de hembras de <i>C. falciformis</i> en la costa occidental de BCS.....	43
Figura 19.	Proporción de adultos de <i>C.falciformis</i> en la costa occidental de BCS.	43
Figura 20.	Actividad reproductiva del tiburón piloto en la costa occidental de BCS.....	44
Figura 21.	Proporción de hembras de <i>P. glauca</i> en la costa occidental de BCS.....	45
Figura 22.	Proporción de machos juveniles y adultos de <i>P. glauca</i> en la costa occidental de BCS.....	45
Figura 23.	Proporción de adultos de ambos sexos de <i>P. glauca</i> en la costa occidental de BCS.....	46
Figura 24.	Marcas de apareamiento en un hembra de tiburón azul capturada en Punta Lobos, BCS, 2008.....	47
Figura 25.	Actividad reproductiva del tiburón azul en la costa occidental de BCS.....	47
Figura 26.	Proporción de hembras de <i>C.falciformis</i> en el Golfo de Tehuantepec.....	48

Figura 27.	Proporción de machos de <i>C.falciformis</i> en el Golfo de Tehuantepec.....	48
Figura 28.	Proporción de adultos de <i>C.falciformis</i> en el Golfo de Tehuantepec.....	49
Figura 29.	Aparato reproductor de una hembra de <i>C. falciformis</i> con huevos uterinos.....	49
Figura 30.	Actividad reproductiva del tiburón piloto en el Golfo de Tehuantepec.....	50
Figura 31.	Presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles de <i>C. falciformis</i> en la costa occidental de BCS.....	51
Figura 32.	Tallas de los embriones, neonatos y juveniles de <i>C. falciformis</i> en la costa occidental de BCS.....	51
Figura 33.	Presencia de hembras grávidas de tiburón azul en la costa occidental de BCS.....	52
Figura 34.	Tallas de los embriones del tiburón azul en la costa occidental de BCS.....	53
Figura 35.	Presencia de neonatos y juveniles de <i>S. lewini</i> en el Golfo de California.....	54
Figura 36.	Tallas de neonatos y juveniles de <i>S. lewini</i> en el Golfo de California.....	54
Figura 37.	Presencia de hembras grávidas y neonatos de <i>S. lewini</i> en las costas de Sinaloa (Tomado de Torres-Huerta <i>et al.</i> , 2009).....	55
Figura 38.	Tallas de embriones y neonatos de <i>S. lewini</i> en las costas de Sinaloa (Tomado de Torres-Huerta <i>et al.</i> , 2009).....	55
Figura 39.	Abundancia de hembras grávidas y neonatos de <i>C. falciformis</i> en el Pacífico central mexicano.....	57
Figura 40.	Tallas de embriones y neonatos del tiburón piloto en el Pacífico central mexicano	58

Figura 41.	Actividad reproductiva del tiburón martillo en la costa de Michoacán (Tomado de Anislado-Tolentino, 2000).....	59
Figura 42.	Presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles de <i>C. falciformis</i> en el Golfo de Tehuantepec.....	60
Figura 43.	Tallas de los embriones, neonatos y juveniles de <i>C. falciformis</i> en el Golfo de Tehuantepec.....	60
Figura 44.	Presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles de <i>S. lewini</i> en la costa de Oaxaca.....	61
Figura 45.	Neonato de tiburón martillo mostrando la cicatriz umbilical.....	61
Figura 46.	Tallas de embriones, neonatos y juveniles de <i>S. lewini</i> en la costa de Oaxaca.....	62
Figura 47.	Neonatos de tiburón martillo en la costa de Salina Cruz, Oaxaca.....	62
Figura 48.	Rutas migratorias de tres tiburones piloto en el Pacífico oriental tropical (Tomado de Kohin <i>et al.</i> , 2006).....	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Estudios sobre reproducción en diferentes localidades del Pacífico mexicano.....	21
Tabla 2.	Proporción de sexos al nacer de <i>C. falciformis</i> en las tres regiones...	31
Tabla 3.	Valores de la relación lineal entre la fecundidad y el número de embriones en <i>C. falciformis</i>	32
Tabla 4.	Proporción de sexos al nacer de <i>S. lewini</i> en las tres regiones.....	34
Tabla 5.	Valores de la relación lineal entre la fecundidad y el número de embriones en <i>S. lewini</i>	36
Tabla 6.	Proporción de sexos al nacer de <i>P. glauca</i> en las tres regiones.....	38
Tabla 7.	Valores de la relación lineal entre la fecundidad y el número de embriones.....	40

RESUMEN

Los tiburones piloto (*Carcharhinus falciformis*), martillo (*Sphyrna lewini*) y azul (*Prionace glauca*) son las especies de tiburones más capturadas comercialmente en el Pacífico mexicano (PM), por lo que han sido consideradas como especies prioritarias para un plan de manejo pesquero; sin embargo no se conocen las características biológicas para elaborar de manera adecuada estos planes de manejo. En este contexto el presente estudio tiene como objetivo estimar los parámetros reproductivos de estas especies de tiburones e identificar sus posibles zonas de apareamiento y crianza en el Pacífico mexicano. La información utilizada proviene de investigaciones realizadas por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en Baja California Sur y el Golfo de Tehuantepec, así como de información bibliográfica de otras áreas del PM. Los parámetros reproductivos estimados fueron: talla de madurez L_{50} , en la cual *C. falciformis* no presentó diferencias entre sexos, pero sí entre localidades (Baja California Sur, Colima y Golfo de Tehuantepec). En *S. lewini*, se observaron variaciones entre las hembras de las diferentes localidades (Golfo de California, Michoacán y Oaxaca). Mientras que *P. glauca* presentó diferencias en ambos sexos para Baja California, Baja California Sur y Colima. Se analizó la proporción de sexos al nacer, la cual fue cercana a 1M:1H en las diferentes localidades para las tres especies. No se observó una relación lineal entre la fecundidad y la talla materna, excepto para *S. lewini* en Michoacán. El tiburón azul utiliza la costa occidental de Baja California Sur como área de apareamiento, al mismo tiempo que utiliza la península de Baja California como área de crianza secundaria, debido a la abundancia de juveniles. El tiburón piloto utiliza la costa occidental de Baja California Sur como zona de apareamiento, el Pacífico central mexicano como corredor para las hembras grávidas y neonatos que a su vez utilizan el Golfo de Tehuantepec como zona de crianza, sin embargo no se pudo definir la temporada de nacimientos. El tiburón martillo utiliza al menos tres zonas de crianza en el Pacífico mexicano, el Golfo de California, la costa de Michoacán y el Golfo de Tehuantepec durante el verano-otoño. Se propone que las zonas adyacentes a estas zonas de crianza puedan ser consideradas zonas de apareamiento potenciales.

ABSTRACT

The blue shark *Prionace glauca*, silky shark *Carcharhinus falciformis* and scalloped hammerhead shark *Sphyrna lewini* are the shark species most caught commercially in the Mexican Pacific. They are considered as priority species for the fishery management; however biological characteristics are unknown and these characteristics are necessary to elaborate adequately these management plans. In this context, the aim of this study is estimate the reproductive parameters of these shark species and recognize possible mating zones and nursery areas in the Mexican Pacific. The biological information used, comes from studies done in Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) for Baja California Sur and the Gulf of Tehuantepec, and bibliographic information from the Mexican Pacific. The reproductive parameters estimated were: maturity size (L_{50}), where *C. falciformis* did not present differences between sexes, but there were differences between geographical areas (Baja California Sur, Colima and Gulf of Tehuantepec). Females of *S. lewini* showed variations between areas (Gulf of California, Michoacán and Oaxaca). *P. glauca* showed differences in both sexes for Baja California, Baja California Sur and Colima. Also was analyzed the sex ratio in embryos; this parameter was closed to 1F:1M in the different localities for the three species. There are not relationship between the litter size and maternal size, except for *S. lewini* in the coast of Michoacán. Blue sharks use the western coast of Baja California Sur as mating area and as secondary nursery area considering their high abundance of juveniles. Silky sharks use the western coast of Baja California Sur as mating area, however the Mexican central Pacific were observed pregnant females and neonates, they use the Gulf of Tehuantepec as nursery area, however, the reproductive season could not be defined. The, Scalloped hammerhead utilize three localities as nursery area in the Mexican Pacific: Gulf of California, coast of Michoacán and Gulf of Tehuantepec. There is a propose than the adjacent areas to the shark nursery areas would be considered as potential mating areas.

I. INTRODUCCIÓN

Los tiburones son un recurso pesquero importante, sin embargo, debido a sus características biológicas (baja fecundidad, madurez tardía, largos periodos de gestación), aunado al incremento en la explotación; ha ocasionado la disminución de éstos (Bonfil, 1997). Por lo que es importante la implementación de medidas para su manejo, iniciando con una evaluación adecuada de las poblaciones. La evaluación de poblaciones de las diferentes especies de elasmobranquios, requiere un enfoque cuantitativo del estudio de la reproducción; este enfoque cuantitativo está dado por los parámetros reproductivos, los cuales describen la capacidad reproductiva de una especie (tasa reproductiva) (Walker, 2004).

Los parámetros propuestos por Walker (2005) son: proporción de sexos al nacer, la relación entre la talla materna y el número de embriones (curva de fecundidad), la proporción de hembras maduras y su talla (curva de madurez). Con los parámetros reproductivos se puede llegar a conocer la capacidad reproductiva de la especie y por lo tanto la tasa de recuperación de la población. Se utilizan en todos los tipos de evaluación de poblacionales, pesqueras y de riesgo ecológico, además que se consideran un buen indicador para definir poblaciones en diferentes áreas. (Lombardi- Carlson *et al.*, 2003; Tovar-Ávila *et al.*, 2007)

Dentro de los planes de manejo, se considera importante conservar áreas que constituyan hábitats críticos en el ciclo vital de las especie, como las áreas de apareamiento y crianza. El lugar donde están los adultos de ambos sexos con actividad reproductiva, se considera como zona de apareamiento; mientras que un área de crianza se puede definir como un lugar geográficamente determinado donde las crías nacen y pasan los primeros meses de su vida (Castro, 1993). Los neonatos (menores de un año) y juveniles (más de un año), ocupan áreas de

crianza primarias; mientras que los juveniles mayores de un año, amplían un poco más su área, a la cual se le denomina área de crianza secundaria (Bonfil, 1997).

Los tiburones azul *Prionace glauca*, martillo *Sphyrna lewini* y piloto *Carcharhinus falciformis* son de las especies más abundantes en la pesquería ribereña y de mediana altura en diferentes latitudes del Océano Pacífico mexicano y comparten características, como amplia distribución y hábitos migratorios.

El tiburón azul presenta sus mayores abundancias en la parte norte del Pacífico mexicano, debido a que prefiere aguas templadas; mientras que en la parte sur se encuentra a mayores profundidades (Mendizabal y Oriza, *et al.*, 2000). También realiza migraciones hacia el hemisferio norte en verano y hacia el sur en invierno (Compagno, 1984).

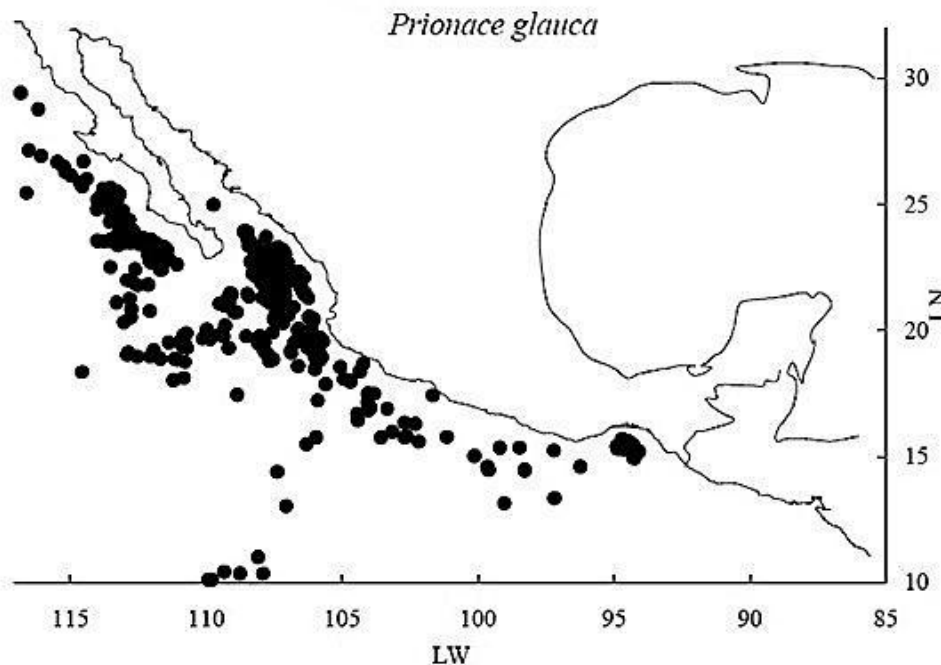


Fig. 1 Área de distribución del tiburón azul, *Prionace glauca* en el Pacífico mexicano (Tomado de Mendizabal y Oriza *et al.*, 2000).

El tiburón martillo se distribuye desde la costa de California, el Golfo de California, hasta Panamá, Ecuador y posiblemente hasta el norte de Perú

(Compagno, 1984). Es una especie móvil, de hábitos costeros y se desplaza formando grandes cardúmenes, como se ha documentado en el Golfo de California (Klimley, 1985). En Sonora y Sinaloa este tiburón ocupa el tercer lugar de las capturas (Hernández- Carballo, 1967). La mayoría de las capturas regionales del tiburón martillo se basan en neonatos, juveniles y adultos de ambos sexos (Anislado-Tolentino, 1995). Se considera que ocupa el primer lugar en biomasa capturada para el Pacífico Mexicano en su parte central (Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero), Golfo de Tehuantepec y Chiapas (Applegate *et al.*, 1979; Anislado-Tolentino, 2000; Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001). En el Golfo de Tehuantepec es una de las dos especies más importantes en las capturas, y soporta la pesquería la mayor parte del año.

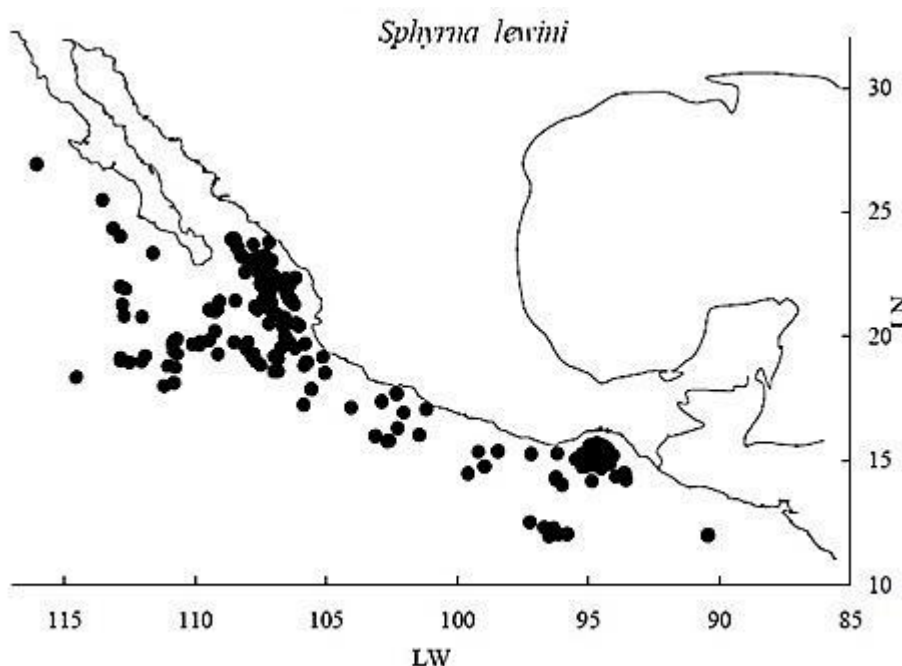


Fig. 2. Área de distribución del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, en el Pacífico mexicano. (Tomado de Mendizabal y Oriza *et al.*, 2000).

El tiburón piloto es una especie circumtropical; se encuentra en aguas cálidas tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Vive en aguas oceánicas alcanzando profundidades de hasta 500 metros, aunque también habita aguas costeras cerca de la superficie (Compagno *et al.*, 1995). Aporta aproximadamente

el 58% de las capturas en la costa de Sonora (Rodríguez, *et al.*, 1996). Sus mayores abundancias se han registrado de octubre a marzo en el sur de Nayarit (Corro, 1997). Representa el 70% de la producción seguido del tiburón martillo que en conjunto alcanzan el 90% de la captura. (CONAPESCA-INP, 2004).

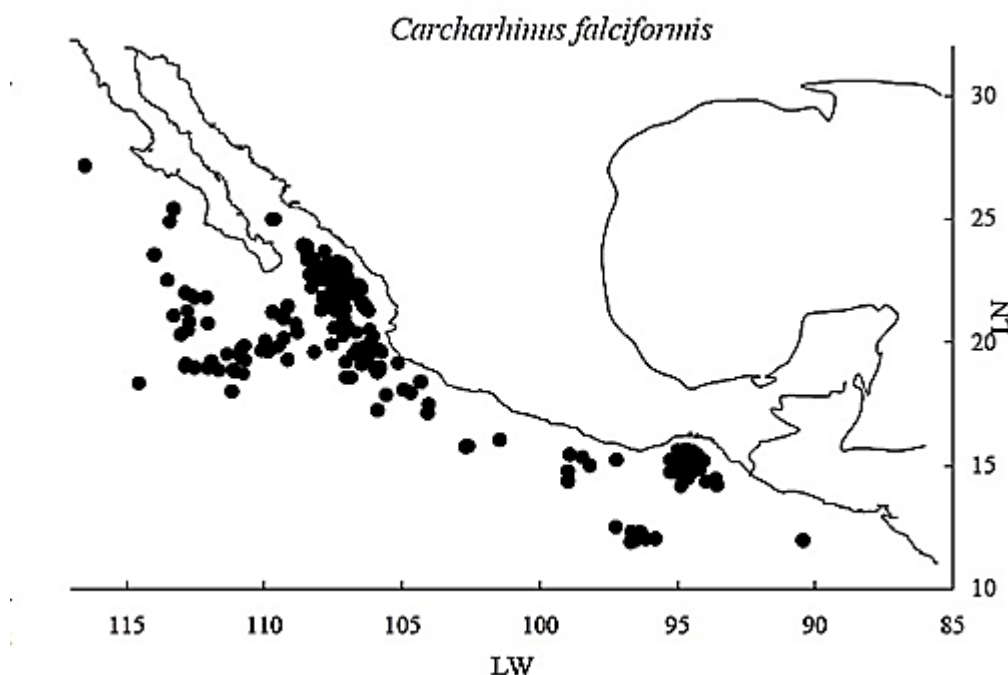


Fig. 3. Área de distribución del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, en el Pacífico mexicano. (Tomado de Mendizabal y Oriza, 2000).

En conjunto los tiburones *C. falciformis*, *S. lewini* y *P. glauca*, representan el mayor porcentaje de las capturas de tiburón en el Pacífico mexicano, por lo que este estudio aportará información biológica, particularmente de los parámetros reproductivos que servirá para análisis demográficos o de evaluaciones poblacionales. Al unificar los criterios para determinar áreas de crianza y apareamiento, se obtendrá información confiable para que dichas zonas sean consideradas prioritarias, como parte del manejo y por último al integrar la información de las diferentes áreas, nos permitirá tener un panorama más amplio de la dinámica de estas especies en el Pacífico mexicano.

II. ANTECEDENTES

Se han realizado diversos estudios con estas especies dada su importancia a nivel mundial, a continuación se presentan aquellos estudios que hacen referencia a la reproducción de las tres especies.

1. Tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*

Gilbert y Schlernitzauer (1966), observaron que sólo el ovario derecho es funcional y que posiblemente ocurre una interdigitación entre el tejido materno y el del feto en desarrollo temprano de su gestación. Branstetter (1987), en el Golfo de México encontraron que *C. falciformis* tiene un periodo de gestación de 12 meses y mencionan que los machos maduran a menor talla que las hembras en el Golfo de México. Bonfil *et al.* (1993), en poblaciones de la península de Yucatán, determinaron que la época de nacimiento es a principios de verano con un periodo de gestación de 12 meses y nacen a una talla de 76 cm LT. Los machos maduran cuando alcanzan 225 cm LT (10 años) y las hembras de 232-245 cm LT (> 12 años).

Beerkircher *et al.* (2003), en el sureste de USA, utilizaron el método de Monte Carlo para simular la variabilidad en los parámetros de entrada, considerando varios escenarios analizaron resultados usando sólo mortalidad natural y posteriormente incorporando componentes de mortalidad por pesca. Oshitani *et al.* (2003), en el océano Pacífico reportaron una edad de madurez en machos de 135-140 cm LP a una edad de 5-6 años, mientras que para hembras de 145–150 cm LP a una edad de 6–7 años, respectivamente. No se encontraron diferencias marcadas en el crecimiento, talla de nacimiento y edad de madurez entre las poblaciones del océano Pacífico y Atlántico.

Específicamente para el Pacífico mexicano, Castillo-Géniz *et al.* (1997), evaluaron el estado actual de las poblaciones de tiburones explotadas comercialmente en el Golfo de Tehuantepec durante 1996 y 1997, encontrando

que *C. falciformis* es una de las especies que se capturan con mayor intensidad. Ronquillo-Benítez (1999), reportó de 2 a 8 embriones por camada con talla mínima de nacimiento de 50 cm LT en el Golfo de Tehuantepec.

Cadena-Cárdenas (2001), determinó que de julio a septiembre se presenta la mayor proporción de adultos en el Golfo de California; la talla de madurez fue estimada a los 180 cm LT para ambos sexos y la talla de nacimiento fue establecida a los 70 cm LT con un periodo de gestación de doce meses. Hoyos-Padilla (2003) describió las estructuras reproductivas en machos y hembras, con el análisis histológico encontró espermatozeugmata de una sola capa en la vesícula seminal de los machos. La proporción de sexos fue de 1H:0.6M. y la talla de madurez fue de 180 cm LT en ambos sexos para la costa occidental de Baja California Sur.

Para el Golfo de Tehuantepec, Alavéz-Jiménez (2007), describió la pesquería y aspectos reproductivos de *C. falciformis* y *Nasolamia velox* en Ensenada Chipehua, Oaxaca, donde la proporción embrionaria fue cercana a 1H:1M, a diferencia de los adultos. La hembra más pequeña que presentó embriones midió 186 cm LT, y en machos la talla de primera madurez fue de 177 cm de LT. Mientras que Galván-Tirado (2007) observó una proporción de sexos cercana a 1H:1M. La longitud a la que alcanzan la madurez sexual fue de 180 cm en machos y de 190 cm en hembras. La fecundidad fue de 2 a 14 embriones, con una talla de nacimiento entre 55-69 cm LT.

Alejo-Plata *et al.* (2007) encontraron una alta abundancia de neonatos y juveniles en la costa de Oaxaca, donde los juveniles se registraron durante todo el año, además de observar hembras grávidas con embriones en diferentes estadios de desarrollo. Cruz-Ramírez (2007) reportó que esa especie es la que sostiene la pesquería en las costas de Colima con un 88.12% de las capturas, de éstos el 92% fueron juveniles. La talla de madurez fue de 170 cm LT para ambos sexos y la fecundidad varió de 3 a 7 crías por hembra.

2. Tiburón Martillo *Sphyrna lewini*

A nivel internacional, el estudio sobre el tiburón martillo *S. lewini* ha sido abordado por Gilbert (1967), quien realizó una investigación sobre la biología y aspectos taxonómicos de las especies que componen la familia Sphyrnidae como filogenia, crecimiento, historia de vida y biogeografía. Clarke (1971) determinó la localización de algunas áreas de crianza en Hawaii, tiempo de residencia y los movimientos realizados por los neonatos mediante el método de marcado, captura – recaptura.

Stevens y Lyle (1989) observaron que los machos de *S. lewini* son más abundantes que las hembras en las aguas de Australia. Chen *et al.* (1988) describieron la biología reproductiva de *S. lewini* de Taiwán durante dos periodos de estudio, obteniendo 674 organismos, de los cuales 571 organismos eran hembras y 133 machos, encontrando tallas de madurez sexual de 230 centímetros de longitud total en hembras y 198 centímetros de longitud total en machos.

Pratt (1988) empleó histología para señalar algunas características microscópicas del desarrollo gonadal de *S. lewini*. Asimismo, en 1993 este mismo autor realiza una descripción del almacenamiento de esperma en nueve especies de tiburones, concluyendo de esta manera, que las hembras de *S. lewini* almacenan esperma en sus glándulas oviducal por periodos de tiempo que van de varios meses a un año. Holland *et al.* (1993) investigaron el movimiento de juveniles de *S. lewini* en zonas de crianza empleando técnicas de telemetría.

Hazin *et al.* (2001) con ejemplares obtenidos de la captura comercial en Brasil, establecieron que la talla de madurez sexual para las hembras fue a los 240 cm LT; mientras que para los machos fue a los 180 cm y 200 cm LT., con una fecundidad entre 2 y 21 crías. Finalmente, Carrera- Fernández y Martínez-Ortiz (2007) reportaron una talla de madurez en machos de 190 cm LT y de 225 cm LT

para hembras, en general los juveniles dominaron con un 70% de las capturas registradas en aguas de Ecuador.

En México, Klimley y Nelson (1981) describieron agregaciones del tiburón martillo en el Bajo Espíritu Santo en el Golfo de California, este comportamiento de agregación puede ser por migración, protección de depredadores o incluso por reproducción ya que observaron hembras con cicatrices. Saucedo (1983) observó en el Golfo de California hembras grávidas con avanzado estado embrionario, infiriendo que existe una zona de expulsión de crías en el sur de Sinaloa. Klimley y Nelson (1984), estudiaron los patrones de movimiento del tiburón martillo en El Bajo Espíritu Santo en el Golfo de California y registraron desplazamientos en grupo y de organismos solitarios. Asimismo, Klimley (1987) encontró que las hembras de tallas pequeñas se segregan de los machos moviéndose hacia aguas oceánicas para alimentarse de diferentes presas, este cambio de hábitat ocasiona que las hembras de tallas intermedias crezcan más rápido que los machos.

En el noroeste del Golfo de México, Branstetter (1987) estimó los patrones de edad y crecimiento y aspectos de la biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini*. En su estudio sugirió que las hembras de *S. lewini* maduran a los 250 centímetros de longitud total, más o menos a los 15 años; mientras que los machos alcanzan la madurez a los 180 centímetros de longitud total, entre los 9 y 10 años. Por su parte, Marín-Osorno (1992) describió la biología de algunos tiburones en las costas de Tamaulipas y Veracruz, incluyendo a *Sphyrna lewini* con características diagnósticas de la especie, hábitat, distribución, abundancia, variación estacional, talla, reproducción, alimentación, entre otros. Klimley *et al.* (1993) describieron los movimientos verticales y horizontales de cuatro tiburones martillo en el Golfo de California y determinaron que estos tiburones siguen una ruta específica hacia sus lugares de alimentación, descartando así la idea que estos movimientos fueran por termorregulación.

Torres -Huerta (1999) estableció la talla de madurez a los 180 cm LT en machos y en hembras a los 232 cm LT en el noroeste de México y que el período de gestación tiene una duración aproximada de 11 meses con una fecundidad máxima de 32 embriones por hembra. Mientras que Anislado-Tolentino (2000) analizó muestras procedentes de la pesca artesanal de la costa michoacana, encontró que paralelo a esta costa existen tres zonas de segregación social de estos tiburones, siendo la más importante el área de refugio y crianza. La gestación dura aproximadamente 10 meses, con una fecundidad promedio de 30 crías.

Campuzano-Caballero (2002) encontró que la madurez sexual en hembras es tardía en comparación con los machos; la fecundidad máxima fue de 43 embriones y que los nacimientos ocurren de mayo a julio en la costa de Chiapas.

Soria-Quiroz (2003) realizó una descripción anatómica e histológica del sistema reproductor de juveniles de *S. lewini* en la península de Baja California Sur, contribuyendo así al conocimiento del ciclo reproductivo de la especie desde el punto de vista de los cambios morfológicos a nivel microscópico. Torres-Huerta (2004) describió la distribución, abundancia y hábitos alimenticios de juveniles de *S. lewini* en la costa de Sinaloa, confirmando así que las hembras llegan primero a estas costas con el fin de dar a luz a sus crías y reporta que la época de nacimiento de éstas ocurre en mayo y junio.

Anislado-Tolentino (2007) analizó tiburones martillo de Michoacán y Sinaloa, donde obtuvo que la proporción sexual fue 1:1 excepto durante junio cuando los machos superan en número a las hembras y aparecen las señales de apareamiento. No encontró diferencias en la talla de madurez entre áreas, sin embargo difieren con un año de edad. La talla de nacimiento es de 45 a 54 cm. El número de crías respecto a la longitud de la madre presentó una tendencia lineal.

Torres-Huerta *et al.* (2009) encontraron que la proporción de sexos en embriones, neonatos y juveniles fue de 1:1, no así en adultos donde las proporciones variaron en las diferentes localidades de muestreo. Los machos y hembras alcanzaron la talla de primera madurez a los 170 y 207 cm de LT y que el nacimiento de las crías ocurre en junio, con una talla entre 41 y 53 cm de LT.

Bejarano-Álvarez, *et al* (2010), determinaron una fecundidad de 6 a 40 embriones, con una talla de madurez en machos de 178 cm LT y en hembras a los 220 cm LT, con una proporción sexual de 1H: 2M en la costa de Salina Cruz, Oaxaca. A nivel histológico describieron el proceso de espermatogénesis y almacén de esperma en machos en forma de espermatozeugmata de tipo compuesto.

3. Tiburón azul *Prionace glauca*

Pratt (1979) aportó información sobre el mecanismo de almacenamiento de esperma y las adaptaciones para el apareamiento de tiburones azules del océano Atlántico noroccidental. Cailliet y Bedford (1983) proponen para las costas de California, una talla de primera madurez de 220 cm de longitud total y como talla de nacimiento de 34 a 63 cm LT.

Otake y Mizue (1985) con muestras obtenidas de las costas de Japón, realizaron observaciones sobre la estructura de la placenta. Harvey (1989) describió los hábitos alimenticios, la abundancia estacional del tiburón azul en Bahía Monterey, California y propuso un patrón de migración asociado a la madurez y sexo; mientras que De Carvalho y Gomes (1992) realizaron una reinterpretación de la morfología del gonopterigio con notas sobre la terminología de las estructuras.

Pratt (1993) describió el almacenamiento de esperma en las glándulas oviducal de las hembras y estableció tres patrones de inseminación; registrando

para el tiburón azul un almacenamiento a largo plazo con inseminación repetida. Hazin *et al.* (1994) realizaron estudios de reproducción en el sudoeste ecuatorial del Océano Atlántico, con 82 machos y 88 hembras. En 38 hembras encontró almacenamiento de esperma en las glándulas oviducuales.

Nakano (1994) reportó una talla de madurez para los machos entre los 175 cm y 218 cm de LT con 4 y 5 años y que las hembras maduran entre los 189.5cm y 218 cm LT, que corresponden de 5 a 6 años, además incluyó la proporción y distribución de cada sexo en el océano Pacífico norte.

Castro y Mejuto (1995) observaron un comportamiento diferente en cuanto a desarrollo y migración entre sexos, para el Golfo de Guinea y mencionan que el número de embriones está en relación directa con la longitud total de la hembra. Laughlin y Urogetz (1999) observaron la expulsión de crías de tiburón azul, con longitudes aproximadas de 30 y 40 cm LT, en las costas de California. Nakano y Seki (2003) realizaron una compilación de toda la información disponible de esta especie.

En el océano Pacífico mexicano, Reyes-González (2001) reportó una talla de primera madurez entre 145 cm y 175 cm de LT en machos y desde los 199 cm LT para las hembras, en las costas adyacentes a Bahía San Quintín, Baja California, donde las capturas estuvieron dominadas en su mayoría por machos juveniles. Ramírez-González (2002) describió la captura comercial de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur, México, donde *P. glauca* fue la especie ms abundante, observó que en esta zona primero llegan los machos y hembras juveniles y posteriormente los machos adultos, con una menor presencia de hembras adultas, considerando que éstas últimas pasen por otra zona o temporada.

Para la costa suroccidental del Golfo de California, México, Guerrero-Maldonado (2002) realizó un estudio sobre captura comercial de elasmobranquios,

donde *P. glauca* constituyó el 38% de las capturas, con una proporción de sexos de 3.5M:1H. Carrera-Fernández (2004) describió el proceso de espermatogénesis, además encontró que los machos forman agrupaciones de espermatozoides conocidos como espermatozeugmata de tipo compuesto y que las hembras almacenan esperma en las glándulas oviducal durante varios meses, con muestras provenientes de la costa occidental de Baja California Sur

Cruz-Ramírez (2007) analizó tiburones azules provenientes de la pesca de mediana altura del puerto de Manzanillo y reportó que la talla de madurez fue a los 175 cm LT tanto para hembras como para machos, la fecundidad estimada fue de 5-52 crías con promedio de 29 crías por hembra y que los adultos fueron más abundantes con un 56.52% de las capturas.

Carrera-Fernández, *et al.* (2010) encontraron que la pesquería de la costa occidental de Baja California Sur, esta soportada principalmente por juveniles, establecieron que la talla de madurez en machos fue a los 184 cm LT y 196 cm LT en hembras, con una fecundidad promedio de 33 embriones y un periodo de gestación de 9 a 12 meses.

4. VARIACIÓN EN PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE TIBURONES

Un aspecto de gran interés en la ecología de la reproducción es el hecho de que la edad y talla de primera madurez pueden variar dentro de una misma especie. Esta variación puede ser espacial o temporal. La variación espacial en la edad de primera maduración puede deberse al hecho de que poblaciones de la misma especie presentan diferentes valores en distintas áreas de su rango de distribución. La talla y edad de primera madurez también varían con el tiempo en las poblaciones de peces (Saborido y Junquera, 2001).

En cuanto a los parámetros reproductivos, la variación latitudinal ha sido demostrada en varias especies de peces teleósteos, sin embargo los elasmobranquios han recibido poca atención, el efecto de la latitud sobre algunos parámetros biológicos ha sido observado en el Pacífico norte en *Mustelus manazus* (Yamaguchi *et al.*, 1998, 2000) en *Scyliorhinus torazome* (Horie y Tanaka, 2002) y en *Squalus mitsukurii* (Taniuchi *et al.*, 1993).

La longitud de las hembras adultas incrementa con la latitud en el tiburón cabeza de palo en tres áreas del Golfo de México (Carlson y Parsons, 1997; Parsons, 2003) aunque no se observaron diferencias en otros parámetros como la edad de madurez. Por lo que Carlson *et al.* (2003) retomaron esta especie con un mayor número de muestras y encontraron diferencias en los parámetros. Walker (2007) encuentra variación en los parámetros reproductivos en *Galeorhinus galeus* y Tovar-Ávila (2007) también observó variación en algunos parámetros del tiburón *Heterodontus portusjacksoni*, ambos registrados en las costas de Australia, cabe destacar que en estos últimos estudios, los parámetros reproductivos están enfocados de manera que contribuyan para la evaluación de poblaciones.

5. ÁREAS DE APAREAMIENTO.

De los pocos ejemplos que han sido observados en vida libre hay una tendencia de los tiburones de copular a bajas profundidades, el tiburón bambú *Hemiscyllium freycineti* se aparea en aguas de alrededor de un metro de profundidad (Cornish, 2005), el tiburón gata *G. cirratum* a menos de 2 metros en un sitio tradicional en las costas de Florida (Pratt y Carrier, 2001), Mientras que *Triaenodon obesus* se presenta en este evento a los 7 metros (Tricas y Lefevre, 1985).

Esta conducta puede ser un intento para evitar depredadores, minimizar la interrupción por parte de otros machos y principalmente permite a los machos

tener un mayor control sobre las hembras al momento de la cópula. En algunas especies se ha comprobado el uso de áreas para el apareamiento como el tiburón tigre arenoso *Carcharias taurus*, este tiburón tiene un área de apareamiento específico en la costa este desde Carolina del Norte a Florida, EE.UU. de marzo a mayo y se aparean cada año 1 o 2 meses después de que las hembras dan a luz (Gilmore, 1991).

Sin embargo para tiburones oceánicos es más difícil detectar estas áreas y generalmente se realizan a través de observaciones indirectas como las marcas de cortejo, ya que durante la copula los machos deben sujetar a la hembra firmemente, por lo que existen estructuras especializadas que son empleadas para esta acción por ejemplo las espinas alares de las rayas, los dientes en los tiburones (Michaels, 1993) y los tentáculos frontales y prepélvicos de los holocéfalos (Didier, 1995). Lo más probable es que estas estructuras hayan surgido por selección sexual, aunque a la fecha no se ha comprobado esta hipótesis.

Durante la época reproductiva, pueden ser observadas hembras con marcas infringidas por los dientes de los machos durante el cortejo, también Stevens (1974) describe patrones de marcas de mordidas relacionadas con este fenómeno. Pratt (1979) menciona que en el tiburón azul además de presentar estas marcas, las hembras presentan la piel más gruesa (hasta 3 veces) que los machos para evitar que las heridas sean de gravedad, además de que estas mismas mordidas las hacen las receptivas.

También se ha comprobado que hembras en algunas especies pueden almacenar el esperma durante prolongados periodos (Pratt, 1993; Carrera-Fernández *et al.*, 2010). Nakano (1994) en su modelo de distribución para tiburón azul, estableció un área entre los 20° y 30° latitud norte como área de apareamiento, principalmente en los meses de verano, en el océano Pacífico Norte, basado en este tipo de pruebas.

6. AREAS DE CRIANZA.

Los tiburones en sus primeros estadios de vida son vulnerables tanto a condiciones abióticas desfavorables como al ataque de depredadores, debido a su tamaño. Una vez que las crías han nacido, la supervivencia de éstas se maximizará al pasar los primeros años de su vida en áreas protegidas como bahías o golfos cerrados. Se les denomina áreas de crianza y son zonas discretas geográficamente en donde las hembras grávidas paren a sus crías o depositan sus huevos, y donde las crías pasan sus primeras semanas, meses o años de vida (Castro, 1993).

El criterio utilizado anteriormente para caracterizar estas áreas era la presencia simultánea de hembras grávidas, neonatos libres nadadores y juveniles pequeños. El concepto de área de crianza ha sido reportado por un gran número de autores que mencionan que las hembras migran a sitios específicos donde depositan sus huevos o paren a sus crías (Springer, 1967; Branstetter, 1990; Castro, 1987, 1993). Estas áreas proveerían a las crías abundante alimento, ya que usualmente son zonas altamente productivas (como estuarios y marismas) y debido en ocasiones a la escasa profundidad, poca visibilidad y fondos con estructura les brinda protección de los depredadores (Heupel y Hueter, 2002; Carlson, 2003; Duncan y Holland, 2006; Skomal, 2007).

La disminución del riesgo de depredación y la mayor disponibilidad de presas son los factores principales que explicarían porque la selección natural favoreció el alumbramiento en áreas particularmente bien delimitadas (Springer, 1967; Branstetter, 1990; Castro, 1993). Heupel y Hueter (2002) pusieron a prueba la hipótesis de la disponibilidad de alimento que ofrecen las áreas de crianza para las crías y juveniles del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* en una bahía de Florida, Estados Unidos, sin embargo la hipótesis no fue aceptada ya que los movimientos efectuados por los tiburones no tuvo relación con los realizados por sus presas principales y los tiburones no pasaron la mayor parte del tiempo en las áreas de mayor densidad de presas (Heupel y Hueter, 2002).

Sobre este tema, Salomón-Aguilar (2006) realizó una recopilación bibliográfica de los tiburones y rayas presentes en el Pacífico mexicano, particularmente información sobre reproducción para determinar las zonas de reproducción y crianza, concluyendo que la mayoría de especies se reproduce en primavera-verano.

Hinojosa-Álvarez (2007) analizó la presencia de cinco especies de tiburones: *Sphyrna lewini*, *Carcharhinus falciformis*, *Rhizoprionodon longurio*, *Carcharhinus limbatus* y *Nasolamia velox*, particularmente en los estadios de embriones, neonatos y hembras grávidas y propuso la costa de Salina Cruz como una posible zona de crianza para *S. lewini*, debido a la presencia de hembras grávidas y neonatos y juveniles.

A pesar que existen varias descripciones de cómo los tiburones usan las áreas de crianza y que tipos pueden ser encontrados, no hay una definición explícita de cómo se constituye estas áreas, por lo que Heupel *et al.* (2007) propusieron una definición de carácter cuantitativo, mediante 3 criterios: 1) los tiburones son encontrados comúnmente en el área descrita más que en otras zonas; 2) tienen una tendencia a permanecer o regresar por largos periodos y 3) el área debe ser utilizada repetidamente a través de los años.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Taller Internacional sobre la conservación y manejo de las poblaciones de tiburones en el Pacífico Oriental, realizado en Manta, Ecuador en 2008, se llevó a cabo la revisión de las especies importantes para los países que conforman el Pacífico Oriental (desde Estados Unidos hasta Chile), tomando como criterios, la distribución de los organismos, su vulnerabilidad ante la captura por pesca artesanal o de altura, las características biológicas en particular sus estrategias reproductivas. De acuerdo a esos criterios son cinco las especies que necesitan atención urgente para su manejo, el tiburón azul *Prionace glauca*, martillo *Sphyrna lewini*, piloto *Carcharhinus falciformis*, mako *Isurus oxyrinchus* y zorro *Alopias spp.* Estas especies se caracterizan por ser de amplia distribución y hábitos migratorios por lo que deben ser tratadas como manejo en conjunto por los países en los que se distribuyen.

Sin embargo son pocos los países que cuentan con información para implementar algún tipo de manejo, los estudios son escasos y de sitios geográficos específicos en comparación con la amplia distribución que presentan algunas especies de tiburones.

Por lo que se plantea si es posible que estos estudios puedan aplicarse a otras áreas donde no haya información para lograr ese manejo. La pregunta principal es ¿Los parámetros reproductivos presentan variaciones entre diferentes localidades geográficas? ya que se ha observado variación latitudinal en algunas especies de elasmobranchios pequeños y de poca o nula migración (Taniuchi *et al.*, 1993; Carlson y Parsons, 1997; Yamaguchi *et al.*, 1998, 2000; Horie y Tanaka, 2002; Carlson *et al.*, 2003; Walker, 2007; Tovar-Ávila, 2007).

En cuanto a las habitas críticos como las áreas de crianza, la mayoría de estudios presentan un enfoque cualitativo, por lo que se busca identificar dichas

áreas y validar las ya existentes, mediante un análisis cuantitativo como lo plantean Heupel *et al.* (2007).

IV HIPÓTESIS

Si los tiburones pequeños y de baja migración presentan variación en los parámetros reproductivos; se espera que debido a la amplia distribución y hábitos migratorios de los tiburones: martillo *Sphyrna lewini*, piloto *Carcharhinus falciformis* y azul *Prionace glauca*, no presenten variaciones en estos parámetros en diferentes áreas del Océano Pacífico Mexicano.

V. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estimar los parámetros reproductivos e identificar áreas de apareamiento y crianza de los tiburones *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini* y *Prionace glauca* en el Pacífico mexicano.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Estimar los parámetros reproductivos (proporción de sexos al nacer, fecundidad y curva de madurez) del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*.
- Estimar los parámetros reproductivos (proporción de sexos al nacer, fecundidad y curva de madurez) del tiburón martillo *Sphyrna lewini*.
- Estimar los parámetros reproductivos (proporción de sexos al nacer, fecundidad y curva de madurez) del tiburón azul *Prionace glauca*.
- Caracterizar las variaciones de los parámetros reproductivos en las diferentes localidades del Pacífico mexicano.
- Identificar las zonas de apareamiento para los tiburones piloto, martillo y azul en el Pacífico mexicano.
- Identificar las zonas de crianza para los tiburones piloto, martillo y azul en el Pacífico mexicano.

VI. ÁREA DE ESTUDIO

De la Lanza-Espino (1991) clasifica al litoral del Pacífico mexicano en tres zonas: costa occidental de Baja California, Golfo de California y Pacífico tropical mexicano que se extiende a partir de Cabo corrientes en el norte hasta los límites con Chiapas en el sur, abarcando el Golfo de Tehuantepec. Aquí se describen las características de las tres principales zonas de muestreo, Costa occidental de Baja California Sur, Pacífico central de México (incluyendo el litoral de los estados de Jalisco, Colima, Nayarit y en algunos casos Michoacán) y por último el Golfo de Tehuantepec.

1. COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR.

Esta área forma parte de la región central del océano Pacífico oriental, la cual tiene en su conjunto una geomorfología compleja, presentando algunas áreas relativamente someras, junto con numerosas montañas, cordilleras y trincheras submarinas (Wooster y Cromwell, 1958). La plataforma continental es relativamente angosta, ensanchándose en algunos lugares donde se presentan golfos, bahías y lagunas costeras; mientras que el talud continental presenta anchuras variables y gradientes diferentes de pendiente (Chase, 1968).

En la costa occidental de Baja California Sur, se encuentran algunos cañones y montañas submarinas como son: “Tío Sam”, “Rosa”, “Lusitania”, “Morgan” y “Golden Gate”; además de un sistema volcánico que se ubica entre las Islas Revillagigedo y la propia península (Chase, 1968).

Estas montañas submarinas constituyen a menudo puntos importantes de concentración de peces, debido a los fuertes vientos y movimientos locales que propician que las masas de agua interactúen con las costas, islas y las propias cimas de las montañas submarinas, formando condiciones oceanográficas intensas como remolinos y surgencias (Klimley y Butler, 1988). Las surgencias

tienen lugar en varias épocas del año y son más frecuentes al sur de Bahía Magdalena durante el invierno y primavera (Sverdrup *et al.*, 1942).

2. PACÍFICO CENTRAL MEXICANO

Es el área frente a los estados de Jalisco, Colima y Michoacán. Estos límites están dados por la forma de operar de los barcos palangreros debido principalmente a su autonomía, las cuales operan normalmente fuera de una franja de 50 millas náuticas de costa. Desde el punto de vista oceanográfico se ha considerado a ésta una zona de transición debido a la influencia temporal tanto de masas de agua fría provenientes de la Corriente de California y de aguas cálidas que provienen del sur como la Corriente de Costa Rica. Otro aspecto climático que se relaciona con la operación de la flota palangrera de Manzanillo es que por esta región pasan la mayor parte de los ciclones tropicales del Pacífico, entre los meses de mayo y noviembre de cada año.

3. EL GOLFO DE TEHUANTEPEC.

El Golfo de Tehuantepec es la frontera oceánica sur de la Zona Económica Exclusiva de México, en el océano Pacífico. Es una región de aproximadamente 125,000 Km² delimitada al Sur por la Latitud de 12° N, al Norte por la costa mexicana entre Puerto Ángel, Oaxaca, y Puerto Madero, Chiapas, al Este por el meridiano 92° O y al Oeste por el meridiano 97° O. Si en un mapa se traza un círculo para localizar el Golfo de Tehuantepec, éste sería tangente al Puerto de Salina Cruz, Oaxaca, su centro estaría en el punto de coordenadas geográficas 13° 45'N y 94° 45'O y su radio (a escala) sería de unos 200 Km.

El patrón de circulación en el océano Pacífico tropical es influenciado por los desplazamientos latitudinales del sistema de Vientos Alisios y de la Convergencia Intertropical. La variación de dicho patrón de circulación afecta la

dinámica dentro del Golfo de Tehuantepec. La circulación oceánica superficial en el océano Pacífico tropical está denominada por las Corrientes de California (CC), la Corriente Norecuatorial (CNE), la Contracorriente Norecuatorial (CCNE), La Corriente Surecuatorial (CSE), la Corriente Subsuperficial Ecuatorial (CSSE) y por la Corriente de Perú (CP).

En invierno y primavera, la Corriente de California llega al sur de los 15° N donde además de alimentar a la Corriente Norecuatorial entra al Golfo de Tehuantepec en las capas superficiales. La incursión de esta agua es solo en la parte Oeste del Golfo de Tehuantepec, aproximadamente a 95° O donde se encuentra con agua producto de la surgencia y forma un frente oceánico (Molina-Cruz y Martínez-López, 1994). En verano y otoño, la velocidad máxima de los vientos Alisios del Noreste se encuentra a los 18° N. Por lo tanto, la convergencia intertropical se localiza en su posición más al norte, la contracorriente llega aproximadamente a 90° O alimentando la Corriente de Costa Rica la cual fluye hacia el noroeste, a lo largo de la costa y entra al Golfo de Tehuantepec (Monreal y Salas, 1998).

VII. MATERIAL Y METODOS

1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN

La información utilizada en este estudio corresponde a diferentes fuentes, entre las que se incluyen bases de datos, estudios específicos sobre la biología reproductiva de las tres especies y por ultimo información general de los tiburones piloto, martillo y azul. A continuación se describen los detalles de dichas fuentes.

1.1 BASES DE DATOS

Esta base de datos comprende información de los diferentes proyectos de investigación sobre tiburones realizados por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR)., con dos zonas de muestreos principales:

Para Baja California Sur, los organismos fueron obtenidos de diferentes campos pesqueros de Baja California Sur: Punta Belcher que se encuentra en Isla Magdalena (24° 15' N y 112° 05' W); Punta Lobos (23° 25' N y 110° 15' W) Las Barrancas (26° 04' N y 112° 16' W), en la costa Occidental de Baja California Sur. El Sauzoso (24°18' N y 110°38' W), ubicado en el suroeste del Golfo de California. El periodo de estudio fue de agosto del 2000 a junio del 2004.

Para el Golfo de Tehuantepec, el periodo de muestreo fue de septiembre del 2004 a agosto del 2006, cabe mencionar que este proyecto se realizó con apoyo de CONACYT-SAGARPA, la mayoría de los datos fueron obtenidos en Ensenada Chipehua, (16° 02' N y 95° 22' W) al oeste de Salina Cruz; En San Agustín, cercano a Puerto Ángel, ambos pertenecientes al estado de Oaxaca y Puerto Madero que pertenece a Chiapas.

La información proveniente del Pacífico central, corresponde a la base de datos proporcionada por el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Manzanillo, Colima, donde las zonas tradicionales de pesca de tiburón para la flota de mediana altura, están limitadas al Norte con Cabo Corrientes, Jalisco y al Sur con Lázaro Cárdenas, Michoacán, siempre perpendicular a la costa dentro de la

Zona Económica Exclusiva de México (Cruz-Ramírez *et al.*, 2011). La información obtenida para esta zona corresponde a muestreos realizados del 2003 a 2008.

1.2 ESTUDIOS DE REPRODUCCIÓN.

Se retomó información de estudios que se han realizado en el Pacífico mexicano con las tres especies, con dicha información se realizaron nuevos análisis, en algunos casos, se extrajo la información de gráficos presentados en dichos trabajos, debido a que no se pudieron conseguir los datos originales. En la Tabla 1 se presentan los autores de dichos trabajos. De esta manera se pretende cubrir al máximo la costa del Pacífico Mexicano (Fig. 4).

Tabla 1. Estudios sobre reproducción en diferentes localidades del Pacífico Mexicano.

Autor	Especie	Zona de estudio
Reyes-González (2001)	<i>Prionace glauca</i>	Baja California
Carrera-Fernández(2004)	<i>Prionace glauca</i>	Baja California Sur
Cruz-Ramirez (2007)	<i>Prionace glauca</i>	Colima
Soria-Quiroz (2003)	<i>Sphyrna lewini</i>	Golfo de California
Torres-Huerta (1999, 2009)	<i>Sphyrna lewini</i>	Golfo de California
Anislado-Tolentino (2000, 2007)	<i>Sphyrna lewini</i>	Michoacán
Bejarano-Álvarez (2007)	<i>Sphyrna lewini</i>	Oaxaca
Hoyos-Padilla (2003)	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Baja California Sur
Cruz-Ramírez (2007)	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Colima
Galván-Tirado (2007)	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Oaxaca- Chiapas

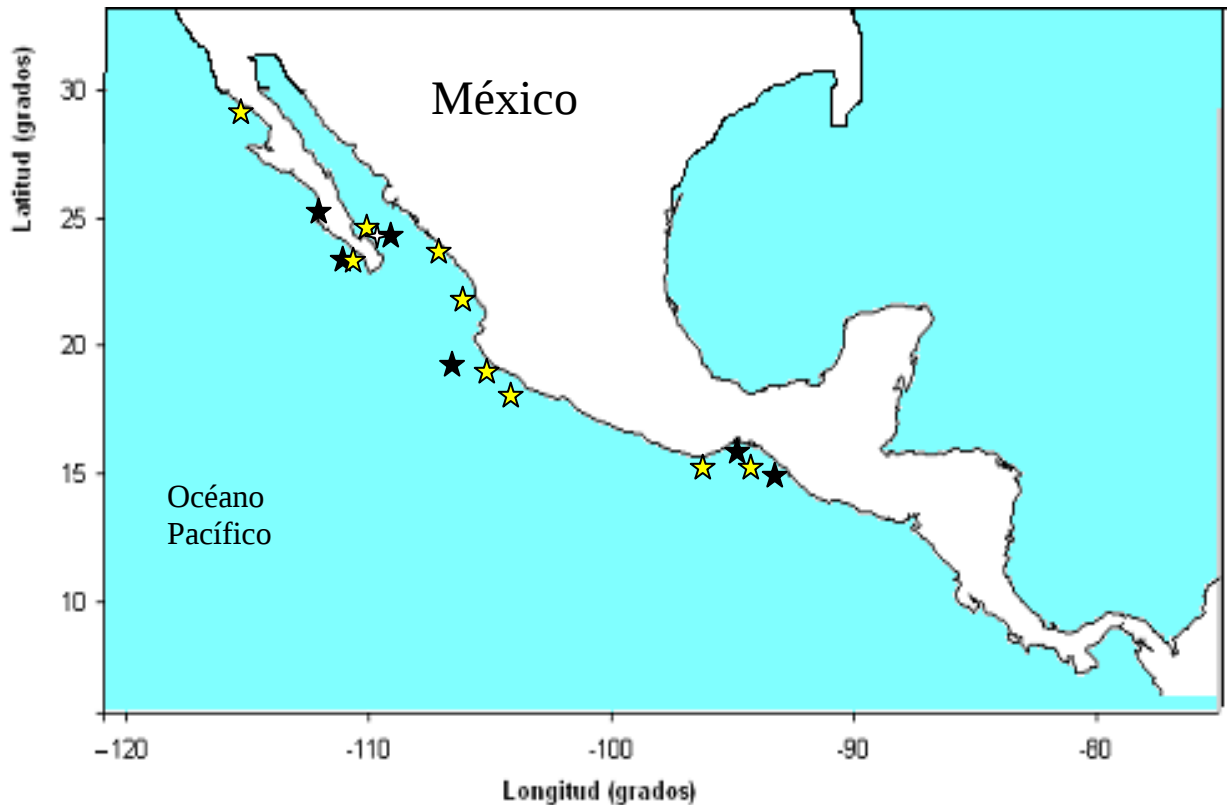


Fig.4. Ubicación de la información disponible en bases de datos (★) y estudios de reproducción (☆) en el Pacífico mexicano.

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESTADOS DE MADUREZ SEXUAL.

Para definir los estadios de madurez para las tres especies, los análisis morfométricos e histológicos fueron tomados de trabajos previos (Hoyos-Padilla, 2003; Soria-Quiroz, 2003; Carrera-Fernández, 2004). Se verificó que en la mayoría de los trabajos retomados se utilizó el mismo criterio para la determinación de la madurez sexual.

En los machos se midió la longitud de los gonopterigios, se observó el grado de calcificación, la rotación, la apertura del rifiodón (puntal distal del gonopterigio), presencia de semen y hematomas (Clark y Von Schmidt, 1965;

Pratt, 1979). Se hicieron cortes histológicos en la parte media del testículo, en el epidídimo, conductos deferentes y en la parte posterior de la vesícula seminal para observar el almacén de espermatozoides y poder determinar el estado de madurez y temporada reproductiva (Pratt y Tanaka, 1994).

En las hembras se midió el diámetro del oocito más grande, el ancho de la glándula oviducal y el ancho de los úteros. También se observó si presentaban oocitos maduros en el ovario o huevos y/o embriones en el útero. (Olsen, 1954; Springer, 1960), Se realizaron cortes histológicos en la tercera parte posterior de la glándula oviducal, para buscar espermatozoides almacenados, ya que de esta manera se puede inferir la temporada de reproducción.

Para conocer la fecundidad, se contaron los huevos uterinos o los embriones presentes en los úteros de las hembras grávidas, en el caso de los embriones, se midieron y se les determinó el sexo.

Se puso especial atención en las hembras maduras o subadultas si presentaban cicatrices de mordidas que se consideran marcas propias del apareamiento, así como en los machos adultos que presentaran moretones o semen en los gonopterigios (Clark y Von Schmidt, 1965).

Los neonatos fueron identificados por presentar la marca de nacimiento, que consiste en una abertura a la altura de las aletas pectorales, donde se encuentra unido el cordón umbilical y que es la conexión de la madre con el embrión para su alimentación. Esta abertura, puede estar abierta, parcialmente cerrada o completamente cicatrizada indicando el tiempo aproximado de vida del recién nacido (Castro, 1993).

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para determinar la proporción de sexos se contaron el total de organismos de cada sexo y se dividió el número de hembras entre el número de machos. Se probó si hay diferencias significativas en la proporción de sexos mediante la prueba de ji-cuadrada (Daniel, 2002).

Para la curva de fecundidad se obtuvo la relación entre el número de embriones visibles en los úteros de cada hembra, p , y la talla materna l . La relación lineal entre p y l está dada por la siguiente ecuación:

$$p = a + bl$$

Donde a y b son parámetros estimados por la regresión lineal. (Jones y Ugland, 2001; Conrath y Musick, 2002).

La curva de madurez para cada sexo fue determinada mediante regresión logística, que fue utilizada para determinar la proporción de hembras y la proporción de machos en condición madura como una función de la longitud total.

Estas proporciones están dadas por P como una función de LT , l , donde P es determinada por el análisis de regresión, P está dado por una variable dicotómica y tomando el valor de 1 con una probabilidad de φ para la condición madura y el valor de 0 con una probabilidad de $1-\varphi$ para la condición de inmaduros, esta variable tiene una distribución de probabilidad

$$P = P^y(y, \varphi) = \varphi^y (1 - \varphi)^{(1-y)}$$

Donde $y=0,1$

La función de verosimilitud, $L(y; \varphi)$, toma la siguiente forma:

$$L(y; \varphi) = \prod_{j=1}^N \{ \varphi_j^{y_j} (1 - \varphi_j)^{(1-y_j)} \}$$

Donde φ representa la probabilidad que el individuo j en una muestra de N animales de la población de tiburones es considerado en condición de madurez al momento del muestreo.

La ecuación logística adoptada para expresar P como una función de L es dada por:

$$P = \frac{c}{(1 + e^{-(a + bLT)})}$$

Donde a , b y c son parámetros (Walker, 2004), pero para proveer parámetros que tengan un mayor significado biológico la ecuación es reformulada quedando de la siguiente manera

$$P = P_{\max} \left(1 + e^{-\ln(19) \left(\frac{L - L_{50}}{L_{95} - L_{50}} \right)} \right)^{-1}$$

Donde $P_{\max}$ es la proporción máxima de organismos en condición madura (equivalente a c), L_{50} y L_{95} son las longitudes a la cual el 50% y el 95% de la proporción máxima están en condición madura (Punt y Walker 1998). e y $-\ln(19)$ son constantes del modelo. Los parámetros $P_{\max}$, L_{50} y L_{95} fueron estimados por el método de máxima verosimilitud.

Una vez obtenidos los parámetros, se compararon las gráficas, para ver las diferencias en los valores obtenidos para las diferentes localidades (Lombardi-Carlson *et al.*, 2003) en el Pacífico mexicano.

Con todos los estudios que se revisaron, se hizo una evaluación de aquellos en donde se hayan propuesto zonas de apareamiento, para ver si cumplían con el criterio que se establece en este estudio, la zona de apareamiento se caracteriza por presentar un mayor número de organismos adultos en un periodo determinado, donde la proporción sexual es cercana a 1H:1M, se

realizaron histogramas de frecuencia de ambos sexos a través de los meses, para determinar la temporada en que se dio esta proporción sexual en cada una de las especies y por zona.

También se consideraron los índices de actividad reproductiva como hematomas y semen en los gonopterigios de los machos y marcas de mordidas en las hembras, un dato adicional es la presencia de semen almacenado en machos y hembras.

Para identificar las áreas de crianza, primero se hizo la evaluación para establecer si las áreas de crianza que han sido propuestas anteriormente, cumplen con el criterio de este estudio, que es una modificación de la propuesta de Heupel *et al.* (2007). Las áreas pueden ser detectadas mediante la observación sistemática y periódica de las hembras grávidas, esto se realizó a través de histogramas de frecuencia del número de hembras que presentaron embriones a través de los años, en cada zona.

La presencia de embriones terminales, por la alta proporción de neonatos y juveniles del año, que permanezcan en el área y que a su vez ésta sea usada a través de los años, se realizó una gráfica en conjunto de las tallas de embriones, neonatos y juveniles, para detectar la temporada de nacimientos, en los diferentes años de muestreo.

VIII. RESULTADOS.

1. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus falciformis*

Para el tiburón piloto, en la costa occidental de Baja California Sur, se registraron 295 organismos con tallas de 88 a 260 cm de longitud total (LT) durante 2000 a 2003. En Colima, se registraron 8906 tiburones en el periodo 2003-2008, provenientes de la pesca de mediana altura realizada con palangre, las tallas variaron de 60 a 250 cm LT. Para la región del Golfo de Tehuantepec, se obtuvo 262 organismos con tallas entre 69 y 229 cm LT en el periodo de 2004-2006, capturados con palangre utilizado en pesca ribereña.

De las hembras grávidas registradas, se obtuvieron 113 embriones para la costa occidental de Baja California Sur, de éstos, solo se les pudo determinar el sexo a 14 hembras y 18 machos, quedando una proporción total de 0.77H:1M. Para el Pacífico central, referenciado como Colima, aunque se registraron 301 embriones, solo en 294 se pudo determinar el sexo. La proporción de sexos en los embriones varió en los diferentes meses de muestreo, sin embargo la proporción de sexos total fue de 1M: 0.94H (143 hembras y 151 machos). Por último en el Golfo de Tehuantepec, de 132 embriones, a 86 se les determinó el sexo, quedando una proporción total de 1.04H:1 M (42 machos y 44 hembras).

En las tres regiones se estimó la proporción de sexos de los embriones registrados, al aplicar la prueba de ji-cuadrada, no se observaron diferencias significativas, aceptando la hipótesis nula que nos dice que la proporción no es diferente de 1M:1H (Tabla 2).

Tabla 2. Proporción de sexos al nacer de *C. falciformis* en las tres regiones.

Región	H:M	Regla de decisión
Baja California Sur	0.77H:1M	($\chi^2=0.5$, $p>0.05$)
Colima	0.94H :1M	($\chi^2=0.21$, $p>0.05$)
Golfo de Tehuantepec	1.04H:1M	($\chi^2=0.04$, $p>0.05$)

Las tallas de las 19 hembras grávidas variaron desde 180 cm a 230 cm en Baja California Sur, que contenían desde 2 embriones hasta un máximo de 9. Para colima se registraron 57 hembras con embriones, con tallas de 175 cm LT hasta 240 cm LT, mientras que la cantidad de embriones varió de 2 a 10 embriones. En el Golfo de Tehuantepec, las tallas de las 22 hembras fueron desde 186 cm a 229 cm LT, registrandose desde 1 a 14 embriones (Fig. 5).



Fig. 5. Embriones encontrados en los úteros de una hembra de tiburón piloto.

La fecundidad fue variable en todas las zonas, la hembra grávida más pequeña midió 175 cm LT con 2 embriones en la zona de Colima y la hembra más grande midió 230 cm LT con 14 embriones registrada en el área de Oaxaca. En general no se observó una relación lineal entre la talla materna y el número de embriones de las tres regiones (Fig. 6); Los valores obtenidos en la ecuación de

regresión lineal para cada zona son presentados en la Tabla 3, donde se observa que el valor del coeficiente de determinación varió entre zonas, siendo el valor más alto para Colima.

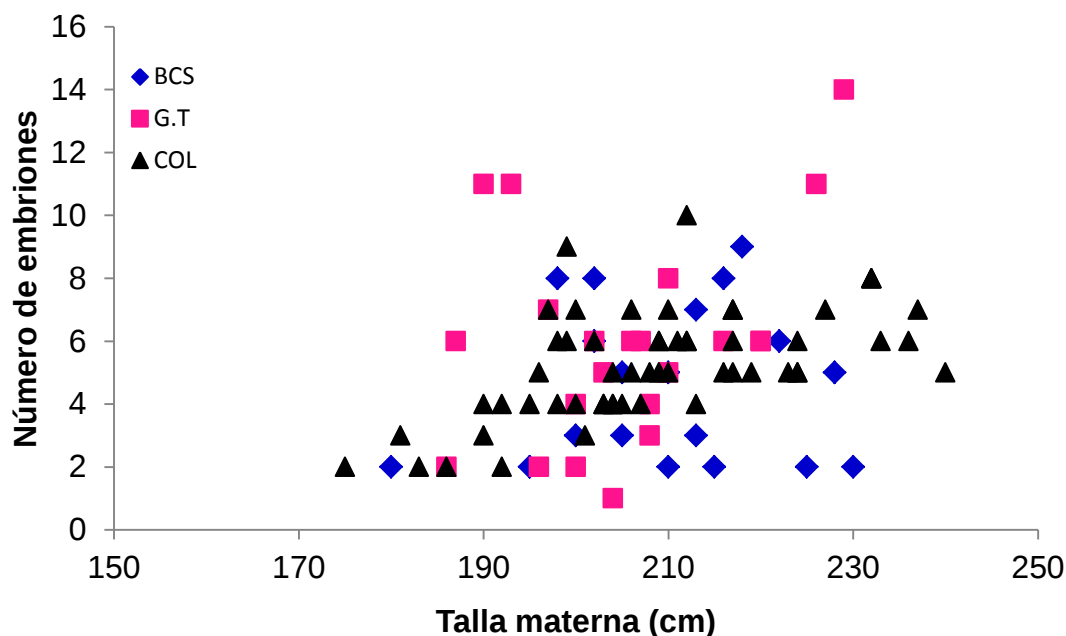


Fig. 6. Relación entre la talla materna y el número de embriones de *C. falciformis*.

Tabla 3. Valores de la relación lineal entre la fecundidad y el número de embriones de *C. falciformis*.

Min, cantidad mínima de embriones; Max, cantidad máxima de embriones; n, número de hembras grávidas; a y b, parámetros; R^2 , valor de determinación.

Región	Min	Max	n	a	b	R^2
Baja California Sur	2	9	19	0.087	13.16	0.1125
Golfo de Tehuantepec	2	14	22	0.100	14.59	0.1245
Colima	2	10	57	0.067	8.85	0.3225

Se obtuvo la curva de madurez para los tiburones piloto machos y se estimó la L_{50} (182.82, 174.38 y 185.63 cm LT) y la L_{95} (201.16, 198.75, 197.29 cm LT) en Baja California Sur, Colima y Golfo de Tehuantepec respectivamente. (Fig. 7). En

las gráfica se observa variación en las curvas con los valores más bajos para Colima. Oaxaca-Chiapas y Baja California Sur presentaron valores más cercanos.

Las hembras presentaron valores parecidos a los machos con una L_{50} de 183.2, 180.44 y 189.5 cm LT y una L_{95} de 203.6, 200.45 y 199.9 cm LT para Baja California Sur, Colima y Golfo de Tehuantepec. Las tres regiones presentan curvas diferentes (Fig. 8).

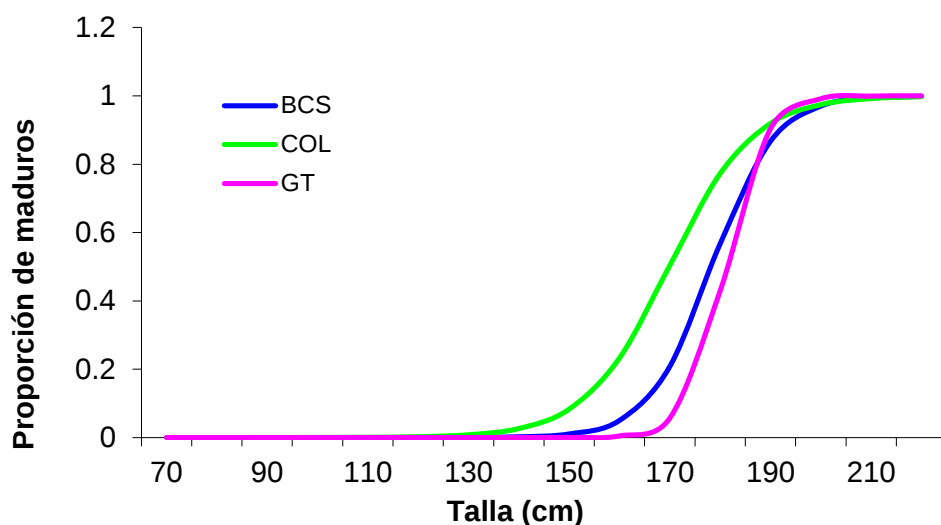


Fig. 7. Curvas de madurez de machos de *C. falciformis* en tres regiones.

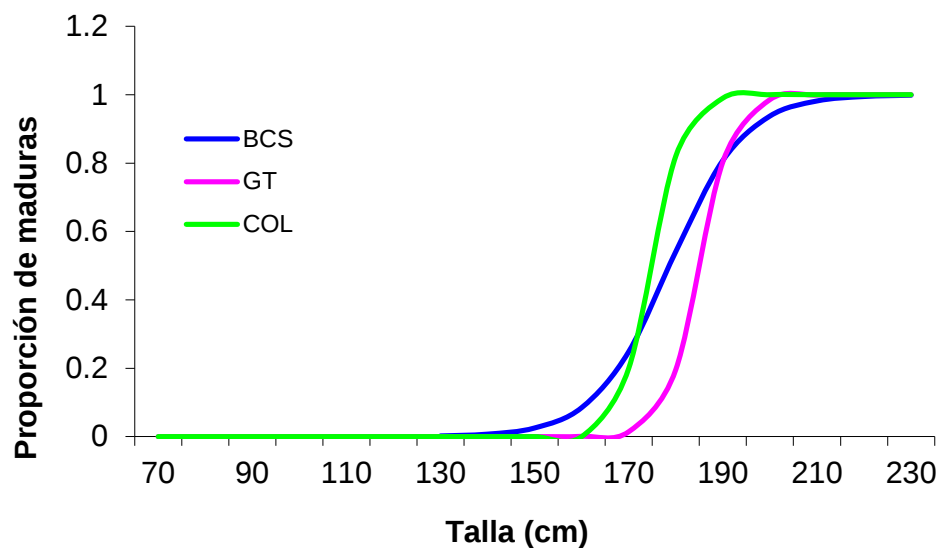


Fig. 8. Curvas de madurez de hembras de *C. falciformis* en las tres regiones.

2. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL TIBURON MARTILLO *Sphyrna lewini*.

Los estudios utilizados para *S. lewini* fueron los de Torres (1999) quien registró 1745 tiburones en dos periodos, 1992, 1994-1996, en ambas costas del Golfo de California y las tallas variaron de 67 a 283 cm LT. En Michoacán, Anislado (2000) reportó 4692 tiburones, de los cuales 221 fueron utilizados para obtener los datos de reproducción, esta información fue recabada en el periodo 1987-1998, los organismos presentaron tallas entre 45 y 335 cm LT. Bejarano (2007) realizó un estudio en las costas de Oaxaca durante el periodo 2004-2006, donde registró 991 tiburones martillo con tallas de 45 a 288 cm LT; en los tres estudios las muestras provienen de la pesca artesanal.

Para el Golfo de California, se reportaron 595 embriones, quedando una proporción sexual de 0.96H:1M, mientras que para la costa de Michoacán, la proporción embrionaria fue de 1.2H:1M. Para Oaxaca, de las hembras grávidas reportadas se obtuvieron 848 embriones, de los cuales a 812 se les pudo determinar el sexo (413 machos y 399 hembras), obteniendo una proporción sexual total de 0.96H:1M.

En las tres regiones la proporción de sexos fue cercana a 1H:1M, sin presentar diferencias significativas (Tabla 4).

Tabla 4. Proporción de sexos al nacer de *S. lewini* en las tres regiones.

Región	H:M	Regla de decisión
Golfo de California	0.96H:1M	($\chi^2=0.24$, $p>0.05$)
Michoacán	1.2H:1M	($\chi^2=0.05$, $p>0.05$)
Oaxaca	0.96H:1M	($\chi^2=0.24$, $p>0.05$)

En el Golfo de California, se registraron 24 hembras grávidas con tallas desde 232 cm LT a 307cm LT, que fue la talla máxima de las tres localidades, éstas presentaron desde 19 embriones a 32 embriones. En el caso de Michoacán, se reportaron 15 hembras, la talla mínima fue de 190 cm LT y la talla máxima fue de 300 cm LT, el número de embriones fue de 13 a 40 embriones.

En la costa de Oaxaca, se registraron 54 hembras grávidas, aunque solo en 39 de ellas se obtuvieron datos de los embriones, las tallas de las hembras variaron desde 239 a 286 cm LT y la fecundidad fue de 2 a 50 embriones, En general para las tres zonas, el número de embriones para *S. lewini* fue muy variable con un mínimo de 6 y un máximo de 50 embriones (Figs.9 y 10)



Fig.9 Embriones terminales de tiburón martillo en Salina Cruz, Oax.

La hembra grávida más pequeña midió 190 cm LT con 13 embriones y fue registrada en las costas de Michoacán, la hembra grávida más grande midió 307 cm con 31 embriones reportada en el Golfo de California. Los resultados del análisis de regresión lineal mostraron valores bajos del coeficiente de determinación para el Golfo de California y Oaxaca, mientras que el valor más alto se presentó en las muestras de Michoacán. Los valores obtenidos en la ecuación de regresión lineal son presentados en la Tabla 5.

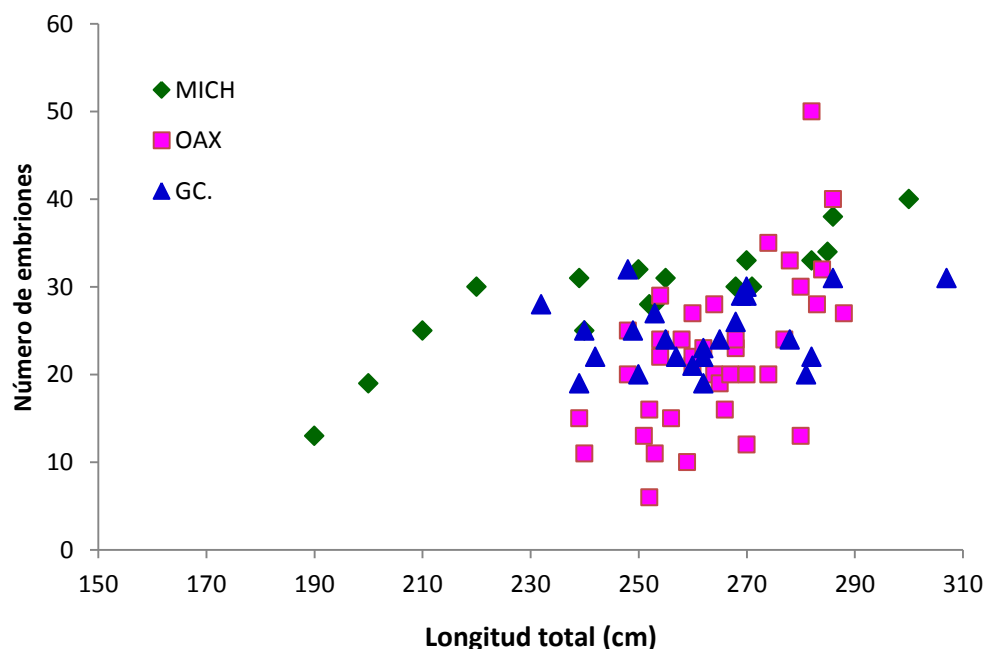


Fig. 10. Relación entre la talla materna y el número de embriones de *S. lewini*.

Tabla 5. Valores de la relación lineal entre la fecundidad y el número de embriones en *S. lewini*.

Min, cantidad mínima de embriones; Max, cantidad máxima de embriones; n, número de hembras grávidas; a y b, parámetros; R^2 , valor de determinación.

Región	Min	Max	n	a	b	R^2
Golfo de California	19	32	24	8.36	0.062	0.072
Michoacán	13	40	15	16.00	0.1808	0.787
Oaxaca	6	50	39	83.5	0.40	0.342

Para *S. lewini* se hicieron las curvas de madurez para machos y se estimó la L_{50} (173.03, 174.72 y 177.70 cm LT) y la L_{95} (198.6, 215.00 y 207.10 cm LT) para el Golfo de California, Michoacán y Oaxaca. No se observaron diferencias en las tres curvas, principalmente en el valor de L_{50} . (Fig. 11).

En las hembras se estimó la L_{50} (217.4, 208.06 y 226.18 cm LT) y la L_{95} (244.28, 241.19 y 241.73cm LT). Los valores más bajos fueron observados en

Michoacán, mientras que el Golfo de California y Oaxaca presentaron valores más cercanos. (Fig. 12).

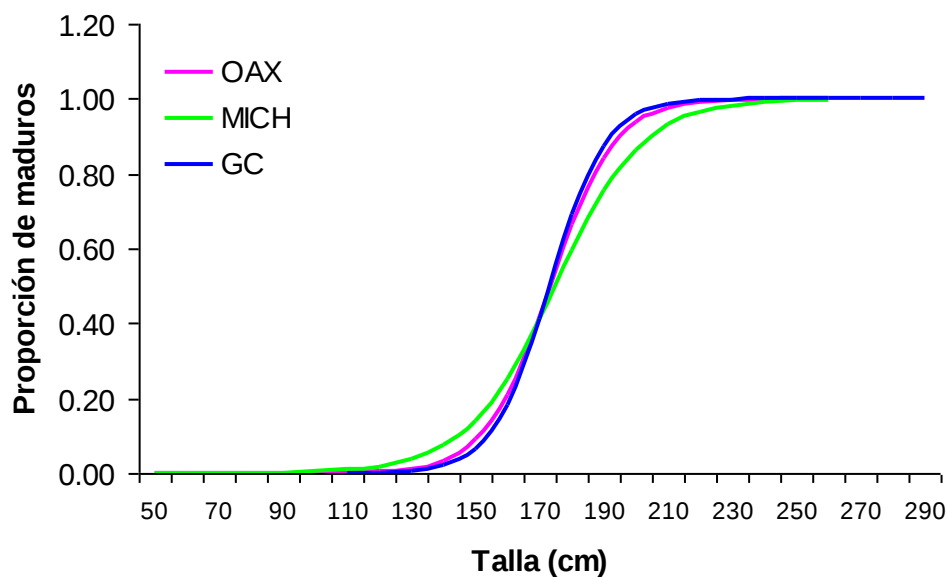


Fig. 11. Curvas de madurez de machos de *S. lewini* en tres regiones.

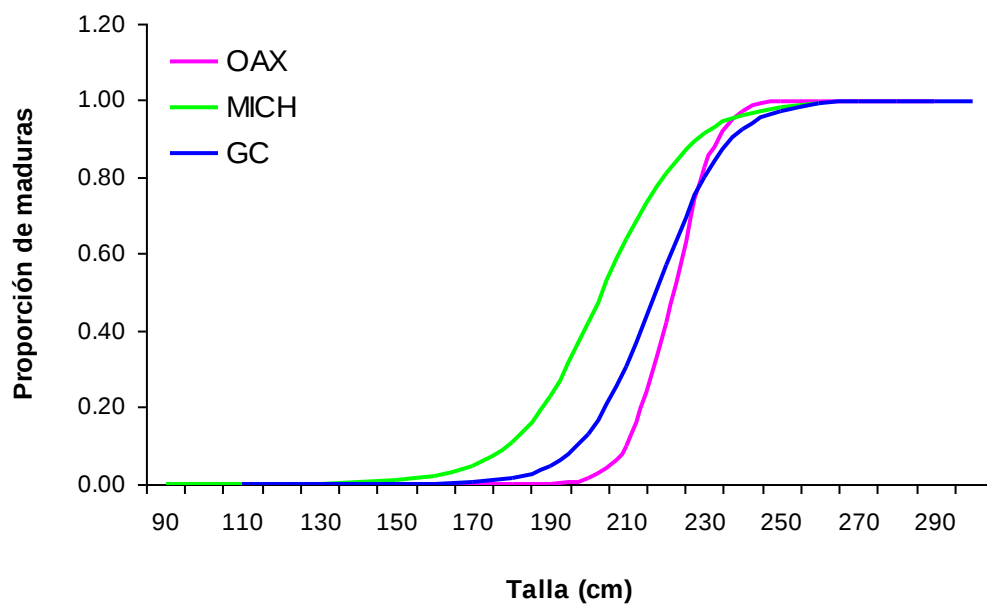


Fig. 12. Curvas de madurez de hembras de *S. lewini* en las tres regiones.

3. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL TIBURON AZUL *Prionace glauca*

Los datos utilizados para estos análisis fueron retomados de los trabajos de Reyes (2001) quien registró 1468 tiburones azules en la Bahía de San Quintín en Baja California del 2000 a 2001, provenientes de la pesca artesanal, las tallas variaron de 83 a 232 cm LT. Carrera (2004) analizó 1033 organismos capturados en la pesca artesanal en la costa occidental de Baja California Sur del 2000 a 2003, las tallas reportadas son de 81 a 270 cm LT. Más recientemente, Cruz (2007) revisó 161 tiburones provenientes de la pesca de mediana altura realizada en Colima durante el periodo 2006-2007 con un intervalo de tallas de 77 a 274 cm LT.

Solo se tuvieron datos de embriones de dos localidades: Baja California Sur con 702 embriones, (349 machos y 353 hembras) quedando una proporción de 1.01H:1M. y Colima, donde se registraron 270 embriones con una proporción sexual de 1.07H:1M. En San Quintín, a pesar del alto número de tiburones azules, no se reportaron hembras con embriones. En ambas localidades la proporción sexual en los embriones fue cercana al 1H:1M sin presentar diferencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6. Proporción de sexos al nacer de *P. glauca* en las dos regiones.

Región	H:M	Regla de decisión
Baja California Sur	1.01H:1M	($\chi^2=0.02$, $p>0.05$)
Colima	1.07H:1M	($\chi^2=0.37$, $p>0.05$)

El tiburón azul es una de las especies más fecundas, en Baja California Sur se registraron 37 hembras grávidas, sus tallas variaron desde 172 cm LT a 252 cm LT, con un mínimo de 7 y un máximo de 64 embriones (Fig.13); para Colima,

fueron 9 hembras con crías, con talla desde 193 cm LT a 250 cm LT, la fecundidad fue de 5 y a 52 embriones (Fig. 14).



Fig.13. Embriones de una hembra de tiburón azul, capturada con palangre en Punta Lobos, BCS, 2009.

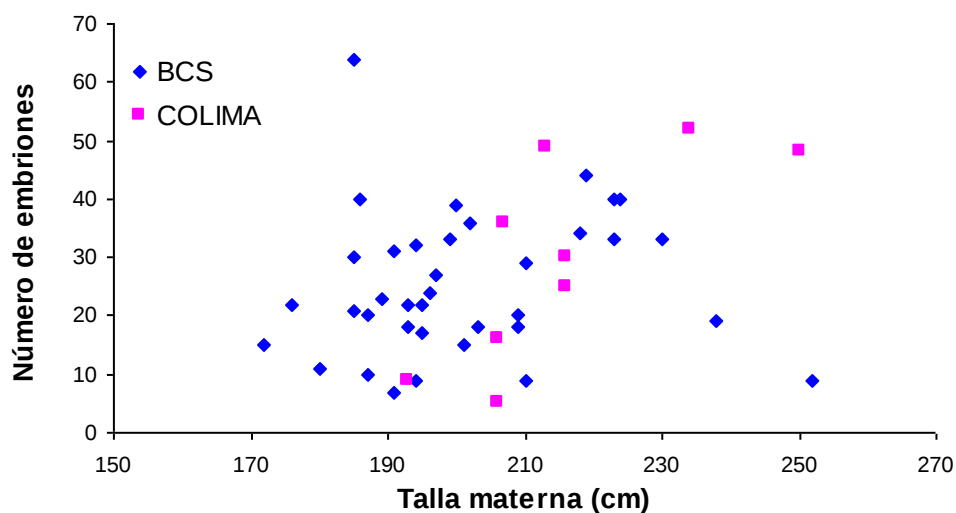


Fig. 14. Relación entre la talla materna y el número de embriones de *P. glauca*.

Se presentan los valores de la ecuación de regresión lineal, a pesar de que Baja California Sur presentó una mayor cantidad de hembras grávidas (45) en

comparación con Colima (9), el valor de determinación fue más alto para esta última (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de la relación lineal entre la fecundidad y el número de embriones.

Min, cantidad mínima de embriones; Max, cantidad máxima de embriones; n, número de hembras grávidas; a y b, parámetros; R^2 , valor de determinación.

Región		Min	Max	n	a	b	R ²
Baja California Sur		7	64	37	12.20	0.069	0.008
Colima		5	52	9	136.1	0.770	0.547

En *P. glauca* se estimó la L_{50} y se obtuvieron los siguientes valores (173.61, 180.56 y 172.5) y para la L_{95} (184.11, 203.87 178.65 cm LT) para machos provenientes de Baja California, Baja California Sur y Colima respectivamente. Baja California Sur presentó una mayor diferencia en comparación con Baja California y Colima que tuvieron valores más parecidos (Fig. 15).

En las hembras, los valores para la L_{50} mostraron una mayor variación (186.99, 195.89 y 173.11cm LT) al igual que para la L_{95} (210.56, 227.02 y 181.77 cm LT). Colima presentó los valores más bajos, seguido de Baja California, se observa una clara diferencia entre las curvas de las tres regiones (Fig. 16).

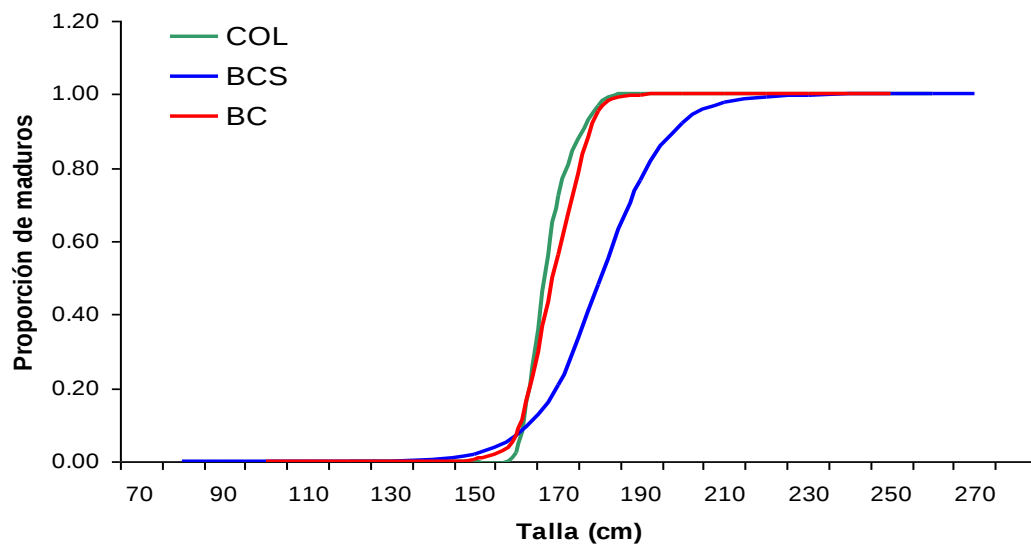


Fig. 15. Curvas de madurez de machos de *P. glauca* en tres regiones.

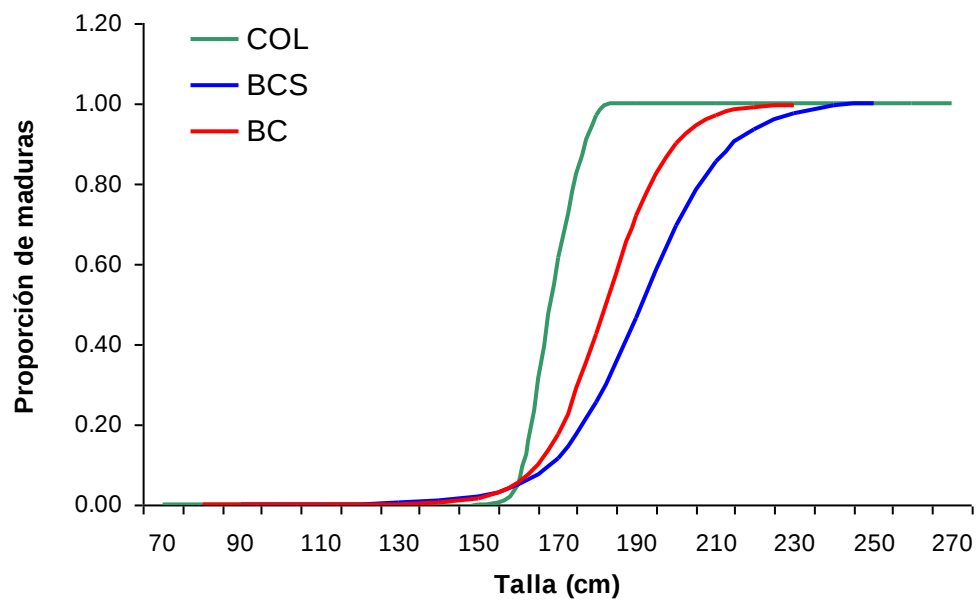


Fig. 16. Curvas de madurez de hembras de *P. glauca* en las tres regiones.

4. AREAS DE APAREAMIENTO

COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR

En la costa occidental de Baja California Sur, el tiburón piloto se presenta de manera estacional durante los meses de junio a noviembre, los adultos tanto machos como hembras dominaron en estos meses sobre los juveniles (Figs. 17 y 18).

Tomando en cuenta a los adultos, las hembras estuvieron presentes en el mes de junio, sin que se encontraran machos, en los siguientes meses se observaron más hembras que machos (Fig. 19), pero esta diferencia no fue significativa. Se ha observado que en esta especie no existe una segregación sexual marcada tanto juveniles como en adultos a diferencia de otras especies.

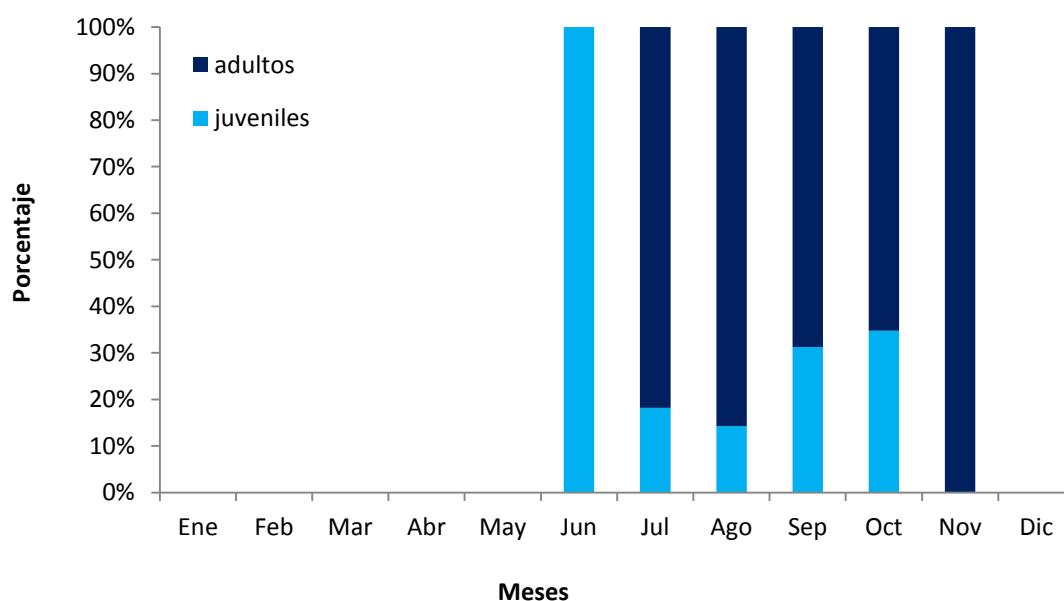


Fig. 17. Proporción de machos de *C. falciformis* en la costa occidental de BCS.

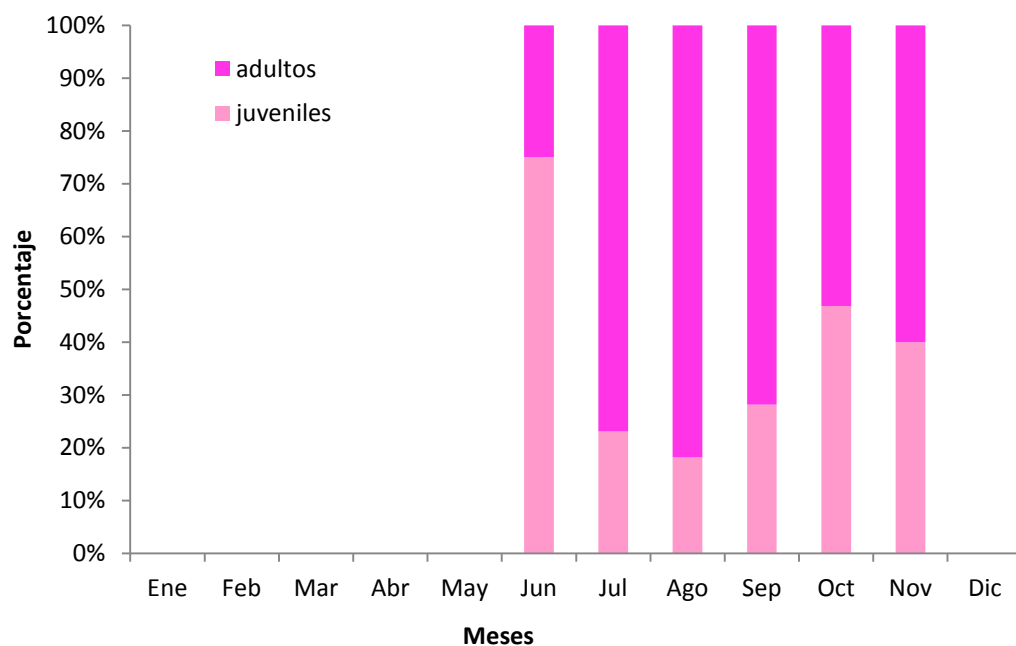


Fig. 18. Proporción de hembras de *C.falciformis* en la costa occidental de BCS.

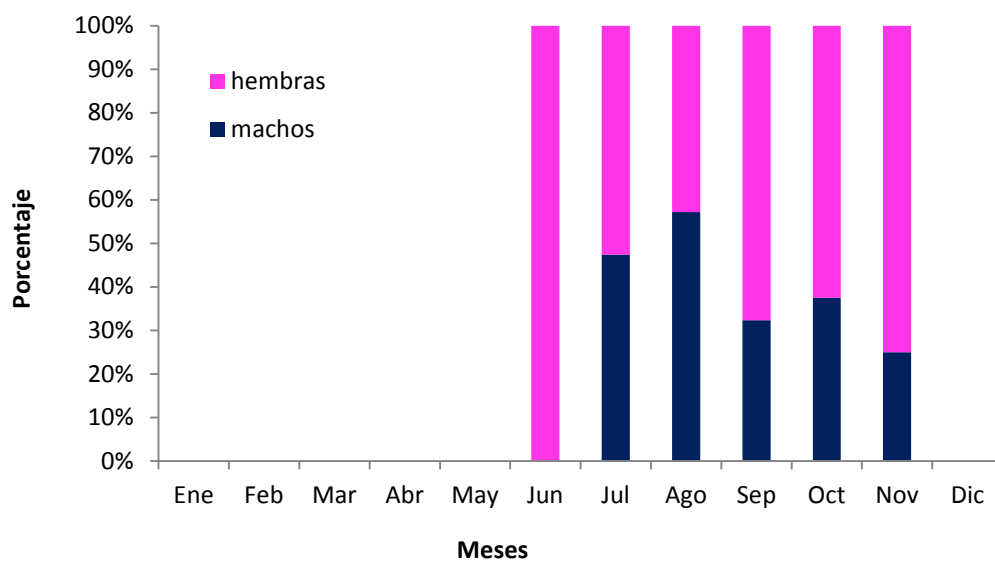


Fig. 19. Proporción de adultos de *C.falciformis* en la costa occidental de BCS

Durante todos los meses en los que se presentó la especie, hubo evidencia de actividad reproductiva, algunos machos presentaron semen en los

gonopterigios (claspers), espermatozoides agrupados como espermatozeugmata de una sola capa en la vesícula seminal, esto se puede observar a través de cortes histológicos. De julio a octubre se encontraron algunas hembras con oocitos preovulatorios, en el mes de septiembre se encontró una hembra con huevos uterinos. También se encontró semen en los úteros de hembras en los meses de agosto y septiembre, mientras que en septiembre y octubre se observaron marcas de apareamiento (Fig. 20).

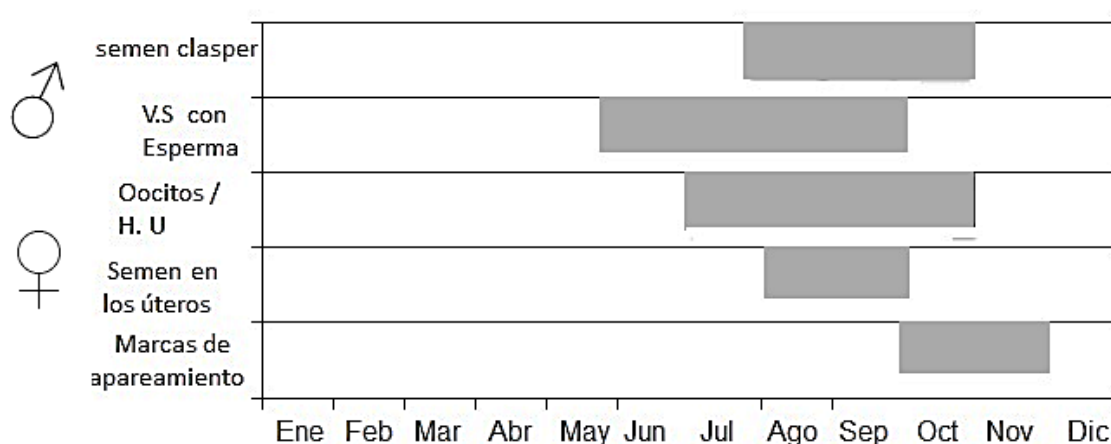


Fig. 20. Actividad reproductiva del tiburón piloto en la costa occidental de BCS.

El tiburón azul, se presenta durante todo el año en la costa occidental de Baja California Sur, los juveniles de ambos sexos se encontraron en los primeros meses del año, para dar paso a los adultos a partir de mayo principalmente en las hembras (Fig. 21). Los machos juveniles predominaron durante todo el año (Fig. 22), constituyendo más del 70% de la captura total (Carrera-Fernández, 2004).

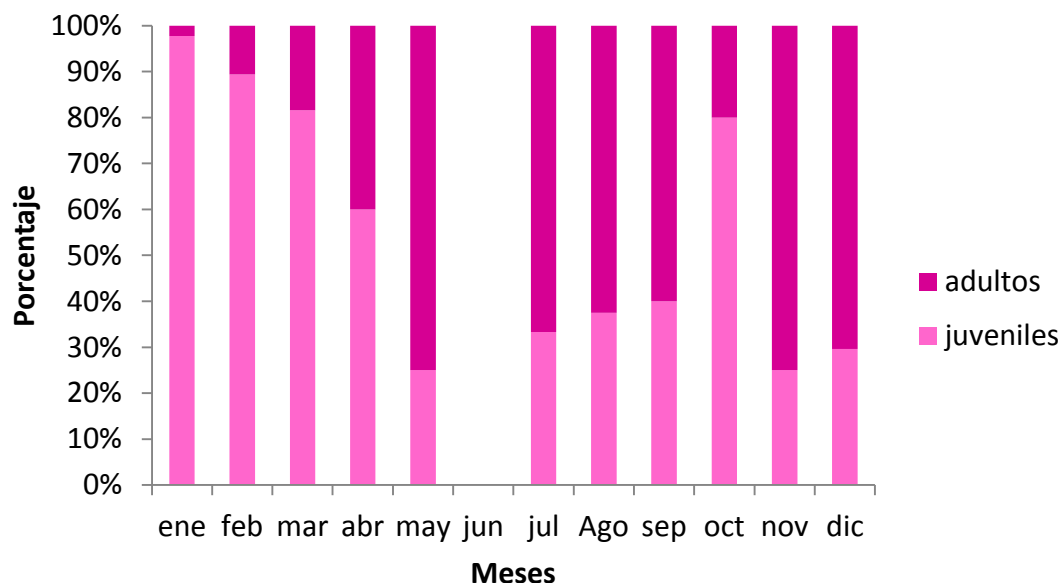


Fig. 21. Proporción de hembras de *P. glauca* en la costa occidental de BCS.

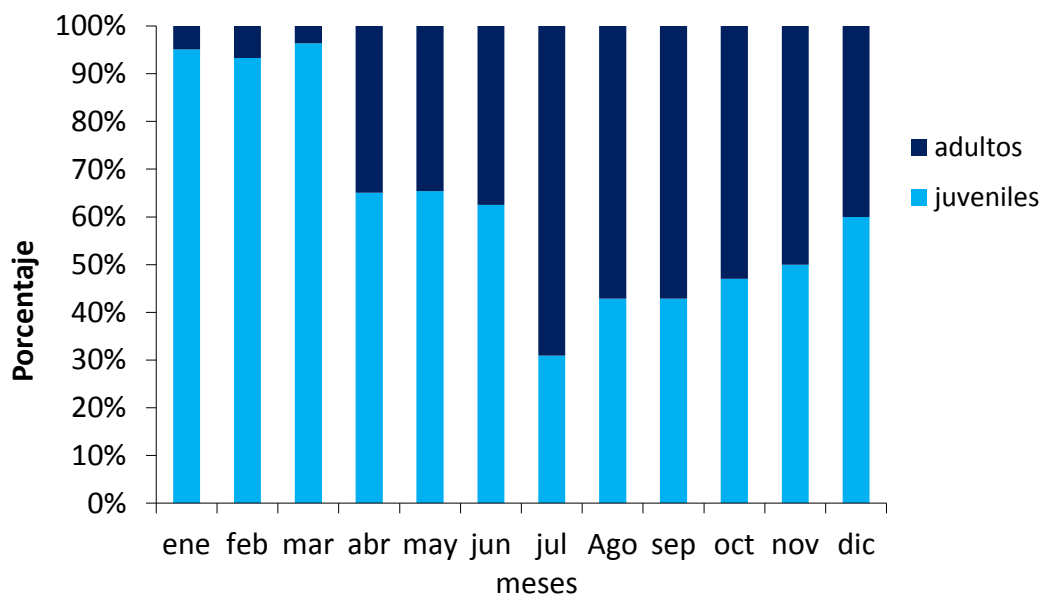


Fig. 22. Proporción de machos de *P. glauca* en la costa occidental de BCS.

En el estadio de adultos, los machos predominaron sobre las hembras en la mayoría de los meses, excepto en febrero, marzo, septiembre noviembre y diciembre, por lo que no se observó una proporción sexual cercana a 1H:1M. (Fig. 23).

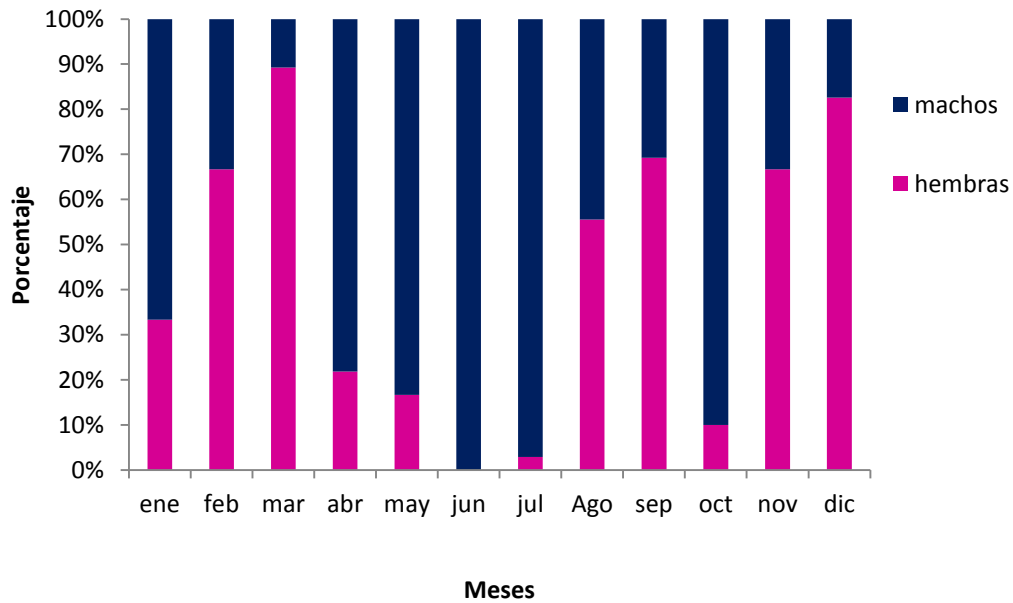


Fig. 23. Proporción de adultos de ambos sexos de *P. glauca* en la costa occidental de BCS.

Se observó actividad reproductiva en la mayoría de los meses, registrándose machos con hematomas y semen en los clasper de febrero a agosto, de abril a agosto y diciembre, los machos presentaron esperma almacenado en la vesícula seminal en forma de espermatozeugamata compuesto. Las hembras presentaron esperma almacenado en las glándulas oviducal en abril, mayo, agosto, septiembre y diciembre, mientras que la evidencia de apareamiento directa como son las marcas de mordidas (Fig.25) se registraron de marzo a mayo y de julio a septiembre (Fig.33), la temporada de apareamiento fue considerada en estos meses.



Fig. 24. Marcas de apareamiento en un hembra de tiburón azul capturada en Punta Lobos, BCS, 2008.

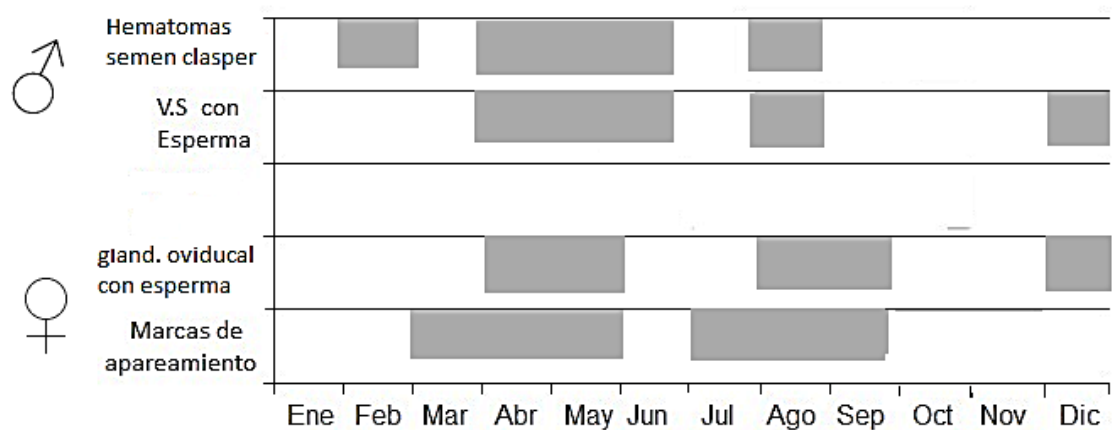


Fig. 25. Actividad reproductiva del tiburón azul en la costa occidental de BCS.

GOLFO DE TEHUANTEPEC

El tiburón piloto *C. falciformis* se presentó durante todo el año en el Golfo de Tehuantepec, en las hembras dominaron las juveniles sobre las adultas (Fig. 26), mientras que en los machos esta proporción fue inversa predominando los machos adultos (Fig. 27).

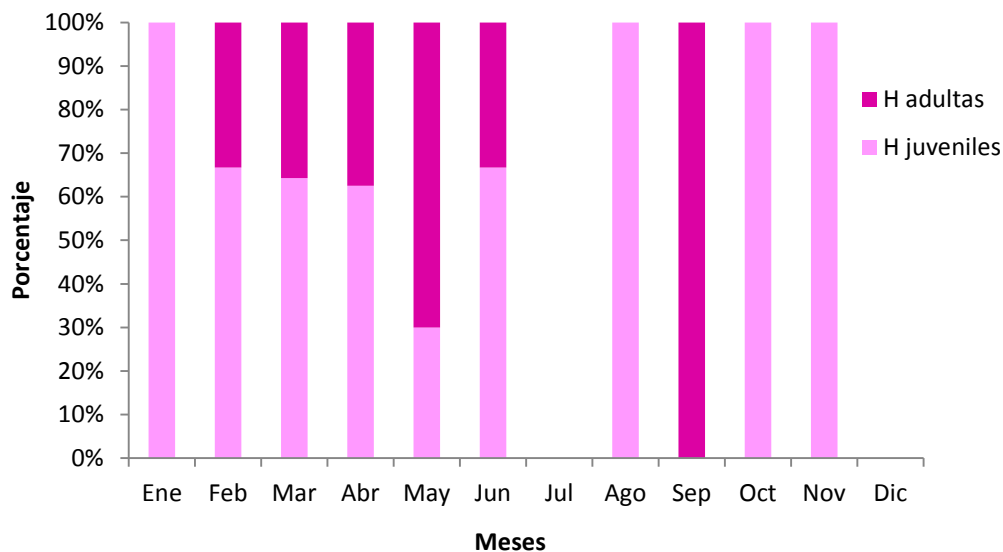


Fig. 26. Proporción de hembras de *C.falciformis* en el Golfo de Tehuantepec.

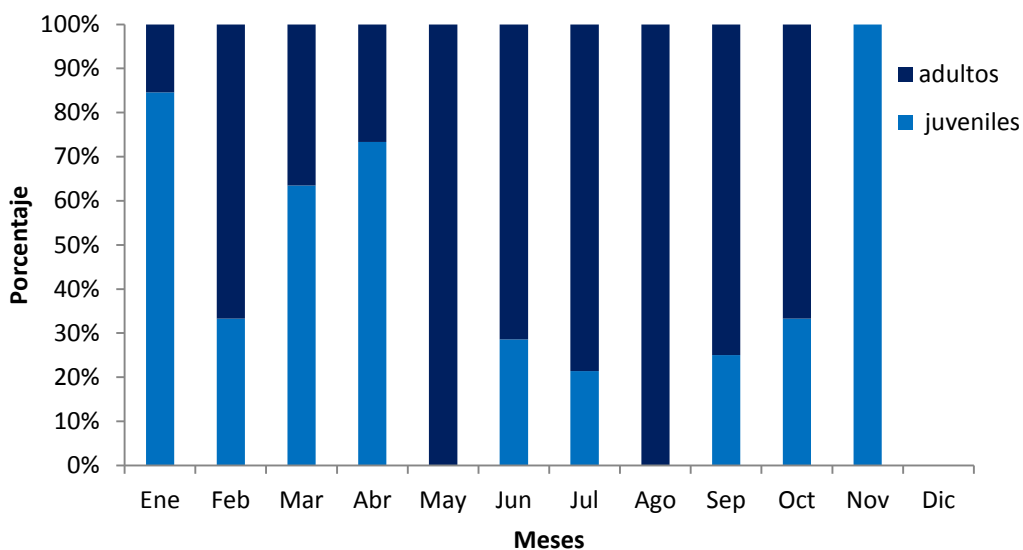


Fig. 27. Proporción de machos de *C.falciformis* en el Golfo de Tehuantepec.

Una vez separados los adultos se observó que los machos predominaron en los meses de enero a febrero y de junio a octubre, las hembras se presentaron principalmente entre marzo y mayo (Fig. 28), aquí no se registró la proporción de sexos cercana a 1H:1M como en la costa occidental de BCS.

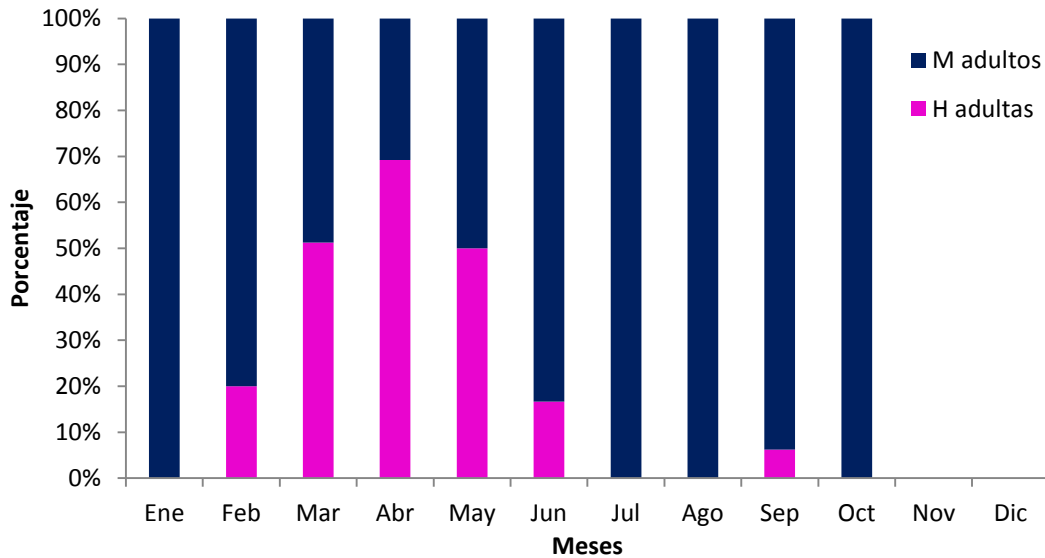


Fig. 28. Proporción de adultos de *C. falciformis* en el Golfo de Tehuantepec.

En los machos se observó esperma almacenado en la vesícula seminal en los meses de febrero a julio, mientras que en septiembre se observaron machos con semen en los gonopterigios. En cuanto a las hembras, aquellas que presentaron oocitos preovulatorios se presentaron en los meses de marzo y abril, solo una hembra con huevos uterinos fue encontrada en septiembre (Fig.29), las marcas de apareamiento solo se observaron en marzo (Fig. 30)



Fig. 29. Aparato reproductor de una hembra de *C. falciformis* con huevos uterinos.

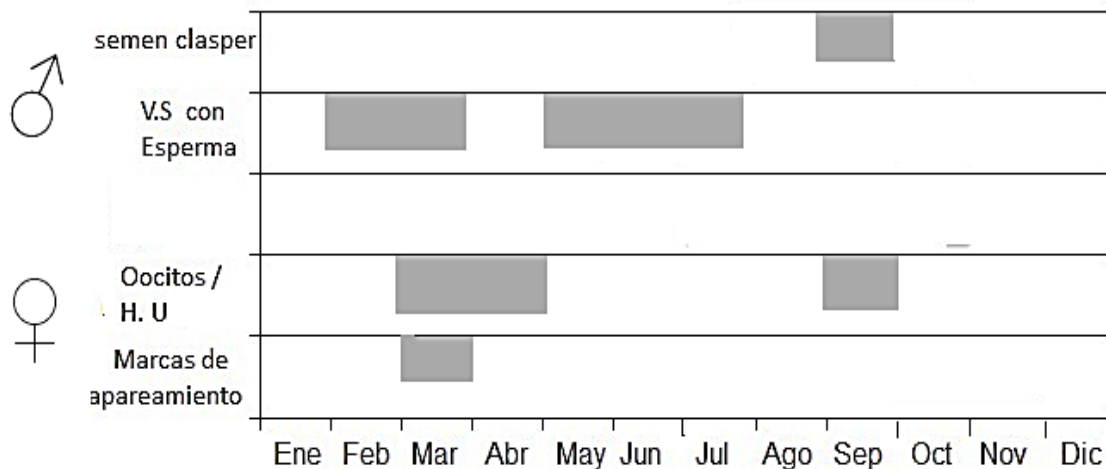


Fig. 30. Actividad reproductiva en el tiburón piloto en el Golfo de Tehuantepec.

A pesar de que la especie se encuentra en el área durante todo el año, hay poca evidencia de actividad reproductiva, por lo que no se considera que esta zona pueda ser utilizada para el apareamiento.

5. ÁREAS DE CRIANZA

COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR

En esta zona se caracteriza por la presencia continua de dos de las tres especies, *C. falciformis* y *P. glauca*.

Se registraron 20 hembras grávidas de tiburón piloto con embriones en diferentes estadios de desarrollo de julio a noviembre, sólo se registró un neonato en el mes de junio y pequeños juveniles en junio y julio (Fig. 31) estas hembras se encontraron en los tres años de muestreo.

En el mes de agosto y septiembre se encontraron huevos uterinos y los embriones más pequeños, también en agosto se encontraron embriones de 60 cm

de longitud total (LT) que están dentro del intervalo de talla de nacimiento. El único neonato registrado midió 70 cm y los juveniles se ubicaron entre los 80 cm de LT (Fig. 32).

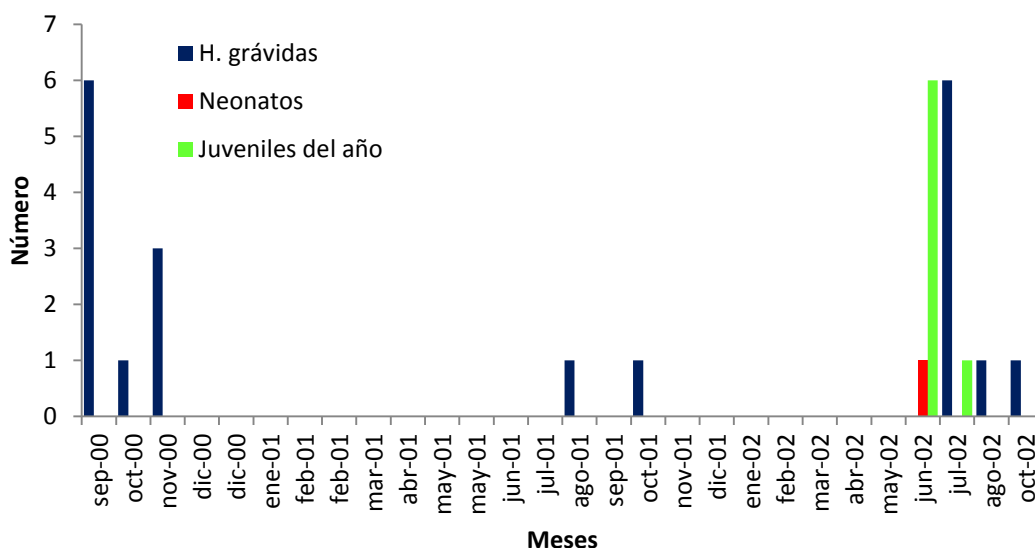


Fig. 31. Presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles de *C. falciformis* en la costa occidental de BCS.

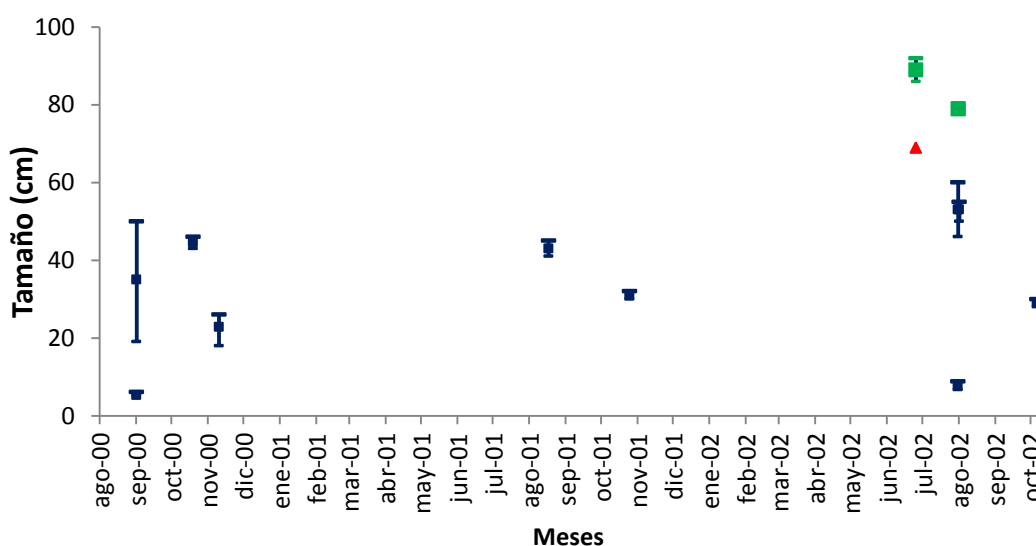


Fig. 32. Tallas de los embriones, neonatos y juveniles de *C. falciformis* en la costa occidental de BCS

Las hembras grávidas de tiburón azul estuvieron presentes en la zona a través del año en los diferentes años de muestreo, aunque no se reportaron neonatos (Fig. 33). Los embriones presentaron diferentes estadios de desarrollo, pero se muestra un patrón en el crecimiento de los embriones, los huevos uterinos y los embriones más pequeños se registraron en los meses de agosto y septiembre, y los embriones con talla de nacimiento de 45 cm de LT se presentaron en junio y julio (Fig. 34), observándose un período de gestación de 12 meses.

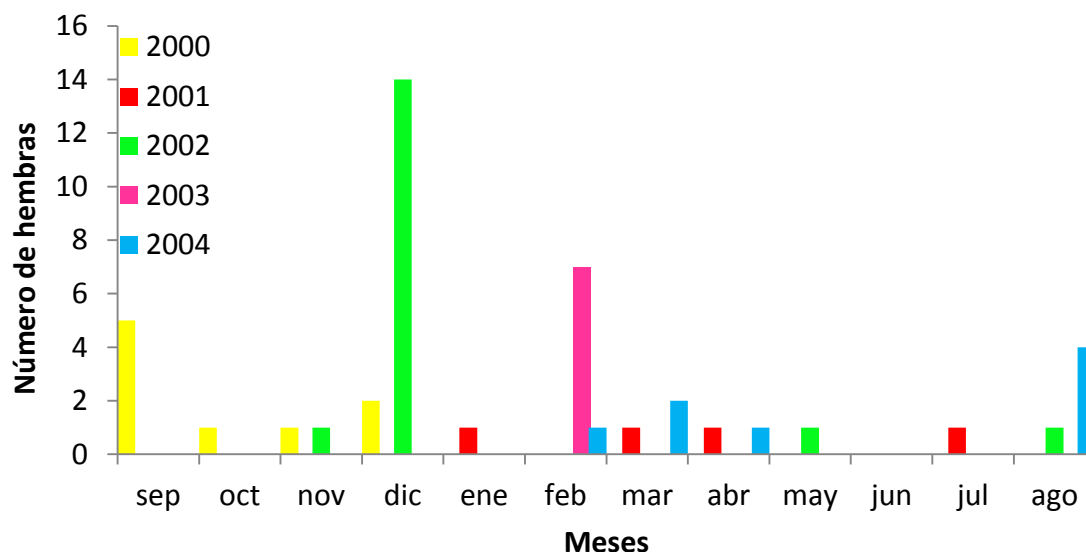


Fig. 33. Presencia de hembras grávidas de tiburón azul en la costa occidental de BCS.

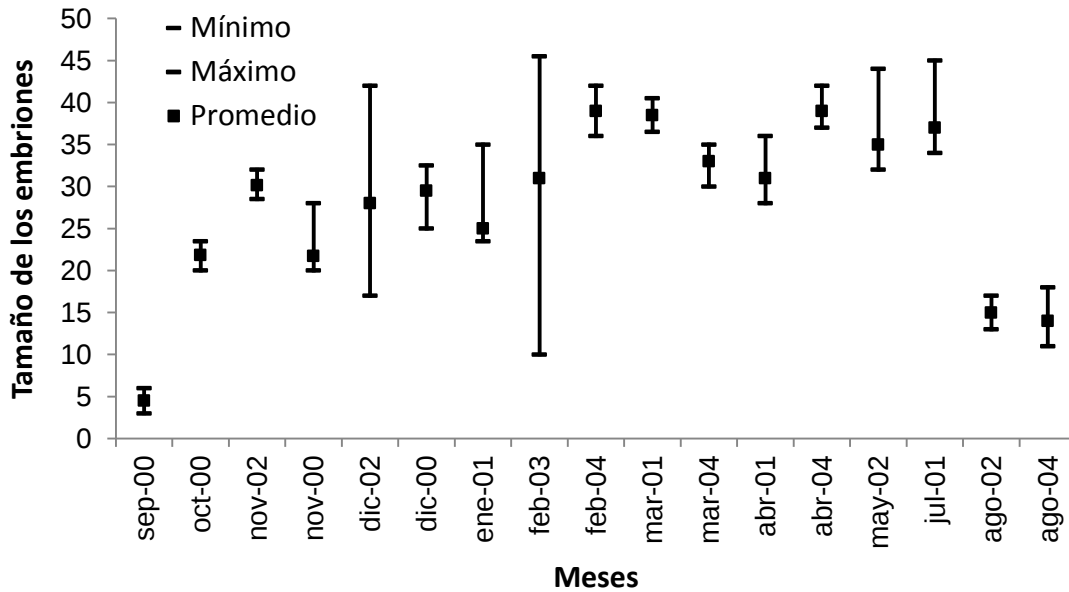


Fig. 34. Tallas de los embriones del tiburón azul en la costa occidental de BCS.

Tomando en cuenta que los embriones más pequeños se encontraron en agosto y septiembre y los más grandes se encontraron de mayo a julio con una talla de 45 cm de LT (talla de nacimiento), se sugiere que el periodo de gestación en la costa occidental de Baja California Sur es de 12 meses.

GOLFO DE CALIFORNIA

Para el tiburón martillo, se tomaron en cuenta los estudios realizados en el Golfo de California. Para la costa oriental de BCS, cercana a la Bahía de La Paz, solo se registraron algunos neonatos y la mayoría de juveniles del año y juveniles pequeños, sin presencia de hembras grávidas, ni de adultos de ambos sexos (Fig. 35). Los neonatos se encontraron en los meses de enero y febrero con tallas de 60 a 65 cm de LT, los juveniles se presentaron en los mismos meses con talla desde 77 cm a 90 cm de LT (Fig. 36).

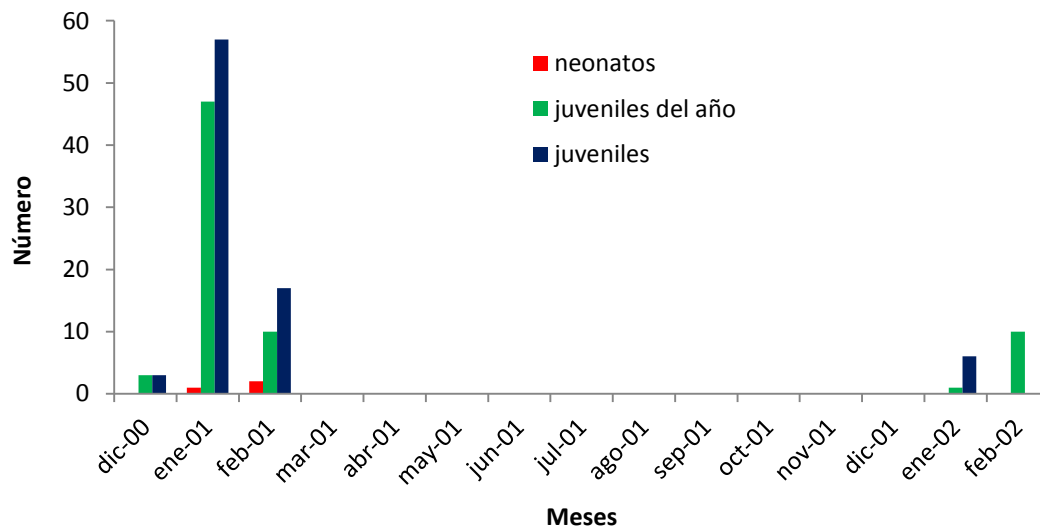


Fig. 35. Presencia de neonatos y juveniles de *S. lewini* en el Golfo de California.

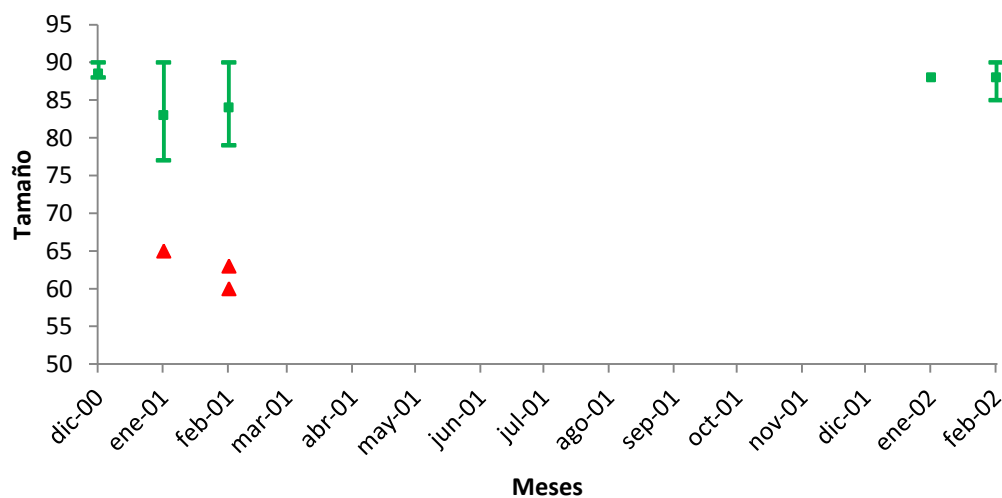


Fig. 36. Tallas de neonatos y juveniles de *S. lewini* en el Golfo de California.

La falta de adultos se debe en gran medida al arte de pesca empleado que son redes de luz de malla pequeña, sin embargo Torres- Huerta (1999) y Torres- Huerta *et al.* (2009) reportaron hembras grávidas y neonatos en las costas de Sinaloa entre mayo y agosto (Fig.37). Los embriones con talla de nacimiento entre 45 y 55 cm de LT que presentaron entre junio y agosto, los neonatos midieron de 45 a 65 cm de LT (Fig. 38) por lo que este lugar es usado como área de crianza entre junio y agosto.

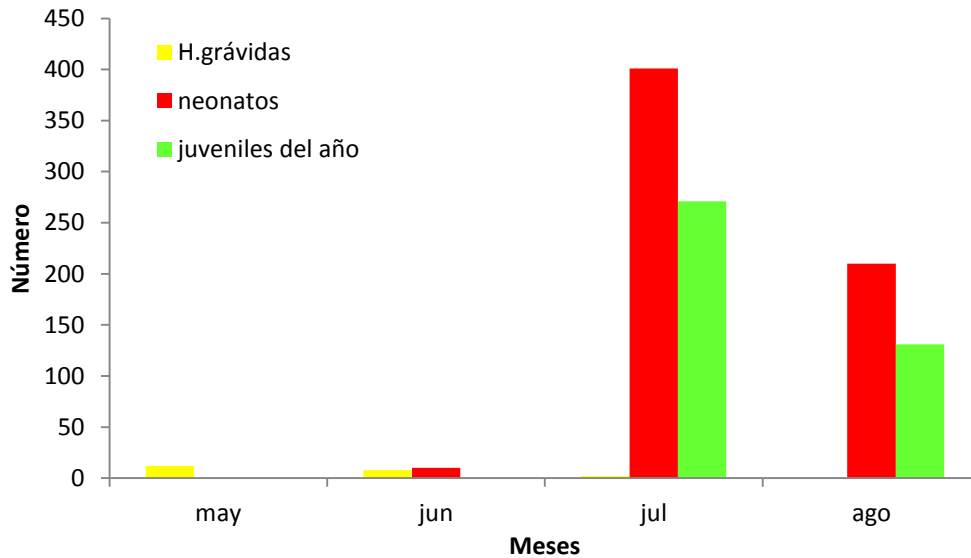


Fig. 37. Presencia de hembras grávidas y neonatos de *S. lewini* en las costas de Sinaloa (Tomado de Torres-Huerta *et al.*, 2009).

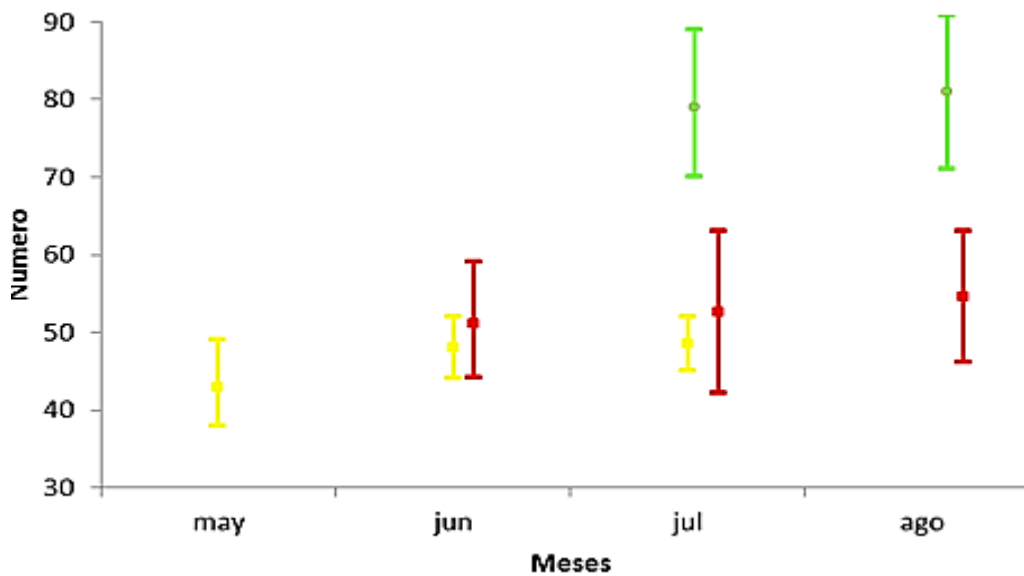


Fig. 38. Tallas de embriones y neonatos de *S. lewini* en las costas de Sinaloa (Tomado de Torres-Huerta *et al.*, 2009).

En el Golfo de California las hembras grávidas de tiburón piloto se presentan de mayo a octubre con embriones en diferentes estadios de desarrollo, los embriones terminales se registraron en los meses de junio y julio, sin encontrarse una temporalidad en la reproducción,

PACÍFICO CENTRAL MEXICANO

Se registraron 61 hembras grávidas de tiburón piloto *C. falciformis* que fueron obtenidos en el Pacífico central mexicano, frente a los estados de Jalisco, Colima y Michoacán, con un total de 301 embriones.

Se agruparon los datos de las hembras grávidas por cada dos años, sin embargo no se observó una estacionalidad en la presencia y abundancia de estas hembras en los diferentes años. En 2003, se reportaron en julio, agosto y octubre. En el 2004, los meses en que se registró una mayor cantidad de hembras fueron abril y mayo; mientras que en julio, agosto y noviembre presentaron menos hembras (Fig. 39).

Para 2005, febrero, marzo, mayo y octubre presentaron hembras con crías, para el 2006, junio, noviembre y diciembre en menor cantidad, cabe destacar que estos dos años se caracterizaron por un incremento en número de neonatos en comparación con 2003-2004. Para 2007, solo se registraron en el mes de septiembre y por último en 2008, se observaron de forma continua de junio a octubre, con una mayor incidencia de neonatos en el 2007 (Fig. 39).

No se pudo establecer el periodo de gestación debido a que no se encontraron embriones en los primeros estadios de desarrollo, la mayoría presentaron tallas desde 30 cm a 68 cm de LT, mientras que los neonatos registrados tuvieron una longitud de 57cm a 80 cm de LT, por lo que se considera como talla de nacimiento de los 57cm a 68 cm de LT. Tanto embriones como neonatos fueron observados todo el año, pero aquellos que midieron entre 57cm a 68 cm (considerada como la talla de nacimiento) estuvieron presentes en marzo, abril, mayo y agosto septiembre y noviembre, por lo que no se detectó una temporada de nacimientos definida (Fig. 40).

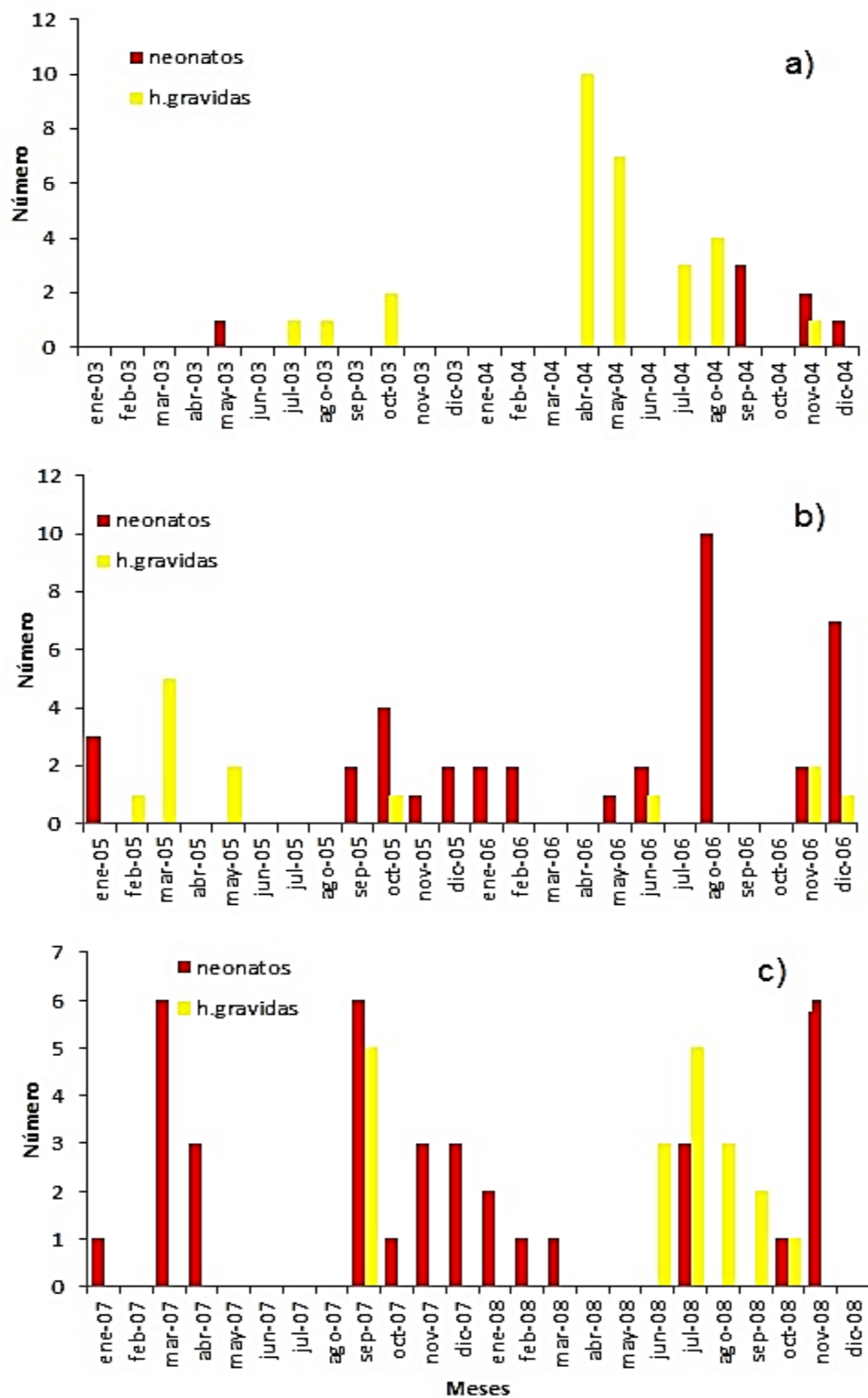


Fig. 39. Abundancia de hembras grávidas y neonatos de *C. falciformis* en el Pacífico central mexicano. a) 2003-2004, b) 2005-2006 y c) 2007-2008.

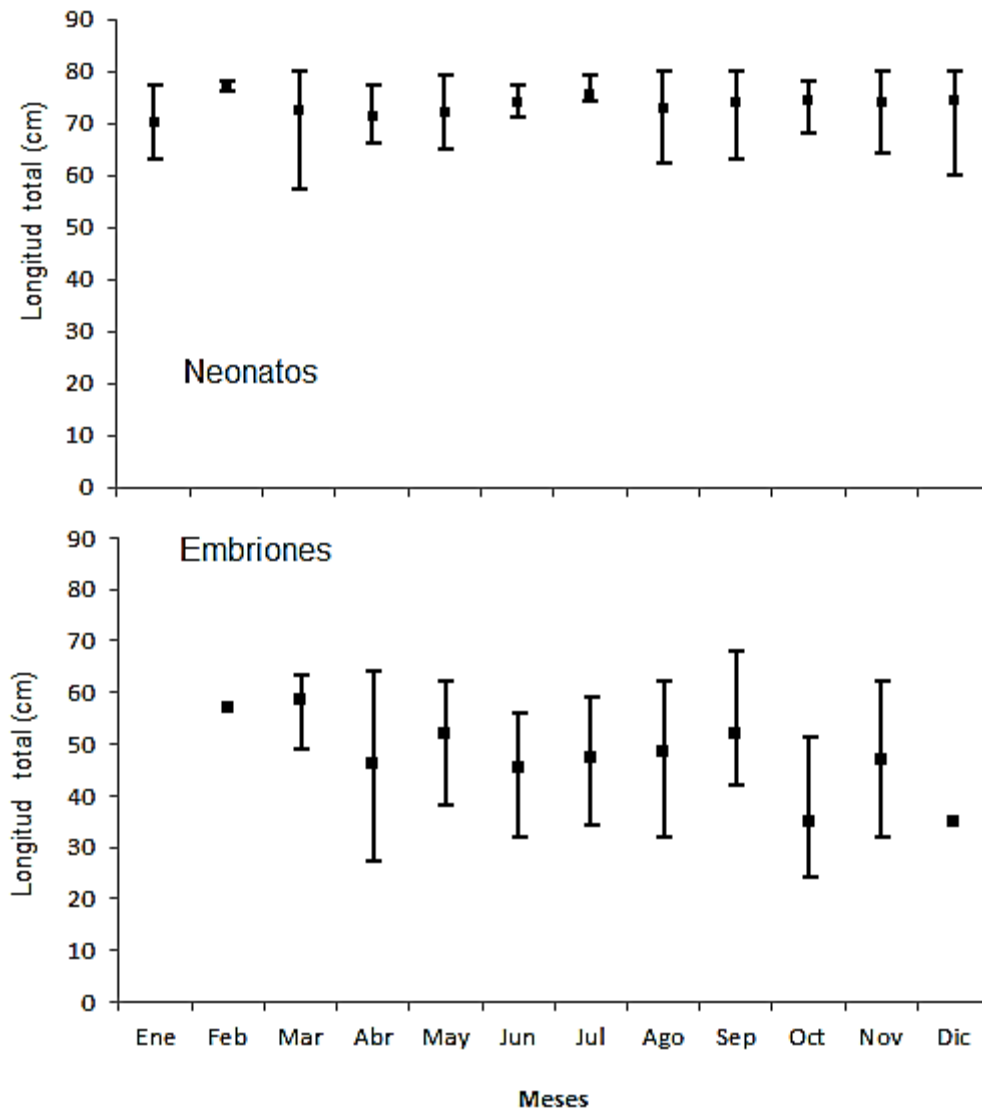


Fig. 40. Tallas de embriones y neonatos del tiburón piloto en el Pacífico central mexicano.

En la Pacífico central mexicano, el tiburón martillo utiliza la costa de Michoacán como zona para la crianza en los meses de mayo a agosto, ya que Anislado (2000) reportó la presencia de 47 hembras grávidas a término y neonatos en estos meses con tallas de 45 a 90 cm de LT, así como juveniles del año de 90 a 100 cm de LT (Fig. 41). Sin embargo no se pudieron hacer los gráficos correspondientes, debido a la falta de información detallada del número de hembras grávidas y neonatos por mes y año.

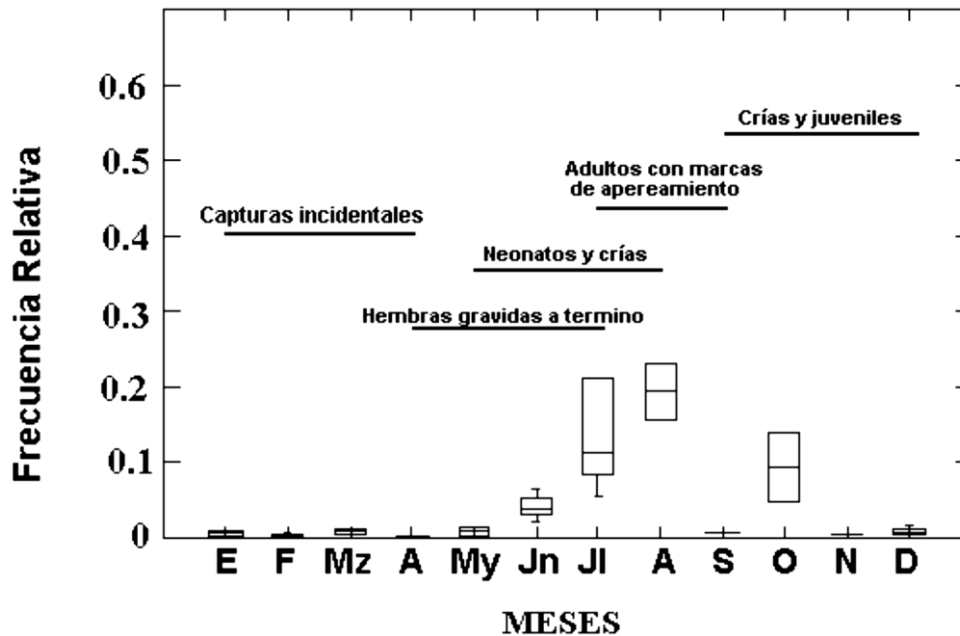


Fig. 41. Actividad reproductiva del tiburón martillo en la costa de Michoacán (Tomado de Anislado, 2000).

GOLFO DE TEHUANTEPEC

Para el Golfo de Tehuantepec, el tiburón piloto está presente todo el año, pero las hembras grávidas están en los meses de febrero a mayo, los neonatos se observaron en noviembre, enero a marzo y en junio, mientras que los juveniles del año están de octubre a abril (Fig.42). La mayoría de las hembras presentaron embriones terminales de 60 cm de LT entre marzo y mayo, en los mismos meses se encontraron a los neonatos que midieron 70 cm. (Fig. 43).

Debido a que se encuentran de manera simultánea hembras grávidas con embriones terminales, así como neonatos y pequeños juveniles, se considera como zona de crianza para el tiburón piloto en los meses de verano.

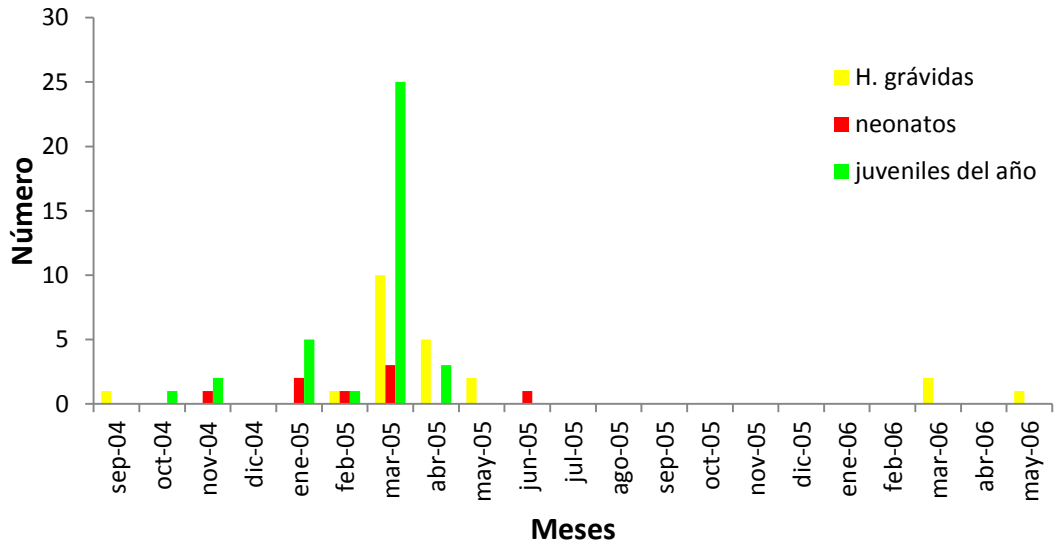


Fig. 42. Presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles de *C. falciformis* en el Golfo de Tehuantepec.

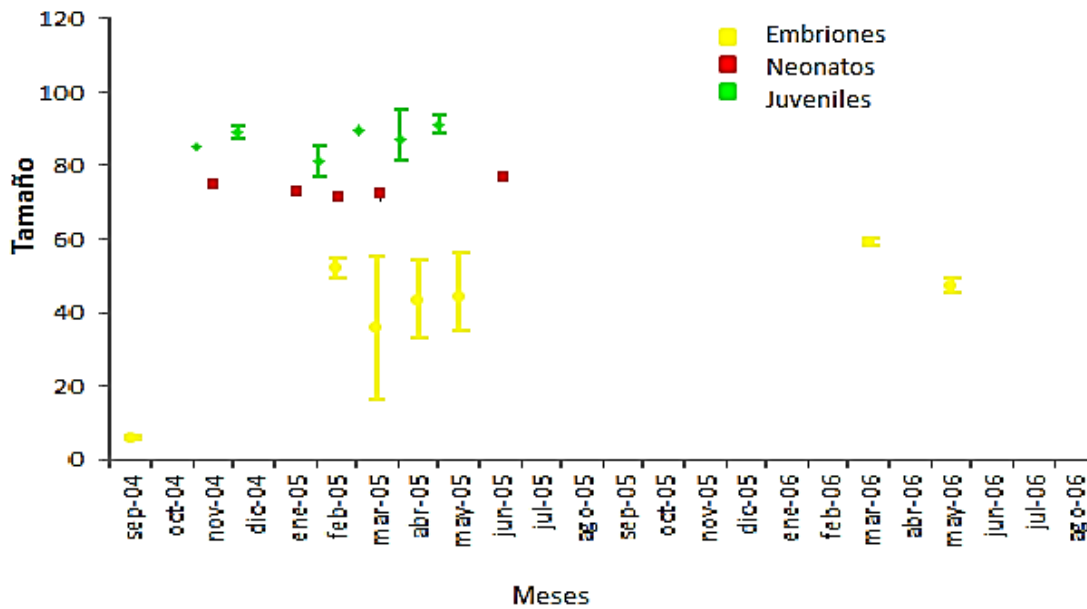


Fig. 43. Tallas de los embriones, neonatos y juveniles de *C. falciformis* en el Golfo de Tehuantepec.

Se registraron 46 hembras grávidas de tiburón martillo, para la costa de Oaxaca, correspondiente al Golfo de Tehuantepec, 7 hembras posparto en los

meses de abril a agosto, así como neonatos y juveniles de marzo a diciembre en los tres años de muestreo (Fig. 44).

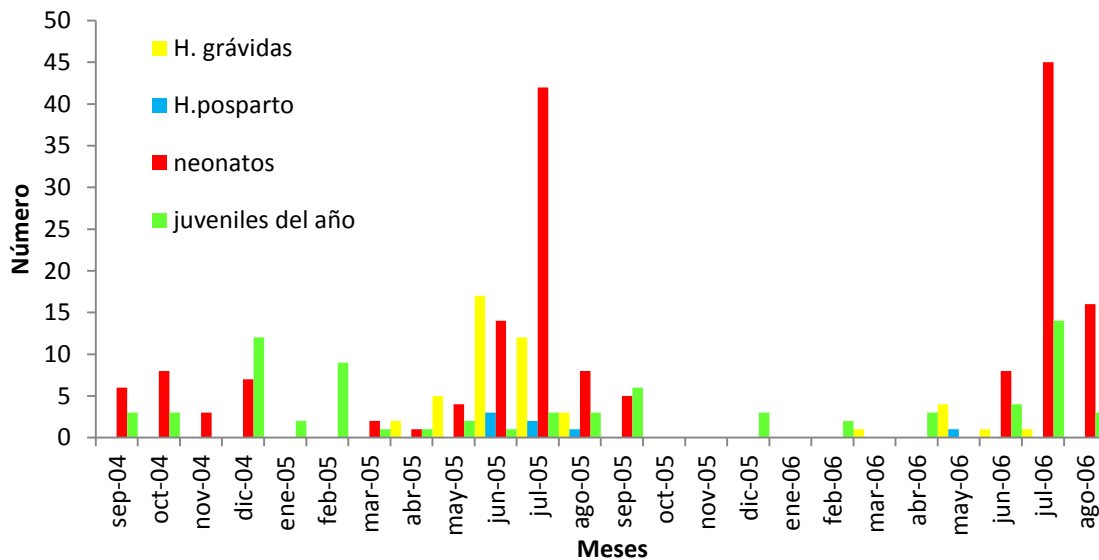


Fig. 44. Presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles de *S. lewini* en la costa de Oaxaca.

Los embriones registrados entre marzo y agosto median entre 45 cm a 50 cm de LT, mientras que los neonatos tuvieron tallas de 47cm a 65 cm de LT (Fig. 45), los juveniles del año se presentaron la mayor parte del año con tallas de 65 cm a 80 cm de LT (Fig. 46).



Fig. 45 Neonato de tiburón martillo mostrando la cicatriz umbilical.

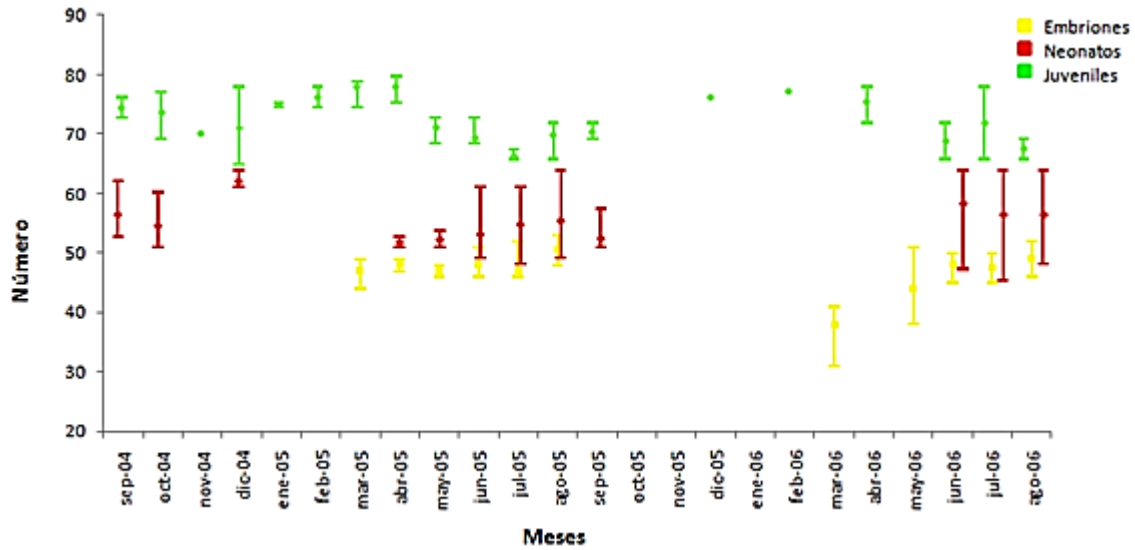


Fig. 46. Tallas de embriones, neonatos y juveniles de *S. lewini* en la costa de Oaxaca.

Los meses en los que se traslapan las tallas de los embriones y neonatos se considera como la temporada de nacimientos, que correspondió a los meses de abril a agosto en el 2005, y de junio a agosto del 2006. Las hembras grávidas fueron capturadas con cimbras de fondo, mientras que los neonatos fueron capturados más cerca de la costa con redes de enmalle (Fig.47).



Fig. 47. Neonatos de tiburón martillo en la costa de Salina Cruz, Oaxaca.

IX DISCUSIÓN

1. Parámetros reproductivos de *Carcharhinus falciformis*.

La fecundidad fue variable entre las tres zonas de estudio, teniendo en común la fecundidad mínima de dos embriones, sin embargo el límite superior fue diferente, ya que la región más norteña, que corresponde a la costa occidental de Baja California Sur, presentó una menor cantidad de embriones (9) , la región del Pacífico central incremento una unidad más, mientras que para la región del Golfo de Tehuantepec la fecundidad fue la más alta con 14 embriones, con esta información podemos sugerir que el incremento en la fecundidad puede presentar una tendencia latitudinal, sin embargo esta hipótesis debe manejarse con cuidado, ya que no es una evidencia contundente.

El coeficiente de correlación mostró valores muy bajos en las tres localidades, por lo que no se observó relación entre el número de embriones por hembra respecto a la talla materna. Debido a que la fecundidad en los elasmobranquios es determinada mediante el conteo de huevos o embriones dentro del útero de las especies vivíparas, Conrath (2005) menciona que existen inconvenientes cuando se utiliza este método de determinación de madurez, primero, que en algunas especies puede existir fallas reproductivas durante la gestación, por lo que el número de crías puede ser menor al número inicial de huevos ovulados presentes en el útero, como se ha observado en *Urolophus lobatus*,

Para *C. falciformis* se ha observado en algunos casos que no todos los embriones llegan a término, se han encontrados embriones muertos desde antes que la hembra haya sido capturada, y el número de estos puede varía desde unos cuantos, hasta la camada completa. Sandoval y Villavicencio (2008) describieron momificación fetal en 14 hembras de *Carcharhinus falciformis* cerca de Santa María, BCS, México, donde todos los embriones estaban muertos sin entrar en

estado de descomposición, la explicación dada por los autores sugiere dos posibles causas: estado de condición materna inadecuada (desnutrición, estrés, desbalance hormonal o enfermedad) o condiciones ambientales desfavorables (alta temperatura o contaminación).

Esta variación en la fecundidad ha sido reportada en otros estudios, como en el realizado en el sureste del océano Pacífico, donde se mostró una fecundidad entre 1 y 16 embriones, esta información proviene de la flota palangrera japonesa dedicada a la pesca de atún (Oshitani *et al.*, 2003).

Para la zona del Atlántico ecuatorial, se ha reportado una fecundidad máxima de 15 embriones, a partir de 10 hembras grávidas, la proporción embrionaria fue de 1M:1.17H, sin mostrar diferencias significativas (Hazin *et al.*, 2007), mientras que para el Golfo de México el máximo fue de 12 embriones (Branstetter, 1987). A pesar de ser una de las especies más abundantes, su capacidad reproductiva es limitada respecto a otras especies de tiburones (Cortés, 2000) y se puede considerar una especie de fecundidad media, por lo que su capacidad reproductiva puede estar compensada con la duración del ciclo reproductivo o la talla de madurez.

Considerando que la talla de madurez para ambos sexos se encuentra en el intervalo de los 175 cm a 189 cm LT, la edad aproximada de madurez para la especie se encuentra entre 7 y 8 años de edad, de acuerdo a los parámetros de crecimiento establecidos por Sánchez de Ita *et al.* (2011) con muestras provenientes de la costa occidental de Baja California Sur. Los rangos de las tallas de madurez de *C. falciformis* de ambos sexos se traslapan considerablemente. Esto parece ser común en las especies de *Carcharhinus* ya que se han reportado tallas de madurez sexual muy similares para machos y hembras en diversas especies del género *Carcharhinus* (*C. melanopterus*, Lyle, 1987; *C. isodon*, Castro, 1993b; *C. limbatus*, Castro 1996; *C. amblyrhynchos*, Wetherbee *et al.*, 1997; *C. porosus*, Lessa *et al.*, 1999; Lucifora, 2003).

Entre localidades se observó que en el Pacífico central la talla de madurez fue menor, sin embargo este dato puede estar sesgado debido al bajo número de muestras obtenidas en comparación con Baja California Sur y el Golfo de Tehuantepec que presentaron valores similares. Por lo que se sugiere que esta especie se comporta de manera similar en las tres regiones, esto puede ser apoyado por Castillo-Olguín (2005), quien al realizar un estudio de genética con *C. falciformis* en diferentes áreas del Pacífico mexicano, no observó diferencia entre éstas.

Es importante mencionar que en general las tallas de madurez obtenidas para el Pacífico son menores a las reportadas en el Atlántico ecuatorial, donde la talla de madurez sugerida es de 230 cm para hembras y de 210 cm a 230 cm para los machos. Lo cual es similar a lo encontrado por Branstetter (1987), para especímenes del noroeste del Golfo de México. Este decremento en la talla de madurez puede ser debido a la explotación de la población, tal como fue reportado por Ronquillo (1999) en el Golfo de Tehuantepec, en este caso, como una respuesta al esfuerzo pesquero, los juveniles alcanzan la madurez a tallas más pequeñas.

2.- Parámetros reproductivos de *Sphyrna lewini*.

Los estudios realizados sobre la proporción sexual del tiburón martillo, *S. lewini*, demuestra que esta varía de acuerdo al área donde se capturen. Las hembras son más abundantes en las áreas oceánicas, mientras que los machos dominan en la zona costera (Klimley y Nelson, 1984; Klimley, 1987; Chen *et al.*, 1988; Lessa *et al.*, 1999). Debido a esta variación se recomienda conocer la proporción de sexos embrionaria, que para esta especie fue de 1H:1M, ya que este dato, aparte de que nos da información más real de la proporción sexual de la especie, también nos indica la proporción de hembras que son generadas en una camada y que constituirán más adelante la biomasa reproductora, este tipo de

información es valiosa en los análisis demográficos (Aires-Da silva y Gallucci, 2007) .

La fecundidad para *S. lewini*, fue variable en las regiones, cabe destacar que la fecundidad máxima de 50 embriones reportados para las costas de Oaxaca, no solo se considera el registro máximo de embriones para el Pacífico mexicano, sino que también lo sería en general para la especie. En aguas de Indonesia la fecundidad máxima fue de 41 embriones, con un promedio de 25 (White *et al.*, 2008). Para las costas de Taiwán fue de 38 embriones con un promedio de 25 embriones (Chen *et al.*, 1988).

Aunque esta variación en la fecundidad, también puede deberse a la pérdida de embriones, ya que en algunos elasmobranquios, se ha observado que pueden abortar algunas crías durante el estrés de captura, especialmente si los embriones están cercanos a la talla de nacimiento. En especies vivíparas como el tiburón martillo es posible compensar esta característica mediante el conteo de las marcas de implantación o los cordones umbilicales presentes en los úteros, ya que estos cordones pueden desprenderse de los embriones cuando son abortados, también se puede determinar la fecundidad en hembras que han expulsado naturalmente a sus crías recientemente. En situaciones donde la cantidad de embriones que hayan sido abortados sea desconocida y no pueda ser corregida por el conteo de las marcas, la estimación de la fecundidad, debe ser considerada como el límite inferior de la fecundidad (Conrath, 2005)

Para las tres localidades los machos presentaron tallas de madurez más pequeñas en comparación a las hembras. De acuerdo al estudio de edad y crecimiento realizado para el Golfo de Tehuantepec por Zarate-Rustrián (2010), los machos alcanzan la madurez entre los 6 y 7 años de edad, mientras que las hembras maduran entre los 8 y 10 años de edad. Entre los elasmobranquios generalmente las hembras maduran a un tamaño mayor que los machos (Hoening

y Gruber, 1990). La mayoría de las veces alcanzar un tamaño mayor de madurez sexual mediante un aumento en la tasa de crecimiento es casi imposible. Existe un fenómeno conocido como bimaduración, por el cual el sexo de mayor tamaño alcanza la madurez sexual a una edad más avanzada (Stamps y Krishnan, 1997). Este fenómeno está determinado por el balance entre los costos de retrasar la reproducción y los beneficios del incremento de la fecundidad (Stearns, 1994).

En las especies ovíparas el grado de dimorfismo sexual en la talla de madurez es menor que en las vivíparas (Klimley, 1987), lo que puede estar relacionado a un relajamiento de las restricciones del tamaño corporal sobre la fecundidad (Goodwin *et al.*, 2002) ya que las hembras debe tener mayor espacio en la cavidad corporal para albergar a los embriones durante el periodo de gestación, y entre más grande sea habrá más embriones o estos alcanzaran tallas más grandes.

También puede deberse a que ambos sexos presenten diferencias en sus requerimientos energéticos y por lo tanto en el tamaño, al respecto Klimley (1987) menciona que las hembras de tiburón martillo *S. lewini*, se separan de los machos y realizan movimientos diarios hacia áreas de alimentación más productivas que las frecuentadas por los machos, logrando alcanzar una mayor talla y pueden maximizar su fecundidad, evidencias indirectas como un mayor consumo de presas y una mayor tasa de crecimiento en las hembras, parecen apoyar esta hipótesis.

Solo en las hembras se observó una variación entre zonas, siendo el Pacífico central el que presentó los valores más bajos, Anislado-Tolentino (2007) menciona clinas poblacionales para esta especie en el Pacífico al revisar especímenes de las costas de Sinaloa y Michoacán, encontrando diferencias tanto en tallas máximas como en la edad y crecimiento, específicamente en tiburones, Carlson y Parson (1997) acuñan en el estudio de los tiburones el concepto de la variación clinal a través de un estudio de las parámetros de crecimiento del tiburón

pala (*Sphyrna tiburo*) en la costa noreste de Florida, demostrando que en tres regiones cercanas la especie presenta una zona intermedia de mezcla y que la más norteña es más grande pero de más lento crecimiento. Anteriormente, las variaciones clinales no eran aceptadas para los tiburones por su amplia distribución pero si para los organismos terrestres.

3 Parámetros reproductivos de *Prionace glauca*

La fecundidad en ambas localidades fue variable y no se encontró relación entre la fecundidad y la talla materna propuesta por Castro y Mejuto (1995) esto puede deberse principalmente a que se encontraron pocas hembras grávidas en este estudio (9%) en comparación al porcentaje de hembras grávidas (76.5%) reportados por estos autores, también puede deberse a la expulsión de algunas crías durante la captura como se mencionó anteriormente.

El tiburón azul se caracteriza por ser una de las especies vivíparas más fecundas con un promedio de 30 crías y un registro máximo de 135 embriones (Gubanov y Grigor'yev, 1975). Para la zona de Baja California Sur, se registró una hembra con 77 embriones, siendo el registro máximo para el Pacífico mexicano (observación personal). La fecundidad máxima registrada en tiburones, corresponde al tiburón ballena con 300 embriones (Joung *et al.*, 1996).

Se observaron diferencias de la talla de madurez entre sexos, los machos alcanzaron la madurez a tallas más pequeñas que las hembras, de acuerdo a Blanco-Parra *et al.* (2008) los machos maduran entre los 7 y 8 años, mientras que las hembras maduran entre los 7 y 10 años. En cuanto a las localidades, la talla de madurez fue menor en las hembras de las costas de Colima, esto se puede deber a variaciones en el criterio de determinación de madurez, ya que en el tiburón azul, existe un estadio intermedio entre las hembras juveniles y adultas, el estadio de subadulto, en este estadio las hembras desarrollan los úteros y las

glándulas oviducal, estructuras que le sirven para almacenar el esperma después de aparearse presentando las marcas propias del cortejo (Pratt, 1979), sin embargo el ovario es el último en desarrollarse así como en llevarse a cabo el proceso de vitelogénesis, por lo que no tienen oocitos listos para ser fertilizados y se consideran como juveniles en el momento de hacer la clasificación de estadios de madurez, sin embargo Cruz-Ramirez (2007) las consideró como adultas, haciendo que la talla de madurez fuera más pequeña.

La talla de madurez para las hembras fue más baja en general en comparación a otros estudios, por ejemplo Pratt (1979) reportó una talla de madurez de 216 cm LT para el océano Atlántico norte, mientras que Legat y Vooren (2004) obtuvieron una talla de 210 cm de longitud total, esta diferencia puede ser debido al uso de diferentes metodologías para determinar los estadios de madurez, en este estudio se combinaron características morfológicas con la presencia de espermatozeugmata (Carrera-Fernández *et al.*, 2010) , debido a que la calcificación de los gonopterigios es un proceso gradual, al menos en el tiburón azul y Pratt (1979) propone que éstas no deben ser las únicas características consideradas para establecer los estados de madurez.

La talla de madurez para las hembras está dentro del intervalo propuesto por Nakano (1994), quien reporta que las hembras alcanzan su madurez sexual entre los 189 cm y 218 cm LT en el océano Pacífico norte. En el océano Atlántico la longitud de hembras maduras fue de 215 cm LT. (Pratt, 1979; Legat y Vooren 2004). Es común observar variaciones geográficas en la talla de madurez sexual y el tamaño máximo de los elasmobranchios (Bonfil *et al.*, 1993; Lucifora *et al.*, 1998) lo que refleja la plasticidad de estos parámetros.

Aunque los parámetros de la historia de vida del tiburón azul son diferentes en algunas áreas, se ha visto que no difieren grandemente en los océanos del mundo (Nakano and Seki, 2003) en este caso para el Pacífico

mexicano no existe diferencia en la fecundidad y la proporción de sexos al nacer, por lo que puede ser usada en evaluación de poblaciones para el Pacífico mexicano en general.

4 ÁREAS DE APAREAMIENTO

El tiburón piloto y el tiburón azul forman parte importante en las capturas de la costa occidental de Baja California Sur. *C. falciformis* se presenta de manera estacional entre los meses de junio a noviembre mostrando afinidad por temperaturas cálidas ya que en los meses de muestreo se presentaron las temperaturas más cálidas de 20 a 25 °C (Gómez-Vélez, 1982). Compagno (1984) menciona que esta especie se distribuye principalmente entre los 23 a 24 °C.

La pesquería artesanal de la zona, capturó en su mayoría organismos adultos, entre los cuales se registraron hembras con marcas de apareamiento, así como hembras con oocitos listos para ser ovulados, lamentablemente no se encontró esperma almacenado en las glándulas oviducuales de las hembras, esto debido principalmente a que esta especie presenta almacen de esperma a corto plazo (Pratt, 1993) por lo que es más difícil de ser observado; sin embargo ese corto tiempo coincide con la presencia de oocitos maduros, por lo que la ovulación se da al mismo tiempo que se lleva a cabo el apareamiento y por lo tanto también se lleva a cabo el proceso de fertilización, al ser éstas últimas, las evidencias más directas, se sugiere que la temporada de apareamiento de esta especie en la costa occidental de Baja California sur (BCS) de agosto a noviembre.

Para el tiburón azul no se consideró la presencia de oocitos como indicio de apareamiento, ya que este puede darse en diferentes tiempos, las hembras pueden aparearse aunque no tenga listos oocitos para ser ovulados, el esperma es almacenado durante meses en las glándulas oviducuales (Carrera- Fernández *et al.*, 2010), hasta que se lleva a cabo el proceso de vitelogénesis y entonces se

fertilizan los oocitos (Pratt, 1979), esta estrategia de almacén es característica de especies nómadas e incrementa la posibilidad de asegurar una reproducción exitosa, además de que contribuye al flujo genético al llevar las hembras esperma de diferentes machos. Nakano (1994) menciona que el apareamiento en esta especie en el verano entre los 20 y 30 ° latitud norte en el Pacífico, por lo que el área estaría dentro de los límites propuestos por este autor.

A pesar de que el tiburón *C. falciformis* está presente durante todo el año en el Golfo de Tehuantepec, no hubo evidencia suficiente que sugiera que esta zona pueda ser utilizada para el apareamiento.

En el caso de *S. lewini*, esta especie presenta un ciclo reproductivo anual en el cual se da de manera simultánea el proceso de vitelogénesis y el periodo de gestación (Castro, 2010), significa que cuando los embriones están listos para nacer, la cohorte de oocitos en el ovario están listos para ser ovulados. Además de que la zona está dominada principalmente por machos en los meses de primavera y verano (Bejarano-Álvarez, 2007), coincidiendo con la llegada de las hembras grávidas en la misma temporada, una vez que las hembras paren a sus crías en aguas costeras, salen de esta zona y esta listas para iniciar el apareamiento y aunque no se encontraron indicios de apareamiento, como mordidas o moretones en los gonopterigios, se sugiere que la zona frente a las costas de Oaxaca y Chiapas sea un área de apareamiento.

Este comportamiento ha sido sugerido por Anislado (2007) en las costas de Sinaloa, donde los machos superan a las hembras durante el mes de junio y es el mes donde aparecen las señales de apareamiento como son marcas de cortejo, moretones en los gonopterigios y la presencia macroscópica de semen en los machos. Tomando en cuenta lo anterior, se sugiere que las zonas adyacentes a las zonas de crianza del tiburón martillo pueden ser consideradas zonas de apareamiento potenciales.

De acuerdo a Castro (1993) uno de los criterios para definir la zona de apareamiento es la proporción de sexos que sea cercana a 1H:1M, por lo que en este estudio se buscó esa proporción para las diferentes especies, sin embargo en ninguna de ellas se observó este comportamiento ya que generalmente predominó un sexo sobre el otro. Algunos autores mencionan que el predominio de machos durante la época de apareamiento sugiere que puede ocurrir competencia entre machos por el acceso a las hembras. Gordon (1993) observó que los machos en cautiverio de *C. taurus* interactúan agonísticamente entre ellos durante las actividades de pre-cópula y se forma una jerarquía hasta que el macho dominante se aparee con la hembra cortejada. También se han sugerido apareamientos múltiples sucesivos por parte de las hembras (Gordon, 1993). Lucifora (2003) sugiere altos niveles de competencia entre machos al encontrar una mayor cantidad de machos durante la temporada de apareamiento en la Bahía Anegada, Argentina.

5 ÁREAS DE CRIANZA.

La costa occidental de Baja California Sur, puede ser considerada una zona potencial para el tiburón azul ya que se encontraron embriones con tallas cercanas a la talla de nacimiento en los meses de diciembre y febrero, esta diferencia en los meses puede deberse a que los embriones crecen rápidamente en los primeros meses de desarrollo y posteriormente disminuye su tasa de crecimiento.

En esta zona no se registraron neonatos, sin embargo esto es debido a la selectividad del arte de pesca, ya que en la zona se utilizan palangre y redes de 12" de luz de malla, haciendo difícil la captura de tiburones pequeños. Ramírez-González (2002) sugirió que la costa occidental de la península de Baja California es un área de crianza al encontrar hembras grávidas con embriones terminales en

capturas de mediana altura. Aunque no encontraron embriones más grandes o neonatos, al igual que en el presente estudio; los organismos más pequeños registrado miden 75-80 cm de LT, Branstetter (1990) describió que en los primeros meses de vida de los organismos libres la tasa de crecimiento es alta y las crías alcanzan el doble de su tamaño en su primer año de vida ya que se encuentran en áreas que no están protegidas, y continúan su rápido crecimiento hasta los siguientes dos o tres años.

Cruz-Ramírez (2007) reportó 9 hembras grávidas procedentes de capturas de mediana altura en la costa de Colima en los meses de junio y julio, sin embargo los embriones tenían una talla máxima de 20 cm de LT, considerando lo anterior y que Ramírez-González (2002) y Carrera-Fernández (2004) reportan embriones terminales, se sugiere que la zona de crianza está en la latitud correspondiente a la costa occidental de BCS. También puede ser considerada una zona de crianza secundaria, extendiéndose hasta la parte norte de la península de Baja California debido a la cantidad de juveniles capturados por la pesca artesanal (Bass, 1978), alrededor del 70 % fueron juveniles (Carrera-Fernández *et al.*, 2010), que se caracterizan por permanecer en áreas cercanas a la costa.

Litvinov (2006) describió dos tipos de agregaciones en los tiburones azules, el primero conformado por machos adultos que se sitúan principalmente en aguas oceánicas y el grupo de los juveniles que se encuentran en aguas más cercanas a la costa, este segundo tipo de agregación está presente en la costa occidental de la península de Baja California.

Análisis demográficos realizados con tiburones azules, mostraron que la supervivencia de los juveniles de entre 0 y 4 años es el factor clave en la productividad y confirma la importancia de la supervivencia de los juveniles para el crecimiento de una población (Aires-da-Silva y Galluci 2007). Por lo que es necesario considerar la posible protección de los juveniles a través de regulaciones del equipo de pesca, o vedas estacionales a la pesquería para evitar

el traslape en tiempo y espacio con los juveniles en este caso entre diciembre a abril.

Para *C. falciformis*, sin embargo no existe evidencia suficiente para sugerir una zona de crianza, a pesar que diversos autores la mencionan (Hoyos-Padilla, 2003; Salomón-Aguilar, 2006) debido a que se observan embriones en diferentes tallas a través del año, sin embargo no cumplen con los requisitos planteados en este estudio para determinar áreas de crianza.

Para el tiburón martillo *S. lewini* se plantea la hipótesis que los neonatos encontrados en las costas de Sinaloa posteriormente migran a la Bahía de La Paz hasta llegar a ser juveniles, de acuerdo a Castro (1993), esta sería considerada una zona de crianza secundaria, donde los juveniles pasan la mayor parte del tiempo antes de alcanzar la madurez sexual y entonces se trasladan a otra región, utilizando un área importante de Golfo de California para su distribución y movimientos. Salomón-Aguilar (2011) describió a la región central de Golfo de California, como el área principal de congregaciones de tiburones en el Pacífico mexicano, principalmente en primavera-verano.

Para la costa de Michoacán, Anislado-Tolentino (2000) reportó hembras grávidas con embriones terminales y neonatos, pero debido a la falta de información no se pudo corroborar que la cantidad de hembras grávidas sean abundantes en una temporada definida, del mismo modo que no se pudo comprobar si los neonatos estaban en grandes cantidades y si éstos permanecieron en el área por varios meses.

En el caso del tiburón *C. falciformis*, se tiene un número considerable de hembras grávidas en diferentes años de muestreo, así como la presencia de embriones terminales y neonatos en menores cantidades, cabe destacar que los registros provienen de la pesquería de mediana altura que incluye la parte oceánica frente a las costas de Colima, Jalisco y Michoacán, es posible que estas

hembras con embriones de tallas cercanas al nacimiento, solo estén de paso en esta zona para llegar al Golfo de Tehuantepec, así como que los neonatos registrados vengan de otra zona.

Esta hipótesis es propuesta partiendo de tres supuestos, primero, que el tiburón piloto se caracteriza por tener hábitos costeros en sus primeras etapas de vida y posteriormente adquiere los hábitos oceánicos (Branstetter, 1987; Bonfil, 1997). Segundo, en el océano Pacífico se ha visto que estos tiburones se mueven desde el Ecuador hacia latitudes más altas durante el verano (Strasburg, 1958); estos movimientos fueron observados en tres tiburones piloto que fueron marcados con marcas SPOT en aguas de Costa Rica, los cuales mostraron una ruta migratoria hacia el norte paralelo a la costa del Pacífico mexicano en un tiempo aproximado de 5 a 10 meses, cabe destacar, que uno de los tiburones viajó desde las aguas de Costa Rica alrededor de 2500 km hasta la boca del Golfo de California en México y regresó al Golfo de]Tehuantepec en un periodo aproximado de 10 meses (Kohin *et al.*, 2006) (Fig. 48). Por lo que se reafirma las migraciones de sur a norte y viceversa, abarcando parte del Pacífico mexicano.

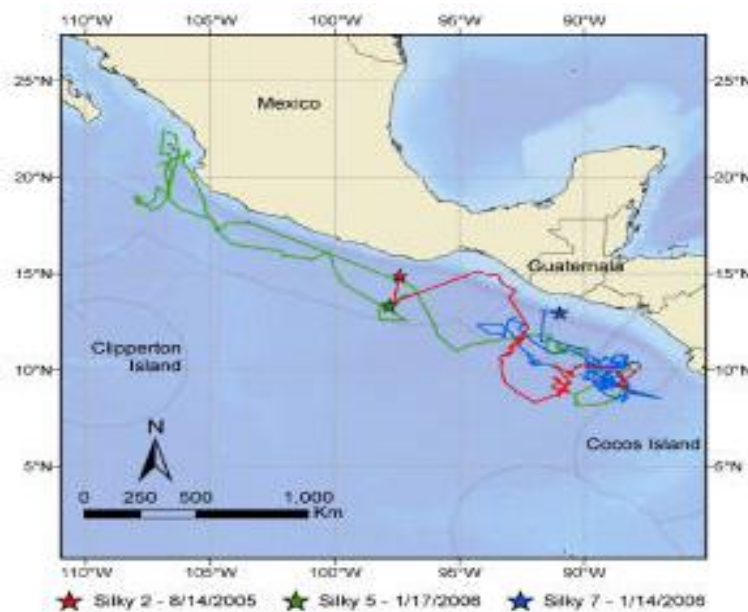


Fig. 48. Rutas migratoria de tres tiburones piloto en el Pacífico oriental tropical. (Tomado de Kohin *et al.*, 2006).

El tercer y último supuesto, se refiere al aspecto genético, ya que se ha reportado que aunque existe variación genética en el tiburón piloto, probablemente se trate de una sola población, estos resultados fueron obtenidos a partir de muestras provenientes de diferentes zonas del Pacífico mexicano (Baja California Sur, Colima, Oaxaca y Chiapas) (Castillo-Olguín, 2005).

El Golfo de Tehuantepec es una zona muy importante del Pacífico mexicano, al contribuir, con un alto porcentaje de las capturas de tiburón, de las cuales el 80% está constituido por los tiburones piloto y martillo (Soriano-Velázquez y Acal-Sánchez, 2003).

A pesar de que el tiburón *C. falciformis* cumple con los requisitos en el Golfo de Tehuantepec para ser considerada como zona de crianza, no presentó tantas hembras grávidas; mientras que Alejo-Plata *et al.* (2007) encuentran embriones terminales desde marzo a junio y neonatos la mayor parte del año para la costa de Oaxaca particularmente en el zona de Puerto Ángel. La diferencia en la cantidad de organismos registrados se debe principalmente a la selectividad del arte de pesca, ya que Alejo-Plata *et al.* (2007) registraron una mayor cantidad de organismos debido a que se utiliza palangre de superficie a diferencia que en Salina Cruz se utiliza cimbra de fondo. Esta especie se caracteriza por ser de hábitos epipelágicos, por lo que es más probable que sea capturada con palangre de superficie. Los recién nacidos tienen un estilo de vida más demersal y junto con algunos juveniles del año, ocupan las zonas de crianza en aguas de la plataforma, mientras que los subadultos y adultos ocupan hábitats más oceánicos (Springer, 1967; Branstetter, 1987; Bonfil, 1997).

Es difícil establecer una temporada definida de alumbramientos, Alejo-Plata *et al* (2007) sugiere que esta especie se reproduce durante todo el año con un pico en los meses de febrero a mayo. Todo parece indicar que esta falta de temporalidad en la reproducción es característica de esta especie, otros autores

sugieren que no existe temporalidad en la reproducción (Strasburg, 1958; Stevens y McLoughing, 1991).

La distribución mensual de los estados de madurez sexual en las hembras de *C. falciformis* no muestran una clara tendencia, sugiriendo que al menos entre más cercano este del ecuador la especie no tenga un periodo de gestación estacional. (Hazin *et al.*, 2007). La falta de un patrón reproductivo definido ha sido reportado para *Gollum attenuatus*, en la cual la población aparece asincrónica (Yano, 1993).

A partir de la información dada por Ronquillo- Benítez (1999) quien encontró que la temporada reproductiva del tiburón piloto es de mayo a junio para la costa de Chiapas, Galván- Tirado (2007) sugiere que la diferencia en el tiempo de gestación se debe a la probabilidad de que en el Golfo de Tehuantepec concurren dos poblaciones, una población residente o que habite permanentemente hacia el sur del océano Pacífico y otra población que realice movimientos sur-norte hacia el Golfo de California y la costa occidental de Baja California o hacia aguas oceánicas. Sin embargo este último punto entra a discusión considerando el trabajo de Castillo-Olguín (2005) mencionado anteriormente.

En el caso del tiburón martillo, el Golfo de Tehuantepec es sin duda un área de crianza primaria, donde convergen hembras grávidas, con embriones terminales, además de la presencia de neonatos y que este patrón se repitió al menos en los tres años de muestreo, esta información es apoyada por Soriano *et al.* (2000) quienes mencionan que la costa de Chiapas presenta una alta abundancia de hembras grávidas, también establecieron una temporada definida de nacimientos correspondiente a abril a agosto.

A diferencia del tiburón piloto, Alejo-Plata *et al.* (2007) reportaron pocas hembras de tiburón martillo para la costa de Puerto Ángel, esto debido a que el arte de pesca empleado en esa zona es el palangre de superficie, mientras que el

tiburón martillo es de hábitos bentónicos, por lo que es más capturado cerca de Salina Cruz, donde se utiliza la cimbra de fondo.

De acuerdo a Branstetter (1991), las áreas de crianza se pueden categorizar también según su exposición a los depredadores potenciales. Algunas están “protegidas” cuando se encuentran en áreas que son poco habitadas por tiburones adultos y las “no protegidas” que están en contacto con tiburones adultos. Se ha observado también que las especies de tiburones que utilizan áreas “protegidas” son de crecimiento más lento que las que viven en zonas “no protegidas”

De esta manera los tiburones categorizados como de lento crecimiento, presentan tres variantes:

- 1) La producción de pocas crías grandes que pasan sus primeros meses de vida en aguas someras frente a áreas donde se encuentran tiburones adultos estando expuestos a ser depredados, aunque crecen alrededor de 15 cm en un año, su gran tamaño le ayuda a evitar a los depredadores.
- 2) la producción de pocas crías de tamaño medio; que nacen en bahías o estuarios con una talla aproximada de 60 cm y crecen alrededor de 15 cm en su primer año, ellos tienen mayor probabilidad de supervivencia si permanecen en zonas donde no hay adultos.
- 3) la producción de numerosas crías pequeñas; como el tiburón martillo que produce alrededor de 30 crías de 45 cm (55 en este estudio), éstas viven en bahías aproximadamente 6 meses y después se mueven a aguas costeras donde están expuestos a tiburones adultos, a pesar de la alta mortalidad es compensada por la cantidad de crías producidas.

La temporada de nacimientos de los tiburones martillo en el Golfo de Tehuantepec fue de abril a agosto, por lo tanto esta especie utiliza al menos tres

zonas de crianza en el Pacífico mexicano y son las costas de Sinaloa, Michoacán y Oaxaca en el verano-otoño. La misma temporada ha sido reportada para esta especie en Hawaii (Bush y Holland, 2002).

El Golfo de Tehuantepec es una zona altamente productiva, debido a las surgencias provocadas por los vientos “tehuanos” que se presentan de septiembre a marzo, ocasionando que agua fría y rica en nutrientes, aflore a la superficie, presentando una alta producción de biomasa zooplanctónica en la que se incluyen los primeros estadios de desarrollo de los peces, los cuales son el inicio y sustento de la comunidad de adultos (Ayala-Duval *et al.*, 1998).

En los meses que no están influenciados por los nortes, el ictioplancton presenta concentraciones en la porción central del Golfo de Tehuantepec, frente a las lagunas Superior, Inferior y Laguna Mar Muerto y otros núcleos menos densos; en estos caso la acción de los aportes fluviales cobran importancia (Morales de la Garza y Carranza-Edwards, 1995) y que contribuyen al aporte de nutrimentos provenientes del lavado de lagunas y de los ríos Suchiate, Novillero y Tehuantepec que drenan en esas porciones del Golfo generando efectos físico-químicos a lo largo de la costa (Vázquez-Gutiérrez y Alexander-Valdés, 1993) y que se traducen en una alta producción biológica. Además debido a su baja profundidad sirve de protección a los recién nacidos, ya que el Golfo se caracteriza porque la plataforma continental es muy estrecha en la porción occidental, mientras que en la parte oriental es más extensa.

X. CONCLUSIONES

La fecundidad para el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, fue de 2 a 14 embriones, en el tiburón martillo *Sphyrna lewini*, varió de 6 a 50 embriones y en el tiburón azul *Prionace glauca*, fue de 7 a 64 embriones, presentando variaciones en las diferentes zonas.

La proporción de sexos al nacer fue cercana a 1H:1M en los tiburones *C. falciformis*, *S. lewini* y *P. glauca* en las diferentes áreas del Pacífico mexicano. No se observó una relación lineal entre la fecundidad y la talla materna en las tres especies, a excepción del tiburón martillo para la zona de Michoacán.

La talla de madurez fue el parámetro reproductivo que varió considerablemente entre especies y áreas, por lo que se debe considerar por separado en la toma de decisiones relacionadas con las pesquerías.

Se considera que el tiburón azul utiliza la costa occidental de Baja California Sur como área de apareamiento, al mismo tiempo que utiliza toda la península de Baja California como área de crianza secundaria, debido a la mayor abundancia de juveniles.

Se propone que el tiburón piloto *C. falciformis*, utiliza la costa occidental de Baja California Sur como zona de apareamiento, el Pacífico central como corredor para las hembras grávidas y neonatos que a su vez, utilizan el Golfo de Tehuantepec como zona de crianza, sin embargo no se pudo definir la temporada de nacimientos.

El tiburón *S. lewini* utiliza al menos tres zonas de crianza en el Pacífico mexicano y son: Golfo de California, costa de Michoacán y el Golfo de Tehuantepec durante el verano-otoño. A la vez que se propone que las zonas adyacentes a estas zonas de crianza pueden ser consideradas zonas de apareamiento potenciales.

XI. RECOMENDACIONES.

Tomando en cuenta que los tiburones: *C. falciformis*, *S. lewini* y *P. glauca*, son de las especies más importantes en el Pacífico Oriental tropical, es necesario abarcar nuevas áreas de muestreo, para cubrir en la medida de lo posible su distribución natural y se requiere necesariamente una efectiva cooperación regional e internacional.

Uno de los criterios para determinar un área de crianza, es la permanencia y movimientos que realizan los neonatos y juveniles dentro y fuera de la zona; Sin embargo en México es lo más difícil de cubrir, en parte porque se requiere una fuerte inversión y en ocasiones, por el difícil acceso a estos organismos, por lo que se recomienda realizar estudios de marcaje satelital en las zonas que ya fueron definidas como áreas de crianza, para comprobar su fidelidad al sitio y su uso a través de los años.

XI. LITERATURA CITADA

- Aires-Da Silva, A. M. y Gallucci A. F. 2007. Demographic and risk analyses applied to management and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Mar. Freshw. Res.* 58:570-580.
- Alavéz-Jiménez, C. 2007. Aspectos de la biología y pesquería de los tiburones sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y pico blanco (*Nasolamia velox*), capturados por la flota artesanal pesquera en Ensenada Chipehua, Oaxaca durante el periodo 2004-2005". Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Salina Cruz. Salina Cruz, Oax. 72p.
- Alejo-Plata C., JL. Gómez-Márquez, S. Ramos y E. Herrera. 2007. Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) en la costa de Oaxaca, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 42(3): 403 – 413.
- Álvarez del Villar, J. 1978. *Los Cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados*. Ed. CECSA. México D. F. 372pp.
- 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. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 145 p.
- Anislado-Tolentino V. 2007. Demografía y pesquería del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Pises: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico Mexicano. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 216 p.

- Ayala-Duval, E., Maldonado-Monroy, M del C., Becerril-Martínez, J.A.,García-Tamayo, D.T., Juárez-Ortiz, C., Blas-Cabrera, J., Barrios-Orozco, V., Huerta-González, J. A. y Almaráz-Gómez , A. 1998. Distribución de algunos componentes del ictioplancton y su relación con la biomasa zooplanctonica, Cap 8:93-102. En M. Tapia-García (Ed) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana –Iztapalapa, México. 240 p.
- Beerkircher, L., M. Shivji y E. Cortés. 2003. A Monte Carlo demographic analysis of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*): implications of gear selectivity. *Fish. Bull.* 101:168–174.
- Bejarano-Álvarez M. 2007. Biología Reproductiva del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en Salina Cruz, Oaxaca, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas –Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México. 73pp.
- Blanco P.M.P. 2003. Edad y crecimiento del tiburón azul, *Prionace glauca* (Linnaeus 1758), en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. 54 p.
- Blanco-Parra, M.P., Galván-Magaña, F. y Márquez-Farías, F. 2008. Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* in the northwest coast off Mexico. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 43(3):513-520.
- Bonfil, R., R. Mena y D. de Anda. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky shark from the Campeche Bank, Mexico. *En: Conservation Biology of Sharks.* NOAA Tech. Rep. NMFS. No. 115, 73–86.

- Bonfil, R. 1997. Status of shark resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean. Implications for management. Fish. Res. 29:101-117.
- Bonfil, R., R. Mena y D. de Anda. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, México. En: *Conservation Biology of Elasmobranchs* (S. Branstetter, Ed) NOAA Technical Report NMFS 115:73-86.
- Branstetter S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of México. *Env. Biol. Fish.* 19:161-173.
- Branstetter, S. 1990. Early life- History Implications of selected Carcharhinoid and Lamnoid Sharks of the Northwest Atlantic, 17-28 p. En: H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber, y T. Taniuchi, (Eds.). *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in Biology, Ecology, Systematic and Status of the Fisheries*. U.S. Dep. Comer., NOAA Tech. Rep. NMFS, 90.
- Bush, A. y K. Holland. 2002. Food limitation in a nursery area: estimates of daily ration in juvenile scalloped hammerheads, *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith, 1834) in Kane Ohe Bay, Oahu, Hawaii. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 278: 157-178.
- Cadena-Cárdenas, L. 2001. Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 68 p.
- Cailliet, G. M. y Bedford, D. W. 1983. The biology of three pelagic sharks from California waters, and their emerging fisheries: A review. *CalCOFI Rep.* 24:57-68.

- Campuzano-Caballero J.C. 2002. Biología y pesquería del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en Puerto Madero, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México 210p.
- Carlson, J. K. y Parsons, G. R. 1997. Age and growth of the bonnethead shark *Sphyrna tiburo*, from northwest Florida, with comments on clinal variation. *Env. Biol. Fish.* 50:331-341.
- Carlson, J. K. y Parsons, G. R. 2003. Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks *Sphyrna tiburo*, (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from the eastern gulf of Mexico. *Mar. Freshw. Res.* 54:875-883.
- Carlson, J.K. 2003. Shark nursery grounds and essential fish habitat studies. *Report to NOAA Fisheries/ Highly Migratory Species Office*. SFD Contribution PCB- 03/06.
- 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. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas– Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México. 67 p.
- Carrera-Fernández M y J Martínez-Ortíz. 2007. Aspectos reproductivos de los Tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y *S. zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas del Ecuador. En: Martínez-Ortíz J & F Galván-Magaña (eds). *Tiburones en el Ecuador: Casos de estudio*. EPESPO - PMRC. Manta, Ecuador.
- Carrera-Fernández, M., F. Galván-Magaña y P. Ceballos-Vázquez. 2010. Reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharinidae) off Baja California Sur, México. *Aqua International Journal of Ichthyology* 16: 3-15.

- Castillo-Olguín, E. 2005. Estructura genética poblacional de dos especies de tiburones (*Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini*) en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. 91 p.
- Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez Farías, A. Cid del Prado V., S. R. Soriano V. 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.
- Castro J.I. 1993a. The shark nursery of Bull Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Envir. Biol. Fish.* 38:37-48.
- Castro, J.I. 1993b. The biology of the finetooth shark *Carcharhinus isodon*. *Env. Biol. Fish.* 36:219-232.
- Castro, J.I. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, off the southeastern United States. *Bull. Mar. Sci.* 59:508-522.
- Chase, T. E. 1968. Sea floor topography of the central eastern Pacific Ocean. *U.S. Fish and Wild Life Service Circ.* 291: 33.
- Chen C, T Liu y S Joung. 1988. Notes on reproduction in the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini* in northeastern Taiwan waters. *U.S. Fish. Bull.* 86: 389-393.
- Clark, E. y Von Schmidt, K. 1965. Sharks of Central Gulf coast of Florida. *Bull. Mar. Sci.* 15:13-83.

- Clarke, T.A. 1971. The ecology of the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pac. Sci.* 25(2):133-144.
- Compagno, L. J. V. 1984. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 . Carchariniformes*. FAO Fish. Synop. 125(4): 251-663.
- Compagno, L.J.V., Krupp, F y Schneider. 1995. Tiburones En: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V. H (eds). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Parte 1*. Roma. 2: 648- 685.
- CONAPESCA-INP. 2004. *Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México*. (PANMCT). SAGARPA. Mazatlán, México. 85p.
- Conrath, C. 2005. Reproductive biology, 133-164. En: Musick, J. y Bonfil, R. (Eds). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome, FAO. 251p.
- Conrath, C. L. y Musick, J. A. 2002. Reproductive biology of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, in the northwest Atlantic Ocean. *Env. Biol. Fish.* 64: 367–377.
- Cornish, A. S. 2005. First observation of mating in the Bamboo shark *Hemiscyllium freycinati* (Chondrichthyes: Hemiscylliidae). *Zool. Stud.* 44(4):454-457.
- Cruz-Ramírez A. 2007. Aspectos reproductivos del tiburón azul (*Prionace glauca*) y tiburón tunero (*Carcharhinus falciformis*) capturado por la flota palangrera de mediana altura del puerto de Manzanillo, Colima, México.

Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México DF. 52 p.

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

De Carvalho, M. R. y Gomes, U. L. 1992. Reinterpretation of the clasper morphology of *Prionace glauca* (Linnaeus 1758) (Chondrichthyes, Carcharhiniformes), with notes on clasper terminology. *An. Acad. Bras. Cienc.* 64(2): 199-206.

Didier, D. A. 1995. Phylogenetic systematics of extant chimaeroid fishes (Holocephali: Chimaeroidei) *Am. Mus. Novit.* 3119:1-86.

Duncan, K.M. & Holland, K.N. 2006. Habitat use, growth rates and dispersal patterns of juvenile scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) in a nursery habitat. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 312: 211-221

Galván-Tirado, C. 2007. Biología reproductiva del Tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis*, capturado en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 57pp.

Gilbert, C. R. 1967. A Revision of the Hammerhead Sharks (Family Sphyrnidae). *Proceedings of the National Museum*. Smithsonian Institution. Washington, D.C., E.U.A. 119 (3539):1-98.

Gilbert, P. W. y D. A. Schlernitzauer. 1966. The placenta and gravid uterus of *Carcharhinus falciformis*. *Copeia*. 3: 451-457.

Gilmore, R.G. 1991. The reproductive biology of lamnoid sharks. En: *Discovering sharks*. American Litoral Society. U.S.A 64-67 pp

- Goodwin, N. B., N.K. Dulvy y J.D. Reynolds. 2002. Life-history correlates of the evolution of live bearing in fishes. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B.* 357:259-267.
- Guerrero-Maldonado, L. 2002. Captura comercial de elasmobranquios en la costa suroccidental del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S, México. 54 pp.
- Harvey, J. T. 1989. Food habits, seasonal abundance, size, and sex of the blue shark, *Prionace glauca*, in Monterey Bay, California. *Calif. Fish Game.* 75(1):33-44.
- Hazin, F. H. V., Kihara, K., Otsuka, K. y Boeckman, C. E. 1994. Reproduction of the blue shark, *Prionace glauca* in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. *Fish. Sci.* 60(5): 487-491.
- Hazin, f. H. V., Paulo G. V. Oliveira y Bruno C. L. Macena. 2007. Aspects of the reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis* (nardo, 1827), in the vicinity of Archipelago of saint peter and saint paul, in the Equatorial Atlantic ocean. *col. Vol. Sci. Pap. Iccat*, 60(2): 648-651.
- Hazin, F., Fischer, A. y Broadhurst, M. 2001. Aspects of Reproductive Biology of the Scalloped Hammerhead Shark, *Sphyrna Lewini*, off Northeastern Brazil. *Env. Biol. Fish.* 61: 151-159
- Heupel M.R. y R. E. Hueter. 2002. Importance of prey density in relation to the movement patterns of juveniles blacktip sharks (*Carcharhinus limbatus*) within a coastal nursery area. *Mar. Freshw. Res.* 53:543-550.

- Heupel R.M., J.K. Carlson & C.A. Simpfendorfer. 2007. Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* vol.337: 287-297
- Hinojosa-Álvarez, S.A. 2007. *Áreas de crianza de tiburones en el área de Salina Cruz, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 67p.
- Hoening, J.M y S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. En: H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber, y T. Taniuchi, (Eds.) *Elasmobranchs as living resources: Advances in biology, ecology, systematics and status of the fisheries.*, U.S. Dep. Comer., NOAA Tech. Rep. NMFS, 90, 1-16 p
- Holland, K., Wetherbee, B., Peterson, J., y Lowe, C. 1993. Movimientos y distribución de neonatos de tiburones martillo en sus áreas de crianza. *Copeia* (2) 495-502.
- Horie, T. y Tanaka, S. 2002. Geographical variation of maturity size of the cloudy catshark *Scyliorhinus torazome* in Japan. *J. School. Mar. Sci. Tech. Tokio Univ.* 53:111-124.
- Houillon, C. 1978. *Sexualidad*. Tercera Edición. Ediciones Omega. 668 p.
- Hoyos-Padilla, E. M. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibrón, 1839) de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S, México. 58 p.
- Jones, T. S. and Ugland, K. I. 2001. Reproduction of female spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the Oslofjord. *Fish. Bull.* 99: 685–690.

- Joung, S. J., C. T. Chen, E. Clark, S. Uchinda, & W. Y. P. Huang. 1996. The whale shark, *Rhincodon typus*, is a livebearer: 300 embryos found in one 'megamamma' supreme. *Env. Biol. Fish.* 46:219-223.
- Klimley AP, 1985. Schooling in *Sphyrna lewini*, a species with low risk a predation: a non-egalitarian state. *En: Z. Tierpsychol.* 70:297-319.
- Klimley, A. P. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Env. Biol. Fish.* 18(1):27-40.
- Klimley, A. P. y Butler, S. B. 1988. Diurnal movements of scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*, Griffith y Smith) to and seamount in the Gulf of California. *J. Fish. Biol.* 33:751-761.
- Klimley, A.P. y Nelson, D.R. 1981. Schooling of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in the Gulf of California. *Fish. Bull.* 79(2):356-360.
- Klimley, A.P., Cabrera-Mancilla, I. y L. Castillo-Geniz. 1993. Descripción de los movimientos horizontales y verticales del tiburón martillo *Sphyrna lewini*, del sur del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.* 19(1): 95-115.
- Klimley, A.P., y Nelson, R. 1984. Diel movement patterns of the Scalloped Hammerhead Shark (*Sphyrna lewini*) in relation to El Bajo Espiritu Santo: a Refuging Central Position Social System. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 15:45-54.
- Kohin, Suzanne; Randall Arauz; David Holts, and Russ Vetter. 2006. Preliminary Results: Behavior and habitat preferences of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) and a big eye thresher shark (*Alopias superciliosus*) tagged in the Eastern Tropical Pacific. *Memoria 1er seminario-taller del estado del*

conocimiento de la condriciofauna de costa rica. Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 2 de Febrero, 2006.

Laughlin, L. y Urogetz, J. 1999. An observation of the blue shark parturition in the southern California Bight. *Calif. Fish. Game*. 85(2): 83-84.

Lessa R., F. Santana, R. Menni y Z. Almeida. 1999. Population structure and reproductive biology of the smalltail shark (*Carcharhinus porosus*) off Maranhao (Brazil). *Mar. Freshw. Res.* 50:383-388.

Litvinov, F. F. 2006. On the role of dense aggregations of males and juveniles in the functional structure of the range of the blue shark *Prionace glauca*. *J. Ichthyol.* 46 (8): 613-624.

Lombardi-Carlson L.A., E. Cortés, G.R. Parsons y C.A. Manire. 2003. Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from the eastern Gulf of Mexico. *Mar. Freshw. Res.* (54) 875-883.

Lucifora, L. O., J.L. Valero y V. B. García. 1998. Length at maturity of the greeneye spurdog shark *Squalus mitsukurii* (Elasmobranchii: Squalidae) from the SW Atlantic, with comparisons with other regions. *Mar. Freshw. Res.* 50:629-632.

Lucifora L. O. 2003. Ecología y conservación de los grandes tiburones costeros de Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Mar de Plata, Argentina. 406p.

Lyle, J.M. 1987. Observations on the biology of *Carcharhinus caudus* (Whitley), *C. melanopterus* (Quoy & Gaimard) and *C. fitzroyensis* (Whitley) from northern Australia, *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 38:701-710.

- Marín-Osorno, R. 1992. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. 147p.
- Mendizábal y Oriza, D, R. Vélez Marín, J. F. Márquez Farías y S. R. Soriano Velásquez. 2000. Tiburones Oceánicos del Pacífico. *En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo.* 1999-2000. INP.SEMARNAP. 181-209p.
- Michaels, S. 1993. *Reef Sharks and Rays of the World.* Sea Challengers, Monterey, 107 pp.
- Molina-Cruz, A. y M. Martínez-López, 1994. Oceanography of the Gulf of Tehuantepec, México, indicated by Radiolaria remains. *Palaeo*, 110:179-195.
- Monreal-Gómez, M. A. y Salas de León, D. A. 1998. Dinámica y estructura termoalina, Cap. 2: 13-26. *En: M. Tapia-García (Ed.) El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, 240 p. UAM, Iztapalapa, México. ISBN 970-654-348-1.
- Morales- de la Garza, E.A. y A. Carranza-Edwards. 1995. Sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec. *Hydrobiologica* 5 (1-2): 25-36.
- Nakano, H & M. P. Seki. 2003. Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus. *Bull. Fish. Res. Agen.* (6): 18-55.
- Nakano, H. 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. *Bull. Natl. Res. Inst. Far. Seas Fish. Enyosuikenho.* 31:141-256.

- Olsen, A. M. 1954. The biology, migration and growth rate of the school shark, *Galeorhinus australis* (Macleay) (Carcharhinidae) in southeastern Australian waters. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 5: 353-410.
- Otake, T. y Mizue, K. 1985. The fine structure of the placenta of the blue shark, *Prionace glauca*. *J. Ichthyol.* 32(1): 52-59.
- Parsons, G. R. 1993. Geographic variation in reproduction between two populations of the bonnethead shark *Sphyrna tiburo*. *Env. Biol. Fish.* 38:25-35.
- Pratt, H. L. Jr. 1979. Reproduction of the blue shark, *Prionace glauca*. *Fish. Bull.* 77: 445- 470.
- Pratt, H. L. Jr. 1988. Elasmobranch gonad structure: a descriptive survey. *Copeia* (3): 719-729.
- Pratt, H. L. Jr. 1993. The storage of spermatozoa in the oviducal glands of western North Atlantic sharks. *Env. Biol. Fish.* 38(1-3): 139-149.
- Pratt, H. L. y Castro, J.I. 1990 Shark reproduction: Parental investment and limited fisheries, an overview. *En: Discovering sharks*. American Litoral Society, USA. 56-59 pp.
- Pratt, H. L., y Tanaka, S. 1994. Sperm storage in male elasmobranchs: a description and survey. *J. Morphol.* 219:297-308.
- Pratt, H.L. y Carrier, J.C. 2001. A review of elasmobranch reproductive behavior with a case study on the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Env. Biol. Fish.* 60: 157–188.

- Punt, A. E. y Walter, T. I. 1998. Stock assessment and risk analysis for the school shark *Galeorhinus galeus*, off southern Australia. *Mar. Freshw. Res.* 51:205-220.
- Ramírez- González, J. 2002. Captura comercial de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. 56 pp.
- Reyes-González. J. A. 2001. Biología reproductiva y pesquería del tiburón azul (*Prionace glauca*) en la costa adyacente a Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 78 pp.
- Rodríguez C., F.J. Rosales J y A. Ramos M. 1996. Pesquería artesanal de tiburón en la costa sonorense y algunas medidas preventivas para su ordenamiento. *Ocenaología*, Vol. 1, Núm. 9. Pp. 115-125.
- Ronquillo-Benítez, K. 1999. Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibrón, 1839) de las aguas del Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.
- Saborido, F. y S. Junquera, 2001. *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos*. Instituto de Investigaciones Marinas. Universidad de Vigo, España. 71p.
- Salomón A.C.A. 2006. Áreas de crianza y reproducción de elasmobranquios en las costas del Pacífico Mexicano: una propuesta para el establecimiento de zonas de protección. Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 220p.

- Salomón A.C.A. 2011. Propuesta de ordenamiento de la pesquería de tiburón en el Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 172pp.
- Sandoval-Castillo J. y C. Villavicencio-Garayzar. 2008. Fetal mummification in Silky shark (*Carcharhinus falciformis*) from the Gulf of California, México. *Braz. Archiv. Biol. Tech.* Vol.51. Núm. 3: 551-554 p.
- Sánchez de Ita, J. A., Quiñonez-Velásquez, C., Galván-Magaña, F., Bocanegra-Castillo, N y Felix-Uraga R. 2011. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the west coast of Baja California Sur, México. *J. Appl. Ichthyol.* 27: 20-24.
- Saucedo, C.J. 1983. El tiburón: contribución al estudio de la pesquería de la zona sur de Sinaloa, México. *Ciencias del Mar*, 2:14-29.
- Skomal, G. B. 2007. Shark nursery areas in the coastal waters of Massachusetts. *Am Fish Soc Symp* 50:17-33p.
- Soria Q. A. G. 2003. Descripción anatómica e histológica del sistema reproductor de juveniles de tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 74 pp.
- Soriano-Velásquez S.R., A. Sois N., C. Ramirez S., A. Cid del Prado V. y J.L. Castillo G. 2000. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. 211-236p. En: Cisneros Mata M. A., L.F. Belendez M., E. ZarateB., M. T. Gaspar D., L. del C. Lopez G., C. Saucedo R. y J. Tovar A. (Eds). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. Secretaria de Ganaderia, Recursos Naturales y Pesca.

- Soriano Velásquez S, Acal Sánchez D; 2003; La pesquería de tiburón en Chiapas y su entorno socioeconómico. La Jornada Ecológica. UNAM.
<http://www.jornada.unam.mx/2003/01/27/eco-cara.html>
- Springer, S. 1960. Natural history of the sandbar shark *Eulamia milberti*. U. S. Fish Wild. Serv. *Fish. Bull.* 61:1-38.
- Springer, S. 1967. Social organization of Shark population, *En: Sharks, skates and rays*. Gilbert, P. W., Mat Ewson, R. F. y Rall. D. P. (eds) The Johns Hopkins Press. USA. 9:149-172.
- Stamps, J. & V. V. Krishnan. 1997. Sexual bimaturation and sexual size dimorphism in animals with asymptotic growth after maturity. *Evolutionary Ecology* 11:21-39.
- Stearns, S. C. 1994. *The evolution of life histories*. Oxford University Press. Nueva York, Estados Unidos, 249 p.
- Stevens, J. D. y J. M. Lyle. 1989. Biology of the three hammerhead sharks (*Eusphyra blochii*, *Sphyrna mokarran* and *S. lewini*) from northern Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 40:129-146.
- Stevens, J. D. y K. J. Mc Loughling. 1991. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from northern Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 42(2):151-199.
- Stevens, J. D. 1974. The occurrence and significance of tooth cuts on the blue shark (*Prionace glauca* L.) from British waters. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 54: 373-378.

- Strasburg, D. W. 1958. Distribution, abundance and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 58: 335-361.
- Torres, A.M. 2004. Distribución, abundancia y hábitos alimentarios de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* Griffith y Smith (SPHYRNIDAE) en la costa de Sinaloa, México durante el evento Niño 1997-98. Tesis Maestría. Universidad del Mar. Oaxaca. 99p.
- Torres-Huerta A. M. 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa, *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) (PISCES: SPHYRNIDAE) en aguas del noroeste de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 68 p.
- Torres-Huerta, A. M., Villavicencio-Garayzar, C. J. y Corro- Espinoza D. 2009. Biología reproductiva de la cornuda común *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith) (Sphyrnidae) en el Golfo de California. *Hydrobiologica*. 18(3): 227-237.
- Tovar-Ávila, J., Walker, T.I. y Day, R.W. 2007. Reproduction of *Heterodontus portusjacksoni* in Victoria, Australia: evidence of two populations and reproductive parameters for the eastern population. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 58, 956–965.
- Tricas T. C. y E. M. Lefevre. 1985. Mating in the reef White- tip shark *Triaenodon obesus*. *Mar. Biol.* 84:233-237.
- Vázquez-Gutiérrez F. y H. M. Alexander-Valdez. 1993. *La química marina de las costas nacionales de México*. Geo-Univ. Nac. Auton. Mex 2:34-41.

- Walker T. I. 2004. Chapter 13. Management measures. En: J.A. Musick and R. Bonfil (eds). *Technical Manual for the Management of Elasmobranchs*. Asia Pacific Economic Cooperation Secretariat, Singapore. 285-321p.
- Walker T.I. 2005. Reproduction in fisheries science, 81-127 En: Hamlett W. (Ed). *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras*. Science Publishers, Inc. USA. 562p.
- Walker T.I. 2007. Spatial and temporal variation in the reproductive biology of gummy shark *Mustelus antarcticus* (Chondrichthyes: Triakidae) harvested off southern Australia. *Mar. Freshw. Res.* (58)67-97. doi:10.1071/MF06074.
- Wetherbee, B.M., G.L. Crow and C.G. Lowe. 1997. Distribution, reproduction and diet of gray reef shark *Carcharhinus amblyrhynchos* in Hawaii. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 151:181-189.
- Wooster, W. S. and Cromwell, T. 1958. An oceanographic description of the Eastern Tropical Pacific. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 7 (3): 169-282.
- Wourms, J. P. 1977. Reproduction and development of chondrichthyan fishes. *Amer. Zool.* 17:379-410.
- Wourms, J.P. 1981. Viviparity: maternal-fetal relationships in fishes. *Amer. Zool.* 21:473-515.
- Yamaguchi, A., Taniuchi, T. and Shimizu, M. 1998. Geographic variation in growth of the star-spotted dogfish, *Mustelus manazo* from five locations in Japan and Taiwan. *Fish. Sci.* 4:732-739.

Yamaguchi, A., Taniuchi, T., and Shimizu, M. 2000. Geographic variation in reproductive parameters of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo* from five locations in Japan and Taiwan. *Env. Biol. Fish.* 57:221-233, doi:10.1023/A:1007558324902.

Zarate-Rustrián, J. 2010. Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834), en la costa sur de Oaxaca, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México. 59 pp.