

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN MAMÓN COMÚN *Mustelus lunulatus*  
(Jordan and Gilbert, 1882), DE SANTA ROSALÍA, BAJA CALIFORNIA SUR. MÉXICO.**

**ANDREA GIRALDO BARRANTES**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO.  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA.  
PROGRAMA BIOLOGÍA MARINA.  
SANTA MARTA, COLOMBIA.  
2026**

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN MAMÓN COMÚN *Mustelus lunulatus*  
(Jordan and Gilbert, 1882), DE SANTA ROSALÍA, BAJA CALIFORNIA SUR. MÉXICO.**

**ANDREA GIRALDO BARRANTES**

**Trabajo de formación para la investigación para optar al título de Bióloga Marina**

**Director**

**FELIPE GALVÁN MAGAÑA**

**Doctor en Ecología Marina**

**Codirector**

**JORGE ENRIQUE BERNAL GUTIÉRREZ**

**Maestría en Manejo de Recursos Marinos**

**Asesora**

**KATHERIN SOTO LÓPEZ**

**Doctora en Ciencias Marinas**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO.  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA.  
PROGRAMA BIOLOGÍA MARINA.  
SANTA MARTA, COLOMBIA.  
2026**

## AGRADECIMIENTOS

A mí director de tesis el Dr. Felipe Galván, a mi Asesora la Dra. Katherin Soto por la calidez, hospitalidad consejos, conocimiento tanto teórico como en campo y a mi Codirector el M. Cs. Jorge Bernal, les agradezco enormemente por darme la oportunidad de desarrollar mi tesis en México y por su acompañamiento en el proceso escrito de esta tesis y gracias por hacerme ratificar y enamorarme un más sobre la investigación/conservación de elasmobranquios. Muchísimas gracias

A mis padres Martha y Nelson, a mi abuela, a mis tíos, a mis primos y a quienes no se encuentran en este plano terrenal, Por acompañarme en la vida y creer en mí siempre, especialmente en este largo camino para ser bióloga marina, gracias ser mi apoyo incondicional en todo sentido por estar en las buenas, alentarme a seguir en la carrera cuando sentía me sentía estancada. Sin ustedes no sería la persona y pronto profesional que soy hoy. Gracias totales, los amo muchísimo.

A mi planes de la nada (Jan, Susana y Valentina), por esas sesiones de estudio, salidas de campo, tardes de películas, pijamadas y apoyo siendo hogar lejos del hogar. A Daniel mateo y Maritza, por estar en mi vida desde muy pequeña y volvernos a reencontrar años después, gracias a esas salidas y al apoyo que siempre me brindan. gracias infinitas por convertirse en mi familia elegida.

Finalmente quiero agradecer a profesores, directivos, personal y compañeros por su acompañamiento en este proceso de estudiar biología marina en las Sedes de Bogotá y Santa Marta de la universidad Jorge Tadeo Lozano (UTADEO). Así como al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), al Proyecto de tiburones y rayas en el laboratorio de ecología de peces y agradecer a directivos, profesores, personal, estudiantes de maestría, doctorado y estancieros/pasantes que con su calidez y hospitalidad me hicieron sentir en casa lejos de casa.

## CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA .....	1
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	2
2.1 GENERALIDADES .....	2
2.2 ANTECEDENTES .....	4
3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS .....	8
3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	8
3.2 OBJETIVOS .....	8
3.2.1. Objetivo general .....	8
3.2.2 Objetivos específicos .....	8
4. HIPÓTESIS .....	9
5. METODOLOGÍA .....	9
5.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	9
5.2 DISEÑO MUESTREAL .....	11
5.2.1 Fase de campo .....	11
5.2.2 Fase de laboratorio .....	12
5.2.3 Análisis de datos .....	13
6. RESULTADOS .....	14
6.1 PROPORCIÓN DE SEXOS Y COMPOSICIÓN DE TALLAS .....	14
6.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE APARATO REPRODUCTOR EN HEMBRAS .....	15
6.2.1 Composición de tallas .....	16
6.2.2 Estadios de madurez .....	16
6.2.2.1 <i>Inmadura</i> .....	16
6.2.2.2 <i>Madura</i> .....	17
6.2.2.3 <i>Grávida</i> .....	18
6.2.3 Correlaciones morfológicas .....	20
6.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE APARATO REPRODUCTOR EN MACHOS .....	22
6.3.1 Composición de tallas .....	23
6.3.2 Estadios de madurez .....	24
6.3.2.1 <i>Inmaduro</i> .....	24
6.3.2.2 <i>Maduro</i> .....	25

6.3.3 Correlaciones morfológicas.....	26
<b>6.4 CRECIMIENTO EMBRIONARIO.....</b>	<b>28</b>
6.4.1 Etapa 1.....	28
6.4.2 Etapa 3.....	29
6.4.3 Etapa 4.....	30
6.4.4 Etapa 5.....	30
6.4.5 Etapa 6.....	31
<b>6.5 CICLO REPRODUCTIVO .....</b>	<b>32</b>
<b>6.6 TALLA MEDIA DE MADUREZ (L<sub>50</sub>) Y TALLA DE MATERNIDAD (L<sub>50m</sub>) .....</b>	<b>33</b>
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>42</b>

## Índice de figuras

	Pág
<b>Figura 1.</b> <i>Mustelus lunulatus</i> . .....	3
<b>Figura 2.</b> Área de desembarque de las muestras a analizar de <i>M. lunulatus</i> obtenidos de los puertos pesqueros de San Bruno en Santa Rosalía. ....	10
<b>Figura 3.</b> Esquema de medidas morfológicas LT y LPC tomadas a <i>M. lunulatus</i> . ..	11
<b>Figura 4.</b> Esquema medición de la longitud del gonopterigio en machos de <i>M. lunulatus</i> . .....	12
<b>Figura 5.</b> Histograma de tallas por sexo de <i>M. lunulatus</i> a partir de la longitud total en Santa Rosalía, B.C.S. ....	14
<b>Figura 6.</b> Aparato reproductor de una hembra de <i>M. lunulatus</i> . .....	15
<b>Figura 7.</b> Histograma de tallas teniendo en cuenta la LT por estadio de madurez en hembras de <i>M. lunulatus</i> de Santa Rosalía, B.C.S. ....	16
<b>Figura 8.</b> Aparato reproductor de una hembra inmadura de <i>M. lunulatus</i> . .....	17
<b>Figura 9.</b> Aparato reproductor de una hembra Madura de <i>M. lunulatus</i> . .....	18
<b>Figura 10.</b> Aparato reproductor de una hembra grávida de <i>M. lunulatus</i> . .....	19
<b>Figura 11.</b> Embrión de <i>M. lunulatus</i> . .....	19
<b>Figura 12.</b> Relación entre la longitud de las glándulas oviducales y la longitud total de las hembras de <i>M. lunulatus</i> . .....	20
<b>Figura 13.</b> Relación entre el ancho de las glándulas oviducales y la longitud total de las hembras de <i>M. lunulatus</i> . .....	21
<b>Figura 14.</b> Relación entre la longitud de úteros y la longitud total de las hembras de <i>M. lunulatus</i> . .....	22
<b>Figura 15.</b> Aparato reproductor interno de un macho de <i>M. lunulatus</i> . .....	23
<b>Figura 16.</b> Histograma de tallas teniendo en cuenta la longitud total por estadio de madurez en machos de <i>M. lunulatus</i> de Santa Rosalía, B.C.S. ....	24
<b>Figura 17.</b> Aparato reproductor de un macho inmaduro de <i>M. lunulatus</i> . .....	25
<b>Figura 18.</b> Aparato reproductor de un macho inmaduro de <i>M. lunulatus</i> . .....	26
<b>Figura 19.</b> Relación entre la longitud del gonopterigio y la longitud total de los machos de <i>M. lunulatus</i> . .....	27
<b>Figura 20.</b> Relación entre la longitud del testículo y la longitud total de los machos de <i>M. lunulatus</i> . .....	27
<b>Figura 21.</b> Relación entre el ancho del testículo y la longitud total de los machos de <i>M. lunulatus</i> . .....	28
<b>Figura 22.</b> Embrión en etapa 1 del desarrollo embrionario de <i>M. lunulatus</i> . .....	29
<b>Figura 23.</b> Embrión en etapa 3 del desarrollo embrionario de <i>M. lunulatus</i> . .....	29
<b>Figura 24.</b> A) vista dorsal, B) lateral y A) ventral de embriones en etapa 4 del desarrollo embrionario de <i>M. lunulatus</i> . .....	30

<b>Figura 25.</b> A) vista lateral y B) ventral de embriones en etapa 5 del desarrollo embrionario de <i>M. lunulatus</i> .....	31
<b>Figura 26.</b> Embriones en etapa 6 del desarrollo embrionario de <i>M. lunulatus</i> . ....	31
<b>Figura 27.</b> Ciclo reproductivo de <i>M. lunulatus</i> en Santa Rosalía teniendo en cuenta el promedio de la LT de los embriones y el promedio del diámetro del ovocito más grande a través de los meses. ....	32
<b>Figura 28.</b> Talla media de madurez sexual en hembras de <i>M. lunulatus</i> en Santa Rosalía, B.C.S. ....	33
<b>Figura 29.</b> Talla de maternidad en hembras de <i>M. lunulatus</i> en Santa Rosalía, B.C.S. ....	34

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Talla estimada y error estándar de la L <sub>50</sub> y la L <sub>95</sub> en hembras, machos y maternidad.....	34
---	----

## RESUMEN

El tiburón mamón común o cazón segador (*Mustelus lunulatus*) es una especie registrada como de importancia comercial en el Pacífico Mexicano. No obstante, en la costa oriental de Baja California Sur se tiene información escasa sobre su biología reproductiva. Por lo que el presente estudio tuvo como objetivo hacer la descripción de la biología reproductiva en la zona de Santa Rosalía, B.C.S. México, por medio de las gónadas de *M. lunulatus*. Llevando a cabo un análisis de 57 organismos (35 hembras y 22 machos) de esa zona, entre 2019 y 2023, midiendo de 15 a 130 cm de Longitud total (LT), con una proporción sexual de 1.5H:1M. Se realizó una descripción morfológica macroscópica de los órganos reproductores para determinar el estadio de madurez encontrándose tres estadios en las hembras y dos estadios en los machos. A través de análisis morfométricos se hizo la correlación entre la LT y órganos reproductivos tanto en hembras (ovocito, glándula oviducal y útero) como en machos (gonopterigio y testículo). Con respecto a la fecundidad uterina se encontraron de 3 a 20 embriones por hembra, con una proporción 0.83H:1M, por otro lado debido a características morfológicas y morfométricas se pudieron describir 5 etapas de desarrollo que contrastando mensualmente con los ovocitos más grandes se determinó que *M. lunulatus* es vivíparo placentario con ciclo reproductivo anual. Por otro lado se obtuvo que las hembras maduran a partir de los 90.62 cm de LT, alcanzando la maternidad a partir de los 90.64 cm de LT y que los machos maduran a partir de los 76.40 cm de LT. Este estudio amplía la información sobre la biología reproductiva del tiburón mamón común sin embargo, dado su valor como recurso comercial se recomienda ampliar el número de muestras en la costa oriental de Baja California Sur, esto con el fin de profundizar en la comprensión de su ciclo de vida y biología reproductiva, contribuyendo al manejo pesquero.

**Palabras clave:** *Mustelus lunulatus*, fecundidad uterina, estadio de madurez, desarrollo embrionario, ciclo reproductivo.

## ABSTRACT

The sicklefin smoothhound (*Mustelus lunulatus*) is a species of commercial importance in the Mexican Pacific. However, there is limited information regarding its reproductive biology along the eastern coast of Baja California Sur. Therefore, the objective of this study was to describe the reproductive biology by means of the gonads of *M. lunulatus* in Santa Rosalía, B.C.S. Carrying out an analysis of 57 organisms (35 females and 22 males) from that area, between 2019 and 2023, measuring from 15 to 130 cm in total length (LT), with a sex ratio of 1.5H:1M. A macroscopic morphological description of reproductive organs was carried out to determine the stage of maturity, finding three stages in females and two stages in males. Morphometric analyses were correlated TL with reproductive organs in both females (oocyte, oviducal gland and uterus) and male (clasper and testicle). Regarding uterine fecundity, between 3 to 20 embryos per female were found, with ratio 0.83H:1M, on the other hand due to morphological and morphometric characteristics 5 stages of development could be described and contrasted with the largest oocyte and it was determined that *M. lunulatus* is a placental viviparous with an annual reproductive cycle. On the other hand, it was found that females mature from 90.62 cm of LT, reaching motherhood from 90.64 cm of LT and males mature from 76.40 cm of LT. This study amplifies the information on the reproductive biology of the sicklefin smoothhound however, given its value as a commercial resource it is recommended to expand the sample size in the eastern coast of Baja California Sur, to deepen the understanding of its life cycle and reproductive biology, contributing to fisheries management.

**Key words:** *Mustelus lunulatus*, uterine fecundity, stage of maturity, embryonic development, reproductive cycle

## 1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA

Los tiburones pertenecientes a la clase Chondrichthyes, son peces cartilaginosos mandibulados que guardan relación con rayas y quimeras. Son considerados como depredadores tope que mantienen el equilibrio de la cadena trófica en los hábitats en los que se encuentran (Perera-Valderrama *et al.*, 2020). Sin embargo, estos organismos son vistos a nivel mundial como recurso pesquero, buscados principalmente por sus aletas, dientes, piel, cartílago, entre otros (Pratt y Casey, 1990). Esto supone un riesgo debido a la sobrepesca ya que la mayoría de los tiburones tienen estrategia de vida tipo K, la cual se caracteriza por individuos que presentan baja fecundidad, larga vida y una madurez sexual tardía, siendo susceptibles a la disminución de sus poblaciones (Camhi *et al.*, 1998).

Dicha susceptibilidad se puede ver en países como México ya que la pesca de tiburón es considerada una actividad importante a nivel socioeconómico siendo parte de los 10 países en producción mundial de este recurso, destinando más del 90% a consumo nacional (Perera-Valderrama *et al.*, 2020). Se han registrado alrededor de 50 especies de elasmobranquios que son consideradas como pesca dirigida (entre 30.000 a 35.000 toneladas anuales), de estas, 12 especies son de tiburones distribuidos en las familias como Squatinidae, Alopiidae, Carcharinidae, Sphyrnidae y Triakidae (CONAPESCA-INP, 2004).

Dentro de familia Triakidae, se encuentra el género *Mustelus*, compuesto en la actualidad por 29 especies descritas, con una amplia distribución entre mares tropicales a templados, en profundidades entre 0 a más de 300 m (Gómez *et al.*, 2003). En el Pacífico mexicano se han registrado a las especies: *Mustelus californicus*, *M. lunulatus*, *M. dorsalis*, *M. albiginnis* y *M. henlei* (IUCN, 2024). A nivel pesquero en Baja California Sur (B.C.S) se tiene el registro de tres: especies *M.*

*henlei*, *M. californicus* y *M. lunulatus*, última la que representando el 0.54% de la captura total de elasmobranchios (Ramírez- Amaro *et al.*, 2013).

En este mismo sentido existen escasos estudios acerca de la biología reproductiva de *M. lunulatus* en el Golfo de California, por lo que el propósito de este trabajo es describir la biología reproductiva de *M. lunulatus* en la zona de Santa Rosalía, basado en métodos macroscópicos.

## **2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

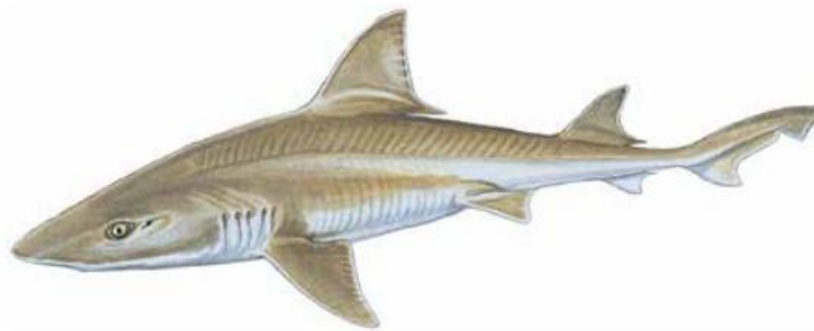
### **2.1 GENERALIDADES**

Los tiburones presentan estrategias reproductivas que han asegurado su éxito y permanecía desde hace 400 millones de años. A diferencia de los peces óseos los condriictios poseen fecundación interna, ya que en los machos las aletas pélvicas se modificaron en canales conocidos como gonopterigios (Galíndez, 2016), los cuales son introducidos en la cloaca de la hembra, permitiendo la inseminación interna, por consiguiente en las hembras se presentan diferentes mecanismos de reproducción, que se pueden dividir en dos categorías a partir de donde ocurre el desarrollo del embrión (Vivíparas u ovíparas) y de la alimentación del embrión (placentados y aplacentados); en las especies ovíparas el embrión se desarrolla fuera de la madre dentro un huevo (presentando un saco de vitelo); mientras que en las especies vivíparas el desarrollo del embrión sucede dentro de la madre ya sea de tipo placentario o aplacentario (Hamlett, 2011).

La viviparidad aplacentaria se caracteriza por no tener conexión entre la madre y los embriones, como sucede en *Squalus acanthias*, en el cual los embriones permanecen dentro de la madre hasta su nacimiento teniendo como características un pseudo huevo que se rompe en cierto momento del desarrollo y la alimentación a lo largo del desarrollo se da gracias al saco vitelino (Mojetta, 2006).

La viviparidad placentaria se caracteriza por tener conexión entre la madre y los embriones, el útero desarrolla cámaras de gestación las cuales se recubren de una mucosa muy vascularizada que se une al embrión como si fuera un “cordón umbilical” alimentándolo hasta el momento del parto, una vez afuera el neonato/cría es completamente independiente y presenta las mismas características morfológicas de los adultos (Galíndez, 2016; Ramos-Córdoba, 2021), dentro de las especies con este tipo de reproducción se encuentra *M.lunulatus*.

*M. lunulatus* comúnmente conocido como tiburón mamón común, tollo viejo, cazón segador, entre otros. Se caracteriza por tener un cuerpo alargado, cabeza corta, un hocico de tamaño mediano, aleta dorsal sin margen deshilachado, con una coloración gris a marrón en la parte dorsal y blanca en la parte ventral (Figura.1), alcanzando una longitud total de 170 cm. Se tiene registro que se distribuye en el Océano Pacífico, específicamente desde el Golfo de California hasta Ecuador, encontrándose entre los 10 y los 200 m de profundidad (Navia *et al.*, 2017; Pérez-Jiménez, 2006; Robertson *et al*, 2024). Alimentándose principalmente de crustáceos como estomatópodos y anomuros (Sánchez-Cota, 2016).



**Figura 1.** *Mustelus lunulatus* (Navia *et al.*, 2017).

El sistema reproductor de las hembras consta de un solo ovario, para luego dar entrada de los oviductos hacia 2 glándulas oviducuales que toman una forma de frijol

o de corazón, indicando el estadio de desarrollo en el que se encuentran y posteriormente desembocando en 2 úteros. El aparato reproductor en machos está conformado por 2 testículos, seguidos de los conductos eferentes que llegan al epidídimo y a la vesícula seminal que desemboca en los gonopterigios (García-Vázquez, 2018).

## **2.2 ANTECEDENTES**

Los estudios realizados sobre la biología reproductiva de *M. lunulatus*, aunque limitados presentaron resultados importantes para ampliar el conocimiento de esta especie.

Ramos-Córdoba (2021) realizó un estudio a nivel global en donde tuvo como objetivo el recopilar información sobre los aspectos reproductivos de especies pertenecientes al género *Mustelus*. Revisó 60 estudios o fuentes bibliográficas, de las cuales tres fueron realizadas en *M. lunulatus* reportaron que en la especie, las hembras alcanzan tallas más grandes que los machos, siendo que las hembras alcanzan una longitud total (LT) máxima de 135 cm y su madurez sexual ( $L_{50}$ ) a los 103.2 cm LT, donde que las hembras grávidas pueden albergar de 6 a 19 neonatos por camada; por otra parte los machos pueden alcanzar una LT máxima de 119 cm y la  $L_{50}$  a los 97.2 cm LT. De acuerdo con lo anterior se pudo evidenciar que es una especie con ciclo reproductivo anual de tipo vivíparo placentario y que no hay la suficiente información sobre su biología reproductiva, evidenciando problemas futuros en la toma de decisiones para esta especie.

Por otra parte García-Vázquez (2018) llevó a cabo un estudio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México con el objetivo de describir la biología reproductiva de *M. lunulatus* para ello se recolectaron 146 organismos, 41 machos y 105 hembras encontrándose una proporción de 2.56H:1M, para cada individuo se midió la LT y se hizo una descripción morfológica externa tomándose medidas de los órganos de ambos sexos; en hembras se registró el diámetro del ovocito más grande, el ancho

de la glándula oviducal, el ancho del útero y la medida de los embriones (LT y longitud precaudal [LPC]).

Para los machos se midió la longitud del gonopterigio, así como su grado de calcificación y rotación, en cuanto al testículo se tomaron medidas de la longitud y el ancho. Los resultados evidenciaron que las hembras fueron más grandes que los machos, ya que las primeras alcanzaron LT de entre 53 a 126 cm con un  $L_{50}$  de 85.36 cm y una talla de maternidad ( $L_{50m}$ ) de 95.73 cm de LT; mientras que los machos tuvieron una LT entre 51 a 101 cm con un  $L_{50}$  de 76.26 cm (García-Vázquez, 2018).

En el caso de las hembras, el aparato reproductor se compone de un ovario funcional al cual le siguen dos oviductos que desembocan en dos glándulas oviducal; luego de las glándulas se encuentra el istmo que da paso a los úteros, al seno urogenital y finalmente a la cloaca, por otro lado en los machos presentan órganos externos (gonopterigios) y dos órganos internos (testículos) que se encuentran rodeados por el órgano epigonal y conectados por los conductos deferentes que llegan al epidídimo y estos a su vez a la vesícula seminal acompañada por el riñón (García-Vázquez, 2018).

En la relación LT y las medidas de los órganos en las hembras se tuvo un ( $R^2$  de 0.3170) para el ancho de la glándula oviducal que según el autor tuvo una relación linealmente significativa, mientras que para el ancho del útero con un ( $R^2$  de 0.622) fue una relación exponencialmente significativa, en cuanto a los machos se tuvo que tanto el largo del gonopterigio ( $R^2$  de 0.7755), el ancho del testículo ( $R^2$  de 0.6882) y el largo del testículo ( $R^2$  de 0.6678) con respecto a la LT presentaron una relación linealmente significativa siendo buenos indicadores para la determinación del estado de madurez (García-Vázquez, 2018).

En cuanto a la fecundidad uterina se tuvo de 1 a 21 embriones con un promedio de 8.32, en los cuales se pudieron establecer seis etapas de crecimiento bien diferenciadas y por último se pudo establecer un ciclo reproductivo anual en donde

los embriones con las tallas más grandes se encontraron en marzo mientras que el diámetro más grande en ovocitos se dio en el mes de agosto, así como la presencia de huevos uterinos (García-Vázquez, 2018).

Por su parte Briones-Mendoza *et al.* (2018) realizaron un estudio en el Pacífico central ecuatoriano, teniendo como objetivo describir algunos aspectos biológicos de *M. lunulatus*, así como aportar información de la especie para el lugar de estudio. En el que se utilizaron 199 individuos (91 hembras y 108 machos) con una proporción sexual 0.84H:1M, a los que se les determinó que la LT, la LPC, el sexo y el peso total, encontrando que las hembras median entre 41.4 y 135 de LT siendo más grandes que los machos que midieron de 41.2 a 119 cm de LT, para estos últimos y basándose en la morfología del gonopterigio se determinó la  $L_{50}$  en 97.2 cm. Concluyendo que para la costa ecuatoriana no presentan diferencias significativas entre las tallas de ambos sexos, así como la necesidad de ampliar los estudios biológicos de la especie para un buen manejo en el sector pesquero.

Pérez-Jiménez y Sosa-Nishizaki (2010) hicieron un estudio en la Reserva Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado que tuvo como objetivo estimar los parámetros reproductivos necesarios para las poblaciones de *M. californicus* y *M. lunulatus*, así como comparar los parámetros reproductivos entre las poblaciones del golfo de California, para esto se obtuvieron 640 individuos de los cuales 342 fueron *M. californicus* (150 hembras y 192 machos) y 298 se identificaron como *M. lunulatus* (126 hembras y 171 machos).

A los individuos les realizaron medidas como LT en ambos sexos, para determinar el estadio de madurez en las hembras se midió el ancho tanto de las glándulas oviducuales como de los úteros y el diámetro de los ovocitos. Para estimar la madurez en machos se midió la longitud del gonopterigio, el grado de calcificación y la rotación de este. Específicamente para *M. lunulatus* se obtuvo que las hembras tuvieron tallas de 46 a 162 cm de LT y se estableció una  $L_{50}$  de 103.2 cm, mientras que los machos midieron de 47 a 129 cm de LT teniendo una  $L_{50}$  de 91.5 cm; con

respecto a las hembras, se clasificaron como maduras a aquellas que tuvieran la glándula oviducal con un ancho mayor a 2 cm, presencia de ovocitos maduros que midieran más de 1.25 cm y el útero con un ancho mayor a 2.95 cm, con esto clasificaron a 131 hembras como inmaduras, 13 como grávidas y 6 como maduras no grávidas, en las hembras grávidas se encontraron de 6 a 19 embriones que tuvieron tallas de 2 a 34 cm de febrero a septiembre. En cuanto a los machos se clasificaron 126 en estadio inmaduro con gonopterigios de 2 a 10 cm de longitud, por otro lado, se encontraron 45 machos maduros con gonopterigios de 11.8 a 16 cm de longitud. Concluyendo que *M. lunulatus* presenta un ciclo reproductivo anual, de rápido crecimiento y madurez.

Navia *et al.* (2006) hicieron un estudio en la zona central del Pacífico colombiano con el objetivo evaluar los aspectos biológicos de *M. lunulatus* y analizaron 42 individuos (21 hembras y 21 machos) con un proporción sexual 1H:1M, de los cuales se registraron datos como el sexo, la LT, el peso total y desarrollo de gónadas tanto en hembras (ovocitos, oviductos y útero), como en machos (gonopterigio y testículos) para extraer datos de la madurez reproductiva. Donde se determinó que las hembras presentaron tallas entre 54 y los 112 cm LT; mientras en los machos se encontró que midieron de 50 a 87 cm de LT.

En análisis macroscópico las hembras en estado maduro se caracterizaron por tener ovocitos grandes, una coloración rosada a rojiza en la gónada y ausencia o presencia de 4 a 8 embriones; mientras que en machos el estadio maduro se caracterizó por presentar gonopterigios que llegaban al borde posterior de las aletas pélvicas completamente calcificados y con rotación e internamente poseer gónadas de color amarillo opaco y venación oscura. Los resultados evidenciaron que *M. lunulatus* tiene reproducción vivípara de tipo placentaria, donde las hembras alcanzan tallas más grandes que los machos, sin embargo se necesita continuar con más estudios sobre la biología reproductiva para esta especie en el área.

### 3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

#### 3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los tiburones del género *Mustelus*, tienen características en su ciclo de vida que los hace susceptibles a la sobrepesca. En el caso del *M. lunulatus* se sabe que son capturados por la flota artesanal; sin embargo, se tiene poca información de la biología reproductiva de los organismos capturados en la zona de Santa Rosalía. Al ser una especie presente en aguas del Golfo de California, así como del Pacífico mexicano es importante conocer aspectos reproductivos de estos individuos para la zona de Santa Rosalía y contrastar con otras localidades que permitan entender los aspectos reproductivos para la especie.

#### 3.2 OBJETIVOS

##### 3.2.1. Objetivo general

Describir la biología reproductiva utilizando la morfometría de gónadas de *Mustelus lunulatus* de la zona de Santa Rosalia, Baja California Sur, México.

##### 3.2.2 Objetivos específicos

- Describir la composición de tallas de los especímenes capturados
- Determinar la proporción entre sexos.
- Describir de forma macroscópica el aparato reproductor de hembras y machos.
- Realizar una descripción de los estadios de maduración a nivel macroscópico de hembras y machos.
- Describir la relación entre los órganos reproductivos y la talla de hembras y machos.
- Describir las etapas del crecimiento embrionario en *M. lunulatus*.
- Estimar la fecundidad uterina en hembras.
- Calcular la talla media de madurez y la talla media de maternidad para las hembras.

#### 4. HIPÓTESIS

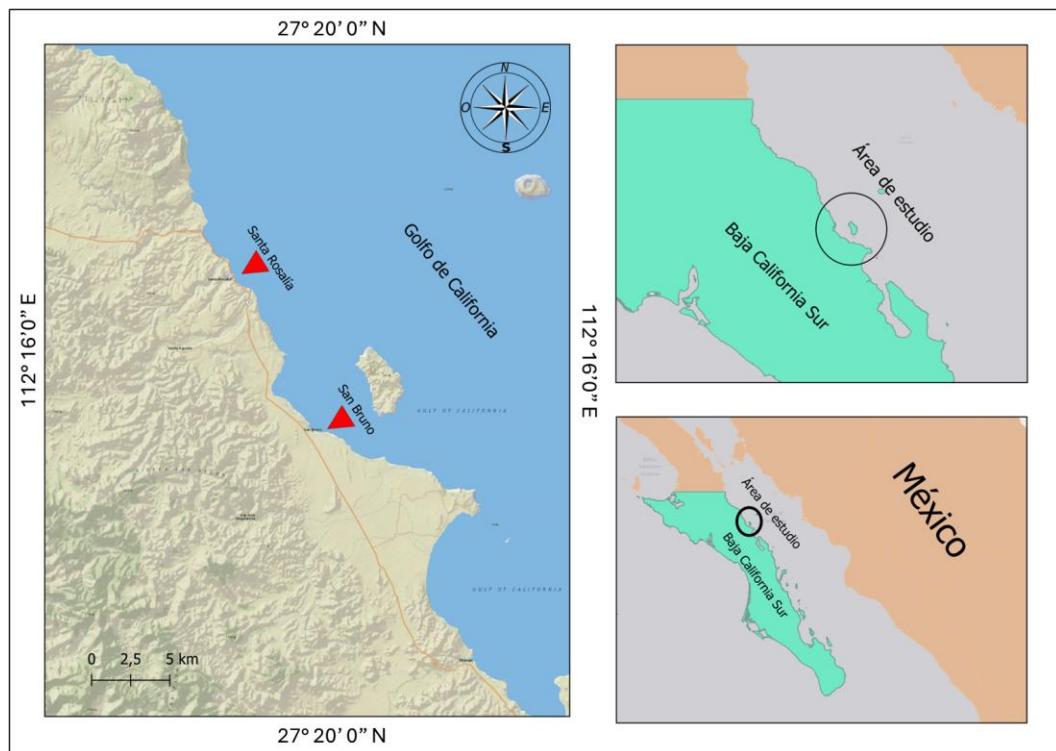
- *M. lunulatus* en Santa Rosalía presenta una proporción sexual cercana a uno y una estructura de tallas en la que las hembras alcanzan LT mayores que los machos.
- Las características macroscópicas y morfométricas de las estructuras reproductivas en hembras (ovocitos, glándulas oviducuales y úteros) y machos (gonopterigios y testículos) permiten diferenciar los estadios de madurez sexual, presentando un incremento progresivo y proporcional en función de la LT.
- La fecundidad uterina y el desarrollo embrionario de *M. lunulatus* en Santa Rosalía se ajustan al patrón reproductivo descrito para la especie, número de embriones dentro de los rangos documentados, fases embrionarias diferenciables y un ciclo anual continuo.
- Tanto la talla media de madurez ( $L_{50}$ ) en hembras y machos, como la talla media de maternidad ( $L_{50m}$ ), se encuentran dentro de los rangos reportados para otras zonas del Golfo de California.

#### 5. METODOLOGÍA

##### 5.1 ÁREA DE ESTUDIO

Santa Rosalía (Figura. 2) se encuentra en el municipio de Mulegé en Baja California Sur, se caracteriza por tener un clima mayormente desértico seco superando muchas veces los 30°C, presentando precipitaciones escasas a nulas a lo largo del año (Lavin and Marinone, 2003). Mulegé además de contar con puertos como San Bruno, Santa Rosalía, San Lucas y Mulegé, en este municipio se realizan actividades económicas principales la pesca ribereña principalmente de organismos como calamares, cabrillas, jureles, pez sierra, tiburón, pulpo y almejas y la minería con extracción de cobre, zinc y cobalto (Arce-Acosta, 2015).

A nivel marítimo tiene una plataforma continental en su mayoría estrecha que puede llegar hasta los 100 m de profundidad, en la que los vientos del sur propician la productividad primaria por surgencias estacionales en la época de verano la cual propicia una gran diversidad de especies comerciales, dentro de estas se encuentran elasmobranchios como *M. lunulatus*, *M. henlei*, *Hypanus dipterurus* e *Hypanus longus* entre otras. Cabe mencionar que los tiburones y rayas del Pacífico están protegidos por una veda entre los meses de mayo a julio, donde se restringe su captura (DOF, 2023; Cabrera, 2024).



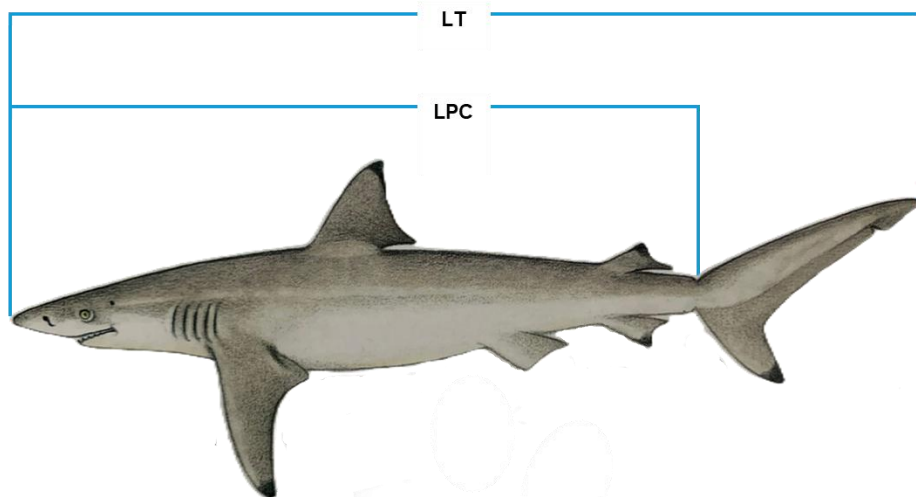
**Figura 2.** Área de desembarque de las muestras a analizar de *M. lunulatus* obtenidos de los puertos pesqueros de San Bruno en Santa Rosalía.

## 5.2 DISEÑO MUESTREAL

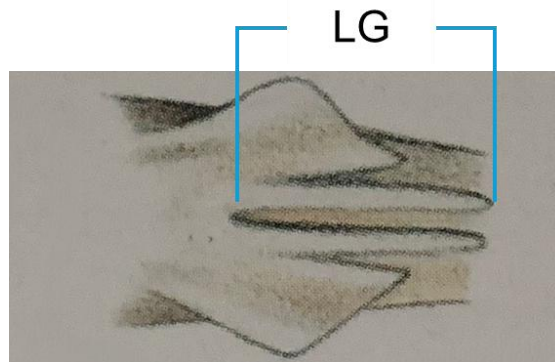
### 5.2.1 Fase de campo

Para este estudio se contó con el apoyo del proyecto de tiburones y rayas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN); se colectaron 57 organismos de *Mustelus lunulatus* provenientes de la pesca artesanal que opera con redes de enmalle en la zona de Santa Rosalía, Baja California Sur entre los años de 2019 a 2023.

De cada individuo colectado e identificado se registró la longitud total (LT en cm), la longitud precaudal (LPC en cm) (Figura.3) y se identificó el sexo por la presencia de gonopterigios en machos y la ausencia de estos en hembras, tomando de este órgano la longitud (desde la base de hasta la punta del rifiodón), el grado de calcificación, la rotación, la apertura del rifiodón y presencia o no de semen. Posteriormente el aparato reproductor tanto en machos como en hembras fue extraído realizando una incisión de la cloaca al centro de las aletas pectorales, preservándose en una solución de formol al 10%, etiquetándolo (localidad, fecha, sexo, LT y número de registro) para su traslado y posterior análisis (Delgado-Ramos, 2023).



**Figura 3.** Esquema de medidas morfológicas LT y LPC tomadas a *M. lunulatus* modificado de (Mojetta, 2006).



**Figura 4.** Esquema medición de la longitud del gonopterigio en machos de *M. lunulatus* modificado de (Mojetta, 2006).

### 5.2.2 Fase de laboratorio

Una vez en el laboratorio de ecología de peces del CICIMAR-IPN y luego de 24 horas se les realizó un cambio de formol dejándolas alrededor de un mes en las que se considera listas para hacer el cambio a alcohol al 70%. Para dicho proceso las muestras fueron trasladadas de bolsas de plástico (desechando el formol) y pasando las gónadas a frascos con tapa en donde fueron lavadas con agua dulce 2 veces para quitar el exceso de arena y formol, para finalmente agregarles alcohol al 70% y finalmente se dejaron dos días para para asegurarse que las muestras fueran preservadas correctamente, es decir, que al abrir dicho recipiente “desprendiera” un olor a alcohol (Chávez, 2021).

Para hacer la clasificación del estadio sexual, se hicieron observaciones del color y la consistencia de las estructuras reproductivas con ayuda de un calibrador vernier en el caso de las hembras se midió el ancho y largo de las glándulas oviducuales, la longitud del útero y el diámetro de los ovocitos de mayor tamaño. En las hembras grávidas se registró el número de embriones en cada útero y estos se sexaron y midieron (LT y LPC mm). Finalmente en el caso de los machos, se midió la longitud del gonopterigio y se midió el largo y ancho de los testículos (García-Vázquez, 2018; Chávez, 2021).

### 5.2.3 Análisis de datos

Para describir la composición de tallas se realizaron histogramas de frecuencia con el número de individuos de forma general abarcando el total de muestras (diferenciando hembras y machos), así mismo se hicieron histogramas de frecuencia con el número de individuos de cada sexo diferenciando los estadios de madurez que se encontraron en cada sexo (Delgado-Ramos, 2023).

Para estimar la proporción de sexos se hizo el conteo de individuos de ambos sexos y se dividió la cantidad de hembras entre la cantidad de machos viendo si se cumplía una proporción 1:1, mediante la prueba de chi cuadrado ( $X^2$ ) con un nivel de confianza del 95% (García-Vázquez, 2018).

Se buscaron relaciones entre la LT de los individuos y las medidas de las estructuras de los órganos reproductivos de cada sexo. Para las hembras se tomó la longitud y ancho de las glándulas oviducuales, así como la longitud de los úteros en hembras no grávidas. Para los machos se comparó con la longitud del gonopterigio, así como la longitud y el ancho de los testículos. Posteriormente se aplicaron pruebas de homogeneidad de varianzas T-student para comparar medidas entre órganos reproductivos del lado izquierdo y del lado derecho en ambos sexos. Al no encontrar diferencias, se utilizó la medida promedio entre los órganos de ambos lados para el ajustar el modelo de regresión pertinente, por otro lado al encontrar diferencias entre medidas de ambos lados se usaron los datos obtenidos de los órganos del lado derecho para ajustar el modelo de regresión pertinente (Delgado-Ramos, 2023).

Para establecer la talla media de madurez y maternidad se calculó la  $L_{50}$  que se define como la talla a la cual el 50% de los organismos muestreados son clasificados como maduros sexualmente, dado por la ecuación:  $P_m = 1 / [1 + e^{(b+a*LT)}]$  donde  $P_m$  es la proporción de individuos maduros, donde a través del software R se obtuvo con valores binomiales, de 0 para organismos inmaduros y de 1 para individuos maduros en ambos sexos. De igual forma para estimar la talla media de maternidad

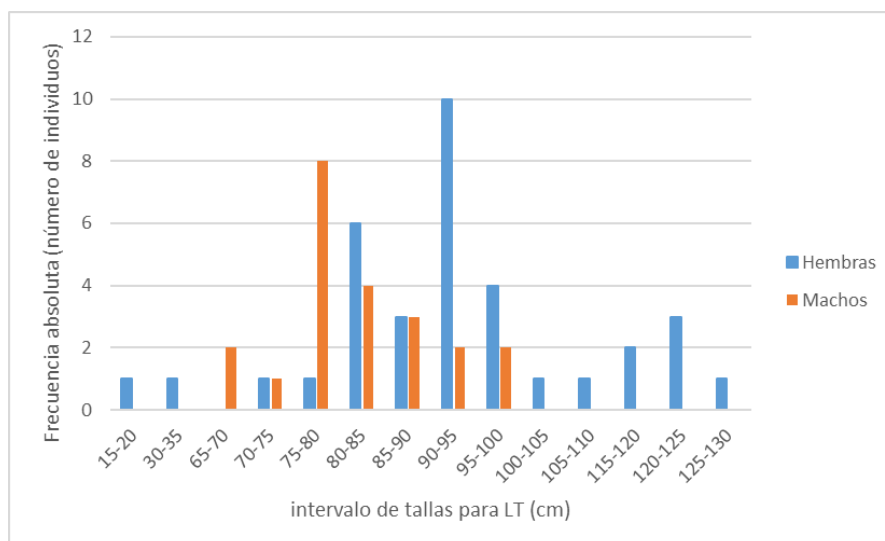
se aplicó la misma ecuación donde se usó el mismo criterio, tomando como 0 las hembras no grávidas y 1 para hembras grávidas (García-Vázquez, 2018).

Finalmente, para hacer la descripción del ciclo reproductivo se analizó el cambio en el diámetro de los ovocitos de mayor tamaño a lo largo de los meses promediando dichos valores. De igual forma se tomó y promedió la LT en los embriones encontrados en hembras grávidas a lo largo de los meses (Delgado-Ramos, 2023).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 PROPORCIÓN DE SEXOS Y COMPOSICIÓN DE TALLAS

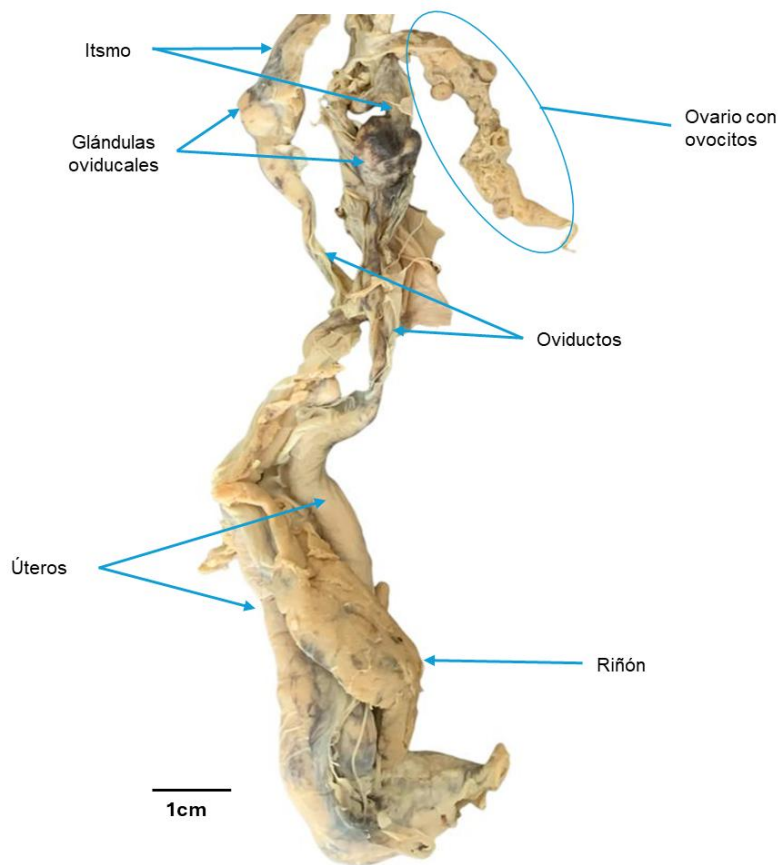
Se utilizaron 57 organismos de *M. lunulatus* con tallas entre 15 y 130 cm LT, de las cuales 35 fueron hembras con una LT entre 15 y 130 cm y 22 fueron machos con LT de 67 a 98 cm (Figura. 5), con una proporción sexual de 1.5H:1M ( $X^2$ : 2.96,  $p < 0.05$ ), evidenciando que no hubo una diferencia significativa en dicha proporción. En cuanto a los embriones se obtuvieron 57 hembras y 66 machos, teniendo una proporción de 0.83H:1M ( $X^2$ : 0.66,  $p < 0.05$ ) observándose de igual forma que, no se presentó una diferencia significativa en embriones.



**Figura 5.** Distribución de frecuencia de tallas por sexo de *M. lunulatus* a partir de la longitud total en Santa Rosalía, B.C.S.

## 6.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE APARATO REPRODUCTOR EN HEMBRAS

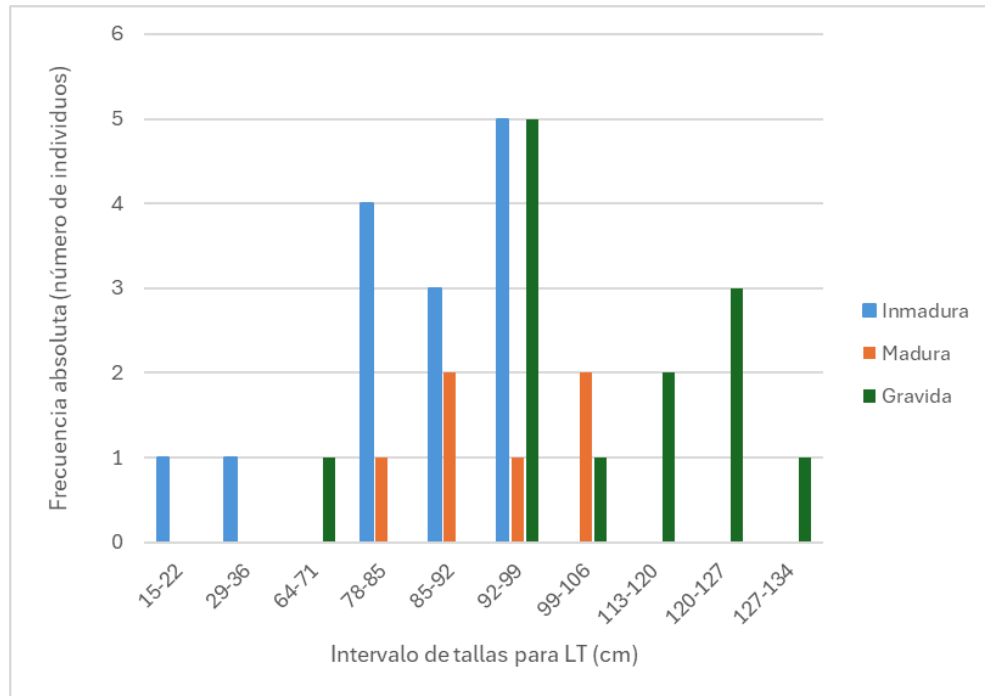
Las hembras de *M. lunulatus* se caracterizan por presentar internamente un ovario funcional, el cual se conecta a oviductos anteriores conocidos como istmos que están unidos a las glándulas oviducuales que presentan una forma característica de corazón. A estas estructuras se comunican dos oviductos posteriores que están unidos a dos úteros que pueden o no contener embriones, los cuales desembocan al sistema urogenital por medio de la cloaca (Figura. 6).



**Figura 6.** Aparato reproductor de una hembra de *M. lunulatus*.

### 6.2.1 Composición de tallas

Para la determinación de los estadios de madurez en hembras se usaron 33 organismos, de las cuales se pudieron clasificar 14 como inmaduras con tallas entre 15 y 96 cm de LT, 6 como maduras midiendo entre 84 y 105 cm de LT mientras que, 13 fueron clasificadas como grávidas con LT de entre 70 y 130 cm (Figura. 7).



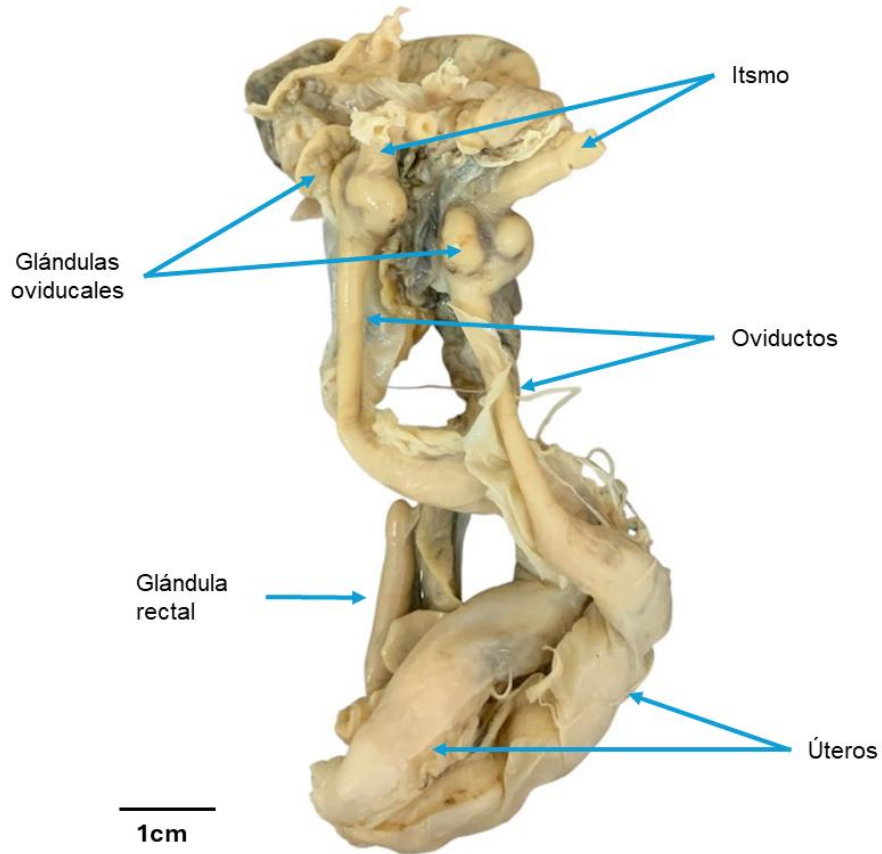
**Figura 7.** Distribución de frecuencia de tallas teniendo en cuenta la LT por estadio de madurez en hembras de *M. lunulatus* de Santa Rosalía, B.C.S.

### 6.2.2 Estadios de madurez

#### 6.2.2.1 Inmadura

Las hembras inmaduras se caracterizan por tener ovarios pequeños con ovocitos blancuzcos con 0.3 cm de diámetro, sin embargo la gran mayoría de las muestras trabajadas no contaban con dicho órgano. Conductos como el istmo y oviducto son delgados con una apariencia flácida. Las glándulas oviducales presentaron entre 1 a 1.9 cm de ancho y entre 1 a 2 cm de longitud, los úteros mostraron una apariencia delgada en forma tubular presentando longitudes entre 5.2 a 13.5 cm de longitud.

Todas las estructuras presentaron una coloración entre amarillo-blancuzco a rosa pálido (Figura. 8).

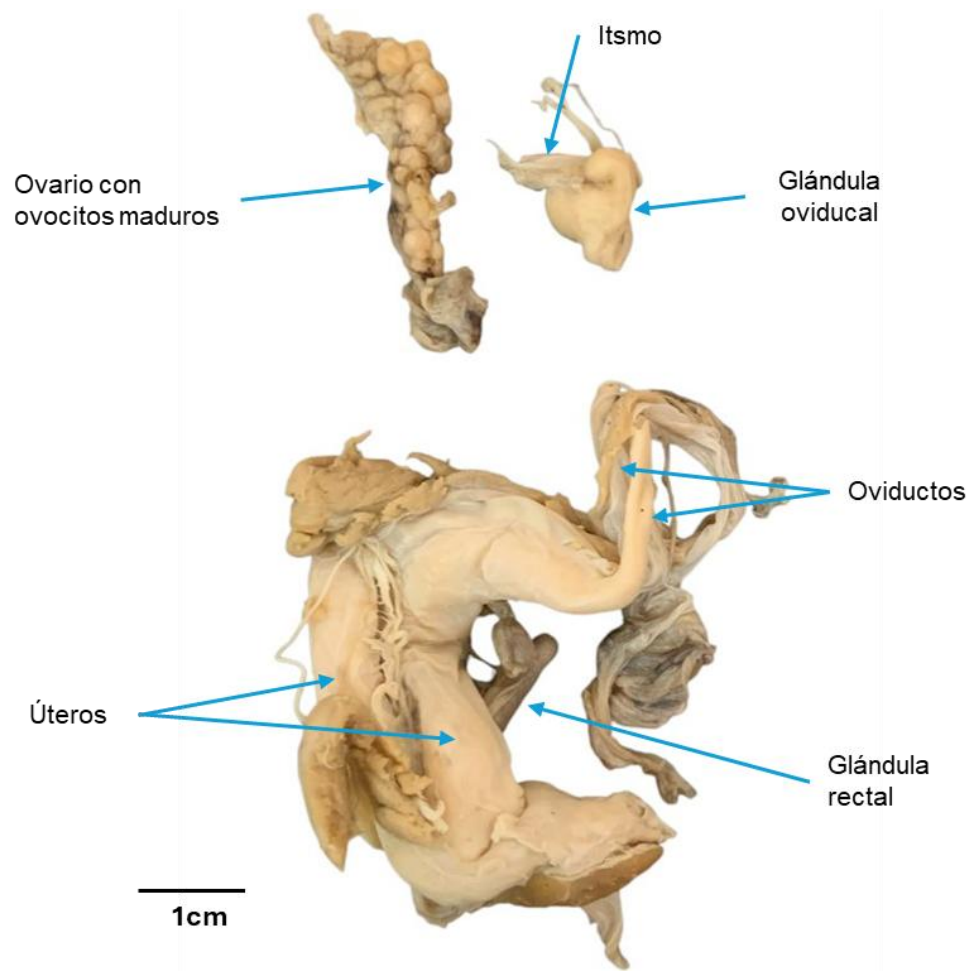


**Figura 8.** Aparato reproductor de una hembra inmadura de *M. lunulatus*.

#### **6.2.2.2 Madura**

Las hembras maduras muestreadas se caracterizaron por ovarios con ovocitos de distintos tamaños (pequeños a grandes) con coloración que van desde blancas a amarilla siendo que los ovocitos más grandes midieron de 0.4 a 1.2 cm de diámetro. Conductos como el istmo y oviducto se ensanchan. Las glándulas oviduciales presentaron de 0.9 a 2.5 cm de ancho y de 1 a 2.3 cm de longitud. En cuanto los

úteros presentaron longitudes entre 8.3 a 14.6 cm de longitud. Presentando todas las estructuras una coloración rosada (Figura. 9).

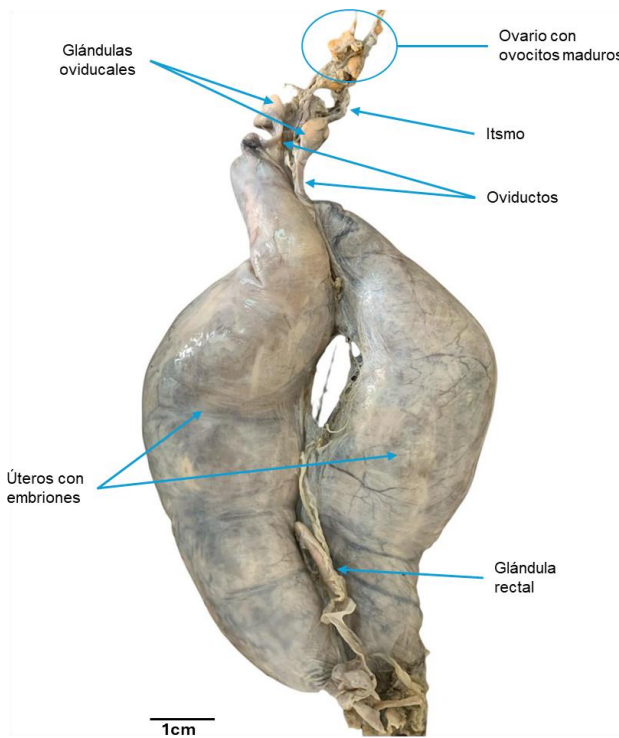


**Figura 9.** Aparato reproductor de una hembra Madura de *M. lunulatus*.

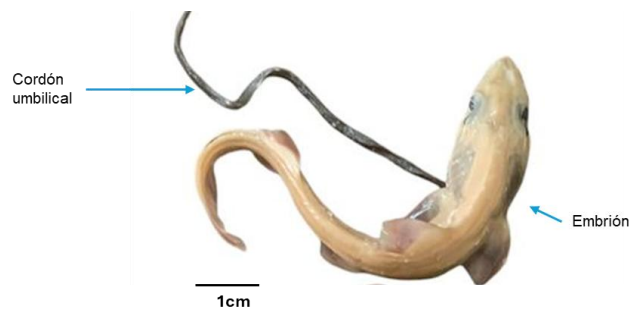
### 6.2.2.3 Grávida

Las hembras grávidas se caracterizaron por tener características morfológicas y medidas similares en estructuras como los ovarios, el istmo, las glándulas oviducal y los oviductos con respecto a las hembras maduras. En cuanto a los úteros se observó un crecimiento debido a la presencia de embriones midiendo más de 19 cm de longitud (Figura. 10). Al ser una especie vivípara placentaria los

embriones están conectados a la madre por medio de un “cordón umbilical” (Figura. 11) y a una placenta, los cuales están rodeados por compartimentos individuales en forma de “s” o “u” para acomodarse en el espacio dado esto se obtuvo una fecundidad uterina de 3 a 20 embriones con un promedio de 11.17 crías por hembra.



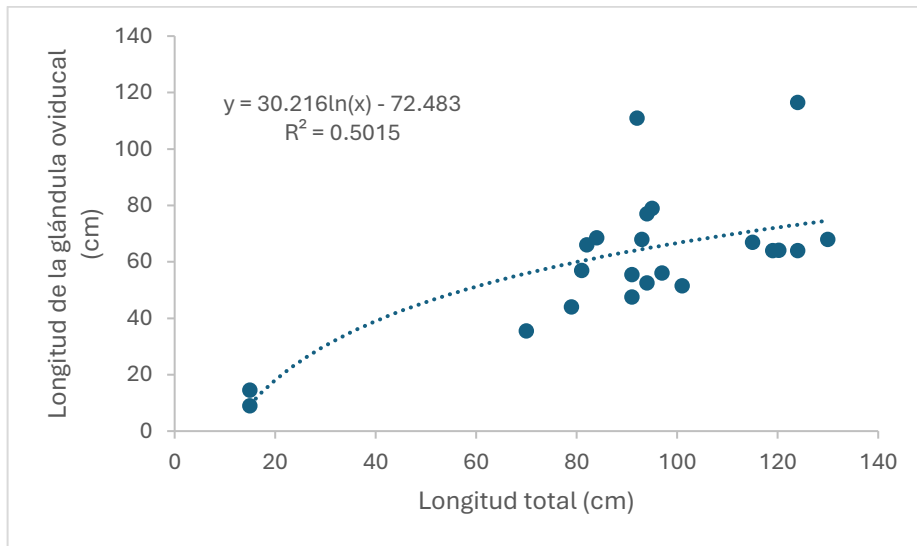
**Figura 10.** Aparato reproductor de una hembra grávida de *M. lunulatus*.



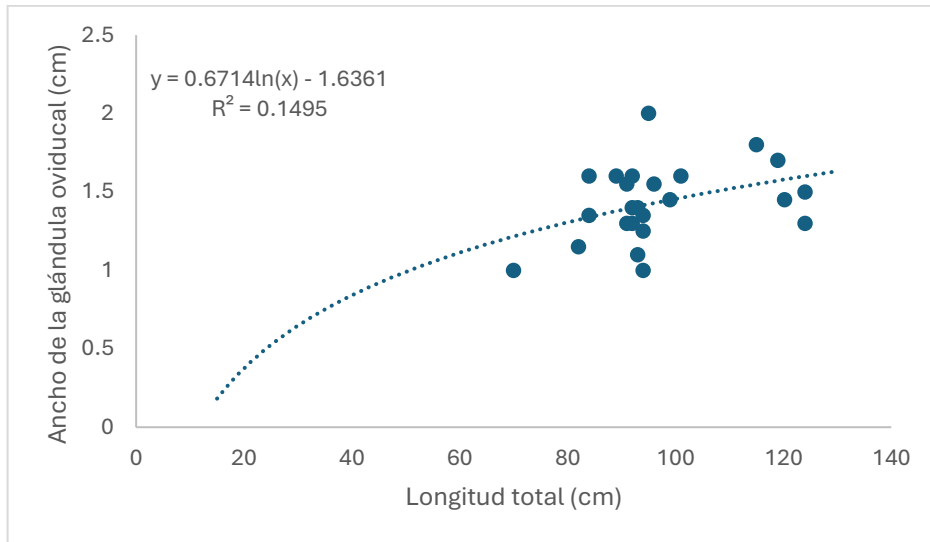
**Figura 11.** Embrión de *M. lunulatus*.

### 6.2.3 Correlaciones morfológicas

Al realizar la correlación de los órganos y la LT se encontró una relación logarítmica significativa entre la longitud de la glándula oviducal y la LT ( $R^2= 0.501$ ) (Figura.12). De igual forma se obtuvo una relación logarítmica no significativa entre el ancho de la glándula oviducal y la LT ( $R^2= 0.149$ ) (Figura. 13).

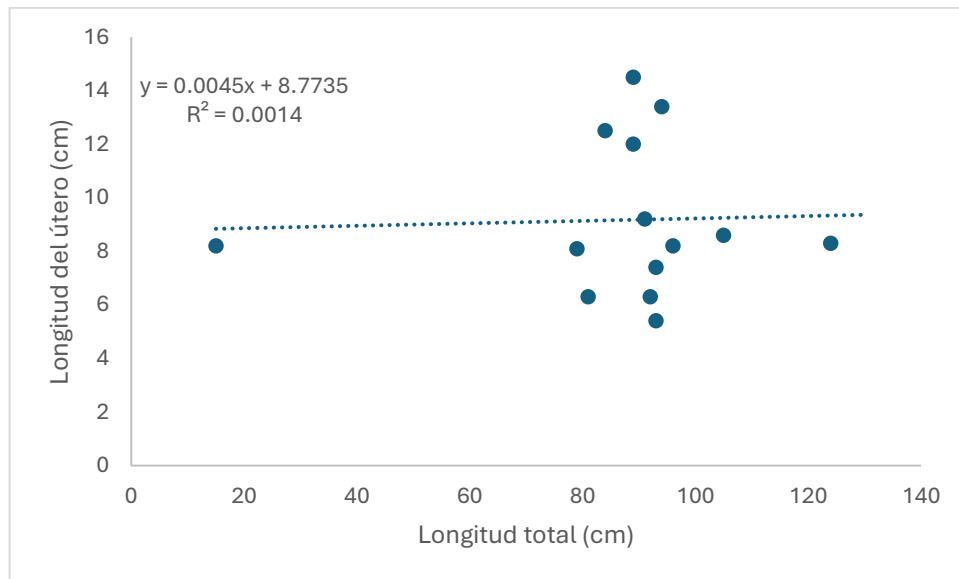


**Figura 12.** Relación entre la longitud de las glándulas oviducal y la longitud total de las hembras de *M. lunulatus*.



**Figura 13.** Relación entre el ancho de las glándulas oviducal y la longitud total de las hembras de *M. lunulatus*.

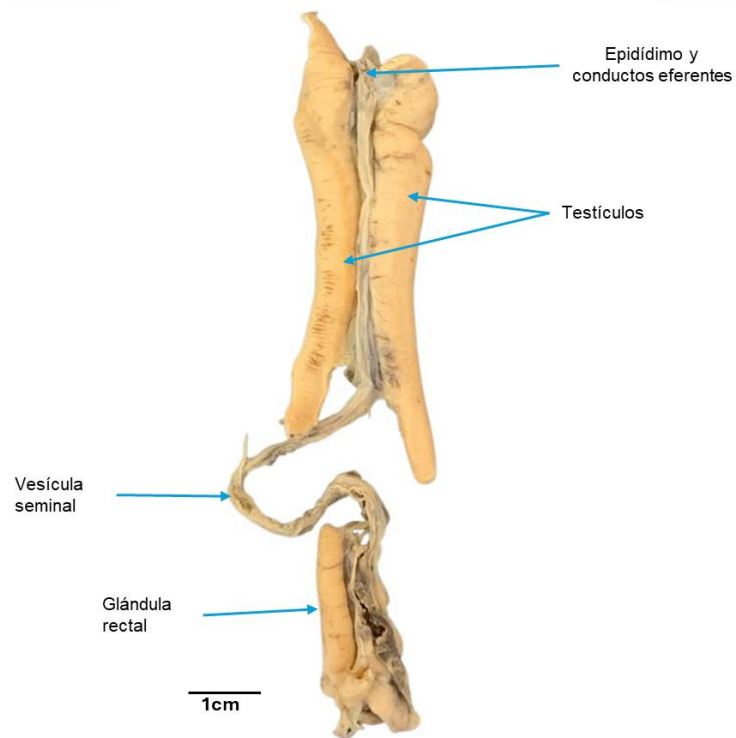
Por otro lado, se obtuvo una correlación lineal no significativa entre la longitud de los úteros y la longitud total ( $R^2=0.0014$ ) (Figura.14), esto puede deberse a que se tomaron datos de la longitud para hembras inmaduras y maduras, ya que en hembras grávidas no se tomó la longitud debido a que el tamaño dependía del estado de desarrollo del embrión, por lo que de manera descriptiva si se vio un cambio en la longitud de los úteros midiendo más de 19 cm.



**Figura 14.** Relación entre la longitud de úteros y la longitud total de las hembras de *M. lunulatus*.

### 6.3 DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE APARATO REPRODUCTOR EN MACHOS

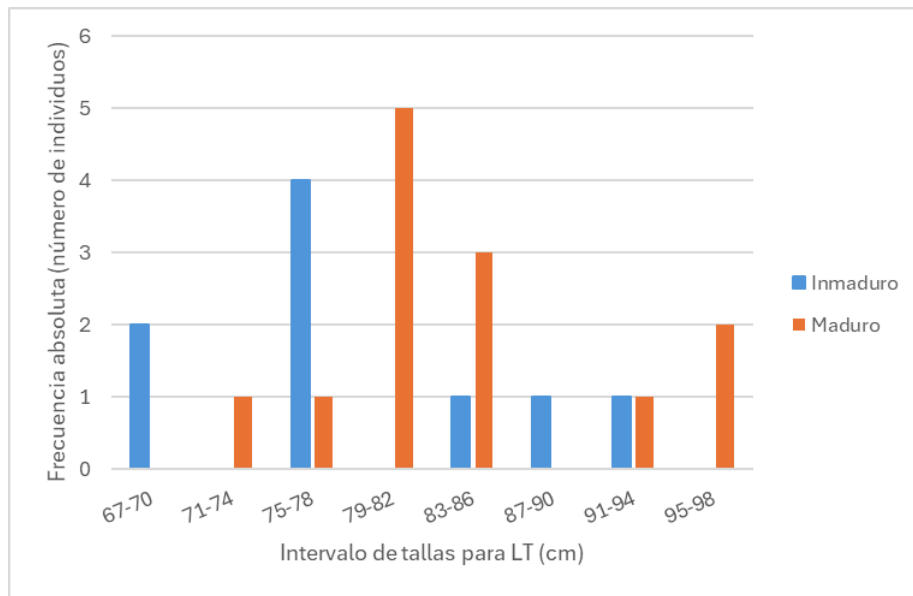
Los machos de *M. lunulatus* se caracterizan internamente por presentar dos testículos que por medio de los conductos eferentes se unen al epidídimo, que desembocan a la vesícula seminal por medio de conductos deferentes “unidos” al riñón (Figura. 15), los cuales se conectan exteriormente a los gonopterigios terminando finalmente en el rifiodón.



**Figura 15.** Aparato reproductor interno de un macho de *M. lunulatus*.

### 6.3.1 Composición de tallas

Para la determinación del estadio de madurez en los machos se utilizaron 22 muestras, de los cuales una mitad se pudo clasificar como inmaduros teniendo LT de 67 a 94 cm y la otra fue considerada como maduros, midiendo LT de entre 71 a 98 cm (Figura. 16).

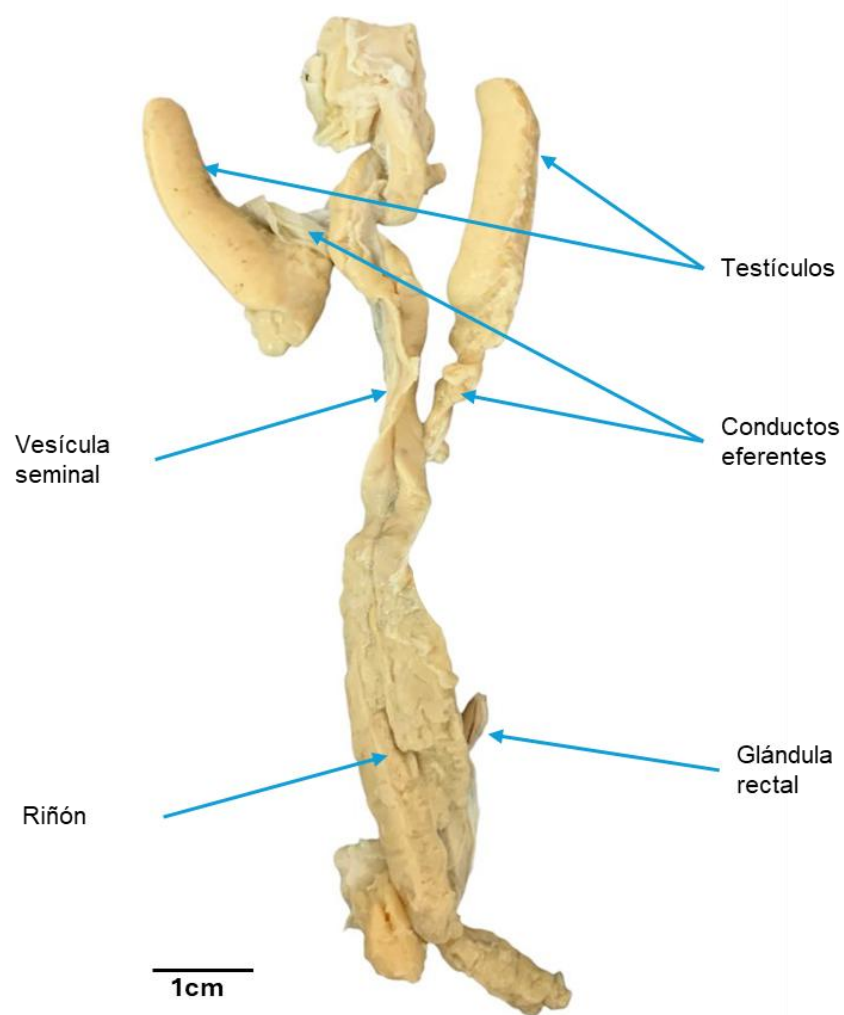


**Figura 16.** Distribución de frecuencia de tallas por estadio de madurez en machos de *M. lunulatus* de Santa Rosalía, B.C.S.

### 6.3.2 Estadios de madurez

#### 6.3.2.1 Inmaduro

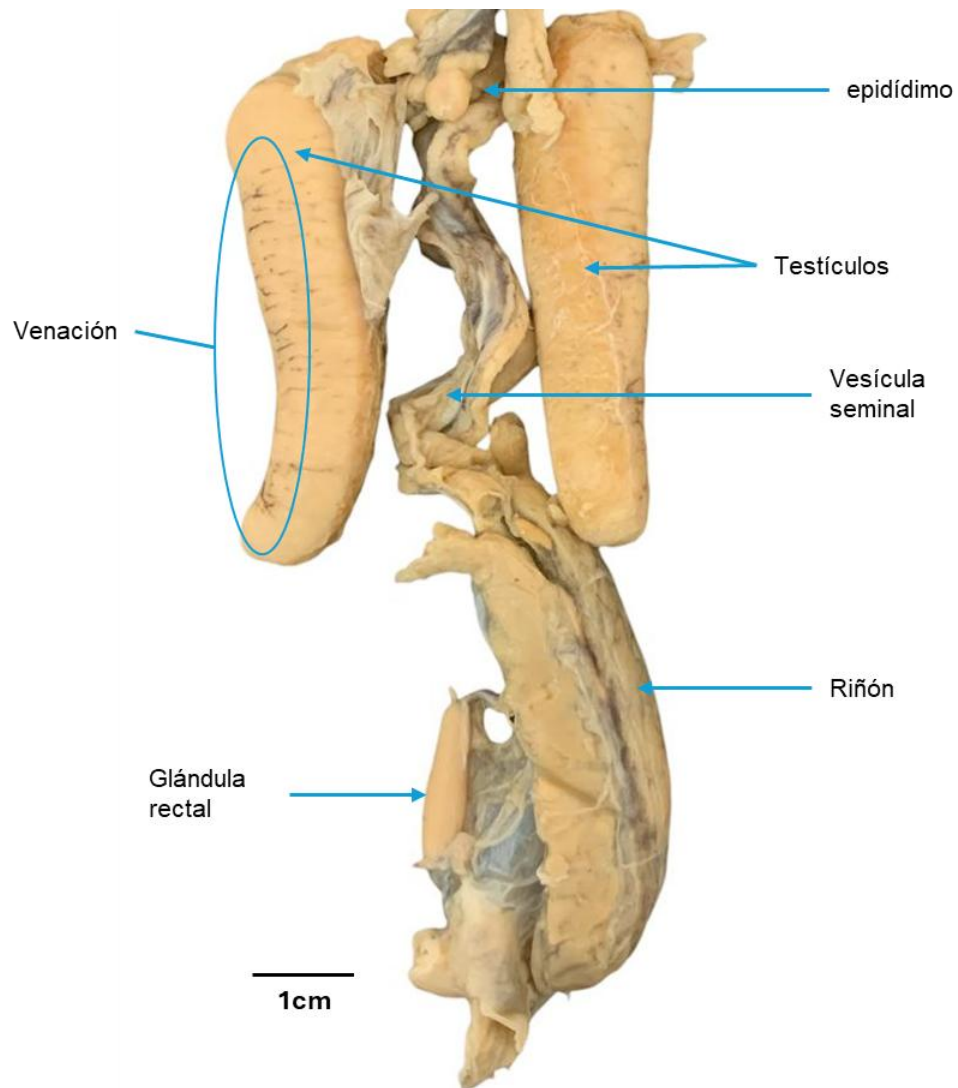
El aparato reproductor de machos inmaduros se caracteriza externamente por poseer gonopterigios con una longitud de 3 a 8.2 cm sin o con poca calcificación y no presentan rotación. Internamente, los testículos son alargados midiendo de 2.3 a 10.2 cm de longitud y de 0.6 a 1.6 cm de ancho, presentando una coloración amarillo lechoso (Figura.17).



**Figura 17.** Aparato reproductor de un macho inmaduro de *M. lunulatus*.

### **6.3.2.2 Maduro**

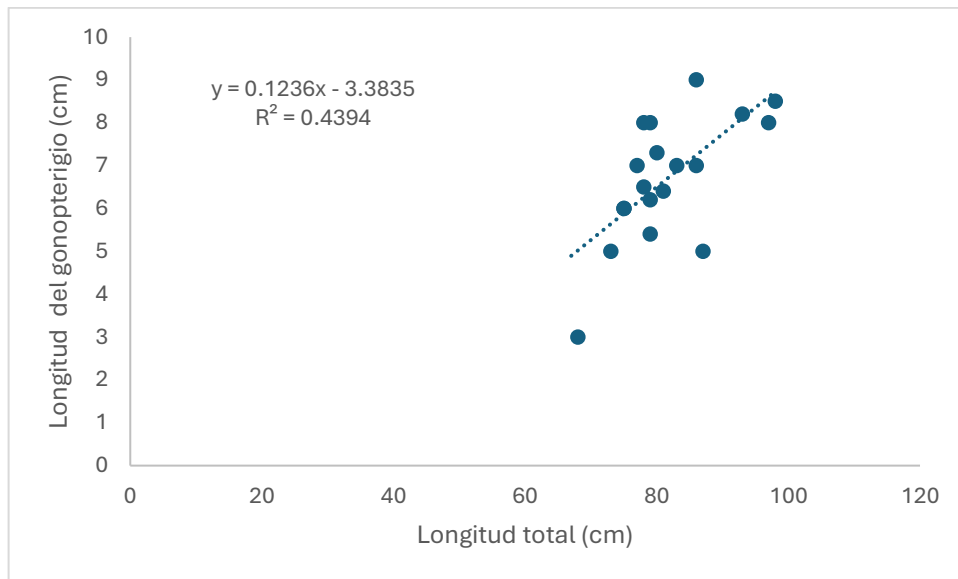
El aparato reproductor de los machos maduros se caracterizó tener gonopterigios completamente calcificados y con rotación de 180° midiendo de 5.4 a 9 cm de longitud. Internamente, los testículos tuvieron una longitud de 4 a 11.5 cm y midieron entre 0.8 y 2.2 cm de ancho, en general los órganos presentaron un cambio de coloración de amarillo claro a amarillo oscuro con presencia de una venación oscura (Figura. 18).



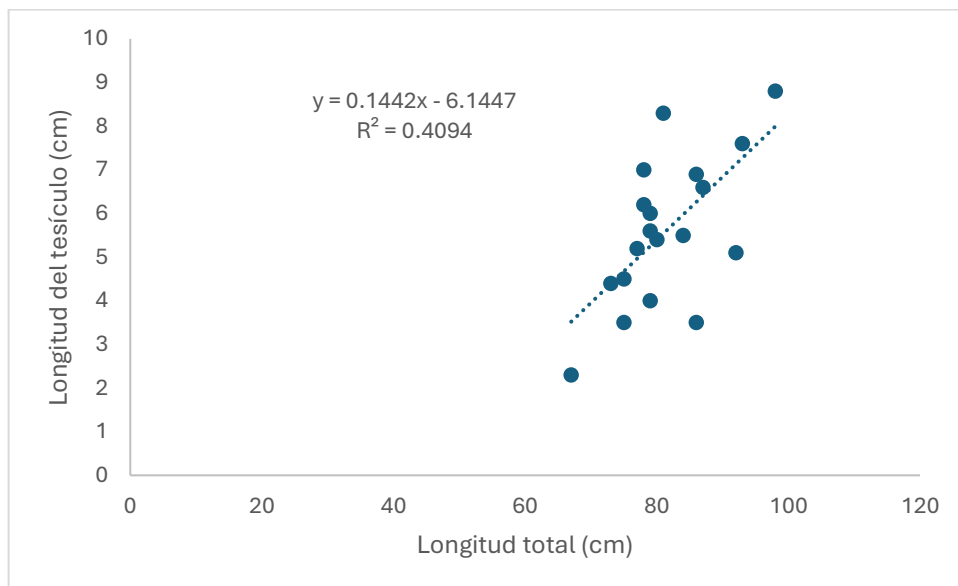
**Figura 18.** Aparato reproductor de un macho inmaduro de *M. lunulatus*.

### 6.3.3 Correlaciones morfológicas

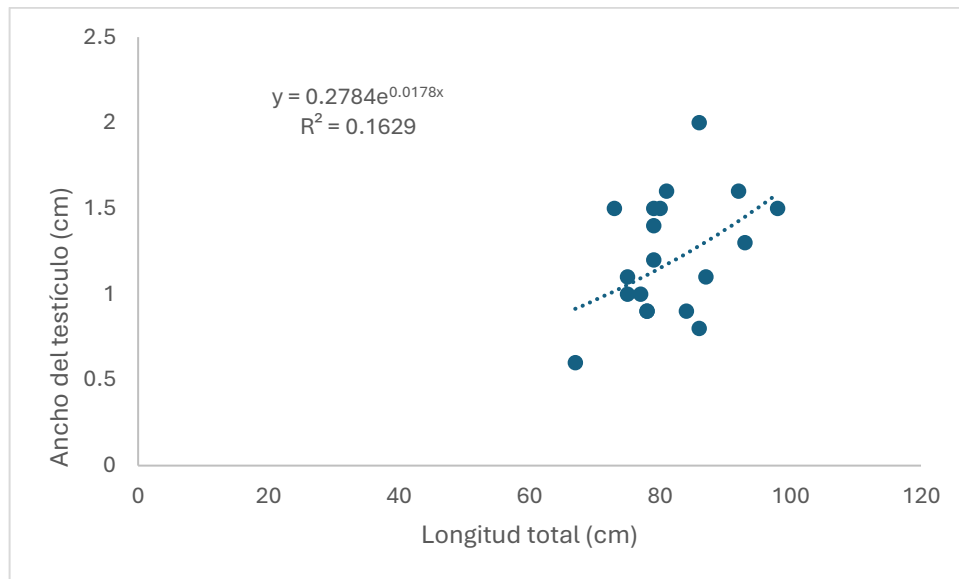
Se obtuvo que para los machos hubo una correlación lineal no significativa entre la longitud del gonopterigio y la LT ( $R^2=0.439$ ) (Figura. 19). De igual manera, se encontró una relación lineal no significativa entre la longitud de los testículos y la LT ( $R^2=0.409$ ) (Figura.20), así como una relación exponencial no significativa entre el ancho de los testículos y la LT ( $R^2=0.162$ ) (Figura. 21).



**Figura 19.** Relación entre la longitud del gonopterigio y la longitud total de los machos de *M. lunulatus*.



**Figura 20.** Relación entre la longitud del testículo y la longitud total de los machos de *M. lunulatus*.



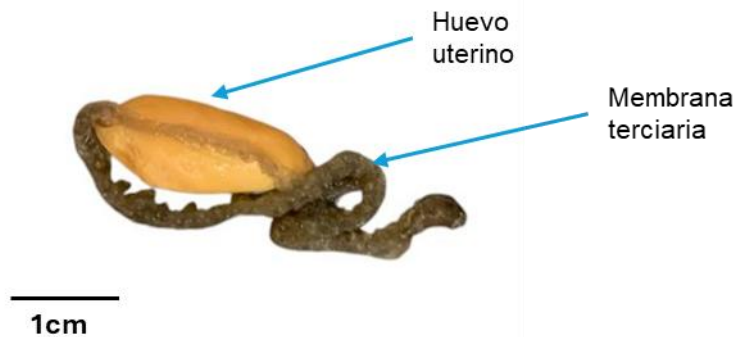
**Figura 21.** Relación entre el ancho del testículo y la longitud total de los machos de *M. lunulatus*.

#### 6.4 CRECIMIENTO EMBRIONARIO

Fue posible diferenciar 5 etapas de desarrollo del embrión de *Mustelus lunulatus* que se describen a continuación:

##### 6.4.1 Etapa 1

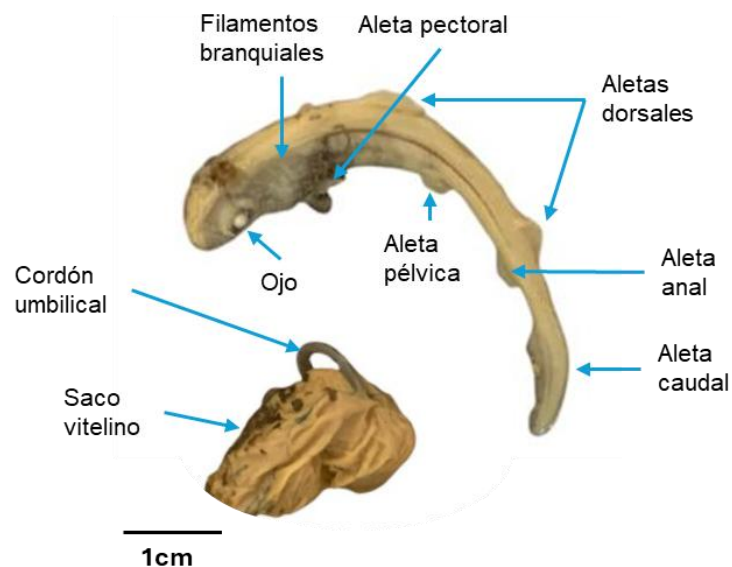
Esta etapa se observaron huevos uterinos indiferenciados que midieron de 2 a 4 cm de longitud, los cuales poseen una gran cantidad de vitelo de coloración amarilla y una membrana terciaria que lo recubre, siendo esta el saco vitelino del futuro embrión (Figura. 22). Por otro lado no se encontraron embriones en la segunda etapa de desarrollo.



**Figura 22.** Embrión en etapa 1 del desarrollo embrionario de *M. lunulatus*.

### 6.4.2 Etapa 3

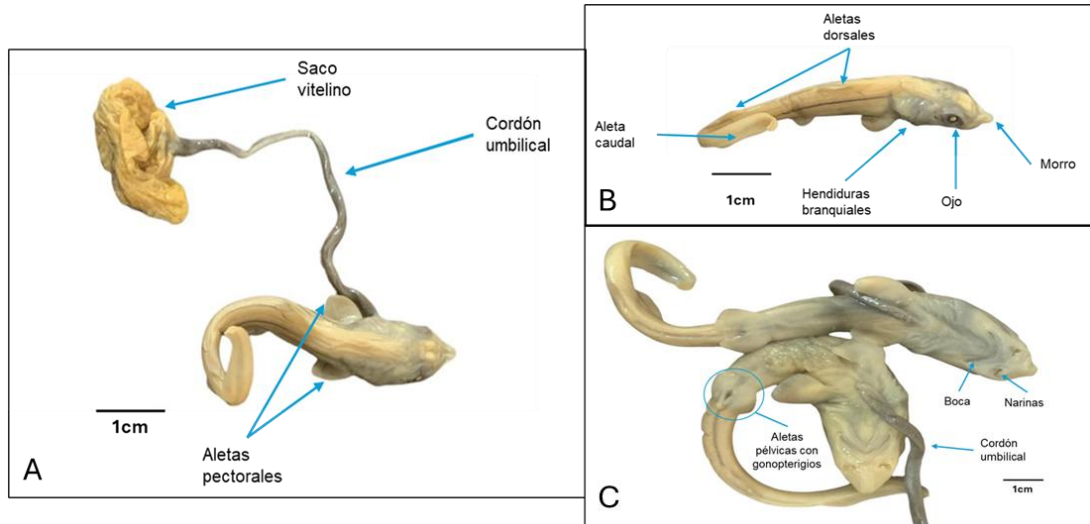
Los embriones de esta etapa midieron entre 5 y 6.2 cm de LT y una coloración amarilla clara. En los que se observaron estructuras que se empiezan a definir como ojos, filamentos branquiales, aletas pectorales, pélvicas y caudales. Por otro lado el huevo uterino se desarrolló en saco de vitelo el cual alimenta al embrión por medio del cordón umbilical (Figura. 23)



**Figura 23.** Embrión en etapa 3 del desarrollo embrionario de *M. lunulatus*.

### 6.4.3 Etapa 4

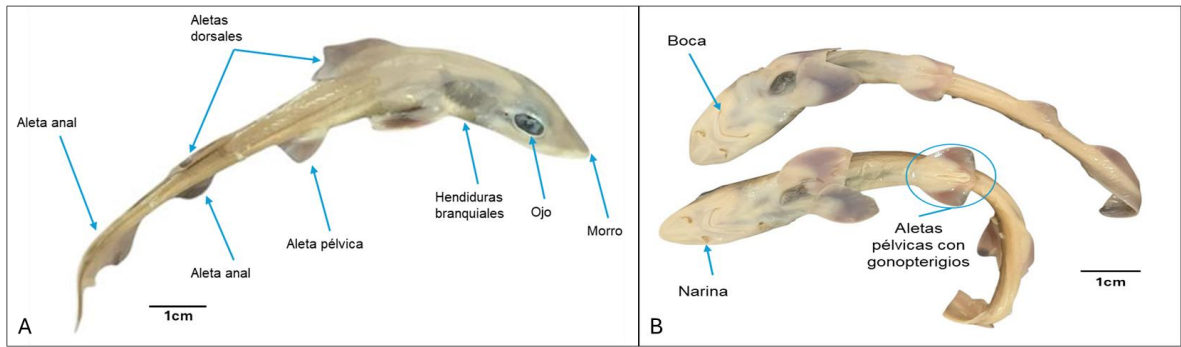
En esta etapa los embriones midieron entre 8.1 y 9.5 cm de LT y tienen una coloración un poco más oscura. En cuanto a estructuras se observó que empiezan a tener un aplanamiento a nivel de la cabeza para formar el morro, se siguen definiendo más las aletas, sus branquias se diferencian y el saco vitelino disminuye de tamaño y se une a la madre (Figura. 24).



**Figura 24.** A) vista dorsal, B) lateral y A) ventral de embriones en etapa 4 del desarrollo embrionario de *M. lunulatus*.

### 6.4.4 Etapa 5

Para esta etapa se encontró que los embriones midieron entre 12.2 y 17.7 cm de LT y su coloración se empieza a diferenciar entre la parte dorsal siendo más oscura y la parte ventral clara. el morro y las aletas se terminan de definir y su cuerpo dentro del útero se acomodó en forma de “u” para tener más espacio (Figura. 25). Se observó la conexión con la madre por medio de la pseudo-placenta (la cual ayuda al transporte de alimento hacia el embrión por el cordón umbilical).



**Figura 25.** A) vista lateral y B) ventral de embriones en etapa 5 del desarrollo embrionario de *M. lunulatus*.

#### 6.4.5 Etapa 6

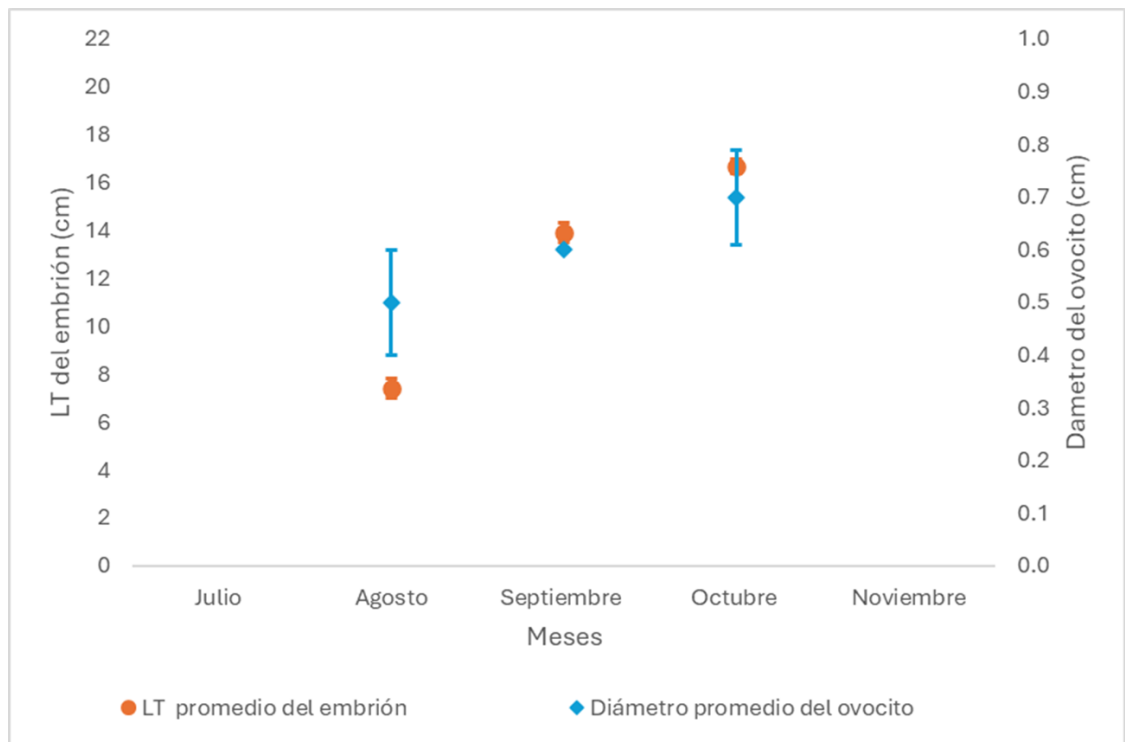
En esta etapa se encontró que los embriones alcanzaron una LT menor de 18.5 cm y una coloración oscura-grisácea en la parte dorsal y blanco/claro en la parte ventral (característica de la especie) conservando rasgos de los embriones de la etapa 5 (Figura. 26), registrándose una LT máxima de 21.8 cm.



**Figura 26.** Embriones en etapa 6 del desarrollo embrionario de *M. lunulatus*.

## 6.5 CICLO REPRODUCTIVO

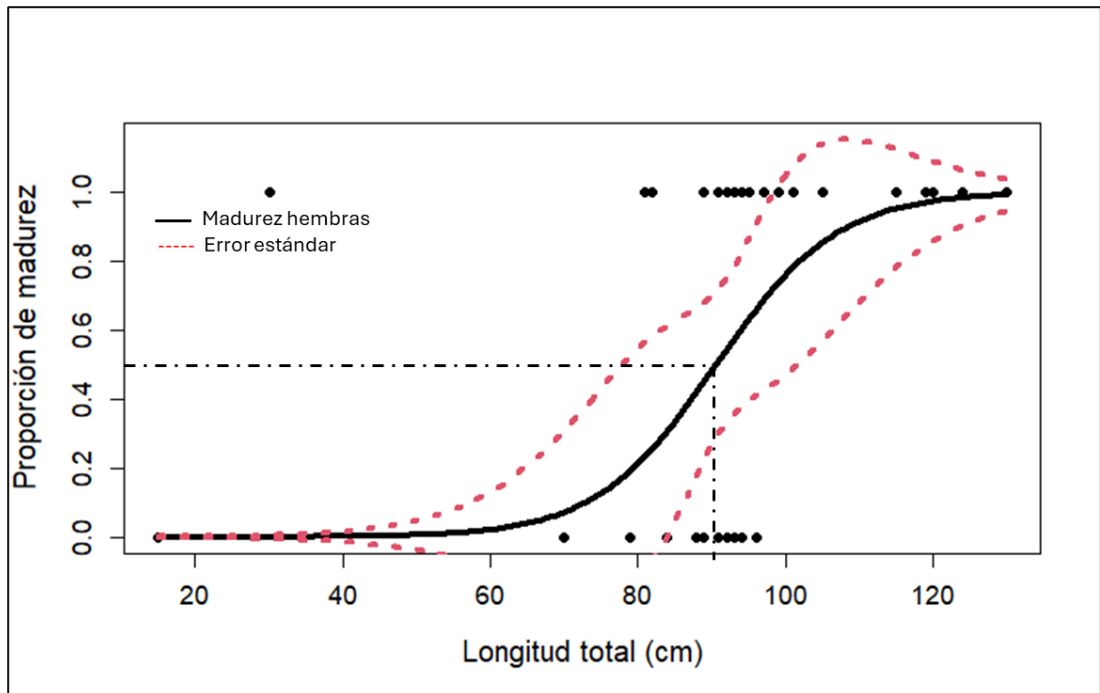
Las muestras de *M. lunulatus* fueron colectadas de julio a noviembre entre el 2019 y el 2023. En el que se obtuvieron datos tanto del promedio de la LT de los embriones como del promedio del diámetro del ovocito más grande en el ovario de las hembras maduras (Figura. 27). Encontrando que para el mes de agosto una los embriones tuvieron una LT promedio de 7.4 cm con un error estándar ( $\pm 0.4$ ); mientras que los ovocitos presentaron un diámetro promedio de 0.5 cm con un error estándar ( $\pm 0.1$ ). En el mes de septiembre los embriones tuvieron una LT promedio de 13.9 cm con un error estándar ( $\pm 0.4$ ); los ovocitos tuvieron un diámetro promedio 0.6 con un error estándar (0.0) y para el mes de octubre los embriones midieron en promedio 16.7 cm de LT con un error estándar ( $\pm 0.3$ ); mientras que los ovocitos tuvieron un diámetro promedio de 0.7 cm con un error estándar ( $\pm 0.09$ ).



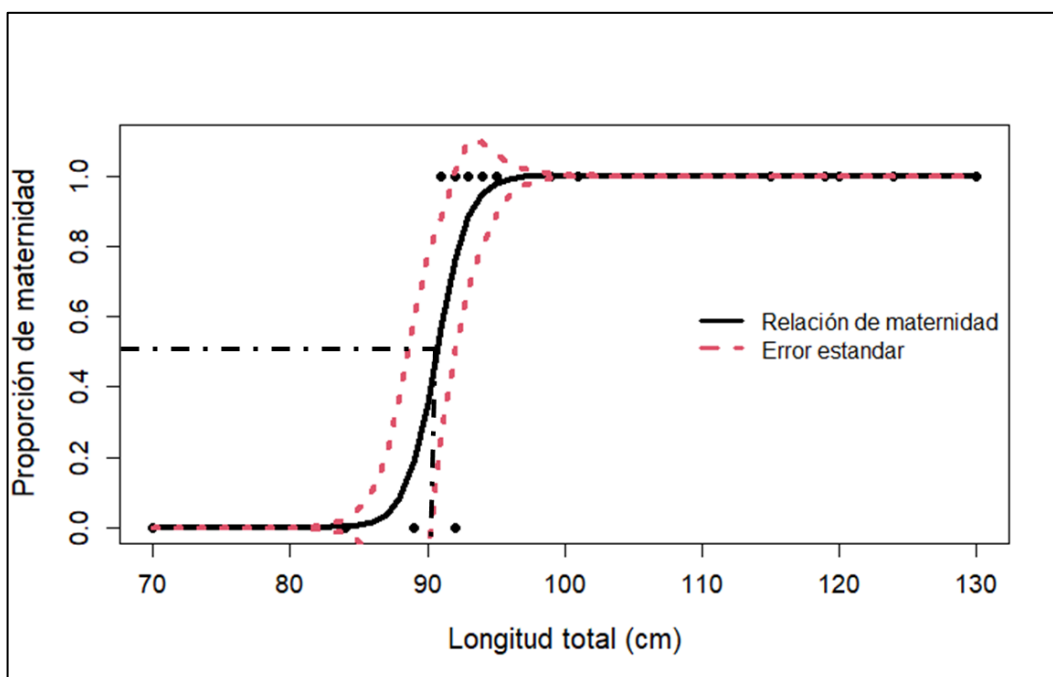
**Figura 27.** Ciclo reproductivo de *M. lunulatus* en Santa Rosalía teniendo en cuenta el promedio de la LT de los embriones y el promedio del diámetro del ovocito más grande a través de los meses.

## 6.6 TALLA MEDIA DE MADUREZ ( $L_{50}$ ) Y TALLA DE MATERNIDAD ( $L_{50m}$ )

Se estimó que la talla media de madurez ( $L_{50}$ ), en este caso para los machos se alcanza a los 76.4 cm de LT con un error estándar ( $\pm 5.25$ ); encontrando el 95% de aquellos llegan a su madurez a los 105.4 cm de LT con un error estándar ( $\pm 21.27$ ) (Tabla. 1). En las hembras se obtuvo que su  $L_{50}$  fue de 90.62 cm de LT con un error estándar ( $\pm 3.37$ ) (Figura. 28) encontrando que el 95% de ellas maduran alcanzando los 114.46 cm de LT con un error estándar ( $\pm 14.83$ ) (Tabla. 1). En cuanto a la talla de maternidad ( $L_{50m}$ ) se encontró que las hembras de *M. lunulatus* se consideran grávidas 90.68 cm de LT con un error estándar ( $\pm 0.75$ ) (Figura. 29) encontrando que el 95% se consideran grávidas al alcanzar los 94.0 cm de LT con un error estándar ( $\pm 1.62$ ) (Tabla. 1).



**Figura 28.** Talla media de madurez sexual en hembras de *M. lunulatus* en Santa Rosalía, B.C.S.



**Figura 29.** Talla de maternidad en hembras de *M. lunulatus* en Santa Rosalía, B.C.S.

**Tabla 1.** Talla estimada y error estándar de la L<sub>50</sub> y la L<sub>95</sub> en hembras, machos y maternidad.

		Talla estimada (cm)	Error estándar
<b>Hembras</b>	L <sub>50</sub>	90.62	3.37
	L <sub>95</sub>	114.46	14.83
<b>Machos</b>	L <sub>50</sub>	76.40	5.25
	L <sub>95</sub>	105.47	21.27
<b>Maternidad</b>	L <sub>50</sub>	90.64	0.75
	L <sub>95</sub>	94.01	1.62

## 7. DISCUSIÓN

En el estudio llevado a cabo por García-Vázquez (2018) en la costa occidental de B.C.S (Bahía Tortugas) se obtuvo un intervalo de tallas general de *M. lunulatus* de

51 a 126 cm de LT. siendo similar al rango obtenido en este estudio de 15 a 130 cm de LT para Santa Rosalía. Encontrándose para ambos estudios que las LT hembras alcanza mayores tallas que los machos, por otra parte hubo similitudes en las tallas de los organismos colectados entre ambos lugares ya que las hembras de Santa Rosalía tuvieron una LT máxima (130 cm) fue mayor a las de Bahía Tortugas (126 cm); mientras que los machos de Santa Rosalía presentaron una LT máxima (98 cm) fue menor a los machos encontrados en Bahía Tortugas (101 cm). Dicha similitud podría deberse a que tanto en Santa Rosalía como en Bahía Tortugas se utiliza la red de enmalle como arte de pesca.

Al hacer comparaciones en la LT de machos y hembras tanto Briones-Mendoza *et al.* (2018) como en este estudio, se obtuvo que las hembras alcanzan un mayor tamaño que los machos. Lo que concuerda con el patrón de crecimiento de los elasmobranquios y en el caso de *M. lunulatus* al ser vivíparo placentario, las hembras alcanzan mayores tallas, (Delgado-Ramos, 2023). Esto puede deberse a que en ellas se requiere un mayor espacio interno para albergar el desarrollo completo de los embriones hasta el momento del parto.

Evaluando la proporción sexual, tanto para Navia *et al.* (2006) como para este estudio no se presentaron diferencias significativas. Siendo que en el Pacífico colombiano se obtuvo una proporción 1:1 con 50 individuos analizados, mientras que en el Pacífico mexicano se tuvo una proporción de 1.5:1 con 57 individuos analizados. Esto podría deberse a la baja cantidad de muestras empleadas por lo que se necesitaría un mayor número de muestras.

En el caso de los embriones presentaron una proporción sexual de 1:1 en *M. lunulatus*. Este equilibrio entre sexos dentro del útero es compartido para especies del género como *M. californicus* y *M. henlei* (Silva-Santos, 2012; García-Vázquez, 2018; Delgado-Ramos, 2023). Esto podría deberse a una estrategia de *M. lunulatus* para dar a luz la misma cantidad de hembras que de machos.

La anatomía del sistema reproductor encontrado en las hembras de *M. lunulatus* es acorde a lo reportado en reproducción vivípara, es decir un ovario funcional, un par de oviductos anteriores, la presencia de dos glándulas oviducuales, de oviductos posteriores y de úteros (Dood, 1983; Hamlett, 2011) y dependiendo el estadio en que se encuentre tiene una apariencia y tamaño distintivo.

El ovario en organismos inmaduros se caracteriza por tener los ovocitos pequeños, de coloración blanquecina clara y diámetro pequeño (García-Vázquez, 2018). Si bien en este estudio se obtuvieron pocas muestras de inmaduro con presencia de ovario distinguible, se pudo corroborar que presentaba un diámetro de ovocitos dentro del rango reportado. Para hembras maduras (Figura. 7) y grávidas (Figura. 8) de *M. lunulatus* con especies similares como *M. californicus* (Delgado-Ramos, 2023) y *M. henlei* (Silva-Santos, 2012). Comparten un aumento en el diámetro y cambio en la coloración dependiendo de la cantidad de vitelo que tenga el ovocito encontrándose en el ovario distintos tipos de maduración, dicha disposición hace que presenten un desarrollo sincrónico, lo que puede sugerir que varios ovocitos pueden ser fecundados, protegidos por la glándula oviducal y llegar a desarrollarse en el útero entre 3 a 20 embriones.

Este órgano conocido como glándula oviducal, en los condrictios además de ser un órgano clave para su éxito reproductivo puesto que se encarga de proporcionarle al futuro embrión protección ya sea que estos permanezcan dentro de su madre con membranas terciarias hasta el momento del parto o desarrollarse fuera de ella por medio de huevos; se considera como una estructura determinante para saber la diferenciación en el estadio en que se encuentra la hembra (Galíndez, 2016). Para *M. lunulatus* de este estudio se observó que de acuerdo con el estadio en que se encuentre la hembra, la forma de la glándula oviducal puede variar, encontrándose que en el estadio inmaduro tenía una apariencia de frijol que midió hasta 2 cm de longitud y 1.9 cm de ancho, mientras que en un estadio maduro y grávido las glándulas tuvieron una característica forma de corazón con una longitud y ancho máximo de 2.3 y 2.5 cm respectivamente.

El cambio morfológico coincide con lo encontrado por García-Vázquez (2018); sin embargo, este autor tuvo en cuenta solo el ancho de este órgano siendo el tamaño máximo para hembras inmaduras de 1.2 cm y para maduras y grávidas ancho máximo fue de 1.7. Esta diferencia se puede deber a que la talla máxima de las hembras inmaduras (96cm), maduras y grávidas (130 cm) de Santa Rosalía es mayor a LT máxima de hembras inmaduras (91 cm), maduras y grávidas (126) en Bahía Tortugas.

Con respecto a la correlación de la glándula oviducal y el tamaño de las hembras se obtuvo un incremento en el tamaño y un cambio en la forma de este órgano dando la pauta de la diferenciación entre un estadio inmaduro y un estadio maduro de manera tanto en el ancho como longitudinalmente. Lo que concuerda con lo encontrado para el género *Mustelus* por García-Vázquez (2018) debido al ensanchamiento de este.

Otro órgano indicativo al estadio de madurez en el que se encuentra organismo es el útero ya que en condricios está adaptado para la fecundación interna teniendo la capacidad de distenderse para albergar a su descendencia, con el fin de que la hembra contenga a los embriones hasta el final de la gravidez o para albergar una cantidad determinada de huevos que serán expulsados para que el desarrollo embrionario se produzca por fuera de la madre (Galíndez, 2016). Lo anterior, se pudo evidenciar en las hembras de *M. lunulatus*, donde a medida que se desarrollaba la hembra, la longitud del útero aumentó de 13.5 cm en hembras inmaduras hasta más de 19 cm en hembras grávidas. Aunque no se tomó el ancho como en los individuos de Bahía Tortugas hecho por García-Vázquez (2018). Hubo concordancia con este estudio en el desarrollo y cambio de coloración de este órgano pasando de angosto y amarillo-blanquecino en estadio inmaduro a distendido y amarillo oscuro con venas notorias.

La fecundidad uterina hace referencia al número de embriones que una hembra puede albergar; para *M. lunulatus* en la costa oriental de Baja California Sur (Santa

Rosalía) se encontró que las hembras tuvieron entre 3 a 20 embriones, siendo similar la cantidad de 1 a 21 embriones encontrados en hembras en la costa occidental de Baja California Sur (Bahía Tortugas). Dichas variaciones se pueden deber a la disponibilidad de espacio interno del útero gracias a su longitud y cuánto puede distenderse para albergar a los embriones que está directamente relacionado a que talla tiene el organismo.

Como resultado de lo anterior se establece una correlación entre la longitud del útero y la LT se encontró que fue no significativa. Sin embargo, de manera descriptiva se encontró una correspondencia en el cambio en la longitud y anchura con lo encontrado en *M. californicus* (Delgado-Ramos, 2023), *M. henlei* (Silva-Santos, 2012) y *M. lunulatus* (Pérez-Jiménez y Sosa-Nishizaki, 2010).

En cuanto a la anatomía del sistema reproductor encontrado en los machos de *M. lunulatus*, se encontró que es acorde a lo reportado para condriictios, cuya estrategia reproductiva es la fertilización interna, por lo que estos organismos presentan gonopterigios como estructuras externas y testículos, epidídimo, conductos eferentes, deferentes y vesícula seminal como órganos internos (Dood, 1983; Hamlett, 2011) y dependiendo el estadio en que se encuentre tiene una apariencia y tamaño distintivo.

Externamente los gonopterigios son estructuras importantes para establecer el estadio de maduración en el que se encuentre el individuo debido al grado de calcificación, la rotación y en menor medida la longitud que posea. De acuerdo con lo anterior, para individuos inmaduros se observaron órganos con calcificación nula o parcial, sin rotación y con longitud que va desde 1 cm a 9.4 cm, mientras que los organismos maduros se caracterizaron por tener gonopterigios totalmente calcificados, con rotación de 180° y una longitud que va de 7 a los 12 cm (Briones-Mendoza, 2018; García-Vázquez, 2018). Lo cual corresponde a lo encontrado en el presente estudio, donde tanto machos inmaduros como maduros se encontraron dentro del intervalo longitudinal, con grado de calcificación y rotación similares.

Aunado a esta información, se encontró una relación positiva entre la longitud del gonopterigio y la LT en Bahía Tortugas y una baja relación para los machos de Santa Rosalía.

En machos de *M. lunulatus* de la costa occidental de B.C.S se obtuvo que en un estadio inmaduro los testículos son alargados con una longitud máxima de 9.4 cm y delgadas con un ancho máximo de 1 cm sin venación evidente y de coloración amarilla clara, mientras que en un estadio maduro estos órganos alargan a 11.1 cm y se ensanchan hasta 1.6 cm, con una coloración amarilla oscura y su rasgo distintivo es la aparición de venas de color oscuro (García-Vázquez, 2018). Esto corresponde a lo encontrado en este estudio en cuanto al cambio de apariencia de machos inmaduros a machos maduros, por otro lado en Santa Rosalía se obtuvieron medidas del largo y ancho de los testículos similares a las reportadas en Bahía Tortugas. Sin embargo se encontró que entre el ancho y longitud de los testículos con respecto a la LT en bahía Tortugas fue una correlación significativa, en contraste a Santa Rosalía en la que se obtuvo una correlación no significativa.

Con respecto a la variación mensual de la LT de los embriones y el diámetro de los ovocitos, *M. lunulatus* presentan un ciclo reproductivo de unos 11 meses, es decir, anual continuo ya que tienen una ovulación vitelogenica entre los meses de agosto a octubre en Santa Rosalía. Coincidiendo con lo reportado para especies del género *Mustelus* como *M. californicus* (Pérez-Jiménez y Sosa-Nishizaki, 2010), *M. henlei* (Soto- López *et al.*, 2018). Mientras que en Bahía Tortugas ocurre de julio a septiembre (García-Vázquez, 2018). En cuanto a la LT de los embriones Pérez-Jiménez y Sosa-Nishizaki (2010) mencionaron que el nacimiento suceda entre febrero y mayo, y aunque en este estudio no se tuvieron datos de estos meses se puede inferir el mismo periodo puesto que las primeras etapas de desarrollo se empezaron a observar en el mes de agosto.

El desarrollo embrionario en *M. lunulatus* en aspectos generales corresponde al crecimiento embrionario a especies cercanas que comparten el ser vivíparos

placentados como *M. californicus* (Delgado-Ramos, 2023) y *M. henlei* (Silva-Santos, 2012). Compartiendo la presencia de cordón umbilical para el desarrollo y buen término del embarazo, el cual en las primeras 3 etapas de desarrollo les sirve para asimilar el contenido del saco vitelino y en las últimas 3 etapas de desarrollo los conecta a la madre (García-Vázquez, 2018).

La talla de madurez en hembras al norte de Baja California fue mayor a la encontrada a los organismos colectados en Baja California Sur (Pérez-Jiménez y Sosa-Nishizaki, 2010). Dicha diferencia se pudo deber a una sobreestimación en la proporción de individuos en estadio inmaduro de las hembras. Por otro lado, hacia Bahía Tortugas (B.C.S hacia la costa pacífica) se obtuvo una  $L_{50}$  de 85.36 cm de LT (García-Vázquez, 2028), mientras que para Santa Rosalía se obtuvo una  $L_{50}$  de 90.42 cm de LT, lo que indicaría que las hembras de la costa occidental de B.C.S tenderían a madurar a menores tallas en comparación de las hembras de la costa oriental de B.C.S esto podría deberse a factores como la disponibilidad de alimento y variaciones en la temperatura de cada sitio (García-Vázquez, 2018). La talla media de maternidad en Baja California Sur contrastando la costa occidental de B.C.S con la costa del Golfo de California, se encontró que en Bahía Tortugas con un  $L_{50}$  de 95.73 cm LT fue mayor a la talla media estimada para Santa Rosalía de 90.68 cm LT.

La talla media de madurez estimada en los machos en general fue más pequeña que en las hembras. Sin embargo, no se encontró una diferencia marcada entre la  $L_{50}$  estimada en 76.2 cm LT para los organismos de Bahía Tortugas (García-Vázquez, 2018) y la  $L_{50}$  de 76.4cm LT de los individuos de Santa Rosalía (B.C.S). Por el contrario, hacia (Baja California) se tuvo una talla de madurez de 91.5 cm LT, que al igual que en las hembras se pudo producir por una sobreestimación por una alta proporción de machos inmaduros (Pérez-Jiménez y Sosa-Nishizaki, 2010).

## 8. CONCLUSIONES

- En relación con el intervalo de tallas de *M. lunulatus* en Santa Rosalía presento un intervalo de 15 a 130 cm de LT, evidenciando un dimorfismo sexual en el que las hembras presentan mayores tallas que los machos. En cuanto a la proporción sexual, se determinó un relación sin diferencias significativa cercanas a uno tanto en adultos como en embriones.
- La descripción macroscópica de las gónadas permitió diferenciar estadios inmaduros y maduros en ambos sexos, por medio de estructuras reproductivas que reflejaron cambios evidentes asociados a la maduración.
- En cuanto a las correlaciones morfométricas en general se observó un incremento en el tamaño de los órganos reproductores en proporción al crecimiento corporal, aunque algunas correlaciones no resultaran estadísticamente significativas.
- En cuanto a fecundidad uterina y desarrollo embrionario se obtuvo un intervalo de 3 a 20 embriones por hembra, los cuales presentaron cinco fases diferenciables que confirmaron un patrón de viviparidad placentaria con un ciclo anual continuo.
- La talla media de madurez fue estimada en 90.62 cm de LT para las hembras y 76.40 cm de LT para los machos, mientras que la talla media de maternidad ( $L_{50m}$ ) fue de 90.62 cm de LT.

## 9. RECOMENDACIONES

- Debido a que *Mustelus lunulatus* es un recurso importante para la pesca en Baja California Sur, se recomienda seguir investigando acerca de la biología reproductiva para contar con mejores elementos que permitan plantear un adecuado manejo pesquero.
- Se recomienda ampliar el muestreo tanto en número de muestras como en representatividad durante el año en la costa del Golfo de California de B.C.S para poder robustecer la descripción del ciclo reproductivo en esta área.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Arce-Acosta, M. 2015. Interacciones entre pesquerías ribereñas en el corredor Santa Rosalía-Mulegé, Baja California Sur. Tesis M. Cs. Inst. Politécnico Nacional CICIMAR. 98p.

Briones-Mendoza, J., Pincay-Espinoza, J. E., Palma-Chávez, J. y Romero-Caicedo, A. 2018. Notas sobre la biología del tiburón mamona *Mustelus lunulatus* (Carcharhiniformes: Triakidae) en el Pacífico Central ecuatoriano., 53(2), 279-284p.

Cabrera G, D. 2024. Ecología trófica del cazón bironche *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882), en la costa centro-occidental del Golfo de California, México. Tesis M. Cs. Inst. Politécnico Nacional CICIMAR. 72p.

Camhi, M., Fowler, S.L., Musick J.A, Bräutigam, A. and Fordham, S.V. 1998. Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 39p.

Chávez S, F.M. 2021. Biología reproductiva del tiburón *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882) de Santa Rosalía, Baja California Sur. Tesis. Lc. UNAM. 86p.

CONAPESCA-INP, 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80p.

- Delgado-Ramos, A.H. 2023. Biología reproductiva del tiburón mamón gris *Mustelus californicus* (Gill, 1864) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Tesis M. Cs. Inst. Politécnico Nacional CICIMAR. 80p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2023. Carta Nacional Pesquera. México. SEGOB. SAGARPA.
- Dood, J.M. 1983. Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). In: Fish Physiology. Hoar, W. S., D. J. Randall y E. M. Donalson. (ed.). Academic Press, Inc. 9A:31-95p.
- Galíndez, E.J. 2016. Reproducción de peces cartilaginosos. Una revisión de algunas adaptaciones reproductivas. Cs. Morfol. 18(1): 20-33p.
- García-Vázquez, G. 2018. Biología reproductiva del tiburón *Mustelus lunulatus* (Gordan and Gilbert, 1883) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Tesis M. Cs. Inst. Politécnico Nacional CICIMAR. 130p.
- Gómez, G.O., Zapata, L.A., Franke, R.A. y Ramos, G.E. 2003. Hábitos alimentarios de *Mustelus lunatus* y *M. henlei* (pisces: Triakidae) colectados en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 32: 219-229p.
- Hamlett, W.C. 2011. Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras. CRC press. 3: 576p.
- Lavin, M.F. and Marinone, S.C. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: Velasco-Fuentes, O.U., Sheinbaun, J. and Ochoa de la Torre, J.L (Eds.) Nonlinear processes in geophysical fluid dynamics. Kluwer Academic Publ. Baja California, México. 173-207p.
- Mojetta, A. 2006. Tiburones. Guía del mundo submarino. Panamericana. 167p.
- Navia, A.F., Giraldo, A. y Mejía-Falla, P.A. 2006. Notas sobre la biología y dieta del toyo vieja (*Mustelus lunulatus*) en la zona central de pesca del Pacífico colombiano. Investig. Mar. 34(2):217-222p.
- Navia, A.F., Zapata, L.A., Mejía-Falla, P.A., Teillaud, S., Diazgranados, M.C., Suarez, A. y Puentes, V. 2017. *Mustelus lunulatus*. 114-117. En: Chasqui, V.L., Polanco, A.F., Acero, A.P., Mejía-Falla, P.A., Navia, A., Zapata, L.A. y Caldas, J.P.(Eds) 2017. libro rojo de peces marinos de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Serie de Publicaciones Generales de INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 552p.
- Perera-Valderrama, S., Blanco-Parra, M.P., Lara-Lizardi, F., Hoyos-Padilla, E.M., Ketchum, J., Cerdeira-Estrada, S., Martell-Dubois, R., Rosique-de la Cruz, L.O., Caballero-Aragón, H., Alva-Basurto, J.C., Ramos. F.V. y Ressler, R. 2020. Capítulo

VI: Tiburones y rayas. Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano. Conabio. México. 141-155p.

Pérez-Jiménez, J.C. 2006. Biología y taxonomía de los tiburones del género *Mustelus* (Elasmobranchii) de la Región Norte del Golfo de California. Tesis Ecol. Mar., Centro de Investigación Científica y de educación superior. Ensenada. 190p.

Pérez-Jiménez, J.C. and Sosa-Nishizaki, O. 2010. Determining reproductive parameters for population assessments of two smoothhounds (*Mustelus californicus* and *Mustelus lunulatus*) from the northern Gulf of California, Mexico. 86. 3-13p.

Pratt H.L. Jr. and Casey, J.G. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. In *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of Fisheries*". (Eds Pratt Jr H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi.) NOAA Technical Report NMFS. 90: 97–109p.

Ramírez-Amaro, S.R., Cartamil, D., Galván-Magaña, F., González-Barba, G., Graham, J.B., Carrera-Fernández, M., Escobar-Sánchez, O., Sosa-Nishizaki, O. and Rochin-Alamillo, A. 2013. The artisanal elasmobranch fishery of pacific costo of Baja California Sur, México, management implications. *Sci. Mar*, 77(3): 473-487p.

Ramos-Córdoba, L.F. 2021. Revisión de la biología reproductiva de los tiburones del género: *Mustelus*. Tesis Biol Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 75p.

Robertson, D.R., Allen, G.R., Peña, E.C. and Estape, A. 2024. Especie: *Mustelus lunulatus*, Tiburón cazón segador, musola parda. En *Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 3.0* Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/species/79>. Consultado el 2 de diciembre de 2024.

Sánchez-Cota, J.A. 2016. Hábitos alimenticios de tres especies del género *Mustelus*, *Mustelus californicus*, *Mustelus henlei* y *Mustelus lunulatus*, Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Tesis Lic. Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). 79p.

Silva-Santos, J.R. 2012. Biología Reproductiva del tiburón Mamón Pardo *Mustelus henlei* (Gill, 1863) En La Costa Occidental De Baja California Sur, México. Tesis M. Cs. Inst. Politécnico Nacional CICIMAR. 110p.