



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REPRODUCCIÓN DE TRES
ESPECIES DEL GÉNERO *MOBULA* (CHONDRICHTHYES:
MOBULIDAE) EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA,
MÉXICO**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA
JAVIER NOE SERRANO LÓPEZ

LA PAZ, B. C. S., MÉXICO a 10 de Diciembre de 2009



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 11:00 horas del día 9 del mes de Noviembre del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REPRODUCCIÓN DE TRES

ESPECIES DEL GÉNERO *Mobula* (CHONDRICHTHYES:

MOBULIDAE) EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO”

Presentada por el alumno:

SERRANO
Apellido paterno

LÓPEZ
materno

JAVIER NOÉ
nombre(s)

Con registro:

B	0	7	1	2	0	8
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DRA. ROSA ISABEL OCHOA BÁEZ

PRESIDENTE

DR. JOSÉ LUIS CASTRO AGUIRRE

SECRETARIO

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

SEGUNDO VOCAL

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

TERCER VOCAL

MC. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**IPN
CICIMAR
DIRECCION**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 11 del mes Noviembre del año 2009, el (la) que suscribe BIOL. JAVIER NOÉ SERRANO LÓPEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B071208 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DRA. ROSA ISABEL OCHOA BÁEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REPRODUCCIÓN DE TRES ESPECIES DEL GÉNERO *Mobula* (CHONDRICHTHYES: MOBULIDAE) EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jnoe82@gmail.com rochoa@ipn.mx

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

Javier Noé Serrano López

BIOL. JAVIER NOÉ SERRANO LÓPEZ

nombre y firma

GLOSARIO

Ciclo gonádico: Evento periódico que tiene lugar en las gónadas y conduce a la producción de gametos.

Ciclo Ovárico: Estadios de desarrollo en serie por los que atraviesa la gónada femenina y abarca desde una etapa de recuperación o reposo hasta el siguiente desove.

Ciclo reproductivo: Evento periódico en el que las gónadas producen gametos y los organismos se reproducen.

Cigoto: Célula diploide que resulta de la fusión de los gametos masculino y femenino (Curtis *et.al.*, 2001).

Chondrichthyes: Clase de peces cartilagosos que abarcan tiburones, rayas y quimeras (Nelson, 2004).

Cromosoma: Orgánulo en el núcleo celular considerado como la estructura que contienen a los genes (Curtis *et.al.*, 2001).

Diamétrico.- Tipo de zonación en elasmobranquios donde la espermatogénesis sigue un gradiente de desarrollo que corre a lo largo del diámetro testicular (Pratt, 1998).

Elasmobranquios: Peces cartilagosos ubicados en la clase Chondrichthyes subclase Elasmobranchii que abarca tiburones, rayas, mantarrayas y otros peces cartilagosos (Nelson, 2004).

Espermatogónia: Células diploides no especializadas ubicadas en las paredes de los testículos que por división meiótica darán origen a espermatocitos (Curtis *et.al.*, 2001).

Espermatocito: Es la célula germinal masculina que se encuentra en proceso de maduración (Lender *et al.*, 1982).

Espermatogénesis. Proliferación de células germinales masculinas a partir de la división mitótica de las espermatogonias (Curtis *et.al.*, 2001).

Espermiogénesis: Proceso biológico en el cual se produce la diferenciación de las células sexuales de espermatidas a espermatozoides, sucede en las gónadas masculinas (Lender *et al.*, 1982).

Espermatozoide: Gameto masculino maduro que presenta movilidad (Lender *et al.*, 1982).

Fecundidad: Capacidad reproductiva de un organismo. En organismos ovíparos se basa en la tasa de producción de huevos y en organismos vivíparos en el número de crías por útero. (Dood, 1983).

Folículo. Tejido somático que rodea al oocito, compuesto principalmente por células de la granulosa y de la teca (Tyler y Sumpter 1996).

Gameto. Célula reproductora haploide cuyo núcleo se fusiona para formar el cigoto (Curtis *et.al.*, 2001).

Gametogénesis. Proceso mediante el cual se forman los gametos en la reproducción sexual. Puede ser difusa o localizada, siendo la última cuando los gametos son producidos en un órgano especial (ovario y testículo) formado por un estroma y una cápsula (Curtis *et.al.*, 2001).

Gonada: Órganos sexuales primarios en los cuales se producen las células germinales (Webster y Webster, 1974).

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).

Oocito: Célula sexual femenina en fase de crecimiento que experimenta meiosis (Curtis *et.al.*, 2001).

Ovario externo. Se caracteriza porque tiene los ovocitos expuestos sobre el estroma, característico de la familia Carcharhinidae y Sphyrnidae (Pratt, 1988).

Ovario. Glándula genital femenina en la que tiene lugar la ovogénesis (Álvarez del Villar, 1978).

Oviducto. Tubo por el cual se conducen los óvulos del ovario al útero. En los vertebrados es un remanente del conducto o canal de Muller.

Ovogénesis: Proceso mediante el cual los gametos femeninos se multiplican y maduran hasta la formación de oocitos maduros (Curtis *et.al.*, 2001).

Ovogonia: Célula sexual femenina diploide, que no ha iniciado el proceso de maduración (Curtis *et.al.*, 2001).

Radial.- Tipo de zonación en elasmobranquios donde la espermatogenesis sigue un gradiente en una sola dirección y va de la zona germinal ubicada en el centro del folículo hacia la periferia del mismo (Pratt, 1998).

Reproducción sexual: Proceso reproductivo en el que interviene la meiosis, fusión de gametos y formación de un cigoto (Curtis *et.al.*, 2001).

Sincronía: Cuando dentro de la gónada las células sexual maduran y crecen al mismo tiempo (Munro, 1990).

Trofotenia: Vellosidades del epitelio uterino que secreta histótrofo o “leche uterina” la cual puede ser ingerida o absorbida por el embrión. La trofotenia (largas extensiones vellosas) envuelve al embrión, en ocasiones entran a través del espiráculo y secretan el histótrofo de manera directa en el embrión (Conrath, 2004).

Vitelo: Reserva del oocito constituida por lipoproteínas y fosfoproteínas derivadas de la vitelogenina (Tyler y Sumper, 1996).

Viviparidad: Modo de reproducción que involucra fertilización interna y desarrollo del embrión (es) dentro del útero materno (Hamlett, 2005).

Viviparidad aplacentaria: El desarrollo embrionario se realiza dentro del cuerpo de la madre; el embrión se alimenta de vitelo del ovocito y también puede recibir alimento por parte de la madre, pero sin que exista una conexión directa con ella (Wourms, 1977).

Contenido

Índice de Figuras	i
Índice de Tablas.....	iii
Resumen	iv
1 INTRODUCCIÓN.....	1
• 1.1 Pesquerías	1
• 1.2 Biología de las especies.....	2
2 ANTECEDENTES	6
• 2.1 Madurez sexual en batoideos.....	6
• 2.2 Estudios acerca del género Mobula.....	8
3 JUSTIFICACIÓN.....	11
4 OBJETIVO	12
• 4.1 Objetivos específicos.....	12
5 ÁREA DE ESTUDIO.....	13
6 MATERIAL Y MÉTODOS	15
• 6.1 Trabajo de campo	15
• 6.2 Trabajo de laboratorio	16
• 6.3 Análisis de datos.....	17
7 RESULTADOS	19
• 7.1 Composición poblacional de la captura del género Mobula.....	19
• 7.2 Composición de tallas.....	21
• 7.3 Temporalidad de las especies	26
○ 7.3.4 Estacionalidad de las especies	27
• 7.4 Proporción de sexos.....	29
• 7.5 Madurez sexual.....	31
○ 7.5.1 Machos	31
○ 7.5.2 Hembras.....	35
• 7.6 Morfología del aparato reproductor.....	37
○ 7.6.1 Machos	37
▪ 7.6.1.1 Descripción macroscópica	37
▪ 7.6.1.2 Descripción microscópica	37
▪ 7.6.1.3 Desarrollo de los túbulos seminíferos	38
○ 7.6.2 Hembras.....	41

▪ 7.6.2.1 Descripción macroscópica	41
▪ 7.6.2.2 Descripción microscópica	43
• 7.7 Matriz comparativa de parámetros poblacionales y reproductivos	47
8 DISCUSIÓN.....	48
• 8.1 Composición poblacional de la captura del género Mobula.....	48
• 8.2 Composición de tallas.....	49
• 8.3 Temporalidad de las especies	50
• 8.4 Proporción de sexos.....	53
• 8.5 Madurez sexual.....	55
○ 8.5.1 Machos	55
○ 8.5.2 Hembras.....	56
▪ 8.5.2.1 Fecundidad	58
• 8.6 Ciclo reproductivo	59
• 8.7 Morfología del aparato reproductor.....	61
○ 8.7.1 Machos	61
○ 8.7.2 Hembras.....	62
9 CONCLUSIONES.....	64
10 LITERATURA CITADA	66

Índice de Figuras

Fig. 1.	Especies del género <i>Mobula</i> capturadas con mayor frecuencia en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana: <i>Mobula munkiana</i> , <i>M. thurstoni</i> y <i>M. japonica</i>	4
Fig. 2.	Nutrición embrionaria del género <i>Mobula</i> : trofotenia	5
Fig. 3.	Área de estudio: Bahía de La Ventana	13
Fig. 4.	Estructura de tallas general: hembras y machos <i>M. japonica</i>	21
Fig. 5.	Estructura de tallas por año <i>Mobula japonica</i>	21
Fig. 6.	Estructura de tallas general: hembras y machos <i>M. munkiana</i>	22
Fig. 7.	Estructura de tallas por año <i>Mobula munkiana</i>	23
Fig. 8.	Estructura de tallas general: hembras y machos <i>M. thurstoni</i>	24
Fig. 9.	Estructura de tallas por año <i>Mobula thurstoni</i>	24
Fig. 10.	Temporalidad de <i>M. japonica</i>	25
Fig. 11.	Temporalidad de <i>M. munkiana</i>	26
Fig. 12.	Temporalidad de <i>M. thurstoni</i>	27
Fig. 13.	Estacionalidad <i>M. japonica</i> , <i>M. munkiana</i> y <i>M. thurstoni</i>	27
Fig. 14.	Proporción de sexos <i>Mobula japonica</i>	28
Fig. 15.	Proporción de sexos <i>M. munkiana</i>	29
Fig. 16.	Proporción de sexos <i>Mobula thurstoni</i>	29
Fig. 17.	Relación ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio <i>M. japonica</i>	31
Fig. 18.	Relación ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio <i>M. munkiana</i>	31
Fig. 19.	Relación ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio <i>M. thurstoni</i>	31
Fig. 20.	Estimación de la talla de primera madurez en machos <i>M. japonica</i>	32

Fig. 21.	Estimación de la talla de primera madurez en machos <i>M. munkiana</i>	32
Fig. 22.	Estimación de la talla de primera madurez en machos <i>M. thurstoni</i>	32
Fig. 23.	Relación ancho de disco-longitud y condición de gonopterigio en <i>M. japonica</i> , <i>M. munkiana</i> y <i>M. thurstoni</i>	33
Fig. 24.	Túbulos seminíferos con espermatogónias, espermatocitos primarios (Hematoxilina-Eosina) 100x; espermatocitos primarios y espermatocitos secundarios 400x; espermátidas y células rojas 400x	37
Fig. 25.	Espermatogónias, espermatocitos primarios, espermatocitos secundarios y espermátidas (Hematoxilina-Eosina) 40x	38
Fig. 26.	Espermiogénesis, arreglo espiral de espermatozoides (Hematoxilina-Eosina) 40x	38
Fig. 27.	Espermatozoides con técnica tricrómica de Mallory y técnica Hematoxilina Eosina (1000x)	49
Fig. 28.	Túbulos seminíferos con espermatozoides; arreglo espiral en <i>M. munkiana</i>	39
Fig. 29.	Útero con trofoténia; leche intrauterina	42
Fig. 30.	Glándula oviducal. Estructura histológica; técnica tricrómica de Mallory (100x)	43
Fig. 31.	Glándula oviducal; adenómeros; técnica tricrómica de Mallory (400x) y técnica Hematoxilina Eosina (400x)	44
Fig. 32.	Útero, estructura histológica; técnica Hematoxilina Eosina (100x)	45

Índice de Tablas

Tabla 1.	Registro mensual de capturas de los años de muestreo (2000, 2001, 2002, 2004, 2006 y 2007)	14
Tabla 2.	Registro de capturas <i>M. japonica</i>	18
Tabla 3.	Registro de capturas <i>M. munkiana</i>	19

Tabla 4.	Registro de capturas <i>M. thurstoni</i>	19
Tabla 5.	Madurez sexual hembras <i>Mobula japonica</i> : diámetro de los oocitos y condiciones del oviducto.....	35
Tabla 6.	Madurez sexual hembras <i>M. munkiana</i> : diámetro de los oocitos y condiciones del oviducto	35
Tabla 7.	Madurez sexual hembras <i>Mobula thurstoni</i> : Diámetro de los oocitos y condiciones del oviducto	35
Tabla 8.	Comparación de los parámetros poblacionales de las especies.....	46
Tabla 9.	Comparación de los parámetros reproductivos de las especies.....	46

RESUMEN

Hasta el año 2007 las rayas del género *Mobula* soportaban una intensa pesquería en la costa suroccidental del Golfo de California. Hoy en día y con base en la Norma Oficial Mexicana 029 las especies de este género se encuentran sujetas a protección debido al desconocimiento de su biología. En el presente estudio se analiza la reproducción de tres especies del género *Mobula* en el suroeste del Golfo de California. Con muestreos realizados durante los años 2000 a 2007, se analizó información de 440 ejemplares colectados en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana, B.C.S. Con base en los organismos colectados y su frecuencia en las capturas, se determinó la estructura de tallas y proporción de sexos. Para estimar la madurez sexual se comparó el largo del gonopterigio y el grado de calcificación del mismo a diferentes anchos de disco (AD) en machos; mientras que en hembras se observó el desarrollo de los oocitos y la condición del oviducto en hembras. Para el estudio histológico en machos de *M. munkiana*, *M. thurstoni* y *M. japonica*, se analizaron muestras de ambos testículos en su región alta, media y baja. En hembras de *M. munkiana* y *M. japonica* se analizaron muestras de ovario, glándula oviducal y útero. Se procesaron por inclusión en parafina, cortes de 5 μ m y las tinciones Hematoxilina-Eosina y tricrómica de Mallory. Se encontró que la especie con mayor porcentaje de capturas fue *Mobula japonica* (37%), seguida por *M. munkiana* (32%) y por *M. thurstoni* (31%). *M. japonica* y *M. munkiana* presentaron segregación por tallas en organismos maduros; mientras *M. thurstoni* presentó segregación por tallas en organismos juveniles y maduros. Solo en *M. munkiana* se registró segregación por sexos. Se estimó que *Mobula japonica* alcanzó la madurez sexual a partir de 210 cm AD, durante mayo y junio se registró la expulsión de crías; mientras que, en julio y agosto sucede el apareamiento. En *M. munkiana* la madurez sexual se estimó a partir de 100 cm AD. Para *M. thurstoni* la madurez sexual se registró a partir de 150 cm AD. En julio, agosto y parte de septiembre se registró la expulsión de crías de *M. Thurston*; mientras que en septiembre y octubre sucede el apareamiento. En cuanto al análisis histológico, se encontró que en machos, la parte distante al centro de los folículos presenta espermatozoides completamente formados, sugiriendo un arreglo radial. Asimismo, existen folículos en diferentes etapas de madurez dentro del mismo campo de observación, lo cual permite sugerir que los machos de las tres especies de *Mobula*, presentan testículos de tipo compuesto. En las hembras, de acuerdo al arreglo celular en la glándula oviducal, se distinguieron dos zonas diferentes por afinidad tintorial y por su composición celular epitelial. El útero presentó paquetes de musculo liso y fibras; mientras que las vellosidades uterinas asemejan al tejido glandular. De acuerdo a los resultados histológicos, se comprobó que los caracteres morfológicos externos utilizados en la estimación de la condición sexual son los adecuados. Asimismo, se tiene un diagnóstico preciso de la condición reproductiva de las especies a través de los caracteres histológicos en órganos reproductores.

ABSTRACT

Until 2007 the highest mobulid catches in Mexico occur in the southwest Gulf of California. There is, however, a lack of information about the general biology and reproduction of the dominant species in the catch. During six years (2000, 2001, 2002, 2004, 2005, 2006 and 2007) we collected 447 data and mobulid samples in the fishing camp of Punta Arena de la Ventana. Based on tables of frequency and histograms by species, we determined the size structure and sex ratio. Comparing the length of claspers and calcification of the same structure compared to different disc widths (DW) in males, and the relation between the development of the oocyte and condition of oviduct in females was considered the sexual maturity. For the histological study, in males of *M. japonica*, *M. munkiana* and *M. thurstoni* considered samples of both testicles in their high, average and low region. In females of *M. japonica* and *M. munkiana*, were analyzed. samples of ovary, nidamental gland and uterus. They were processed by paraffin inclusion, cut of 5 μ m and using Hematoxylin-Eosin and trichromic of Mallory. The most abundant species was *Mobula japonica* (37%). We established that sexual maturity was reached at 200cm DW. We suggest that this species gives birth during May and June, and mating occurred during July to August. The second most abundant species was *Mobula munkiana* (36%); this specie show sex segregation. *Mobula munkiana* individuals attained sexual maturity at 100 cm DW and we suggest that they give birth in May and June and mate in July and August. The least abundant species was *Mobula thurstoni* (27%); for this species the sexual maturity was attained at 150 cm DW. This species gave birth in July and August and mating occurred in September and October. We found that mobulid species analyzed, had functional only the left ovary and oviduct, and give birth only one pup by reproductive cycle. The mating season happen during summer and fall; however the mating months were different in each mobulid species. As far as the histological analysis one was that in males, the distant part to the center of the follicles presents the formed spermatozoa, also, exist follicles in different stages from maturity within the same observation sector, this allows suggest that males of the three species of mobulas present compound testicles. According to the cellular adjustment in females the oviducal gland present at least two different zones (by tintorial affinity and its epithelial cellular composition) The uterus presented packages of smooth muscle and fibers; while the uterine villi are similar than glandular weave. We verified that the external morphologic characters used in the estimation of the sexual during the study were successfully, also obtained a precise diagnosis of the reproductive condition of the species

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Pesquerías

A través de la historia, tiburones y rayas han sido utilizados como recurso pesquero por diferentes culturas alrededor del mundo (Holden, 1974). En México, a partir de 1981 la pesquería de los elasmobranquios se expandió de manera notable y se convirtió en una de las principales pesquerías en América, produciendo un aproximado de 30, 000 toneladas por año (Castillo *et. al.*, 1996; Villavicencio-Garayzar, 1996).

En la industria pesquera mexicana, la captura de batoideos contribuye solo con el 4.2 % del total de la pesca. Sin embargo, si estas cifras son analizadas desde el punto de vista de la pesca artesanal y se toma en consideración la generación de datos recientes de captura en campos pesqueros, se demuestra que este grupo de organismo es un recurso pesquero importante para la Costa Occidental de la península de Baja California Sur y Golfo de California (Bonfil, 1994; Bizarro *et al.*, 2006).

El Golfo de California registra una explotación continua de diversas especies de rayas para consumo humano. En años anteriores a 2007, campos pesqueros del Suroeste como: El Pardito, Ensenada de Muertos y Los Barriles, realizaban grandes capturas de mantarrayas (familia Mobulidae). Inclusive, en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana la captura de estos organismos se convirtió en una pesca dirigida de manera estacional desde 1980 (Notarbartolo Di Sciara, 1988).

La pesca de mantarrayas se realizaba con embarcaciones tipo panga, utilizándo redes de multifilamento de 7 a 8 metros de ancho por 500 metros de largo, las cuales eran colocadas en el Canal de Isla Cerralvo dentro de Bahía La Ventana (Guerrero-Maldonado, 2002, Cerutti, 2006). Una vez capturados los organismos, eran trasladados al campo pesquero donde la carne era extraída de la parte dorsal y ventral del disco y se vendía en fresco o seco-salado para consumo humano (Notarbartolo, 1988; Hobro, 2002).

La explotación de mantarrayas (género *Mobula*) representó una alternativa como fuente de alimento cuando otros recursos de mayor importancia económica escaseaban y generaba empleo para familias de la localidad. En 2005 *M. munkiana*, *M. thurstoni*, *M. japonica* y *M.*

tarapacana fueron incluidas en la lista roja de especies amenazadas por la UICN y a partir de 2007 la NOM 029 legisló la protección de estas especies consideradas como organismos vulnerables a ser sobreexplotados.

1.2 Biología de las especies

Los miembros de la familia Mobulidae, son conocidos comúnmente como mantarrayas, mantas diablo y cubanas (nombre local). Son organismos pelágicos filtradores que se encuentran sobre plataformas continentales e insulares y se distribuyen en los mares tropicales, templados y cálidos del mundo (FAO, 1996; Compagno y Land, 1999 en White *et al.* 2006).

La familia Mobulidae se encuentra representada por dos géneros: *Manta* con una sola especie reconocida, *Manta birostris*, uno de los elasmobranquios más grandes de 6.7 m Ancho de Disco (AD). El género *Mobula* se conforma por nueve especies reconocidas, que varían de 1 a 4 m AD (Compagno y Land, 1999 en White *et al.* 2006; Notarbartolo Di Sciara 1988). Cuatro de las nueve especies que constituyen al género *Mobula* se encuentran presentes en el Golfo de California (*Mobula munkiana*, *M. thurstoni*, *M. japonica* y *M. tarapacana*), tres de estas, son consideradas en el presente estudio.

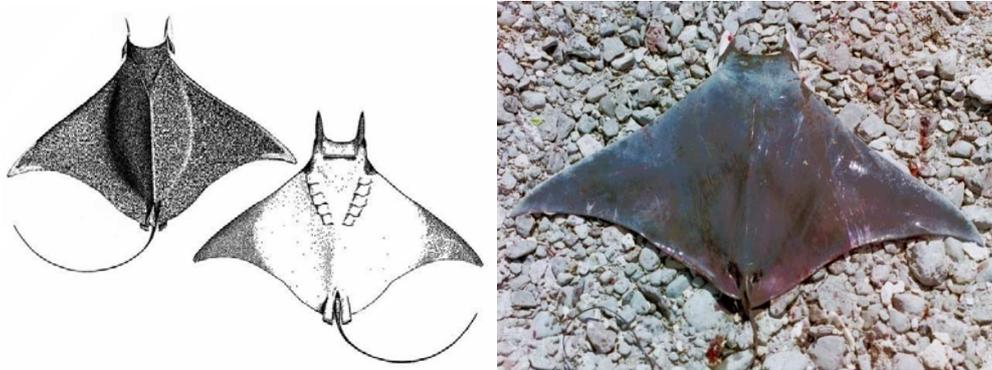
Mobula munkiana (Notarbartolo Di Sciara, 1987) conocida en B.C.S como “tortilla”, es la especie más pequeña de este género, con una talla de 110 cm AD. Se reconoce por presentar los bordes de las aletas pectorales rectos, un tanto convexos y la base de la cola comprimida. Su coloración varía del púrpura hasta gris morada en el dorso, y blanco en el vientre (Figura 1a). Es una especie que forma cardúmenes, se encuentra en zonas costeras al este del Pacífico tropical, Golfo de California y ha sido registrada también en el Golfo de Guayaquil (FAO, 1996; Notarbartolo Di Sciara, 1988).

Mobula thurstoni (Llyod, 1908) conocida en la localidad como “cubana lomo azul”, es considerada una especie de talla mediana con 180 cm AD. Se distingue por presentar los bordes anteriores de las aletas pectorales con una doble curvatura, la base de la cola deprimida y espiráculo pequeño con forma sub-circular. Su coloración varía de azul oscuro

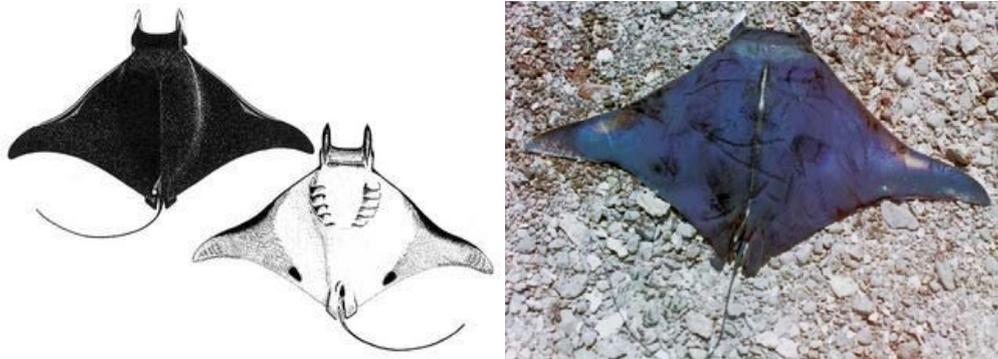
a negro en el dorso y presenta la zona ventral blanca con excepción de los bordes de las aletas pectorales, cuya coloración es azul metálica (Figura 1b). Es una especie con distribución circumtropical, se encuentra de manera común en el oeste del Océano Índico, oeste del Atlántico, en zonas costeras del este del Pacífico Tropical y Golfo de California (FAO, 1996; Notarbartolo Di Sciara, 1988).

Mobula japonica (Müller y Henle, 1941), conocida de manera común como “cubana lomo blanco”, se considera una especie de talla mediana-grande de hasta 310 cm AD. Se caracteriza por presentar el borde de las aletas pectorales recto, cola larga cubierta por denticulos en cuya base se encuentra una espina aserrada. Su coloración es azul oscura en el dorso y blanca en el vientre (Figura 1C) (FAO, 1996; Notarbartolo Di Sciara, 1988). Es una especie altamente migratoria con una distribución circumtropical, que también ha sido registrada al Norte de Nueva Zelanda y en zonas templado cálidas (Paulin *et al.*, 1982; Notarbartolo Di Sciara, 1988).

a)



b)



c)

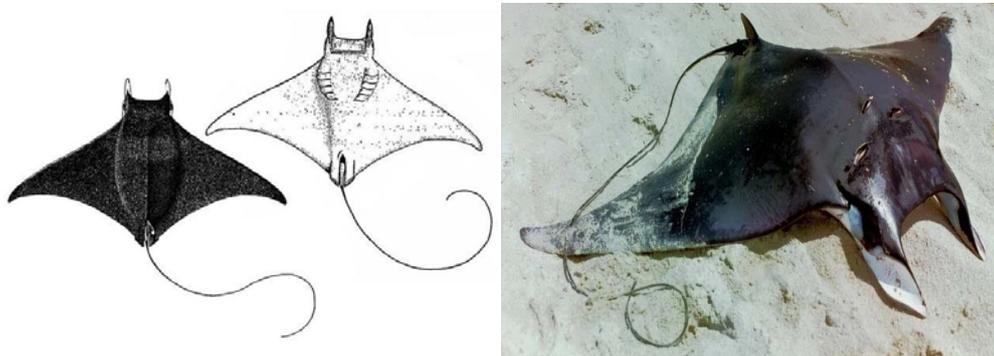


Figura 1.- a) *Mobula munkiana* b) *Mobula thurstoni* c) *Mobula japonica*. Especies del género *Mobula* capturadas con mayor frecuencia en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana.

Mobula munkiana, *Mobula thurstoni* y *Mobula japonica* son especies vivíparas aplacentadas, presentan fertilización interna y el desarrollo del embrión ocurre dentro de la madre (Castro, 1983). Después de un periodo largo de gestación, donde la nutrición embrionaria es por trofotenia, paren una sola cría por ciclo reproductivo anual (Figura 2). Este tipo de nutrición embrionaria involucra la producción y secreción de sustancias nutritivas que absorbe el embrión a través de la boca y filamentos branquiales externos. La trofotenia (largas extensiones como vellosidades del epitelio uterino que secretan la sustancia nutritiva) en ocasiones puede ser tan larga que se prolongan hasta el estómago del embrión y permite su absorción de manera directa (Figura 2) (Wourms, 1981; Hamlett y Koob, 1999).

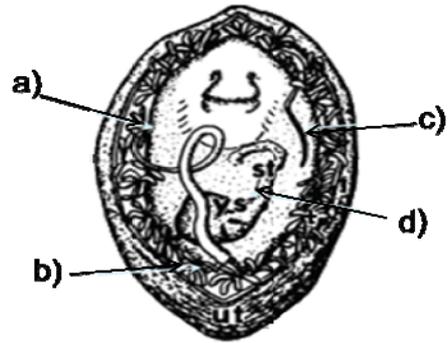


Figura 2.- a) Trofoténia (largas extensiones vellosas del epitelio uterino que secretan la sustancia nutritiva), b) Útero, c) Cordón vitelino, d) Saco vitelino

2 ANTECEDENTES

Se estima que la diversidad del grupo de los batoideos es aproximado a 450 especies (Compagno, 1995). En las costas mexicanas se han identificado un total de 87 especies de rayas y especies afines distribuidas en cinco órdenes, 14 familias y 27 géneros. Si bien existe información general de la taxonomía, biogeografía, distribución y diagnóstico del grupo, los estudios puntuales y específicos sobre batoideos son escasos (Castro-Aguirre y Espinosa Pérez, 1996).

2.1 Madurez sexual en batoideos

Abdel-Aziz *et al.*, (1993) describieron el ciclo reproductivo de *Rhinobatos rhinobatos* (Linnaeus, 1758) en aguas de Alejandría, Mar Mediterráneo. Registraron a la especie como ovovivípara, con un periodo de gestación de nueve meses y un promedio de entre 8 y 14 embriones. Con base en el índice gonadosomático, diámetro máximo del oocito, y frecuencia de tallas de 438 especímenes (de los cuales 236 fueron hembras), determinaron que la talla de primera madurez se registra a partir de 87 y 70 cm para hembras y machos respectivamente. De acuerdo al tamaño de los oocitos y condiciones reproductivas en machos, concluyeron que el apareamiento se realiza durante el verano.

Villavicencio-Garayzar (1993) realizó un estudio acerca de la biología reproductiva de *Rhinobatos productus* en bahía Almejas Baja California Sur, México. De acuerdo con la captura comercial ejercida en la localidad, las hembras alcanzan una talla superior a los machos en casi 40%. Existe predominio de machos durante el primer semestre del año y a partir de julio las hembras maduras entran a la bahía con fines reproductivos. Este autor sugiere que la fecundidad depende del tamaño corporal de la hembra y que las crías nacen durante verano.

Villavicencio-Garayzar (1993) realizó observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (*N. entemedor*) Con base en la captura comercial de Bahía Almejas, este autor menciona que *Narcine brasiliensis* fué más abundante durante el periodo mayo-agosto. Registra una dominancia de hembras en la población de adultos y sugiere que las hembras penetran a la bahía durante el periodo de gestación (tres meses) y la expulsión de crías se registra entre julio y agosto.

En bahía Almejas Baja California Sur, México Villavicencio-Garayzar *et al.*, (1994) determinaron el tamaño y reproducción de *Dasyatis longus*. Sugieren que su talla oscila entre 98 y 156 cm AD, los machos alcanzan la madurez sexual a partir de 80 cm y las hembras a partir de 110 cm AD. Durante la primavera, las hembras paren de una a tres crías.

Villavicencio-Garayzar *et al.*, (1995) describieron la biología reproductiva de *Zapteryx exasperata* en bahía Almejas Baja California Sur, México. Observaron que permanece dentro de la bahía desde enero hasta agosto; durante febrero y marzo se presenta la maduración completa de los oocitos y el apareamiento sucede entre marzo y abril. Registraron el periodo de gestación para la especie, el cual es de tres a cuatro meses y las tallas de los neonatos varían entre 15 y 18 cm de longitud total.

Bizarro *et al.*, (2006) publican información referente a la pesca y biología reproductiva de *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1891) en la parte norte del Golfo de California y al norte del Pacífico Mexicano. Durante 1998-1999, esta especie fue una de las más explotadas por campos pesqueros de Baja California y Sonora (alto golfo) y en bahía Almejas (Pacífico norte). La mayor abundancia para el alto golfo se registro durante verano, mientras que en Bahía Almejas el mes con mayores registros fue agosto. En el alto Golfo, la talla de primera madurez estimada fue de 70.2 y 69.7 cm AD para hembras y machos respectivamente. La fecundidad está restringida a una sola cría por hembra y el periodo de gestación oscila entre 11 y 12 meses. La expulsión de crías sucede de finales de junio hasta agosto. Los autores sugieren que debido al tiempo que le lleva a la especie alcanzar la talla de madurez, baja fecundidad y al largo periodo embrionario, *Rhinoptera steindachneri* puede ser susceptible a la sobreexplotación.

Existen datos acerca de la biología reproductiva y pesquería de los miembros de la familia Mobulidae en Indonesia. Así White *et al.*, 2006 registraron un total de 409 ejemplares, la especie con mayor número de capturas fue *M. japonica* (50%), seguida de *M. tarapacana* (24%), *Manta birostris* (14%), *M. thurstoni* (9%) y *M. kuhlii* (2%). Mencionan que la talla de primera madurez para *M. japonica* se alcanza a partir de los 201 cm AD, para *M. tarapacana* a partir de los 248 cm AD, para *Manta birostris* a los 375 cm AD y para *M. thurstoni* a partir de los 150 cm AD.

Para determinar la madurez sexual de machos se utilizan como indicadores los caracteres anatómicos externos accesibles y prácticos como la relación ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio; según Pratt y Tanaka (1994) ambos caracteres son confiables para seguir la maduración en los machos. En diversas especies de elasmobranquios varios autores han empleado el tamaño y condición de los testículos (Castro *et al.*, 1988); el incremento de talla en el organismos y longitud del gonopterigio (Mollet *et al.*, (1999); la longitud y calcificación del gonopterigio (Craig *et al.*, 1988); tamaño y grado de calcificación del gonopterigio así como la presencia de semen en conductos (Natanson y Calliet, 1986).

2.2 Estudios acerca del género *Mobula*

Notarbartolo Di Sciara (1985) revisó el género *Mobula*, desde el punto de vista sistemático. Con base en características morfológicas, como los patrones de coloración y forma de los dientes, determinó la existencia de nueve especies, incluyendo a *M. munkiana* como nueva especie. En 1987 realizó un estudio acerca de las rayas pertenecientes al orden de los Myliobatiformes se pescan en el sureste del Golfo de California y obtuvo datos que indican que el mayor número de capturas corresponden a miembros de la familia Mobulidae. *M. thurstoni* fue la especie más abundante, seguida de *M. japonica* y *M. munkiana*.

Notarbartolo Di Sciara (1988), estudió el ciclo de vida de las especies del género *Mobula* en el Golfo de California y encontró que existe segregación por talla en las tres especies, y determinó que no existe segregación por sexos. Sugiere que *M. thurstoni* comienza su madurez sexual a partir de 150 cm AD, se alimenta de una especie de eufáusido *Nictiphanes simplex* y una especie de misidáceo (*Mysidium* spp.). Encontró, además, que *M. japonica* comienza su madurez sexual cerca de 210 cm AD y se alimenta casi en exclusiva del eufáusido *N. simplex*; mientras que *M. munkiana* se alimenta del misidáceo *Mysidium* spp. y comienza su madurez sexual en tallas cercanas a los 87 cm AD.

Villavicencio-Garayzar (1991), realizó observaciones de *Mobula munkiana* en la bahía de La Paz Baja California Sur, México. La encontró no solo en los meses de invierno, sino también en mayo y junio. Sugiere que su escasa captura podría atribuirse a su tamaño y estima que la talla de primera madurez inicia a partir de 97 cm AD.

Castro-Aguirre y Espinosa Pérez (1996) publicaron un catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México, incluyeron las características taxonómicas para identificar a las especies presentes tanto en el Golfo de California (*Mobula munkiana*, *M. thurstoni*, *M. japonica* y *M. tarapacana*) como en el Atlántico (*M. hypostoma*) (Fisher et al., 1995).

Hobro (2002) analizó el comportamiento y ecología trófica del género *Mobula* en el Golfo de California, encontró que las especies se alimentan del eufáusido *N. simplex* y del misidáceo *Proneomysis wailes*.

Guerrero-Maldonado (2002) describió la captura comercial de elasmobranquios en la costa suroccidental del Golfo de California. De las cinco especies más capturadas dos pertenecen al género *Mobula*. Determina que en *M. munkiana* la proporción sexual es 2:1 machos por hembra, en tanto que en *M. japonica* existe una aparente mayor proporción de hembras durante todo el año a excepción de marzo, donde la proporción es 1:1.

Cerutti (2005) analizó los isótopos estables de carbono y nitrógeno como indicadores tróficos en la familia Mobulidae de la costa suroccidental del Golfo de California. Encontró diferencias en la alimentación de acuerdo al estadio de madurez en *M. japonica* y *M. munkiana*. Menciona además que en ninguna de las tres especies existen diferencias en el nivel trófico de las presas durante 2002 y 2004, lo que indica que se alimentaron de las mismas presas cada año.

Sampson (2007), utilizó isótopos estables de carbono y nitrógeno para determinar la dieta y la superposición trófica de *M. thurstoni* y *M. japonica* en el suroeste del Golfo de California. De acuerdo a la comparación de las razones isotópicas de carbono y nitrógeno entre las dos especies, estableció que en 2004 *M. japonica* se alimentó en una zona más oceánica que *M. thurstoni*. Durante 2006 detectó un aumento de $\delta^{15}\text{N}$ con respecto a años anteriores, debido probablemente a un cambio en la base de la cadena trófica. El cálculo de la superposición trófica situó a las dos especies de *Mobulas* como depredadores secundarios.

Cuevas-Zimbrón (2007) realizó un estudio de edad y crecimiento en *M. japonica*, observó que existe una relación lineal entre el ancho de disco y el radio de las vértebras. Registró

que solo hay vértebras en la parte posterior de la espina dorsal y estimó que la longevidad de esta especie alcanza los 19 años.

3 JUSTIFICACIÓN

Las mantarrayas y cubanas al igual que otras especies de condricios poseen características biológicas particulares (lento crecimiento, madurez sexual tardía y baja fecundidad) que dificultan una rápida recuperación de sus poblaciones al ser sobre-explotadas (Stevens *et al.*, 2000; Bizarro *et al.*, 2006). Por ello, su explotación se debe realizar a partir de un manejo pesquero basado en conocimiento biológico que varían entre especie o grupos de especies. Bajo este esquema, la Norma Oficial Mexicana 029 regula la pesquería de tiburones y rayas, delimitando áreas y artes de pesca, así como la protección de especies vulnerables a la sobreexplotación debido al desconocimiento biológico de las mismas; tal es el caso de las rayas pelágicas del género *Mobula*, las cuales están protegidas en México. Debido a que se considera escasa la información recopilada acerca de las especies del género *Mobula*, es necesario e importante realizar estudios puntuales que permitan conocer la historia de vida (biología básica, dinámica poblacional, ecología entre otros) de estas especies. El presente estudio aporta información acerca de la biología reproductiva de tres especies del género *Mobula* (*Mobula munkiana*, *Mobula thurstoni* y *Mobula japonica*), que contribuye al conocimiento básico de las especies que lo conforman.

4 OBJETIVO GENERAL

Generar información biológica de algunos aspectos de la reproducción de tres especies del género *Mobula*, capturadas en el Suroeste del Golfo de California, México.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar la composición poblacional de la captura del género *Mobula* en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana, entre los años 2000 al 2007.
- Describir la composición de tallas por especie.
- Determinar si existe segregación por tallas en cada especie.
- Determinar si existe segregación por sexos en cada especie.
- Analizar y describir la anatomía microscópica de órganos reproductores y diferencias entre las tres especies.
- Estimar la talla de primera madurez para cada especie, mediante indicadores morfológicos de la anatomía externa.
- Inferir la época de reproducción y su extensión en el año, para cada especie.

5 ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California tiene una longitud aproximada a los 1100 km y se localiza en el Pacífico oriental, entre la península de Baja California y la zona costera de los estados de Sonora y Sinaloa (Hernández-Becerril, 1985). Se puede dividir en 5 provincias: 1) el alto Golfo, 2) el norte del Golfo de California, 3) el archipiélago (zona de grandes islas caracterizadas por canales de profundidad), 4) zona de entrada (en comunicación abierta con el Océano Pacífico y 5) sur del Golfo de California (desde Cabo San Lucas hasta el sur de las grandes islas) (Lavín y Marinone, 2003)

La región sur del Golfo de California, presenta una estructura oceanográfica compleja y dinámica debido a la influencia de tres masas de agua con características diferentes: 1) la Corriente de California que presenta agua fría y baja salinidad (≤ 34.6 ups), 2) la Corriente Tropical del Pacífico Oriental, con aguas cálidas y salinidad intermedia (34.6-34.8 ups) y 3) la Corriente del Golfo de California con agua caliente y altas salinidades (≥ 34.9 ups). La influencia de las tres masas de agua, aunado a los sistemas de frentes oceánicos en la zona, propician una alta productividad y un gran impacto biológico en el florecimiento de fitoplancton (Cerutti, 2006)

El área de estudio comprende a la Bahía de La Ventana ($24^{\circ}3'40''$ N, $109^{\circ}49'55''$ W), localizada en el suroeste del Golfo de California, frente a Isla Cerralvo. Esta isla se encuentra separada 11 km del lado este de la península de Baja California Sur, por el canal Cerralvo que tiene una profundidad de hasta 500 m. Punta Arena de La Ventana, presenta una plataforma somera constituida por roca granítica. Al igual que la zona sur del Golfo de California, es considerada una zona de transición con una estructura oceanográfica compleja (Figura, 3) (De la Lanza Espino, 1991).



Figura 3.- Área de estudio; campo pesquero Punta Arena de La Ventana en B.C.S.

6 MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Trabajo de Campo

Se realizaron muestreos de la captura de las especies de la familia Mobulidae efectuada por los pescadores en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana durante 2001, 2002, 2004, 2005, 2006 y 2007 (Tabla 1).

Tabla 1.- Registro de capturas por periodo mensual durante los años de muestreo.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Enero							X
Febrero				X			X
Marzo				X			
Abril					X		
Mayo		X		X	X		
Junio	X	X		X	X		
Julio		X		X			
Agosto				X			
Septiembre						X	
Octubre				X			
Noviembre	X			X			
Diciembre							

Para cada organismo se registró: la localidad, fecha, distancia de la costa a la zona de pesca, método de pesca, especie, ancho de disco, longitud total y sexo. Por medio de una cinta métrica se midió en cm el ancho de disco (AD) de cada organismo, tomando en cuenta los extremos más lejanos de las aletas pectorales. Se obtuvo también, la longitud total (LT), tomándose desde la punta del hocico hasta el extremo posterior de la aleta caudal. Se identificó el sexo de los machos por la presencia de gonopterigios (órganos intromitentes). Estos órganos se midieron desde la parte posterior de la cloaca hasta su parte distal y se buscó la presencia de líquido seminal en los ductos deferentes. En las hembras se realizó una incisión en la parte dorsal, para localizar y extraer los ovarios y oviductos. Una vez extraídos se etiquetaron y se fijaron con formalina al 10%.

6.2 Trabajo de laboratorio

Las estructuras del sistema reproductor obtenidas se lavaron con agua corriente para eliminar los restos de arena y se colocaron en recipientes de plástico con formalina al 10% y sus respectivas etiquetas. (Rotuladas con la fecha, especie, localidad y número de muestra). Se utilizaron un total de 13 ejemplares para la descripción histológica; en los machos se tomó una submuestra transversal de ambos testículos en su región alta, media y baja. Para *M. munkiana* se consideró un macho de 98 cm, otro de 100 cm y uno de 105 cm AD (tres en total). Para *M. thurstoni* se analizó un macho de 142 cm AD y en *M. japonica* se consideraron tres machos, uno de 195 cm, otro de 200 cm y otro de 215 cm AD. En hembras se tomaron muestras del ovario, útero y glándula oviducal. Solo se consideraron tres hembras de *M. munkiana* (entre 95 y 102 cm AD) y tres de *M. japonica* (entre 190 y 205 cm AD).

Las submuestras tomadas de las gónadas se procesaron de acuerdo a la técnica histológica descrita por Martoja y Martoja-Pierson (1970). Los cortes obtenidos se lavaron en agua corriente durante 8 horas para eliminar el exceso de formol, una vez limpias, fueron colocadas en alcohol etílico al 70% durante dos días. Las muestras fueron deshidratadas mediante cambios sucesivos de alcohol etílico en concentraciones crecientes y fueron impregnadas en parafina, en un procesador de tejidos automático. Una vez terminado el proceso de deshidratación, las muestras fueron incluidas en bloques de parafina de 57° a 58°C de PF. Se realizaron cortes histológicos de 5 μ m con un microtomo rotatorio Microm HM 355s. Los cortes, fueron montados en portaobjetos y colocados en la estufa a 60° C por 2 horas. Se realizaron las tinciones de Hematoxilina-Eosina de Harris y Tricrómica de Mallory las muestras fueron montadas en definitiva en Citoseal. Una vez listas las laminillas, se realizaron las observaciones con un microscopio compuesto. La descripción del proceso de la gametogénesis así como la identificación y caracterización de los diferentes estadios de madurez se realizó tomando en consideración las siguientes características:

Oogénesis

- Composición histológica y celular de los folículos: las tecas interna y externa, la capa granulosa y zona radiata.
- Características de los oocitos en crecimiento y la cantidad de vitelo contenido en ellos.

Espermatogénesis

- Arreglo, constitución histológica y tamaño de los espermatozoides.
- Arreglo de las células sexuales.
- Tipos de células sexuales contenidas en los túbulos seminíferos (espermatozoides, espermátidas y espermatozoides) dependiendo de características como tamaño de la célula, forma, aspecto y tamaño del núcleo y presencia de flagelo.

6.3 Análisis de datos.

Para el análisis de la composición de tallas de las mobulas capturadas por pesca artesanal, se agruparon los datos (de la totalidad de organismos colectados) en tablas de frecuencias e histogramas para cada especie. Para establecer la proporción se contó el total de organismos de cada sexo y se dividió el número de hembras entre el número de machos. Se aplicó una prueba estadística, χ^2 , para comprobar si existió diferencia significativa en la proporción. El valor calculado de χ^2 fue comparado con un valor de tablas (χ^2 , g.l.= 1, $p>0.05$), rechazándose la hipótesis de 1:1 cuando el valor calculado fue superior al valor de tablas $\chi^2_{0.05,1} > 3.841$.

En los machos la madurez sexual se determinó según el criterio de Pratt (1979), comparándose el largo y calcificación del gonopterigio en relación con el ancho de disco y presencia de semen. Se consideraron machos maduros aquellos que presenten el gonopterigio calcificado, con rotación hacia delante 180° y con semen.

En las hembras, la madurez sexual se estimó con base en el desarrollo y tamaño de los oocitos, además de la vascularización notable del oviducto. Se consideraron inmaduras aquellas hembras que presentaron oocitos no visibles o pequeños con oviductos no diferenciados. Se identificarán como maduras cuando presentaron oocitos grandes y oviductos con embriones en desarrollo.

Para la estimación de la talla de primera madurez en machos se ajustó a una ecuación logística la proporción de organismos maduros por ancho de disco, para obtener el ancho de disco promedio de primera madurez (definida como el ancho de disco al 50 por ciento de los individuos son maduros) (Conrath, 2004):

$$P_m = 1 / (1 + \text{EXP}(a + b * AD))$$

Donde:

P_m = Proporción sexual de especímenes maduros de la muestra.

a = Constante de la ecuación que determina el punto de origen de la curva.

b = Constante de la ecuación que determina la inclinación de la curva.

AD = Ancho de disco.

7 RESULTADOS

7.1 Composición poblacional de la captura del género *Mobula*

De acuerdo con lo observado durante los años de muestreo en el campo pesquero Punta Arena de La Ventana, la captura de individuos del género *Mobula* fue producto de la pesca dirigida a la captura de rayas, ejercida de manera estacional año con año.

De un total de 447 organismos recolectados, 162 pertenecieron a *Mobula japonica*, de los cuales 100 resultaron hembras y 62 machos (Tabla 2). De 146 ejemplares de *Mobula munkiana* 60 fueron hembras y 86 machos (Tabla 3). De 139 *Mobula thurstoni* hubo 69 hembras y 70 machos (Tabla 4).

A partir de este punto y con la finalidad de presentar con mejor orden y mayor claridad lo obtenido, la descripción de los diversos apartados de resultados y discusión, comenzará siempre por la especie registrada con mayor frecuencia en los muestreos (*M. japonica*) y terminará con la especie menos representada (*M. thurstoni*).

Tabla 2.- Registro de capturas para *M. japonica* durante los años 2001, 2002, 2004 y 2005

	2001		2002		2004		2005		
Mes	H	M	H	M	H	M	H	M	Total
Enero									
Febrero									
Marzo									
Abril									
Mayo			13	5	4				22
Junio	2		19	10	12	14	10	2	69
Julio			17	15	4	5	2		43
Agosto					5	3			8
Septiembre									
Octubre					8	5			13
Noviembre		1			4	2			7
Diciembre									
Total	2	1	49	30	37	29	12	2	162

Tabla 3.- Registro de capturas para *M. munkiana* durante los años 2002, 2004, 2005, 2006 y 2007.

	2002		2004		2005		2006		2007		
Mes	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	Total
Enero										6	6
Febrero			7	1							8
Marzo			2	1	1	2					6
Abril											
Mayo											
Junio	38	35	1	6							80
Julio		9	4	16							29
Agosto			5	6							11
Septiembre							2	4			6
Octubre											
Noviembre											
Diciembre											
Total	38	44	19	30	1	2	2	4		6	146

Tabla 4.- Registro de capturas para *M. munkiana* durante los años 2002, 2004, 2005, 2006 y 2007.

	2001		2002		2004		2006		2007		
Mes	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	Total
Enero									1	4	5
Febrero						1			3	1	5
Marzo						1					1
Abril											
Mayo			5	4	1						10
Junio			1	1	11	19					32
Julio			2	2	3	4					11
Agosto			3		16	14					33
Septiembre							11	3			14
Octubre					7	10					17
Noviembre	4	3			1	3					11
Diciembre											
Total	4	3	11	7	39	52	11	3	4	5	139

7.2 Composición de tallas

7.2.1 *M. japonica*.

El intervalo de tallas en *M. japonica* varió entre 76 y 280 cm AD; las tallas entre 200 y 220 cm AD presentaron mayor frecuencia. Las tallas de las hembras variaron de 101 a 270 cm AD, mientras que los machos oscilaron entre 76 y 280 cm AD; el intervalo con mayor frecuencia para ambos sexos fue de 220 cm, seguido por el intervalo de 200 cm AD (Figura 4). La media de las tallas estimada para la especie, fue de 193 cm, mientras que la moda fue de 204 cm AD.

De acuerdo a la composición de tallas por año, en 2001 se registraron individuos entre 190 y 220 cm AD, en 2002 entre 93 y 270 cm AD donde los intervalos de 180, 200 y 220 cm AD fueron los más frecuentes. En 2004, estuvieron entre 101 y 280 cm AD y el intervalo con mayor número de individuos fue de 220 cm seguido por el de 200 cm AD. En 2005 las tallas oscilaron entre 111 y 225 cm AD (Figura 5).

La composición de tallas por sexo en 2001 indicó que las hembras varían entre 204 y 220 cm AD y los machos alrededor de 190 cm AD. Para 2002, las hembras estuvieron entre 106 y 270 cm AD mientras los machos entre 86 y 270 cm AD. Para 2004 se encontraron hembras entre 101 y 220 cm AD y machos de entre 76 y 280 cm AD. Durante 2005, se registraron hembras de 111 a 215 cm AD y machos alrededor de los 200 cm AD. La media estimada para las hembras fue de 194 cm AD y la moda de 214 cm AD, mientras que para machos la media y moda fue de 190 y 201 cm AD respectivamente.

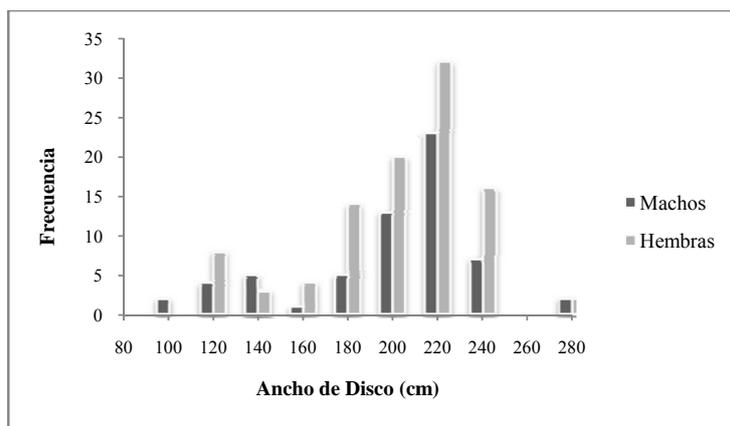


Figura 4.- Estructura de tallas general; hembras y machos *M. japonica*.

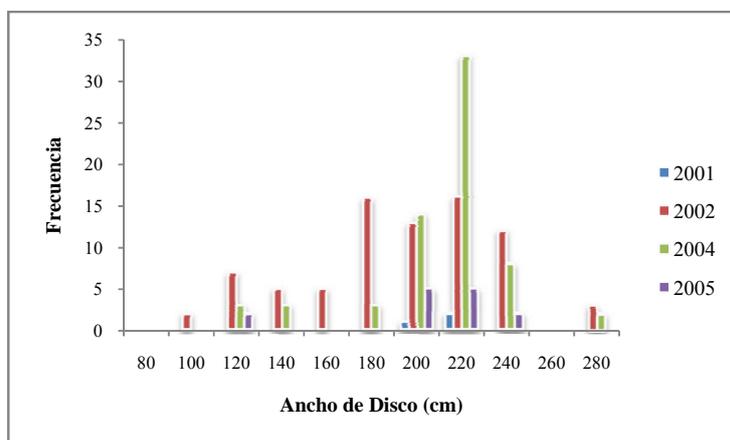


Figura 5.- Estructura de tallas por año *M. japonica*; 2001, 2002, 2004 y 2005.

7.2.2 Composición de tallas *M. munkiana*.

La estructura general de tallas en *M. munkiana* varió entre 33 y 112 cm AD, la frecuencia modal se presentó en el intervalo de 100 cm AD por presentar un mayor número de organismos. Las hembras estuvieron entre 33 y 112 cm AD; mientras que los machos se registraron entre 56 y 111 cm AD, el intervalo más común para ambos sexos fue el de 100 cm AD (Figura 6). La media estimada para las tallas de la especie fue de 93 cm.

La composición de tallas por año indicó, que para el 2002 las tallas estuvieron entre 33 y 112 cm AD, el intervalo de 110 cm AD tuvo el mayor número de registros. En 2004 las tallas variaron entre 62 y 110 cm AD, donde los intervalos con mayor frecuencia fueron los de 100 y 110 cm AD. Durante 2005 se encontraron tallas de 78 a 100 cm AD, en 2006 tallas de 99 a 111 cm AD y para 2007 tallas cercanas a los 60 cm AD (Figura 7).

Con respecto a la composición de tallas por sexo se observó para 2002 que las hembras variaron de 33 a 112 cm AD y los machos de 84 a 111 cm AD. En 2004 las hembras estuvieron entre 67 y 104 cm AD, mientras los machos entre 64 y 110 cm AD. Durante 2005 y 2006, las hembras variaron de 78 a 110 cm AD y los machos de 90 a 104 cm AD, mientras que en 2007 los machos registrados estuvieron alrededor de 60 cm AD. La media estimada para las hembras fue de 90 cm AD y la moda de 88 cm AD, mientras que para machos la media y moda fueron de 93 y 100 cm AD respectivamente.

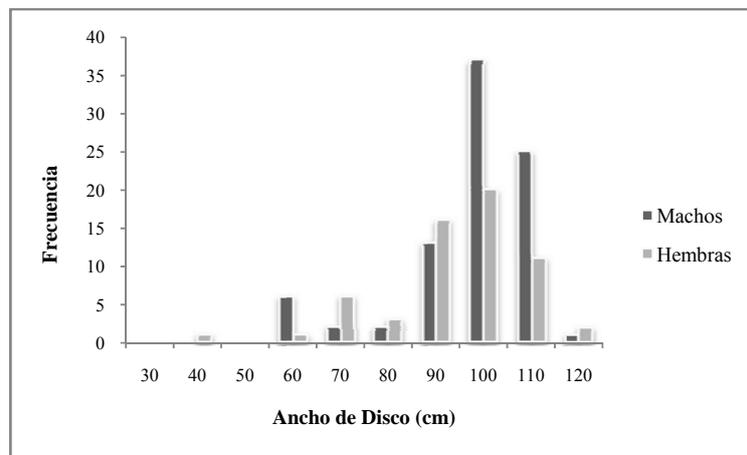


Figura 6.- Estructura de tallas general; hembras y machos *M. munkiana*.

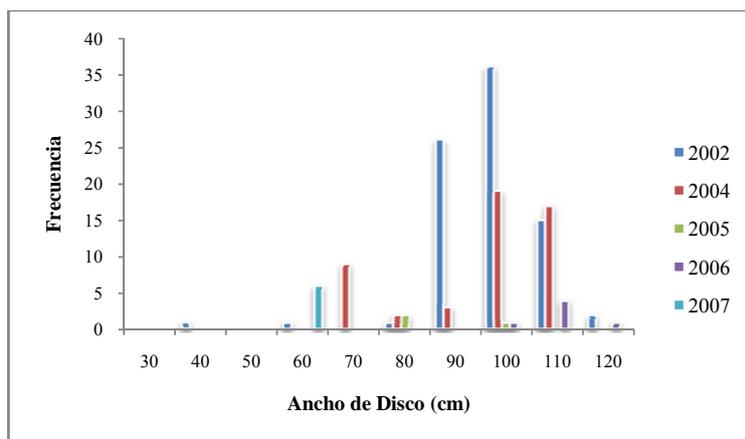


Figura 7.- Estructura de tallas por año *M. munkiana*; 2002, 2004, 2005, 2006 y 2007.

7.2.3 Composición de tallas *M. thurstoni*.

La estructura general de tallas para *M. thurstoni* varió entre 90 y 182 cm AD, los intervalos de entre 140 y 160 cm AD presentaron un mayor número de organismos. Las tallas de las hembras estuvieron entre 94 y 182 cm AD; mientras que las de los machos se registraron entre 90 y 173 cm AD, los intervalos más comunes para ambos sexos variaron entre 140 y 160 cm AD (Figura 8). La media estimada para las tallas fue de 141 cm AD, mientras que la moda fue de 155 cm AD.

De acuerdo a la composición de tallas por año, en 2001 variaron entre 112 y 141 cm AD, en 2002 entre 98 y 190 cm AD, con un mayor número de organismos de los intervalos de 140 a 150 AD. Durante 2004 las tallas encontradas fueron de 90 a 182 cm AD y los ejemplares con tallas de entre 140 a 160 cm AD fueron los más frecuentes. Para 2006 las tallas oscilaron entre 145 y 196 cm AD con el intervalo de 150 cm AD con mayor registro de individuos, mientras que en 2007 las tallas registradas variaron de 92 a 152 cm AD (Figura 9).

La composición de tallas por sexo para 2001, mostró el tamaño de las hembras registradas entre 110 y 141 cm AD, mientras los machos alrededor de 135 cm AD. En 2002 las hembras variaron de 98 a 191 cm AD y los machos de 114 a 195 cm AD, durante 2004 las hembras oscilaron de 109 a 182 cm AD y los machos de 90 a 173 cm AD. Para 2006 se registraron organismos grandes, hembras de 150 a 180 cm AD y machos de 140 a 155 cm

AD, mientras que en 2007 las hembras alcanzaron los 103 cm AD y los machos los 150 cm AD. La media estimada para las hembras fue de 145 cm AD y la moda de 155, mientras que la media y moda en macho fue de 138 y 161 cm AD respectivamente.

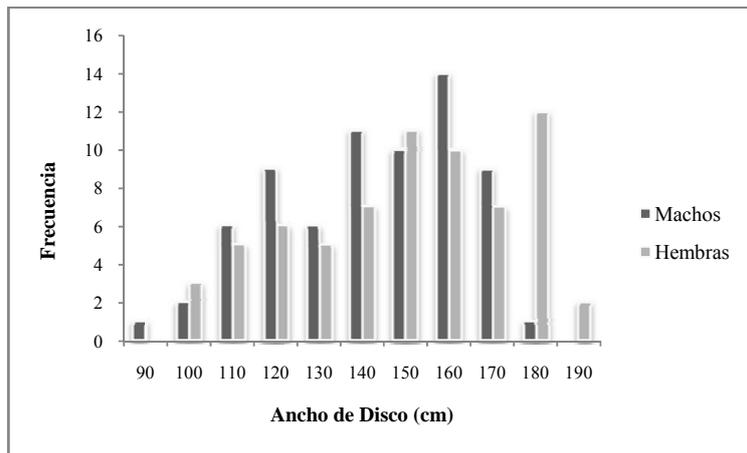


Figura 8.- Estructura de tallas general; hembras y machos *M. thurstoni*.

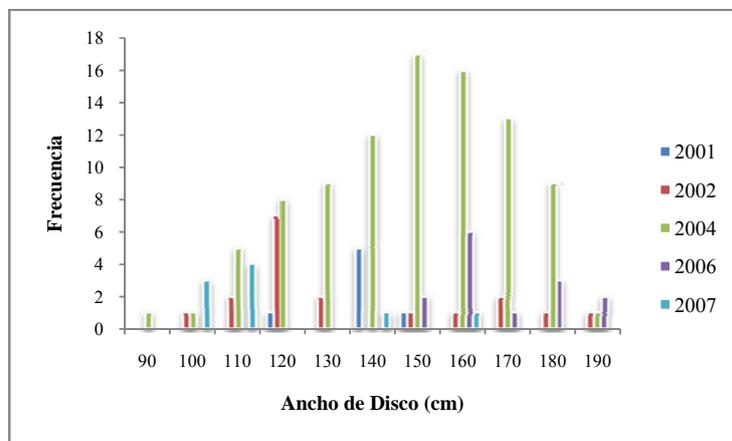


Figura 9.- Estructura de tallas por año *M. thurstoni*; 2001, 2002, 2004, 2006 y 2007.

7.3 Temporalidad de las especies

7.3.1 *M. japonica*.

Los registros indicaron que esta fue la especie fue más abundante en los meses de verano (Figura 10). Durante mayo, junio, julio y agosto, se presentaron organismos de tallas variadas, hembras entre 106 y 224 cm AD y machos entre 130 y 280 cm AD. Las tallas más comunes para hembras y machos durante dicha temporada se ubicaron en un intervalo de entre 200 y 220 cm AD. Se observó que durante octubre y noviembre, el mayor número de organismos registrados fueron hembras, algunas con tallas cercanas a los 170 cm AD pero la gran mayoría con tallas desde 200 hasta 280 cm AD. Los machos registrados durante estos meses fueron pocos y variaron entre 170 y 270 cm AD.

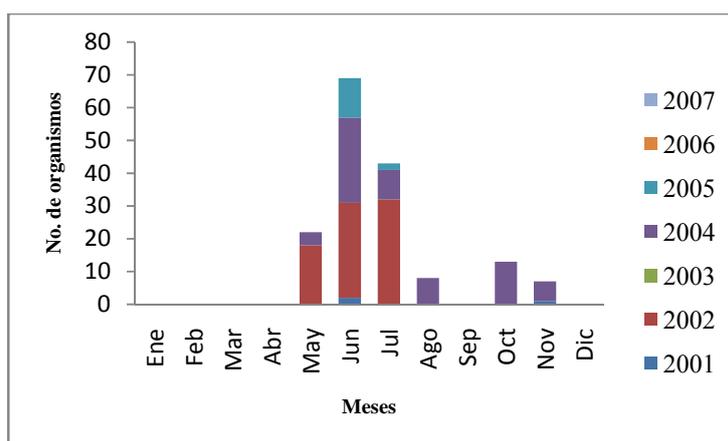


Figura 10.- Presencia temporal de *M. japonica*

7.3.2 *M. munkiana*.

Esta especie fue registrada durante dos periodos principales: el primero en febrero, marzo y abril y el segundo durante junio, julio, agosto y septiembre (Figura 11). Durante los meses del primer periodo, fueron más abundantes aquellos organismos entre 60 y 90 cm AD, que aquellos de tallas cercanas a 100 cm AD.

El segundo periodo de capturas registró el mayor número de organismos y destacó que, de los cuatro meses que abarcó dicho periodo, junio, julio y agosto registraron la mayor abundancia de organismos, las tallas para esos meses variaron ampliamente encontrándose individuos desde 33 cm hasta 112 cm AD. Durante septiembre todas las hembras y machos registrados, estuvieron entre los 100 y 111 cm AD.

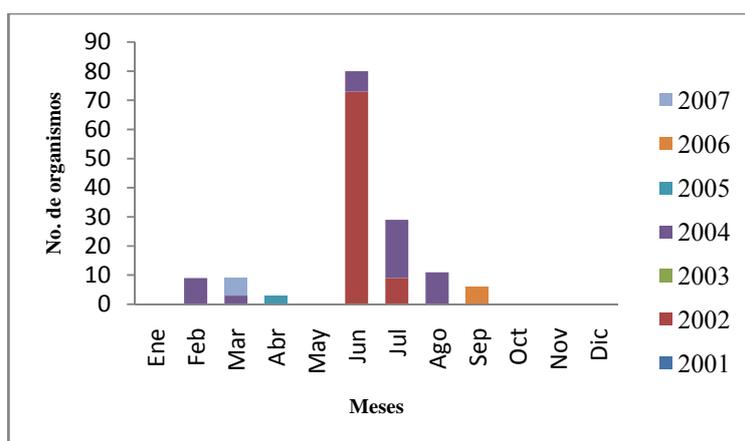


Figura 11.- Presencia temporal de *M.munkiana*.

7.3.3 *M. thurstoni*.

A diferencia de las dos especies anteriores, *M. thurstoni* se registró casi durante todo el año, aunque no hubo ejemplares registrados de la especie durante un periodo corto, correspondiente a la primavera (Figura 12). Las tallas más pequeñas registradas de *M. thurstoni*, se encontraron durante los primeros meses del año, conforme transcurrió el tiempo y llegó la temporada cálida de verano y otoño, se encontraron las tallas más grandes registradas para la especie. Así, durante enero, febrero y marzo, se registraron tallas de entre 90 a 140 cm AD, en mayo, junio y julio organismos de 130, 150 y hasta 170 cm AD, mientras para agosto, septiembre, octubre y noviembre la mayor parte de organismos estuvieron entre los 160 y 190 cm AD.

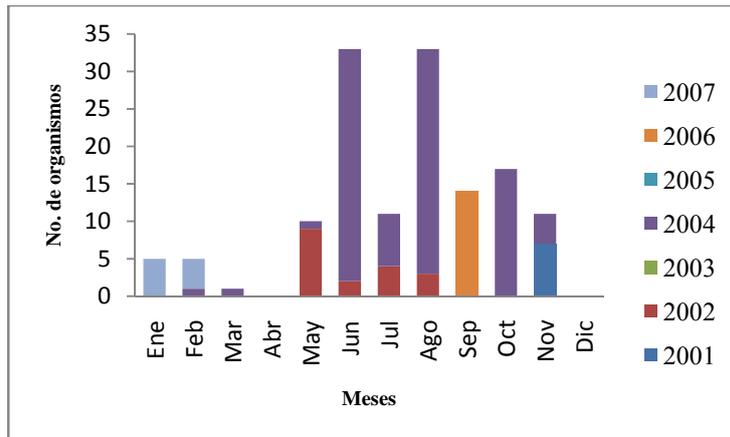


Figura 12.- Presencia temporal de *M. thurstoni*.

7.3.4 Estacionalidad de las tres especies en el área de estudio

De acuerdo a los registros generados, se observó que en Bahía de la Ventana los organismos de las tres especies tienden a encontrarse en mayores cantidades durante los meses más cálidos del año. Desde junio, julio y hasta agosto, se reconoce como el periodo con más organismos de *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni* (Figura 13).

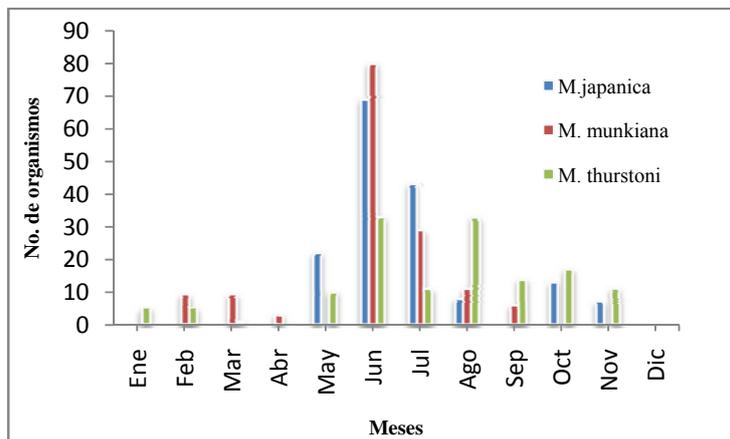


Figura 13.- Presencia estacional de *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni*.

7.4 Proporción de sexos

7.4.1 *M. japonica*.

Se capturaron un total de 162 organismos de *M. japonica*, 100 hembras y 62 machos, lo que corresponde a una proporción sexual de 1.61:1 hembras por macho (H:M) (Figura 14). De acuerdo a la prueba estadística χ^2 , ($\chi^2=8.91$; $p<0.05$), existen diferencias significativas en la proporción de sexos

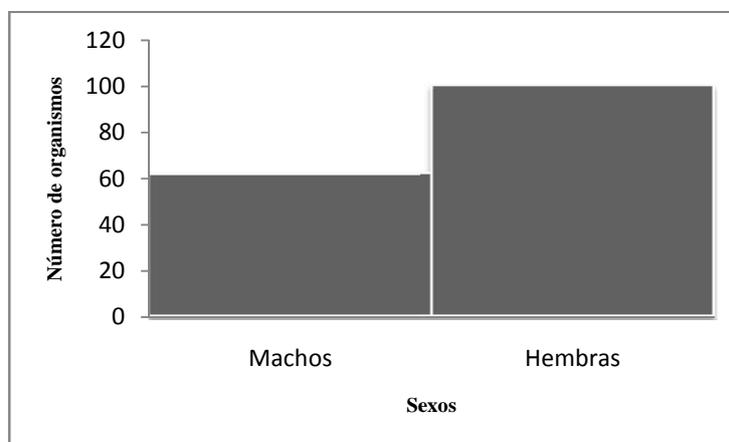


Figura 14.- Proporción de sexos *M. japonica*; 100 hembras y 62 machos; 1.61:1 H:M.

7.4.2 Proporción de sexos *M. munkiana*.

De un total de 146 organismos registrados para *M. munkiana*, 60 fueron hembras y 86 machos, lo que corresponde a una proporción de 0.69 H:M (Figura 15). Con base en la prueba estadística χ^2 , se encontró diferencia significativa en la proporción de hembras y machos ($\chi^2=4.63$; $p<0.05$).



Figura 15.- Proporción de sexos *M. munkiana*; 60 hembras y 86 machos; 0.69:1 H:M.

7.4.3 Proporción de sexos *M. thurstoni*.

Se registraron 139 organismos de *M. thurstoni*, 69 hembras y 70 machos, lo que corresponde a una proporción de 0.98:1 H:M (Figura 16). No se encontró diferencia significativa en la proporción de sexos ($\chi^2=0.007$; $p<0.05$).



Figura 16.- Proporción de sexos *M. thurstoni*; 69 hembras y 70 machos; 0.98:1 H:M.

7.5 Madurez sexual

7.5.1 Machos.

Con base en el crecimiento y calcificación de los gonopterigios, los machos de *M. japonica* con un ancho de disco menor a 180 cm fueron inmaduros, presentando gonopterigios sin calcificar con una longitud (promedio) inferior a los 14 cm. Entre los 180 y 200 cm AD se registró un notorio desarrollo en los gonopterigios, aumentando en tamaño y calcificación. A partir de 200 cm AD los órganos copuladores estuvieron calcificados por completo, alcanzaron gradualmente una longitud de hasta 30.5 cm y presentaron semen en los ductos deferentes (Figura 17). Se estimó que la talla de primera madurez se presenta a partir de los 208 cm AD (Figura 20).

Los machos de *M. munkiana* que presentaron un ancho de disco menor a los 90 cm fueron inmaduros, registrando gonopterigios no calcificados, con una longitud (promedio) inferior a los 10 cm. Entre los 90 y 100 cm AD, se observó desarrollo en los gonopterigios aumentando en tamaño y calcificación. A partir de los 100 cm AD, los órganos copuladores alcanzaron gradualmente una longitud de 17.5 cm, presentaron semen y estuvieron calcificados por completo (Figura 18). Se estimó que la talla de primera madurez comienza a partir de 98 cm AD (Figura 21).

En *M. thurstoni*, los machos registrados con un ancho de disco menor a 140 cm fueron inmaduros, presentando gonopterigios con una longitud inferior a 17 cm y sin calcificar. Organismos con una talla de entre 140 y 153 cm registraron el desarrollo de los gonopterigios aumentando en tamaño y grado de calcificación. A partir de los 155 cm AD los gonopterigios estuvieron completamente calcificados, presentaron semen y alcanzaron gradualmente una longitud de 23 cm (Figura 19). Se estimó que la talla de primera madurez se presenta a partir de los 155 cm AD (Figura 22).

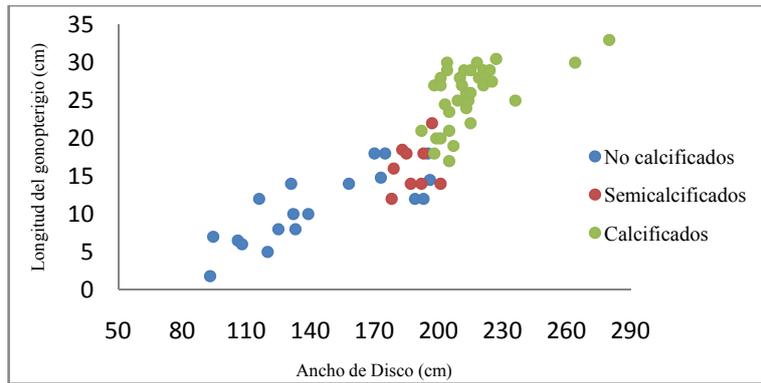


Figura 17.- Relación Ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio *M. japonica*

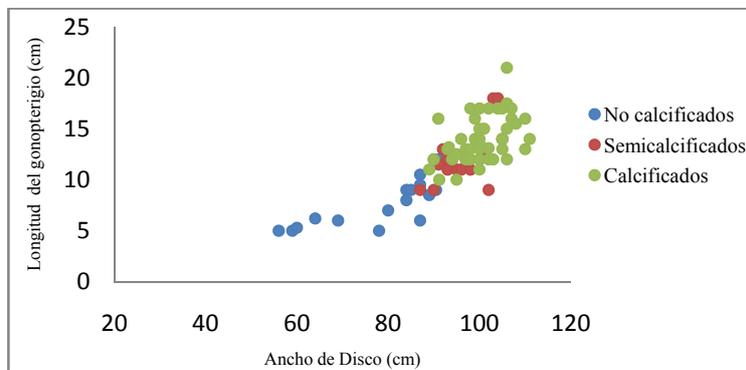


Figura 18.- Relación Ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio *M. munkiana*

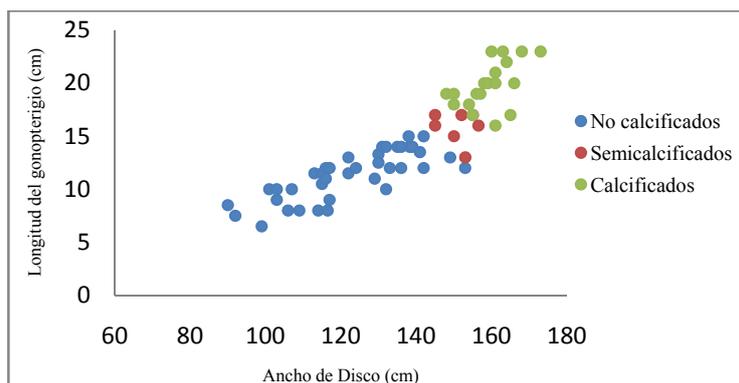


Figura 19.- Relación Ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio *M. thurstoni*

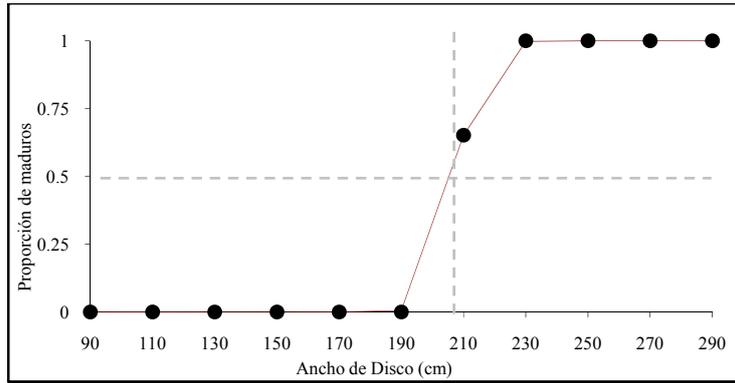


Figura 20.- Talla de primera madurez en machos *M. japonica*: 208 cm AD.

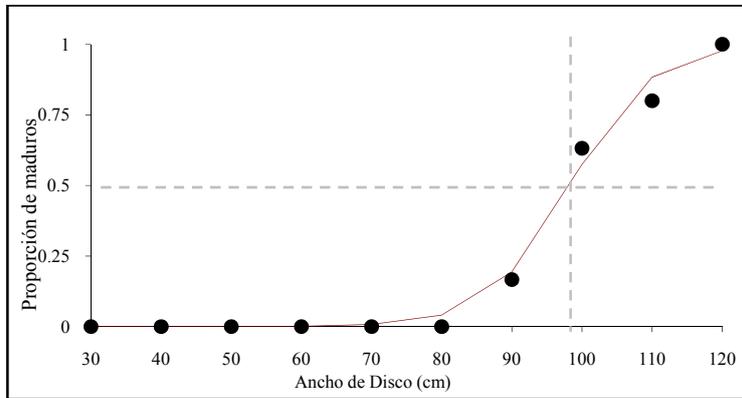


Figura 21.- Talla de primera madurez en machos *M. munkiana*: 98 cm AD.

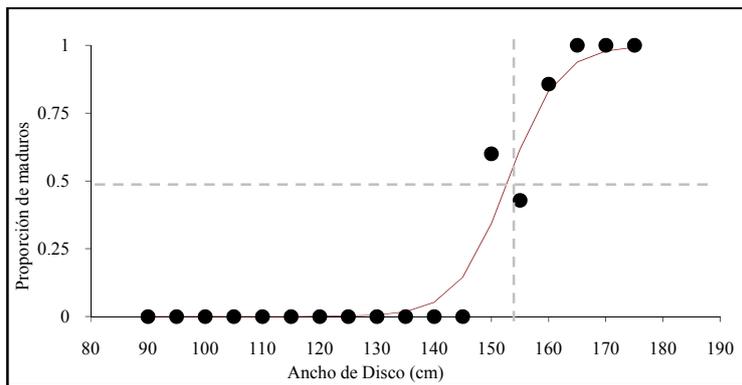


Figura 22.- Talla de primera madurez en machos *M. thurstoni*: 53 cm AD.

De acuerdo a los registros generados durante los años de estudio y a las observaciones realizadas acerca de las características biológicas y reproductivas, se observó que en los machos de las tres especies, existe la misma tendencia en el proceso de madurez sexual (Figura 23). Donde, se identifica una fase en la que los organismos no presentan desarrollo de caracteres relacionados a madurez sexual, otra fase donde comienza el desarrollo de dichos caracteres y una última fase que culmina con la madurez sexual.

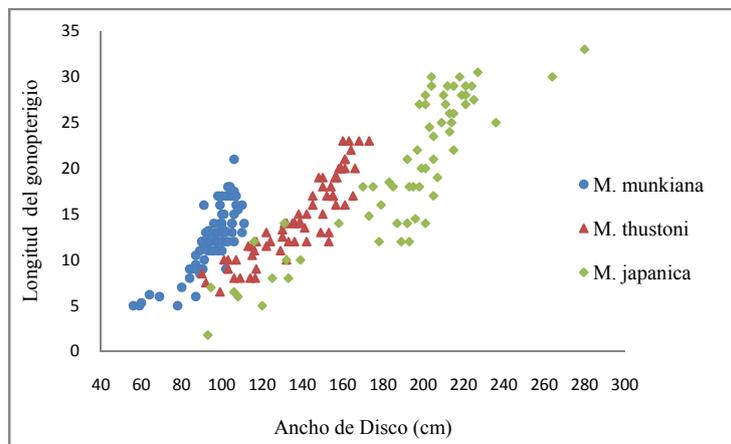


Figura 23.- Relación Ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio *M. munkiana*, *M. thurstoni* y *M. japonica*.

7.5.2 Madurez sexual hembras

Con base en el crecimiento de los oocitos, el aumento en el tamaño del útero y abundancia de la trofotenia, se observó que las hembras de *M. japonica*, con un ancho de disco menor a 140 cm AD presentaron ovarios sin desarrollo. A partir de los 140 cm AD se registró desarrollo ovárico e incremento en el tamaño del útero y el diámetro de los oocitos llegó a ser de hasta 15 mm. Hembras con tallas cercanas a los 205 cm AD presentaron los oocitos de mayor diámetro, mismos que alcanzaron 20.94 mm; se observaron úteros con un alto contenido de vellosidades uterinas (Tabla 5). Durante los muestreos realizados, sólo se encontraron dos úteros con embriones ambos pertenecientes a noviembre del 2004, la talla de dichos embriones fue de 44 y 47 cm AD.

Las hembras de *M. munkiana* con tallas menores a los 69 cm AD, no presentaron oocitos desarrollados. No se contó con información del diámetro de oocitos de organismos con tallas de entre 70 y 95 cm AD, sin embargo, de acuerdo a las anotaciones hechas en el campo pesquero acerca del aparato reproductor de la especie, los úteros incrementan poco a poco su diámetro conforme se acercan a los 90-98 cm AD. A partir de los 100 cm y hasta los 109 cm AD se registraron oocitos hasta de 12.02 mm y úteros con gran cantidad de vellosidades (Tabla 6).

En *M. thurstoni*, las hembras con tallas menores a 130 cm AD, no presentaron oocitos desarrollados, entre los 135 y 150 cm AD se registra un incremento en el desarrollo y diámetro de los oocitos hasta alcanzar un diámetro de 11.98 mm, además se observa un incremento en el tamaño del útero. Los organismos con tallas superiores a los 150 cm AD presentaron úteros grandes, con abundante trofotenia, y registraron oocitos con diámetro de hasta 16.82 mm de diámetro (Tabla 7). Durante los muestreos realizados se encontró un solo embrión en octubre de 2004, el cual registró una talla de 18 cm AD.

Para las tres especies, se registró que las hembras solo poseen desarrollado el ovario y oviducto izquierdo. Asimismo únicamente se desarrolló un embrión por ciclo reproductivo.

Tabla 5.- Madurez sexual hembras; diámetro de oocitos y condiciones del útero en *M. japonica*.

Ancho de Disco (cm)	Tamaño de Oocitos (mm)	Condición del útero
140	Sin desarrollo	Útero en forma de tubo
140-160	Desarrollo	Ensanchamiento del tubo
160-180	13 - 13.4	Útero pequeño a desarrollado -
180-200	13.9	Úteros pequeños, Útero distendido - abundante trofotenia
200-220	17.5 - 20.43	Úteros pequeños, Útero distendido - abundante trofotenia
220-240	19.5 - 20.44	Úteros distendido - abundante trofotenia, embriones
240-260	Sin información	Sin información

Tabla 6.- Madurez sexual hembras; diámetro de oocitos y condiciones del útero en *M. munkiana*.

Ancho de Disco (cm)	Tamaño de Oocitos (mm)	Condición del útero
30-50	Sin desarrollo	Útero en forma de tubo
50-70	Sin información	Sin información
70-90	6.3 - 6.9	Útero desarrollado - pequeño
90-110	10.12 - 12.6	Útero pequeños - Embriones , abundante trofotenia

Tabla 7.- Madurez sexual hembras; diámetro de oocitos y condiciones del útero en *M. thurstoni*.

Ancho de Disco (cm)	Tamaño de Oocitos (mm)	Condición del útero
90	Sin desarrollo	Útero en forma de tubo
90-110	Sin desarrollo	Útero en forma de tubo
110-130	Desarrollo	Útero ensanchado
130-150	10.3 - 10.6	Útero pequeño
150-170	11.98 - 16.24	Úteros distendidos - abundante trofotenia, embriones

7.6 Morfología del aparato reproductor

7.6.1 Machos

7.6.1.1 Descripción macroscópica.

El aparato reproductor de machos en las tres especies está conformado por el órgano epigonal, testículos y epidídimo. En *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni* los testículos se localizan en la parte posterior de la cavidad corporal, unidos a la columna vertebral por medio de un *mesorchium*. Los testículos son órganos pares, alargados de color claro (con la región ventral de color más oscuro), se encuentran asociados al órgano epigonal (hematopoyético) y aparentan estar formados por un gran número de lóbulos que varían de tamaño. La longitud del testículo varía de acuerdo al ancho de disco del organismo y de acuerdo a la temporada en que fue capturado; los machos de *M. japonica* con ancho de disco alrededor de 210 cm, presentaron testículos entre 27 y 33 cm de largo y 14 cm de ancho. Mientras los machos de *M. munkiana* con ancho de disco cercano a 110 cm, presentaron testículos entre 15 y 19 cm de largo y 10 cm de ancho. Se observó en los machos de las tres especies el testículo derecho es más pequeño que el izquierdo, sin embargo ambos son funcionales.

7.6.1.2 Descripción microscópica de los órganos sexuales de los machos.

De acuerdo con el análisis microscópico realizado en individuos maduros de *M. japonica* y *M. munkiana*, los cortes transversales de testículo mostraron una gran cantidad de tejido conectivo que soporta a los túbulos seminíferos. El desarrollo de las células sexuales dentro de los túbulos seminíferos, se distingue desde la zona germinal (ubicada en el centro de cada túbulo) hacia la periferia; así en la parte distante al centro de los folículos están los espermatozoides completamente formados y acumulados en los ductos eferentes. Los folículos están rodeados por vasos sanguíneos que irrigan las estructuras y se observan numerosas células de color rosa rodeando las paredes de los túbulos. Los eritrocitos nucleados, se observaron de manera más frecuente y con mayor concentración, en aquellos túbulos seminíferos que presentaron espermatozoides en maduración avanzada.

7.6.1.3 Desarrollo de los túbulos seminíferos.

Al realizar el corte transversal del testículo y bajo el plano microscópico, se observó que la células de cada túbulo seminífero presentaron sincronía. Los túbulos seminíferos presentaron diferentes fases en el desarrollo de las células sexuales, con lo que bajo un mismo plano de observación, se identificaron folículos en diferentes fases, desde células germinales, células sexuales en proceso de madurez y células sexuales maduras. En la primera fase, las células sexuales se originan en la zona germinal, se reconocen células de gran tamaño y forma esférica consideradas como espermatogonias, no presentan un arreglo particular dentro de túbulo seminífero debido a que se encuentran dispersas (Figura 24). Se tiene la certeza de que son espermatogonias, debido a que fue posible localizar túbulos donde se observó la división meiótica de dichas células.

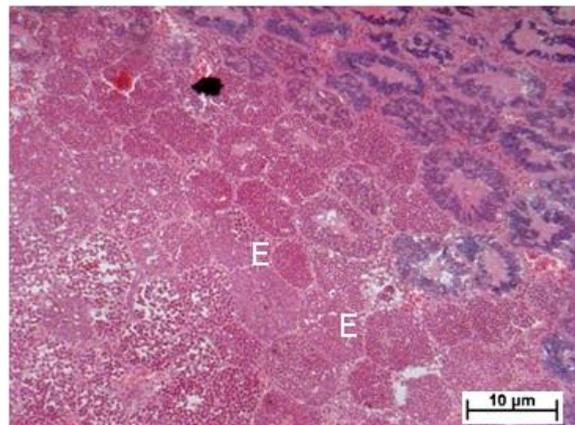


Figura 24.- Túbulos seminíferos con células sexuales masculinas en diferentes etapas de desarrollo (100x); espermatogonias (E) células de gran tamaño esféricas sin un arreglo particular.

Con la primera división meiótica de las espermatogonias, el número de células se incrementa y comienza la migración hacia la periferia de cada folículo, comienza la fase de espermatocito primario (Figura 25 a). Los espermatocitos primarios, se distinguen por presentar núcleos grandes particulares en forma (menos circular que las espermatogonias) y en estas células se distingue claramente el inicio del arreglo periférico de las células dentro del túbulo seminífero. Al continuar con la división celular, el espermatocito primario,

origina al espermatozoides secundario, caracterizado por presentar núcleos más pequeños, menor tamaño y un arreglo periférico instricto (Figura 25 b).

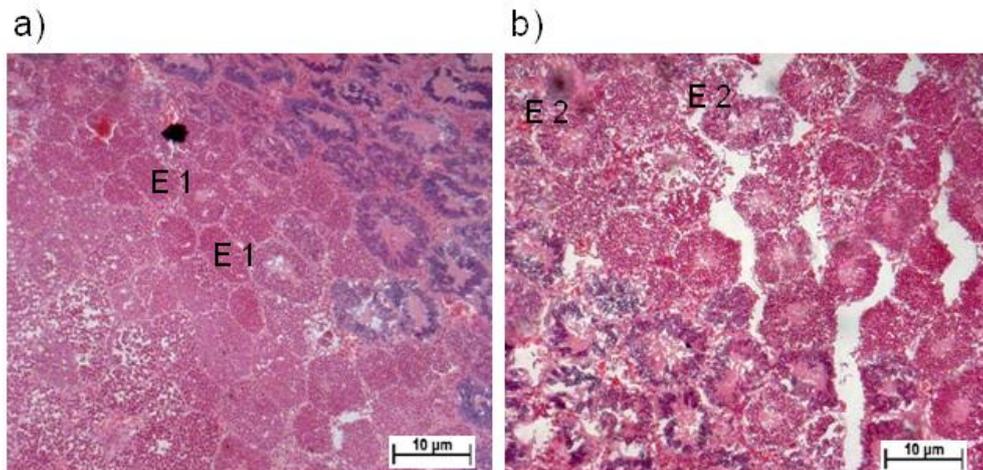


Figura 25.- a) Espermatozoides primarios (E1) (100x); b) espermatozoides secundarios (E2) (100x).

A partir de este punto ocurre la segunda división meiótica; de cada espermatozoides secundario se originan dos espermátidas. Mismas que se identifican debido al proceso de diferenciación del flagelo y del acrosoma (Figura 26).

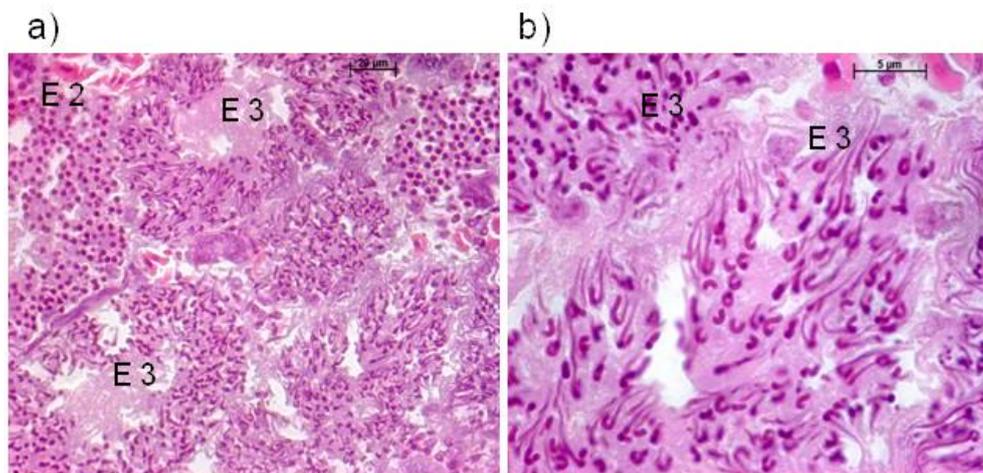


Figura 26.-) Espermatozoides secundario (E2) y espermátidas (E3) (400x); b) espermátidas (E3) (1000x).

Las últimas fases identificadas fueron la espermiogénesis y el arreglo en espiral de las células sexuales masculinas. Durante la espermiogénesis se observó claramente la definición de las cabezas y colas de los espermatozoides así como el aglutinamiento y

orientación periférica. Se observó que los acrosomas de los espermatozoides de machos en *M. japonica* y *M. thurstoni* son largos (Figura 27).

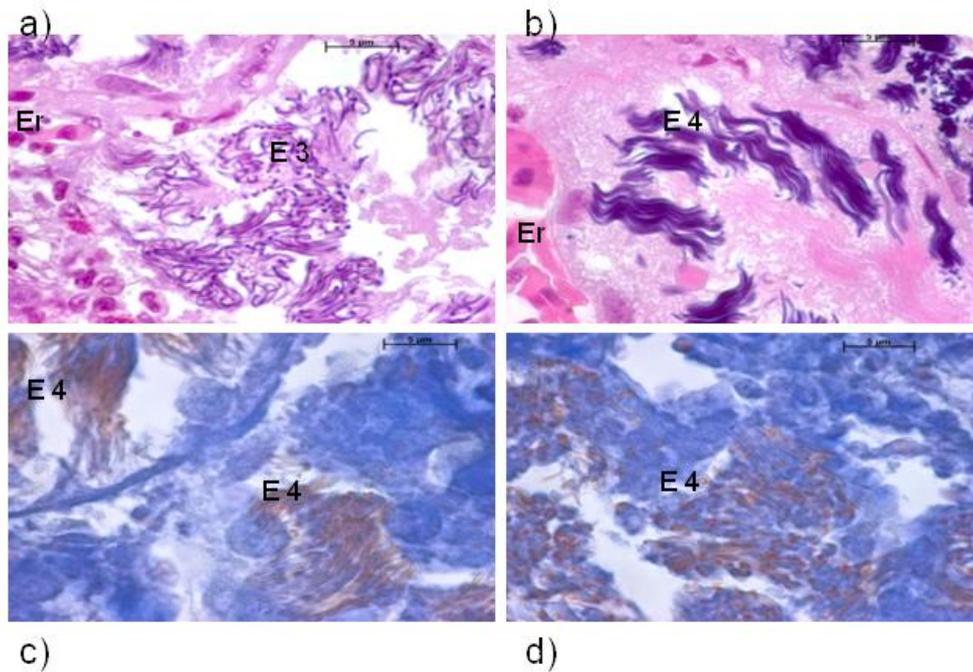


Figura 27.- a) Eritrocitos (Er) y espermatidas (E3) (1000x); b) células rojas (CR) y espermatocitos (E4) técnica Hematoxilina-Eosina (1000x); c) espermatozoides (E4) (1000x); d) espermatozoides (E4) técnica tricrómica de Mallory (1000x).

En la fase de arreglo espiral, los espermatozoides se agrupan aparentemente en número iguales en la zona de la periferia de cada folículo (Figura 28).

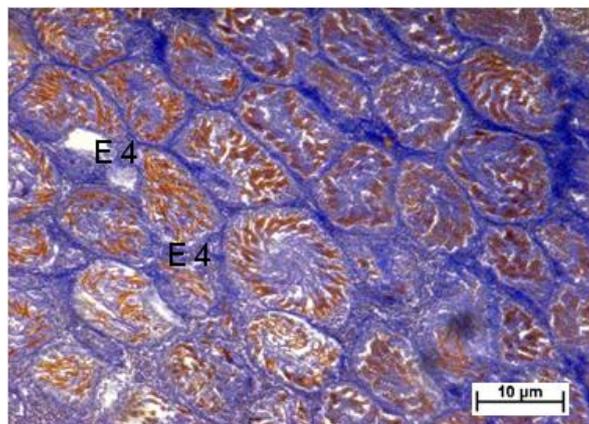


Figura 28.- Tubos seminíferos con espermatozoides (E4); arreglo en espiral

7.6.2 Hembras.

7.6.2.1 Descripción macroscópica.

Las hembras de *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni* presentan un aparato reproductor constituido por el órgano epigonal (órgano hematopoyético), ostium, dos ovarios, dos glándulas nidamentales y dos oviductos. En las tres especies se registró que solo el ovario y oviducto izquierdo es funcional, el ovario derecho se restringe a un tubo delgado, donde se distingue bien el área que corresponde a la glándula oviducal y se identifica por tener un mayor grosor, la región que corresponde al útero derecho. El ovario es de tipo externo, se localiza en la parte posterior de la cavidad abdominal y se ubica en la superficie distal del órgano epigonal.

Los ejemplares inmaduros tienen ovarios pequeños, con oocitos de color claro y conforme avanza la madurez, en organismos sexualmente maduros los oocitos tienden a un color amarillo intenso y varían de 14.9 a 20.4 mm en *M. japonica*, de 6.9 a 12.9 mm en *M. munkiana* y de 10.3 a 16.2 mm en *M. thurstoni*. Una característica común en el ovario de las tres especies, es que el número de oocitos de mayor tamaño registrados en aquellas hembras que presentaron cría o un parto reciente, fue solo de uno a tres oocitos.

Para las tres especies, la glándula oviducal varía de tamaño entre los organismos juveniles y adultos, *M. munkiana* fue la especie en la que fue posible el análisis al detalle dicha glándula, misma que se ubica en la parte anterior del tracto reproductivo justo antes del útero. Esta glándula tiene una forma tubular gruesa de alrededor de 2 cm de diámetro en hembras con tallas cercanas a los 100 cm AD, esta estructura recibe al oocito maduro donde se lleva a cabo la fecundación.

El útero en ejemplares juveniles de las tres especies se observó como un tubo delgado que da continuación al oviducto mismo, por lo que no fue posible determinar con exactitud donde comenzaba dicha estructura. Si bien debido a la dificultad para medir los úteros durante el muestreo no fue así tener una medida precisa del mismo, se observó en hembras de las tres especies que la región del útero comienza a hacerse más gruesa y a distinguirse del resto del oviducto conforme los organismos se acercan a la talla de madurez.

Las hembras maduras de *M. japonica* presentaron úteros bien definidos, de forma redondeada, el tamaño de estos varió; las hembras registradas de entre 197 y 222 cm AD presentaron úteros con un diámetro no mayor a 23 cm, las hembras con embrión registraron un incremento considerable en el tamaño del útero cuyo diámetro ascendió hasta 45 cm. En el caso de *M. munkiana* no se encontraron hembras preñadas, solo se obtuvieron hembras con señales de parto reciente, los úteros aún distendidos alcanzaron los 25 cm de diámetro. Para *M. thurstoni* se registró una hembra preñada y varias hembras con señales de parto reciente, el embrión de la hembra preñada se encontraba totalmente desarrollado por completo, pero con un tamaño pequeño, por lo cual el diámetro del útero osciló entre 24 y 27 cm.

Se observó, que los úteros de las tres especies están constituidos en gran medida por músculo, se pudo observar que conforme se acerca la talla de madurez los úteros no solo aumentan en longitud y circunferencia, sino también aumenta el grosor de las paredes uterinas. Por ejemplo, en *M. japonica* durante los muestreos de hembras juveniles o inmaduras al hacer un corte longitudinal en el órgano se observó una pared uterina delgada menor a 1 cm, al extraer uno de los embriones obtenidos y hacer el corte del útero, se registró una pared uterina mayor a 1.5 cm de grosor.

Otra característica común del útero de las tres especies es la alta vascularización que presentan aunado a las grandes cantidades de vellosidades uterinas por las que secretan las sustancias nutritivas. La trofotenia (largas extensiones vellosas del epitelio uterino que secretan la sustancia nutritiva) es una estructura completamente plana, traslúcida con coloración rojiza muy probablemente relacionada a la alta vascularización que necesita para cumplir su función (Figura 29).

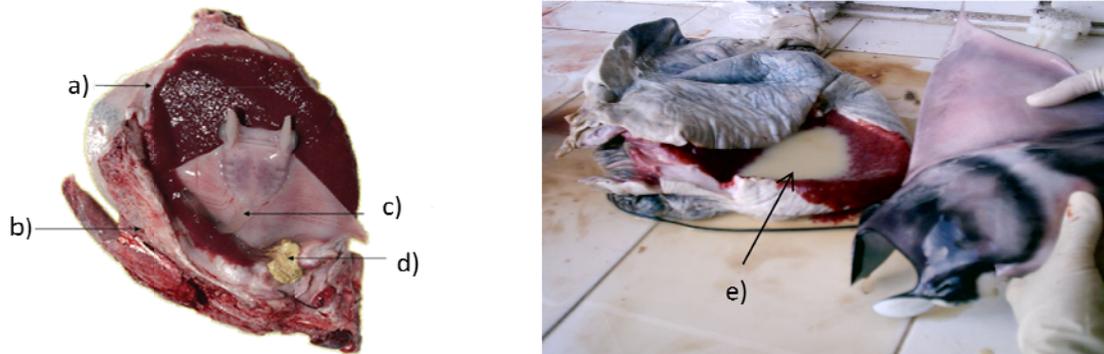


Figura 29.- a) Trofotenia (largas extensiones vellosas del epitelio uterino que secretan la sustancia nutritiva), b) Útero, c) Cordón vitelino, d) Saco vitelino y e) Sustancia nutritiva secretada por la trofotenia (leche intrauterina).

7.6.2.2 Descripción microscópica hembras.

El análisis histológico solo pudo realizarse en ovarios de *M. japonica* y *M. munkiana*, glándula oviducal de *M. munkiana* y útero de *M. japonica* y *M. munkiana*. Los ovarios analizados de ambas especies pertenecieron a hembras maduras, en las que se observó que dichos órganos presentan una gran cantidad de tejido conjuntivo (laxo y fibroso) y folículos bien diferenciados, donde existen células sexuales en diferentes etapas. Los folículos se constituyen por un oocito rodeado por la zona pelúcida y por células de la capa de la granulosa que a su vez conforman la teca.

La glándula oviducal se encuentra recubierta por una cápsula constituida por una gran cantidad de tejido conectivo fibroso, dicha capsula, en ciertas secciones, llegó a superar las 20 micras de ancho. Se observó que la glándula oviducal es un órgano con una gran cantidad de vasos sanguíneos y capilares, mismos que pueden ser observados tanto en la capsula que rodea al órgano, como dentro de los lóbulos glandulares. Se encontró una vena principal que se integra en parte de la capsula de tejido conectivo, dicha vena presentó gran cantidad de eritrocitos (Figura 30a). Parte del tejido conectivo que forma la capsula, se interna en la zona glandular formando largas trabéculas que, al delimitar áreas enteras, forma lóbulos de diferentes tamaños (Figura 30b).

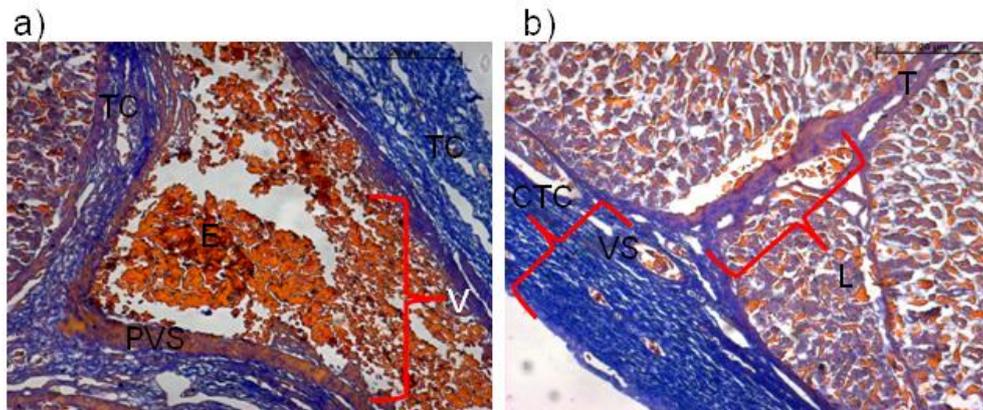


Figura 30.- Glándula oviducal: a) tejido conectivo fibroso (TC), vena principal de la glándula (V), pared del vaso sanguíneo (PVS), eritrocitos (E) técnica tricrómica de Mallory 100x; b) Cápsula de tejido conectivo fibroso que rodea toda la glándula oviducal (CTC), vasos sanguíneos (VS), trabéculas de tejido conectivo (T) que forman cada uno de los lóbulos de la glándula (L) técnica tricrómica de Mallory 100x.

Los lóbulos se encuentran constituidos por una gran cantidad de adenómeros (tejido pluricelular glandular con una porción secretora y una porción conductora), muchos de ellos diferentes entre sí. Se identificaron al menos tres tipos: adenómeros de forma casi circular que presentaron una mayor afinidad en la tinción al color azul (Figura 31a). Otros adenómeros con forma casi circular y mayor afinidad al color naranja (Figura 31b), y adenómeros más alargados que los antes identificados (Figura 31c). Dichas estructuras en todos los casos, se encontraron rodeados por capilares y vasos sanguíneos de mayor calibre, en su interior, se encontró una gran cantidad de eritrocitos; la diferencia en forma, tamaño y tinción de los adenómeros se relacionó con la producción de sustancias y secreción de diferente naturaleza química. De acuerdo al arreglo celular y tipo de estructuras antes descritas, se distinguieron en la glándula oviducal por lo menos dos zonas diferentes por afinidad tintorial y por su composición celular epitelial. No se pudo reconocer el área de la glándula que almacena esperma, por lo tanto, no se identificaron segregaciones espermatozoides.

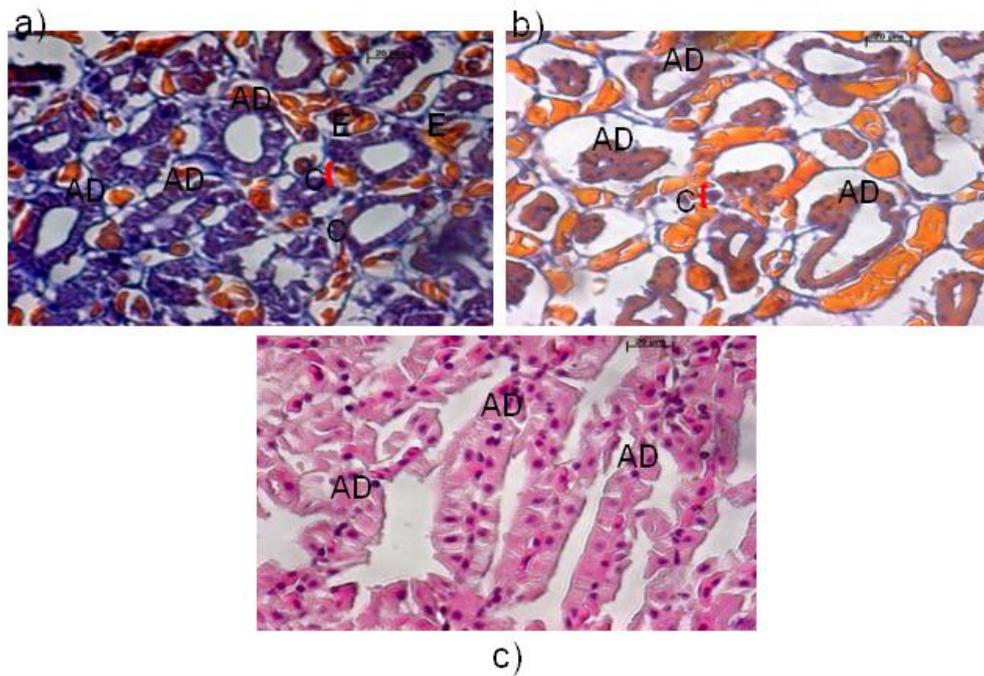


Figura 31.- Glándula oviducal: a) Adenómeros de apariencia esférica, muestran mayor afinidad al color azul (AD), órgano altamente capilarizado (C) y gran cantidad de eritrocitos (E); b) adenómeros sin una forma definida, muestran mayor afinidad al color rojo-naranja (AD), capilares (C) y eritrocitos (E) técnica tricrómica de Mallory (400x); c) adenómeros con forma alargada (AD), eritrocitos, técnica Hematoxilina-Eosina (400x)

De acuerdo al análisis realizado del útero de *M. japonica* y *M. munkiana* se observó, que dichos órganos se constituyen por abundante tejido muscular. En ciertas zonas se identificaron paquetes musculares con diferentes arreglos en otras, músculo liso y fibras. Se identificó tejido conectivo hacia la zona del lumen uterino. Las vellosidades se extiende desde el lumen uterino; se constituye por una gran cantidad de tejido conectivo y por una red de vasos sanguíneos, donde se ubican venas con una gran cantidad de eritrocitos. La estructura microscópica de las vellosidades uterinas asemejan un tejido glandular (Figura 32).

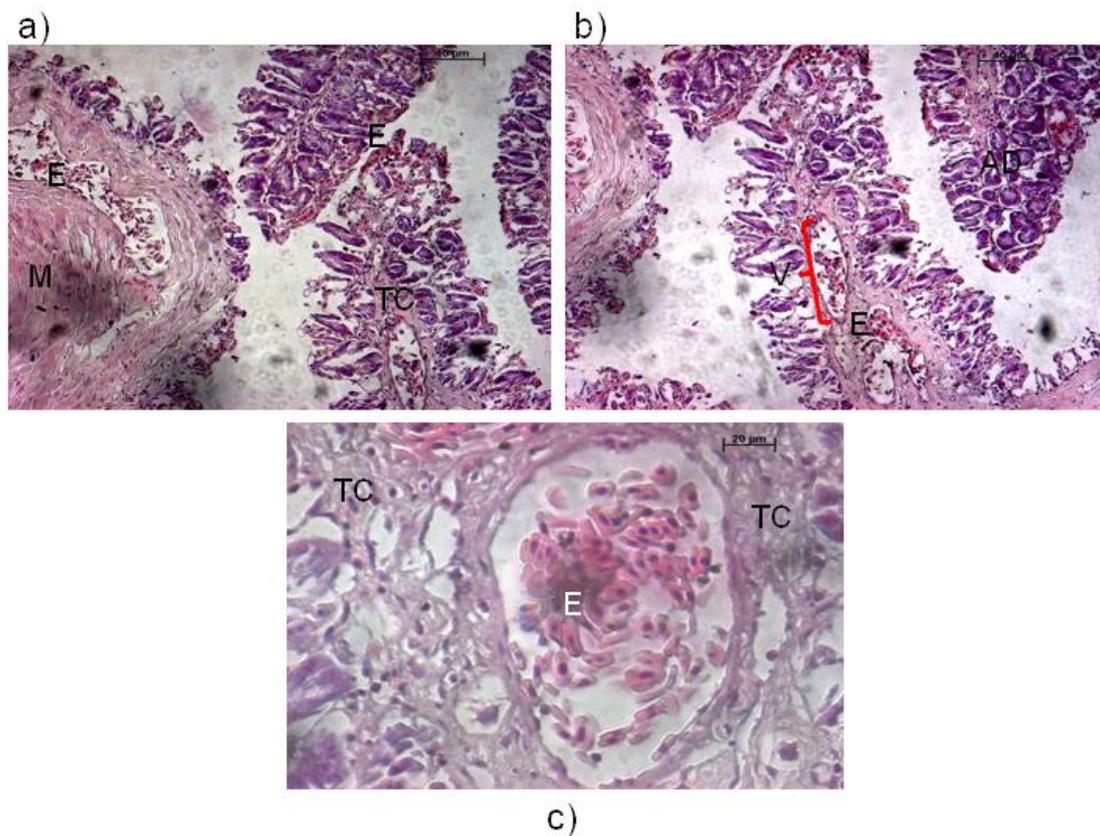


Figura 32.-Útero: a) Pared uterina constituida en su mayoría por músculo (M), abundante tejido conectivo (TC) y células rojas (100x); b) trofoténia, estructura altamente vascularizada gran cantidad de vasos sanguíneos, venas (V) y eritrocitos (100x); c) estructura histológica de la trofoténia, gran cantidad de tejido conectivo (TC), gran cantidad de venas (V) y eritrocitos (E)

7.7 Matriz comparativa de los parámetros poblacionales y reproductivos de *M. munkiana*, *M. thurstoni* y *M. japonica*.

Tabla 8.- Comparación de los parámetros poblacionales.

Especie	Talla mínima (cm)	Talla máxima (cm)	Talla modal (cm)	Temporalidad
<i>M. munkiana</i>	33	112	98	Febrero, marzo, Abril, Junio, Julio, Agosto, Septiembre.
<i>M. thurstoni</i>	90	182	155	Enero, Febrero, Marzo, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre
<i>M. japonica</i>	76	280	204	Mayo, Junio, Julio, Agosto, Octubre, Noviembre

Tabla 9.- Comparación de los parámetros reproductivos.

Especie	Proporción de sexos (H:M)	Talla de primera madurez (cm)	Apareamiento	Número de crías por ciclo reproductivo	Tipo de nutrición embrionaria	Tipo de testículo
<i>M. munkiana</i>	0.69:1	98	----	1	Trofotenia	Compuesto
<i>M. thurstoni</i>	0.98:1	153	Otoño	1	Trofotenia	Compuesto
<i>M. japonica</i>	1.61:1	210	Verano	1	Trofotenia	Compuesto

8 DISCUSIÓN

8.1 Composición poblacional de la captura del género *Mobula*

De acuerdo con los resultados obtenidos durante los siete años de estudio, se concluye que los ejemplares pertenecientes al género *Mobula*, son unos de los principales componentes de la pesca artesanal de elasmobranquios, en campos pesqueros del suroeste del Golfo de California. Los resultados coinciden con lo descrito por Notarbartolo di Sciara (1987), Hobro (2002), Guerrero Maldonado (2002) y Cerutti (2006). Dichos autores sugirieron que hasta 2006, un gran porcentaje de rayas capturadas para consumo humano en campos pesqueros aledaños a la ciudad de La Paz B.C.S, México, pertenecen a especies de la familia Mobulidae. Márquez Farías y González Corona (2000) sugieren que en la pesca artesanal del Golfo de California, las especies más capturadas, son *Rhinobatus productus*, *Dasyatis brevis*, *Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata* y *Narcine entemedor*. Sin embargo, dichas especies registran la mayor captura en el alto Golfo, zona donde existe la mayor explotación de rayas.

De acuerdo a la composición poblacional del género *Mobula* obtenida a partir de la pesca artesanal, *M. japonica* es la más abundante y alcanza 36.5 %, seguida por *M. munkiana* con 32.5% y por *M. thurstoni* 31%. Estos porcentajes son similares a lo obtenido por Hobro (2002), Guerrero-Maldonado (2002) y Cerutti (2005). A partir de 2000 la composición poblacional de *Mobulas* en el área de estudio, difirió en su totalidad a lo descrito para los años 80's. Notarbartolo Di Sciara (1987), reportó a *M. thurstoni* como la especie más común en el área de estudio, seguida por *M. japonica*, en comparación, en el estudio realizado de 1981 a 1984, la presencia de *M. munkiana* fue escasa.

La aparente diferencia en la composición de ejemplares del género *Mobula* entre principios de los años 80's y del año 2000, puede atribuirse a diversos factores: uno de los principales se asocia al ambiente y el otro, relacionado al arte de pesca y áreas de captura. Durante 1982-1983 Notarbartolo Di Sciara (1987) recolectó parte de las muestras de su estudio; sin embargo, durante ese periodo se registró de manera intensa el fenómeno de "El Niño" en las costas del Océano Pacífico. Es probable que debido a los efectos provocados por dicho fenómeno, la composición de especies del género *Mobula* podría haberse visto afectada.

La diferencia en la composición de captura podría estar relacionada también con las artes de pesca y lugares de captura seleccionados por los pescadores; se atribuye que la explotación de mobulas en el área ha sido una actividad dirigida año tras año, desde que se tiene registro, alrededor de 1980 (Bizarro, 2006). Es probable que a través del tiempo, la experiencia de los pescadores les permitió desarrollar con mayor eficiencia la captura del recurso.

En estas circunstancias, es claro que algunas características de las especies (como tamaño y su agregación de grandes grupos), sean utilizadas por los pescadores para dirigir atención a los ejemplares más grandes como *M. japonica*, segunda especie de mayor tamaño en el Golfo de California. O bien, dirigirla hacia organismos de talla pequeña que forman grandes cardúmenes como *M. munkiana* (Notarbartolo Di Sciara, 1987). Así, aun cuando el porcentaje de producto extraído por individuo de *M. munkiana*, no es alto, existe una compensación debido al gran número de organismos capturados.

La explotación de *M. thurstoni* difirió poco, con respecto a la explotación de *M. munkiana*, lo que pudiera estar relacionado con la presencia estacional de las especies, ya que a diferencia de *M. japonica* y *M. munkiana* (tendientes a presentarse en verano) *M. thurstoni*, se encuentra en el área durante casi todo el año. Con ello, esta especie puede ser capturada a lo largo del año de modo constante.

8.2 Composición de tallas

Durante los años de muestreo se logró el intervalo de tallas más amplio para las tres especies, en comparación al registrado por otros autores como Notarbartolo Di Sciara (1988) y Guerrero-Maldonado (2002) en la misma área de estudio. La composición de tallas de *M. japonica* mostró que un alto porcentaje de los individuos capturados son adultos reproductores que recién alcanzaron la madurez sexual. Por tanto, se concluye que las capturas de esta especie inciden sobre individuos que contribuyen al reclutamiento de la población.

En *M. munkiana* al igual que en *M. japonica*, se observa la tendencia de una mayor explotación sobre organismos reproductores. Es necesario recordar que los resultados obtenidos, son productos de registros de una pesca dirigida que existe por lo menos desde los años 80's; por ello, se asume que al menos desde dicha década, existe una mayor explotación hacia los individuos de mayor tamaño en ambas especies.

A diferencia de *M. japonica* y *M. munkiana*, la composición de tallas en *M. thurstoni*, mostró una representación uniforme en cada uno de los intervalos de tallas, esta tendencia coincide con los registros de Notarbartolo Di Sciara (1988), quien cita diferentes medias de acuerdo a la estación del año. Si bien la captura de organismos grandes de esta especie fue mayor, no resulta tan evidente la captura dirigida hacia dichos organismos como en las otras dos especies de mobulas. Esto pudiera evidenciar que en los años de estudio no existió una pesca dirigida sobre intervalos de tallas específicos en *M. thurstoni*.

De acuerdo con el análisis realizado y si se considera que las tallas procedentes de la captura comercial del recurso *Mobula*, oscilan entre 100 y 230 cm AD, resulta que la explotación se centra en los ejemplares más grandes de *M. munkiana*, todas las tallas de *M. thurstoni* y los organismos medianos y grandes de *M. japonica*. Si estos datos representan la composición de las poblaciones naturales de *Mobulas* en el área de estudio y si el recurso fuera sometido nuevamente a explotación (considerando la protección que tiene por la NOM 029), sería pertinente en primera instancia, considerar los intervalos de tallas para cada una de las especies previo al planteamiento de la explotación racional del recurso.

8.3 Temporalidad de las especies

Durante los años de muestreo la presencia de *M. japonica* estuvo desde mayo a noviembre, con mayor presencia en el área durante el verano en los meses más cálidos. Junio, julio y parte de agosto fue el periodo donde la especie se encontró con mayor abundancia. Notarbartolo Di Sciara (1988) mencionó que dicha especie se observó de manera ocasional de marzo a mayo, mientras que para mediados de junio y julio, reportó los máximos de abundancia, entre 1981-1984. Guerrero-Maldonado (2002) y Cerutti (2006) establecieron que en junio y julio existió el mayor número de captura para la especie. Según los

resultados obtenidos en el estudio y coincidiendo con los autores antes citados, *M. japonica* se presentó principalmente durante verano. El número de capturas logradas durante agosto, octubre y noviembre, indicó que el periodo de estancia de esta especie en el área, se amplió en relación a lo registrado con anterioridad por Notarbartolo Di Sciara (1988) quien reconoció tener poca información de capturas de agosto y menciona además que disminuye en octubre la abundancia de *Mobula japonica* debido a la entrada de corrientes de agua fría y considera este mes como el fin de la temporada.

La mayor abundancia de *M. japonica* en junio y julio, puede relacionarse con la temperatura del agua entre 28-30°C, que prevalece durante estos meses en el Golfo de California De la Lanza Espino, (1991), la temperatura del agua explica la marcada incidencia de la especie, ya que estos organismos habitan principalmente en mares cálidos (FAO, 1996; Compagno, 1999). Al mismo tiempo, puede estar relacionada con abundancia del alimento en la zona. Notarbartolo Di Sciara (1988) y Hobro (2002) señalaron a *Nectiphanes simplex* como la principal presa de la especie; este organismo es un eufáusido formador de grandes agregaciones (conocidas como enjambres), cuyo periodo reproductivo sucede de febrero a junio (Gendron, 1992 y Gómez Gutiérrez.2002).

M. japonica es selectiva en el tamaño del krill ingerido; Hobro (2002) sugiere que, la especie se alimenta cerca de la superficie (durante día y noche) y toma ventaja de la formación de enjambres y migración vertical de *Nectiphanes simplex*. La hipótesis generada acerca de la relación entre la mayor abundancia de *M. japonica* y la abundancia de alimento, se apoya también en lo establecido por Cerutii (2006) y Sampson (2008), dichos autores aun cuando difieren con respecto a las zonas de alimentación de la especie, corroboran que *Nectiphanes simplex* es la presa principal de *M. japonica*.

La presencia estacional de *M. japonica* en el área se explica por dos factores inherentes a la temporalidad: la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento. Ambos están en relación directa con la reproducción de los organismos. Por tanto, se concluye que la reproducción de la especie dentro del área es un tercer factor determinante de la presencia estacional en el área.

A diferencia de *M. japonica*, *M. munkiana* se registró durante primavera y verano. Este registro no coincidió con el de Notarbatolo Di Sciara (1988), este autor sugiere un desplazamiento de la especie a zonas más frías durante los meses de verano y plantea la posibilidad de que la especie se reproduzca en la mitad norte del océano pacífico oriental tropical. Aunque *M. munkiana* estuvo presente durante los meses más fríos del año, la mayor abundancia de la especie sucedió durante el verano, en coincidencia con las mayores abundancias registradas para *M. japonica*.

La presencia de *M. munkiana* puede relacionarse también con la abundancia de su principal alimento *Proneomysis wailes* durante los meses fríos. Para el verano la concentración de misidáceos disminuye en el área puede ser que la especie se alimente de *N. simplex* en esta época. Según Cerutti (2006), existe migración horizontal de la especie acercándose más a la costa, donde puede encontrar una presa similar a su presa principal. De acuerdo con lo observado en el presente estudio y considerando lo descrito por Notarbartolo Di Sciara (1988), la ausencia de *M. munkiana* durante los meses de otoño, puede deberse a un desplazamiento de la especie, producto de la competencia entre especies de mobulas de mayor tamaño. La disminución en la abundancia de *M. munkiana* corresponde con el mayor porcentaje de organismos de gran tamaño, tanto de *M. japonica* como de *M. thurstoni* (agosto, septiembre, octubre y noviembre).

A diferencia de las otras dos especies, *M. thurstoni* estuvo casi durante todo el año (un mes de primavera, verano y otoño (completos) y dos meses de invierno). Para esta especie en particular se detectó cierta uniformidad de las tallas en las diferentes estaciones del año, encontrando los individuos más pequeños durante el invierno, las tallas medianas en primavera y los organismos más grandes durante verano y otoño. La presencia estacional obtenida en este estudio coincide con la registrada por Notarbartolo Di Sciara (1988), el cual sugiere una segregación de tallas por época del año, con presencia de la especie durante casi todo el año.

M. thurstoni presenta cierto grado de especialización en sus hábitos alimenticios (Notarbartolo Di Sciara 1988) y Hobro (2000), registran para *M. thurstoni*, como su principal alimento a *Nictiphanes simplex*, y al misidáceo *Mysidasiium* sp. Además,

Notarbartolo Di Sciara (1988) encontró diferencias en la alimentación de juveniles (principalmente de misidáceos), y en adultos (*N. simplex*).

Con base en la diferencia de tallas a lo largo del año, y la variación en la alimentación entre organismos juveniles y maduros, se puede asumir la existencia de segregación por tallas para *M. thurstoni*. Esta especie puede ser una especie residente en el Suroeste del Golfo de California; la propuesta se fortalece con los reportes de Cerutti (2006), al mencionar que de acuerdo a la señal isotópica, *M. thurstoni* no se alimenta en áreas ajenas a Bahía de la Ventana y encuentra que en 2002 y 2004 la especie se alimenta a mayor profundidad en la misma localidad

Si se considera la disponibilidad de alimento, el aumento en la temperatura del agua y la gran cantidad de individuos sexualmente maduros presentes en dicho periodo, es probable que la reproducción sea otro factor que repercute en la presencia de *M. thurstoni* al igual que se explica para *M. japonica*.

8.4 Proporción de sexos.

Durante los años de estudio la proporción sexual presentó diferencias significativas que pudieran reflejar una segregación por sexos en *M. japonica* y *M. munkiana*; en cambio *M. thurstoni*, no mostró diferencias significativas en la proporción sexual. Para *M. japonica* Notarbartolo Di Sciara (1988) sugiere la dominancia de hembras desde junio hasta diciembre; mientras que los machos dominan durante abril y mayo. Guerrero-Maldonado (2002) encontró dominancia de las hembras durante toda la temporada de captura, con excepción de marzo.

En el presente estudio, *M. japonica* destacó por un patrón diferencial ya que las hembras fueron dominantes durante casi todos los meses de muestreo, aunque de junio y agosto la proporción tendió a ser 1:1.

En diferentes especies de tiburones y rayas se reconoce la existencia de segregación por sexos (Babel, 1967; Schmid *et al.*, 1988), en *Rhinobatos productus* especie de interés comercial se registró dominancia de hembras absoluta casi toda la temporada con una

proporción 7:1 H:M (Downton-Hoffman, 1996). Aunque *M. japonica* tuvo dominancia de hembras, esta no es absoluta. Durante los años de muestreo la presencia de ambos sexos en las mismas redes de captura fue constante por lo que no existen bases suficientes para confirmar si existencia o no, la segregación por sexos.

La proporción sexual en *M. munkiana* indicó mayor presencia de machos durante la temporada fría, y dominancia de hembras en los meses más cálidos del año. Notarbartolo Di Sciara (1988) registra una proporción de sexos para esta especie de 1.4:1 H:M; mientras que Villavicencio- Garayzar (1991) estimó una proporción de 0.5:1H:M; Guerrero-Maldonado registró para *M. munkiana* en 2002, una proporción de sexos de 0.54:1 H:M. De acuerdo con los s autores antes citados y las observaciones del presente estudio se sugiere que *M. munkiana* presenta una segregación por sexos; además de la evidencia de diferencias en la profundidad de alimentación entre hembras y machos (Cerutti, 2006), como sucede en otros elasmobranquios (Abdel-Azis *et al.*, 1993; Zeiner y Wolf, 1995).

En la segregación por sexos de *M. munkiana*, es probable que haya un mayor número de machos, debido a que estos se alimentan en aguas más superficiales, en comparación con las hembras. Si se considera que las redes utilizadas por los pescadores son más largas que altas, es probable que el mayor porcentaje de capturas para la especie recaerá sobre los machos.

M. thurstoni fue la única especie sin diferencias significativas en la proporción de sexos (1:1 H:M). Notarbartolo Di Sciara (1988) establece para la especie 0.85:1 hembras por macho, aunque durante los meses de invierno dominan las hembras; mientras en la primavera son frecuentes los machos. En el presente estudio, durante casi todos los meses de primavera, parte de otoño e invierno, existió una ligera dominancia de machos. En verano y parte de otoño (de junio a octubre) la proporción sexual fue más cercana a 1:1 H.M, periodo donde es probable se lleve a cabo la reproducción de la especie.

8.5 Madurez sexual.

8.5.1 Machos.

La relación ancho de disco-longitud del gonopterigio (AD-LG) en los machos de las tres especies, coincidió en tres fases del proceso de madurez sexual (inmaduros, en proceso de madurez y maduros). Para *M. japonica* Notarbartolo Di Sciara (1988) sugiere que a partir de 210 cm AD puede registrarse la talla de primera madurez debido a que se vuelve más estable la variación en los datos de largo y condición del gonopterigio con respecto al ancho de disco. Guerrero-Maldonado consideró a los machos menores 180 cm AD como inmaduros y mayores a 190 cm AD maduros, no utilizó la relación ancho de disco-longitud y condición del gonopterigio debido a inconsistencias similares a las reportadas por Notarbartolo Di Sciara (1987).

Las variaciones y datos con sobre posición registrados por Notarbartolo Di Sciara (1988) y Guerrero-Maldonado (2002) para *M. japonica*, se hicieron evidentes en el presente estudio; en su mayoría los datos pertenecieron a organismos inmaduros y ejemplares en proceso de maduración sexual (fase 1 y 2); la relación AD-LG se aceptó como buen indicador, lo que permiten concluir, que para *M. japonica* la madurez sexual de machos se alcanza a partir de 208 cm AD. White *et al.*, (2006) sugiere una talla de primera madurez de 201 cm AD, la diferencia puede radicar en las características seleccionadas como indicadores de madurez sexual ó a poblaciones separadas con características sexuales diferentes, según sugieren Bonfil *et al.*,(1993)

M. munkiana, también registró variaciones en la relación AD-LG; a diferencia de *M. japonica*, los machos de *M. munkiana* presentaron datos de madurez sexual con sobre posición en las tres fases (inmaduros, en maduración y sexualmente maduros). Este patrón de inconsistencia, se registro en dos machos de 87 cm AD con características reproductivas diferentes, reportados por Notarbartolo Di Sciara (1988). Uno de estos presentó el tamaño de gonopterigio mayor a la longitud de las aletas pélvicas con un alto grado de calcificación; mientras que el otro macho presentó gonopterigios de menor longitud con respecto al largo de las aletas pélvicas y sin calcificación.

El criterio para establecer la talla de primera madurez utilizado por Notarbartolo Di Sciara (1988) y Villavicencio-Garayzar (1993) fue seleccionar la talla más pequeña en la que algunos machos presentaron semen, sugieren así, la primera madurez para machos de *M. munkiana* sucede a partir de 87 cm AD. Si bien durante los años de muestreo se obtuvieron machos de *M. munkiana* con variaciones en la relación AD-LG, es probable que el número de machos registrados y el intervalo de tallas obtenido (mayor en ambos casos), pudieron favorecer a una mejor estimación en la talla de primera madurez sexual, misma que se registró a partir de 98 cm. Este valor es cercano al registrado por Guerrero-Maldonado (2002) de 95 cm AD. Es evidente que no solo los indicadores utilizados para determinar la madurez sexual afectan la estimación de los parámetros reproductivos, también influye el número de individuos y el intervalo de tallas disponible para el estudio.

M. thurstoni a diferencia de *M. japonica* y *M. munkiana* mostró variaciones menores y un bajo número de datos con sobre posición en la relación AD-LG, lo que se reflejó de manera favorable en el ajuste a la curva logística realizado para la especie; puesto que en las tres especies, la curva mejor ajustada fue de machos de *M. thurstoni*, donde la talla de primera madurez fue de 153 cm AD, comparable a la sugerida de 150 cm AD, por Notarbartolo Di Sciara (1988).

8.5.2 Hembras.

Al igual que en machos, existen diversas características que pueden ser consideradas para determinar la madurez sexual en hembras. Durante este estudio se emplearon como indicadores: el diámetro de los oocitos, la condición del útero y la presencia de embriones. Castro *et al.*, (1988) utilizaron el tamaño de la glándula oviducal y la presencia de huevos en el oviducto como indicadores de madurez sexual. Natanson y Calliet, (1988) utilizaron el diámetro de los oocitos, condición del ovario y huevos en el oviducto, Villavicencio-Garayzar *et al.*, (1994) consideraron el tamaño de oocitos, condiciones del oviducto (con huevos, y muchas vellosidades uterinas) y hembras con embriones en desarrollo. Smale y Goosen, (1999) emplearon además el incremento en el diámetro de los oocitos.

Aunque los datos registrados del diámetro de los oocitos para las tres especies fueron escasos, se detectó una relación entre, el incremento de talla, el incremento del diámetro de los oocitos, el ensanchamiento del útero y la presencia de vellosidades uterinas (reflejo de una alta vascularización del útero).

A medida que las hembras de *M. japonica* alcanzaron el intervalo de tallas entre 200 a 210 cm AD, el ovario el oviducto y el útero se encontraron totalmente desarrollados. Se registró también el incremento en el diámetro de los oocitos hasta 21 mm. . Las principales diferencias encontradas en hembras menores de 180 cm AD y mayores de 200 cm AD fueron básicamente, la presencia de oocitos maduros, ensanchamiento del útero, engrosamiento de la pared del útero, incremento en las vellosidades uterinas y una mayor vascularización; comparable a lo descrito para otras rayas vivíparas como *Dasyatis brevis* (*D. dipterurus*) (Melendez 1997) y *Dasyatis longus* (Wourms, 1981; Villavicencio-Garayzar *et al.*,1994).

Considerando los indicadores de madurez antes mencionados se detectó que las hembras de *M. japonica* alcanzan la madurez sexual a partir de 205 cm AD; aunque Notarbartolo Di Sciara (1987), carente de información de organismos pequeños menciona la dificultad para determinar de manera precisa la talla de primera madurez en hembras, debido a que, la mayoría de sus datos están entre 200 y 220 cm AD, estimó la talla de primera madurez en 207 cm AD (basándose en la presencia de oocitos completamente desarrollados). Guerrero-Maldonado (2002), registró dos hembras preñadas, una de 202 y otra de 208 cm AD, así estableció la talla mínima de madurez sexual para *M. japonica* en 202 cm AD. De acuerdo con lo observado en presente estudio, se concluye que la talla de madurez está en 200 cm AD para las hembras de *M. japonica* .

En *M. munkiana* al igual que en *M. japonica* se observó una relación entre el crecimiento de los oocitos, el incremento en el tamaño, vascularización del útero y el ancho de disco. Considerándose el registro de oocitos bien desarrollados a partir de 95 cm AD, aunado a hembras preñadas partir de 98 cm AD, se sugiere la madurez sexual para hembras maduras de *M. munkiana* es factible desde 95 cm AD. En 1988 Notarbartolo Di Sciara menciona que una hembra de 109 cm AD registrada en su estudio, presentó el útero distendido y el ovario con oocitos de hasta 20 mm de diámetro, y asume que esa hembra era madura.

La talla de madurez estimada para las hembras de *M. munkiana* en el presente estudio coincide con lo reportado por Villavicencio-Garayzar (1991), quien por medio de observaciones morfológicas externas de los oocitos obtuvo el diámetro de los oocitos en 7 mm, en las hembras más pequeñas. Y en las hembras de mayor tamaño los oocitos midieron 20 mm de diámetro. Además, con los registros de tres hembras preñadas, determinó que la talla de madurez sexual para la especie comienza a partir de 97 cm AD de acuerdo con la hembra preñada más pequeña.

A diferencia de *M. japonica* y *M. munkiana*, no se obtuvieron registros del diámetro de los oocitos, que de acuerdo con la literatura corresponden a hembras maduras. Sin embargo, a partir de 150 cm AD se encontraron hembras con úteros altamente vascularizados de los cuales algunos presentaban señales de parto reciente. Según la tendencia observada en las otras dos especies y con las observaciones del presente estudio, es evidente que las hembras de *M. thurstoni*, alcanzan la madurez sexual a partir de 150 cm AD; esta talla coincide con la presencia de los oocitos de mayor tamaño (20 mm de diámetro), además de los registros de hembras con señales de parto, según reportó Notarbartolo Di Sciara (1988) en hembras de 150 cm AD.

8.5.2.1 Fecundidad.

Se asume que la fecundidad del género *Mobula* es menor comparada con la de otras especies de los géneros *Dasyatis* y *Rhinoptera*. De acuerdo con varios autores las hembras preñadas encontradas durante diversos estudios presentaron una sola cría: Notarbartolo Di Sciara (1988) y Villavicencio-Garayzar (1991) para *M. munkiana*, Nejmedine (2001) para *Mobula mobular*, Guerrero-Maldonado (2002) para *Mobula munkiana* y *M. japonica* y Bizarro *et al.*, (2006) para *Rhinoptera steindachneri*, *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni*. Si bien se ha observado una relación entre el número de embriones y la talla materna, existe la posibilidad de que hembras de mayor tamaño tengan un mayor número de crías. De acuerdo a lo observado para las hembras de las tres especies del género *Mobula*, el número de embriones por útero no se incrementó conforme la talla de la hembra

fue de mayor. Lo anterior permite concluir que las tres especies de *Mobula* estudiadas se caracterizan por producir una sola cría en cada ciclo reproductivo.

8.6 Ciclo reproductivo.

El ciclo reproductivo en elasmobranchios es un proceso complejo consistente de la sucesión de varias etapas consecutivas durante la vida de los individuos y las poblaciones. Incluye diversos eventos como son: el periodo de gametogénesis, la madurez sexual en los dos sexos, la producción espermática y la producción de oocitos, la talla o edad de primera madurez, talla o edad de primera reproducción, momento de la cópula, periodo de gestación y alumbramiento (Carrier *et al.*, 2004; Conrath, 2006). En estos animales existen tres diferentes tipos de ciclos reproductivos bien diferenciados: a) donde las especies se reproducen en varias ocasiones a lo largo del año, b) cuando las especies tienen un prolongado ciclo anual (no bien definido) con uno o dos picos de actividad reproductiva y c) donde el ciclo es anual o bianual.

Para determinar de manera precisa tener el ciclo reproductivo en *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni*, era necesario contar con información completa acerca de todos los parámetros reproductivos antes mencionados. Sin embargo, no se tiene información importante, como la del ciclo ovárico de las especies y seguimiento de la producción de oocitos a lo largo de un año (entre otros aspectos), debido a la naturaleza del recurso. Así, se consideraron como indicadores de madurez sexual el incremento del diámetro de los oocitos, las características anatómicas del útero y el ancho de disco de las especies. Además se consideró la información aportada por los pescadores de la zona y época de cópula de las especies de interés.

De acuerdo con los indicadores utilizados, se hicieron inferencias acerca del ciclo reproductivo de *M. japonica* y *M. thurstoni*. Para *M. munkiana* no se dispuso de suficiente información para sustentar una hipótesis acerca de su ciclo reproductivo, por lo tanto solo se menciona lo que posiblemente suceda en *M. japonica* y *M. thurstoni*.

Durante los años de muestreo, para *M. japonica* alrededor del 52.5% de organismos registrados presentaron características viables para la reproducción. El restante 47.5%

fueron organismos inmaduros. Del porcentaje de adultos sexualmente maduros, la mayoría se capturaron en los meses más cálidos, junio y julio, en este último mes se observaron las hembras con oocitos de mayor diámetro (20.0 mm). A partir de junio y hasta llegar a octubre, se registraron en el área los machos de mayores tallas, mismos que en su mayoría fueron considerados maduros por presentar semen (siguiendo la abertura del rifiodón).

De acuerdo a las características reproductivas de las hembras y los machos en los meses de junio y julio, aunado a la proporción sexual tendiente a 1:1 H:M en el mismo periodo, podría asumirse que el apareamiento de la especie sucede en verano. La interpretación de los datos se ve favorecida ya que, durante noviembre se registraron dos hembras preñadas: los embriones midieron 44 y 47 cm AD respectivamente. Al considerar que la talla de expulsión registrada para la especie oscila entre 75 y 90 cm AD y que el periodo de gestación es de aproximadamente un año, los embriones se encontraban a la mitad de su desarrollo, lo que da evidencia que el apareamiento sucede entre junio y julio.

Si bien el apareamiento se lleva a cabo de esa manera, en la literatura se sugiere que el periodo de gestación para esta especie es de un año (aproximadamente), la época de alumbramiento podría ser en el mismo verano. Para julio, se registró un individuo de 93cm AD, que bien pudiera ser un neonato. Notarbartolo Di Sciara, (1988), sugiere que para *M. japonica* los meses de nacimiento son mayo, junio y parte de julio. Guerrero-Maldonado (2002) registró embriones cercanos a la talla de nacimiento en abril y mayo. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio si la época de apareamiento de la especie es durante junio y julio, y con base en lo reportado por diversos autores, se podría sugerir que el periodo de gestación para *M. japonica* probablemente se extiende de 9 a 12 meses.

En el caso de *M. thurstoni*, el 44% de organismos mostraron características viables para la reproducción, el restante 56% fueron ejemplares inmaduros. Esta especie al transcurrir el año presentó sucesión en el tamaño de los individuos, es decir, tallas pequeñas en invierno-primavera y los organismos de mayor tamaño en verano-otoño. Hembras con oocitos de diámetro cercano a 13 mm se registraron en mayo y mediados de junio. Si esta especie presenta una tendencia similar a *M. japonica*, es probable que las hembras registradas para julio y agosto >150 cm AD, tuvieran las características óptimas para el apareamiento.

El alto porcentaje de machos encontrados con semen en la parte distal de la cloaca se detectaron a partir de julio, esto, aunado a la proporción de sexos casi de 1:1 H:M durante julio y agosto, podría sugerir que durante dicho periodo se lleva a cabo el apareamiento de *M. thurstoni*. Durante octubre se registraron hembras con embriones en fases similares de desarrollo, con 14 cm AD.

De acuerdo a la talla de nacimiento para la especie 75 cm AD aproximadamente, los embriones se encontraban en sus primeras fases de desarrollo. Hembras con úteros dilatados y características de parto reciente fueron registradas durante agosto y septiembre, sin embargo no existen datos que permitan precisar el periodo de gestación en la especie ni el tipo de ciclo reproductivo que posee (Notarbartolo Di Sciara, op cit.) Por lo encontrado durante los años de muestreo, se puede concluir que la localidad de bahía de La Ventana reúne condiciones favorables como área de reproducción y alumbramiento para *M. japonica* y *M. thurstoni* en los meses de verano. Estas observaciones reiteran lo reportado por Villavicencio-Garayzar (1996), quien sugiere que bahía de La Ventana es zona de reproducción, alumbramiento y crianza para las especies del género *Mobula*.

8.7 Morfología del aparato reproductor.

8.7.1 Machos.

En el presente estudio, se realizaron observaciones solo de testículos, y ductos genitales, ya que las condiciones en las que se encontraban las gónadas examinadas, no permitieron describir ni la vesícula seminal, ni las glándulas anexas. Los testículos al igual que en otras rayas están alojados en la parte posterior de la cavidad corporal, unidos a la columna vertebral y al órgano epigonal.

Pratt (1988), identificó tres formas de organización del tejido testicular y lo clasificó en tres categorías diferentes en elasmobranchios. Utilizando el patrón de origen y propagación de las células sexuales en los tubos seminíferos existe el testículo radial, diamétrico y compuesto. La estructura del testículo en los batoides ha sido poco estudiada, por ejemplo, en *Potamotrygon* los testículos están formados por lóbulos organizados de manera radial;

para *Dasyatis americana* y *Myliobatis californica* los lóbulos de los testículos presentan un arreglo compuesto.

Los machos de *M. japonica* y *M. munkiana* presentan testículos con gran cantidad de tejido conectivo (evidente con la técnica de Mallory) y el mismo patrón en el desarrollo de las células sexuales para ambas especies. Se observaron túbulos seminíferos con un arreglo radial en la zonación de las células sexuales, así mismo y en el mismo campo de observación, se identificaron túbulos seminíferos en diferentes fases de desarrollo. Lo anterior permite asumir que mediante la observación de un corte diferente, es posible ubicar el arreglo diamétrico de los folículos determinando que el tipo de testículo para ambas especies es compuesto. Pratt (1988), sugiere que las especies del género *Mobula* presentan testículos de tipo compuesto.

8.7.2 Hembras.

El aparato reproductor en hembras de *M. japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni*, al igual que el resto de los elasmobranquios se conforma por un par de ovarios y un par de oviductos. A diferencia de otras especies de tiburones y rayas, las hembras de las especies analizadas solo presentaron funcional el ovario y oviducto izquierdo, ya que el oviducto derecho se encuentra reducido, condición similar a la reportada para *Dasyatis centroura*, *D. sabina*, *D. sayi* y *D. brevis* (Struhsaker, 1969) y *Dasyatis longus* (Villavicencio-Garayzar 1994).

Pratt (1988) describió la existencia de dos tipos de ovarios: aquellos presentes en lamniformes, donde el ovario se encuentra embebido en el órgano epigonal y aquellos donde el ovario es externo y nace en la parte distal del órgano epigonal; las hembras del género *Mobula*, presentan este tipo de ovario. Una estructura del aparato reproductor femenino de las rayas de interés, que se pudo analizar a nivel histológico fue la glándula oviducal. Esta estructura consiste de una porción del oviducto especializada, donde se lleva a cabo la fecundación y donde además se produce la capsula y /o tercer membrana que rodea a los embriones en desarrollo (Hamlett *et al.*, 1998; Conrath, 2006).

En las glándulas oviducal de *M. japonica* y *M. munkiana*, el arreglo de los adenómeros capilares y tejido conectivo, indican la presencia por lo menos de dos porciones diferentes.

De acuerdo a la literatura la glándula oviducal se divide en tres o cuatro zonas: zona secretora de albumen, zona secretora de mucus y zona secretora de cubierta (Hamlett y Koob, 1998). Si se realizaran cortes desde un ángulo diferente en las glándulas oviducal de *M. japonica* y *M. munkiana*, es probable que se podrían diferenciar el resto de las zonas no identificadas en el presente estudio.

Con respecto a los úteros examinados de *M. japonica* y *M. munkiana* una vez alcanzada la madurez sexual y durante el desarrollo de los embriones, se registra un ensanchamiento considerable en el grosor en la pared uterina, el tamaño del útero (llega a ser hasta 10 veces mayor), el interior del útero presenta numerosas vellosidades y una alta vascularización que se ve reflejada en el color de las vellosidades (rojo intenso), condición que también se presenta para otras especies de rayas como *Rhinoptera steindachneri* (Bizarro *et al.*, 2006), *Dasyatis centroura*, *D. sabina*, *D. sayi* y *D. brevis* (*D. dipterurus*) (Struhsaker, 1969) y *Dasyatis longus* (Villavicencio-Garayzar 1994), especies que presentan el mismo modo de reproducción.

La alta vascularización y la presencia de vellosidades uterinas se denomina trofotenia; dicha estructura se relaciona con la osmoregulación, respiración y alimentación que la madre provee al embrión. Bajo el esquema estructural, se observó que la trofotenia posee una gran cantidad de células secretoras, una gran cantidad de arterias y de vesículas. Hamlett *et. al.*, (2005) mencionan que diversas especies de rayas presentan histotrofia lipídica; esta condición involucra que la trofotenia presenta una gran cantidad de células secretoras ricas en lípidos. Existe que para las diferentes especies de rayas que presentan este modo de nutrición, la concentración de lípidos y proteínas inmersas en la sustancia nutritiva varía. Wourms (1981), menciona que la “leche intrauterina” producida por las hembras del género *Mobula* presenta una alta concentración de fosfolípidos.

9 CONCLUSIONES

- La composición poblacional del Género *Mobula* mostró variación en los últimos 20 años. A partir de 2000, la especie más abundante registrada en el área de estudio fue *M. japonica*, seguida por *M. munkiana* y por *M. thurstoni*.
- La estructura general de tallas para *M. japonica* varió entre 76 y 280 cm AD; mientras que en *M. munkiana* varió entre 33 y 110 cm AD y en *M. thurstoni* varió entre 93 y 196 cm AD. La mayor explotación se centra en los ejemplares más grandes de *M. munkiana*, todas las tallas de *M. thurstoni* y los individuos medianos y grandes de *M. japonica*
- *M. japonica* y *M. munkiana*, mostraron segregación por tallas solo en el periodo cercano a la reproducción. *M. thurstoni* mostró segregación por tallas a lo largo de toda la temporada de captura; durante los meses más fríos se registraron los individuos pequeños y durante los meses de verano-otoño se registraron los individuos medianos y grandes.
- De acuerdo a la proporción sexual estimada *M. japonica* y *M. munkiana* presentaron diferencias significativas en la proporción sexual 1:1 H:M. Sin embargo se encontró que solo existe información suficiente para argumentar una segregación por sexos en *M. munkiana*.
- Con base en el epitelio germinativo, arreglo de los folículos y desarrollo de las células sexuales, los machos de las tres especies de mobulas presentan testículo de tipo compuesto.
- Las hembras de *M. japonica* y *M. munkiana* presentan una glándula oviducal pequeña (con respecto a la de otros elasmobranquios), constituida por lo menos por dos secciones diferentes.

- Hembras de *M. japonica* y *M. munkiana* presentan el útero muy vascularizado, la zona cercana al lumen uterino al igual que las vellosidades uterinas, presenta gran cantidad de células secretoras que asemejan tejido glandular.
- *M. japonica* alcanza la madurez sexual a partir de 205 cm AD una vez que han cubierto el 66% del ancho de disco máximo. Se sugiere que los meses de apareamiento son julio y agosto. Mientras que mayo, junio y parte de julio son los meses de expulsión de crías.
- *M. munkiana* alcanza la madurez sexual a partir de 95 cm AD, una vez que han cubierto el 85% del ancho de disco máximo.
- *M. thurstoni* alcanza la madurez sexual a partir de 150 cm AD, una vez que han cubierto el 85% del ancho de disco máximo. En septiembre y Octubre se considera la temporada de apareamiento mientras que a finales de verano y parte de otoño podría ser la época de expulsión de crías.

10 LITERATURA

- ÁLVAREZ DEL VILLAR, J.** 1978. Los Cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados. Ed. CECSA. México D. F. 372pp.
- ÁLVAREZ-BORREGO, S.** 1983. Gulf of California. En: Ketchum.B.K. (Ed.) Ecosystems of the world. Estuaries and enclosed seas. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. Oxford. 26:427-499.
- ARIAS-ARECHIGA, J.P.** 1998. Regionalización del Golfo de California: una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz México. 57pp.
- BABEL, J.S.** 1967. Reproduction life story, and ecology of the round stingray *Urolophus halleri* Cooper. Fish Bull. Dep. Fish and Game 137:1-104.
- BALINSKY, B. I.** 1978. Introducción a la embriología. Ed. Omega. Barcelona, Pp. 644.
- BIZARRO, J.,W.D. SMITH, J. MÁRQUEZ-FARÍAS Y R.E HEUTER.** 2006. Artesanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Everman and Jenkins, 1981, in the northern Mexican Pacific. Fisheries research 82: 137-146.
- BIZARRO, J.J.** 2001. Mobulid fishing camps in the La Paz Region (Baja California Sur, Mexico). Monterey Bay Aquarium Technical Report. 2pp.
- CAPPETTA, H.** 1987. Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii.. En: Shultze, L y G. Fisher (eds). *Handbook of Paleoichthyology*.. Gustav Fischer Verlag. Alemania 3b, 1-193 pp.
- CASTILLO-GENIZ, J.J., J.F. MÁRQUEZ-FARIAS, Y E. CORTES.** 1996. Management of the Mexican artisanal shark fishery en the Gulf of California. Second World Fisheries Congress, Sharks and Man: Shark Management and Conservation Workshop, abstracts, pp. 5-6.

- CASTRO, J.I.** 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the sharks nurseries of the southeastern coast of the United States. *Environmental Biology of Fishes* 38: 37-48.
- CASTRO, J.I., P.M. BUBICIS Y N.A. OVERSTROM.** 1988. The reproductive biology of the Chain Gogfish *Scyliorhinus rotifer*. *Copeia* (3) 740-746.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L Y ESPINOSA PEREZ, H.** 1996. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines en México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Bateoidomorfa). Listado Faunístico VII. UNAM. México 75 pp.
- CERUTTI, F.** 2005. Isótopos estables de carbono y nitrógeno en mantas (Batoidea: Mobulidae) como indicadores tróficos. Tesis de Licenciatura. México. 2005. 79pp.
- COMPAGNO, J.V.L.** 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Env. Biol. Fish.* 28:33-75.
- CONRATH, C.L.** 2004. Chapter 7: Reproductive Biology. Pp 133-164. En: *Elasmobranch Fisheries Management Techniques*. Edited by John A. Musick y Ramón Bonfil.
- DE LA LANZA, G. E.** 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT. editor. México. 525 pp.
- DOOD, J. M.** 1983. Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). En: *Fish Physiology*. Hoar, W. S., D. J. Randall y E. M. Donalson. (ed.). Academic Press, Inc. 9A:31-95
- DOWNTON-HOFFMANN, C. A.** 1996. Estrategia Reproductiva de la guitarra *Rhinobats productus* (Ayres 1856) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 50 pp.
- FOWLER, S.M. & MUSICK, J.A.** 2002. IUCN Shark Specialist Group Finning Position Statement: <http://www.flmnh.ufl.edu/fish/organizations/ssg/finposition.htm>

- GENDRON, D.** 1992. Population structure of surface of daytime surface sawarms of *nyctiphanes simplex* (Crustace Euphausiacea) in the Gulf of California, México. *Marine Ecology Progress Series* 87: 1-6.
- GILMORE, R. G** 1993. Reproductive biology of lamnoid sharks. *Env. Biol. Fish.* 38:95-114p.
- GILMORE, R.G.** 1993. Reproductive Biology of Lamnoid Sharks. *Envir. Biology of Fishes.* 38:95-114.
- Gray, P. 1954. *The Microtomist's Formulary and Guide.* Robert E. Krieger Publishing Co. Pp. 234.
- GRIEG, H.** 1992 . Chordate testis: the extracellular matrix hypothesis. *J. Exp. Zool.* 261:151-160.
- GUERRERO-MALDONADO, L. A.** 2002. Captura comercial de elasmobranquios en la costa suroccidental del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma De Baja California Sur. México. 54 pp.
- HAMLETT, C.W Y T. J . KOOB.** 1999. Female reproductive system. En: Hamlett, C.W. (Ed). *Sharks, skates and rays. The biology of the elasmobranch fishes* p. 398-443. John Hoopkins University Press.
- HAMLETT, W. C.** 1999. Male reproductive system. En: *Sharks, skates and rays the biology of elasmobranch fishes.* Hamlett, W. C. (Ed). The Johns Hopkins Univ. Press, E.U.A. 444-469 pp.
- HAMLETT, W.C., M.H. HYSELL, M. JEZIOR, T. ROZYCKY, N. BRUNETTE Y K. TUMILTY.** 1997. Fundamental zonation in elasmobranch oviducal glands. *Soc. FR. Ichtyol.* 271-280.
- HOBRO, F.** 2002. The feeding ecology, foraging behavior and conservation of manta rays (Mobulidae) in Baja California, Mexico. Tesis de Maestría. United Kingdom. 90 pp.

- HOLDEN, M.J.** 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranchs populations and some suggested solutions. pp. 117-137. En: Sea Fisheries Research. F.R.H. Jones (eds.) John Willey & Sons. New York. 510 pp.
- HOULLON, C.** 1978. Sexualidad. Tercera Edición. Ediciones Omega S.A. 668 pp.
- HUNTER, J. R., B. J. MACEWICZ, N. CH. LO Y C. A. KIMBRELL.** 1992. Fecundity spawning, and maturity of females dover sole *Microstomus pacificus* with an evaluation of assumption and precision. U.S. Fish. Bull. 90(1) 101-128
- LAURENCE, W Y B.D.GLEBE.** 1991. Chapter 16: Reproduction. Methods for fish biology. Ed. C.B.Schreck and P.B. Mogle. American Fisheries Society, Maryland USA. 529-552 pp.
- LENDER, T., DELAVAUULT, R Y LE MOIGNE, A.** 1982. Diccionario de Biología. Ediciones Grijalvo, S.A. 203 pp.
- MELÉNDEZ- MARIANO, E.** 1997. Biología reproductiva de la raya lodera *Dasyatis brevis* (Garman, 1980), en Bahía Almejas, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 46 pp.
- MOLLET, H.F., G. CLIFF, H. PRATT Y J. D STEVENS.** 1999. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. Fish. Bull 98:299-318.
- NAGAHAMA, Y.** 1983. The functional morphology of teleost gonads, Pp.. 223-276. En: W.S Hoar y D.J. Randall (Eds.). Fish Physiology. Vol. IX A. Reproduction, Endocrine Tissues and Hormones. Academic Press, Inc.
- NATANSON, L. Y G.M CALLIET.** 1986. Reproduction and Development of the Pacific Shark *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. Copeia (4) 987-994.
- NEJMEDINE, M.** 2001. Captures du diable de mer *Mobula mobular*, dans le golfe de Gabès (Tunisie Méridionale, Méditerranée Centrales). Institut National des Sciences et Technologies de la Mer. Université Montpellier II. France. 25(4):389-391.

- NOTARBARTOLO, D. G. Y W. SCHNEIDER.** 1996. Peces batoideos. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca en el Pacífico Centro-Oriental. FAO .Vol. 2. 759-764. .
- NOTARBARTOLO-DI SCIARA, G Y SERENA, F.** 1988. Term embryo of *Mobula mobular* (Bonaterre, 1788) from the northern Tyrrhenian sea. Atti Coc. Ital. Sci. Nat. Milano, 129 (4): 396-400.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G.** 1985. A revisionary study of the genus *Mobula* Rafinesque, 1810 (Chondrichthyes: Mobulidae) with description of a new species, and natural history notes on east Pacific. Ph. D. Thesis. Univ. Calif. San Diego. 346 pp.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G.** 1987. Myliobatiform rays fished in the Southern Gulf of California (Baja California Sur, México) (Chondrichthyes: Myliobatoformes). Mem. V. Simp. Biol. Mar. Univ. Autón. Baja California Sur: 109-115.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G.** 1988. Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. *U.S. Fish Bull.* 86(1): 45-66.
- PAULIN, C.D, G. HABIB, C.L. CAREY, P. SWANSON Y G.J. VOSS.** New records of *Mobula japonica* and *Masturus lanceolatus* and further records of *Luvaris imperialis* (Pisces:Mobulidae, Molidae, Luvaridae) from New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 16:11-17.
- PRATT, H.** 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. *Copeia* (3): 719-729.
- PRATT, H. L. Y T. OTAKE.** 1990. Recommendations for work tended to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. NOAA. Tech. Rep. NMFS. 90: 509-510.
- PRATT, H. Y S.TANAKA.** 1994. Sperm storage in male Elasmobranchs: A description and Survey. *Journal of Morphology* 219: 297-308.

- PRATT, H.L JR Y L. G. CASEY.** 1983. Age and growth of the shortfin mako *Isurus oxyrinchus*, using four methods. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 40:1944-1957.
- PRATT, H.L.** 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fish. Bull. 77:445-470.
- RODEN, G. I.** 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: van Andel, T.H. y G.Shor Jr. (Eds). Marine geology of the Gulf of California. A..Assoc. Petrol.Geol. Mem. 3:20-38
- SCHMID, T.H., L.M. ERHART Y F.F. SNELSON, Jr.**1988. Notes on the occurrence of rays (Elasmobranchii, Batoidea) in the Indian River Lagoon System, Florida. Biol. Sci. 51(2): 121-128.
- SNELSON, F. F: JR., S.E. WILLIAMS-HOPPER y T.H. SCHMID.** 1988. Reproduction and ecology of the Atlantic stingray *Dasyatis sabina* in Florida Costal Lagoons. Copeia. 3:729-739.
- SNELSON, F. JR., S.E. WILLIAMS-HOPPER Y T.H. SCHMID.** 1989. Biology of the bluntnose stingray, *Dasyatis sayi* in Florida coastal lagoons. Bull. Mar. Sci. 45 (1) : 15-25.
- STEVENS, J.D.** 1983. Observations on the reproduction in the Shortfin Mako *Isurus oxyrhincus*. Copeia (1): 126-130.
- STEVENS, J.D., BONFIL, R., DULVY, N.K. Y WALKER, P.A.** 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyans) and the implications for marine ecosystems. ICES Journal of Marine Science. 57: 476-494.
- STRUHSAKER, P.** 1969. Observations on the biology and distribution of the thorny stingray, *Dasyatis* (Condriichthyees) in the Sanaga Basin, Camroun. Env. Biol. Fish. , 31:95-100.
- TYLER, C.R. Y J.P. SUMPTER.** 1996. Oocyte growth and development in the teleosts. Rev. Fish Bioi. Fish. 6: 287-318.

- VÉRAS, D.P., I.L. BLANCO, F.H. HAZIN, C. WOR Y M. T. TOLOTTI.** 2008. Preliminary analysis of reproductive biology of pelagic stingray *Pteroplatrygon violacea* in southwestern atlantic.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1993. Biología reproductiva de *Rhinobatus productos* (Pisces:Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop. 41 (3) 777-782.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1993. Observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Olfers) (PICIES:NARCINIDAE), en Bahía Almejas, B.C.S, México. Rev. Inv. Cient. 4(1): 95-98.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1994. Biología reproductiva de la guitarra pinta *Zapterix exasperata* (PICES:RHINOBATIDAE), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas 21(2): 141-153.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C. J.** 1991. Observations on *Mobula munkiana* (Chondrichthyes: Mobulidae) in the Bahía de La Paz, B.C.S., México. Rev. Inv. Cient. 2 (2): 78-81.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C., C.D HOFFMAN Y E.M MELENDEZ.** 1994. Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pisces:Dasyatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop. 41 (1/2): 375-377.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, J. C.** 1993. Observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Olfers) (Pisces:Narcinidae), en Bahía Almejas, B.C.S México. Rev. Inv. Cient., 4(1):95-99.
- WEBSTER, D. Y M. WEBSTER.** 1974. Comparative vertebrate morphology. Academic Press. London. 517 p.
- WHITE, T.,GILES, J. Y DHARMADI, POTTER,C.,** 2006. Data on the bycatch fishery and reproductive biology of mobulid rays (Myliobatiformes) in Indonesia. Fisheries Research. 82 (2006) 65-73.

WOURMS, J. P. 1977. Reproduction and development of condricthyan fishes. *Amer. Zool.* 17:379-410.

WOURMS, P. J. 1981. Viviparity: the maternal-fetal relationship in the fishes. *Amer. Zool.* 21: 473-515.