



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**

**“BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DE *Pseudobatos  
glaucostigmus* (JORDAN & GILBERT, 1883) EN SANTA ROSALÍA,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”**

**TESIS**

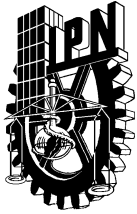
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA:**

**DANAY DE LA CARIDAD MARTÍNEZ RIVEAUX**

**LA PAZ, B. C. S., MÉXICO. JUNIO DE 2021.**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.**, siendo las **12:00** horas del día **14** del mes de **Junio** del **2021** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** para examinar la tesis titulada: **"BIOLÓGIA DE LA REPRODUCCIÓN DE *Pseudobatos glaucostigmus* (JORDAN & GILBERT, 1883) EN SANTA ROSALÍA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO".** del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	MARTÍNEZ	Apellido Materno:	RIVEAUX	Nombre (s):	DANAY DE LA CARIDAD
-------------------	----------	-------------------	---------	-------------	---------------------

Número de registro: **A 1 9 0 4 9 1**

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 6.0% de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI**  **NO**  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:** *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original)*

**\*\*Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:

**" SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS VIGENTES"**

### COMISIÓN REVISORA DE TESIS

DRA. ROSA ISABEL OCHOA BÁEZ

Director de Tesis  
Nombre completo y firma

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

Nombre completo y firma

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

Nombre completo y firma

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

2º director de Tesis  
Nombre completo y firma

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

Nombre completo y firma

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

Nombre completo y firma  
**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**



## **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

### **CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 22 del mes de Junio del año 2021

El (la) que suscribe BIÓL. DANAY DE LA CARIDAD MARTÍNEZ RIVEAUX Alumno (a) del Programa  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A190491 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 DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA  
y cede los derechos del trabajo titulado:

"BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DE PSEUDOBATOS GLAUCOSTIGMUS (JORDAN & GILBERT, 1883)  
EN SANTA ROSALÍA, BAJA CALIFORNIA SUR, 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. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: danay.caridad16@gmail.com - rochoa@ipn.mx - fgalvan@ipn.mx

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

BIÓL. DANAY DE LA CARIDAD MARTÍNEZ RIVEAUX

*Nombre y firma del alumno*

Danay Martinez

# Manuscrito Danay\_14-jun-2021 reducido.pdf

## Resumen de fuentes

**6%**  
SIMILITUD GENERAL



1	tesis.ipn.mx INTERNET	<1%
2	www.scielo.org.mx INTERNET	<1%
3	es.wikipedia.org INTERNET	<1%
4	www.biblioteca.cicimar.ipn.mx INTERNET	<1%
5	www.repositoriodigital.ipn.mx INTERNET	<1%
6	digaohm.semar.gob.mx INTERNET	<1%
7	docplayer.es INTERNET	<1%
8	es.unionpedia.org INTERNET	<1%
9	www.redalyc.org INTERNET	<1%
10	www.scielo.org.co INTERNET	<1%
11	www.slideshare.net INTERNET	<1%
12	www.enextincion.com INTERNET	<1%
13	www.cef.ulaval.ca INTERNET	<1%
14	cibnor.repositorioinstitucional.mx INTERNET	<1%
15	es.slideshare.net INTERNET	<1%
16	issuu.com INTERNET	<1%

17	www.lajar.cl	INTERNET	<1%
18	doi.pangaea.de	INTERNET	<1%
19	inapesca.gob.mx	INTERNET	<1%
20	www.clubensayos.com	INTERNET	<1%
21	www.coursehero.com	INTERNET	<1%
22	www.scielo.sa.cr	INTERNET	<1%
23	eprints.uanl.mx	INTERNET	<1%
24	hdl.handle.net	INTERNET	<1%
25	redeportiva.com	INTERNET	<1%
26	repositoriodigital.ipn.mx	INTERNET	<1%
27	www.ieo.es	INTERNET	<1%
28	www.researchgate.net	INTERNET	<1%
29	www.scribd.com	INTERNET	<1%

**Se excluyeron los depósitos de búsqueda:**

- Ninguno

**Excluido del Informe de Similitud:**

- Bibliografía
- Citas textuales
- Citas
- Coincidencias menores (10 palabras o menos)

**Se excluyeron las fuentes:**

- Ninguno

# *D*edicatoria

*Primero a mi Dios que me ha ayudado en todo momento y Él es mi razón de vivir.*

*A mi esposo amado y a mis familiares, todo mi amor para uds. En especial a las mujeres hermosas de la familia: mi abuela Teresa, mi mamá y mi hermanita Devorah... tan lindas y llenas de amor para mí.*

*A mis amigos y hermanos que han levantado mis brazos en todo momento.*

## Agradecimientos

A mis directores de tesis: Dra. Rosa Isabel Ochoa Báez y al Dr. Felipe Galván Magaña, gracias por darme la oportunidad de trabajar en sus proyectos. Les agradezco muchísimo su paciencia, por estar pendientes de mí en cada momento para que todo saliera bien. ¡¡Gracias por confiar en mí!!

Al Dr. Rene Torres Villegas por todas sus enseñanzas y por impartirme un poco de su conocimiento y por dejarme tomar las microfotografías en su equipo.

Gracias Dr. Marcial por sus consejos, y por su colaboración al dejarme utilizar el laboratorio de Morfofisiología.

Gracias al Instituto Politécnico Nacional y al CICIMAR-IPN por esta oportunidad y toda la ayuda que he recibido durante el desarrollo del Posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la ayuda económica para que pudiera terminar mis estudios.

Agradezco a Humberto, a César (de asuntos escolares) y a Magda, como respetuosamente le decimos, por ayudarme a concluir exitosamente cada trámite que necesité realizar durante el posgrado.

A los proyectos:

SIP 20200317. "BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LAS RAYAS EN LA COSTA OCCIDENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA" por darme las muestras para realizar los estudios, y SIP 20201266. "ECOLOGÍA TRÓFICA DE LAS RAYAS EN LA COSTA OCCIDENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA".

A los compañeros del Galvan-Team que se acercaron para ayudarme. Gracias Gaby por tus comentarios y ayuda. En especial a la Dra. Katherine que me ayudó incansablemente en las técnicas del laboratorio. Katy, gracias por tus consejos y por tu apoyo desde el primer momento que llegué al Cicimar.

Agradezco a los integrantes del comité tutorial: al Dr. Agustín Herrera Hernández. gracias por sus comentarios oportunos para mejorar el trabajo. Al Dr. Rogelio González Armas y al Dr. Leonardo A. Abitia Cárdenas por la revisión del manuscrito y las sugerencias para mejorar.

Muchas gracias a "las extraordinarias", amigas que son como hermanas. Gracias por toda su ayuda incondicional durante el posgrado. Un abrazo chicas.

Quiero agradecer a mi prima Yani y a mis tíos, porque fueron parte del potente motor impulsor en mi vida, sin ellos no lo hubiera logrado. ¡Gracias!

A. Veranez, gracias por compartir tu linda amistad, confianza y consejos conmigo. Eres una gran investigadora y amiga.

# Índice

Página

Índice de figuras y tablas .....	I
Resumen .....	VII
Abstract .....	VIII
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Antecedentes .....	2
Taxonomía .....	2
Distribución geográfica y hábitat .....	3
Caracteres morfológicos de la guitarra moteada .....	3
Hábitos alimenticios .....	5
Modo reproductivo de <i>Pseudobatos glaucostigmus</i> .....	5
Ciclo reproductivo en especies del género <i>Pseudobatos</i> .....	5
Justificación .....	6
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos .....	6
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
Área de muestreo .....	8
Obtención de muestras biológicas en los campos pesqueros .....	8
Trabajo de Laboratorio .....	9
Análisis estadísticos .....	11



<b>RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
<b>Estructura de tallas de <i>Pseudobatos glaucostigmus</i> y composición por sexos .....</b>	<b>13</b>
<b>Distribución temporal de las hembras capturadas .....</b>	<b>13</b>
<b>Características morfológicas del aparato reproductor de las hembras maduras .....</b>	<b>15</b>
<b>Madurez sexual en hembras .....</b>	<b>17</b>
<b>Talla de primera madurez .....</b>	<b>18</b>
<b>Fecundidad uterina .....</b>	<b>18</b>
<b>Características de los embriones en las etapas de desarrollo .....</b>	<b>19</b>
<b>Anatomía microscópica del aparato reproductor femenino .....</b>	<b>21</b>
<b>Ovarios .....</b>	<b>21</b>
<b>Oviducto anterior .....</b>	<b>24</b>
<b>Glándula oviducal .....</b>	<b>24</b>
<b>Oviducto posterior .....</b>	<b>27</b>
<b>Útero .....</b>	<b>28</b>
<b>Seno-urogenital .....</b>	<b>30</b>
<b>Órgano epigonal .....</b>	<b>30</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>Composición de tallas .....</b>	<b>32</b>
<b>Distribución temporal de las hembras .....</b>	<b>33</b>
<b>Proporción por sexos .....</b>	<b>34</b>
<b>Características morfológicas del aparato reproductor.....</b>	<b>35</b>
<b>Diapausa embrionaria .....</b>	<b>36</b>
<b>Talla de madurez sexual .....</b>	<b>37</b>
<b>Fecundidad uterina.....</b>	<b>37</b>
<b>Anatomía microscópica del aparato reproductor.....</b>	<b>38</b>
<b>Ovarios.....</b>	<b>38</b>
<b>Órgano epigonal.....</b>	<b>39</b>
<b>Glándula oviducal .....</b>	<b>39</b>

<b>Istmo.....</b>	<b>39</b>
<b>Útero .....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>

**Referencias bibliográficas**

**Anexos**

## Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas de tinción aplicadas a cada órgano .....	11
Tabla 2. Relación entre la talla (Longitud total) de las hembras preñadas con la presencia de embriones visibles y desarrollados, de acuerdo con el número de crías observadas en los úteros .....	19

## Índice de figuras

Figura 1. Vista dorsal del cuerpo de <i>Pseudobatos glaucostigmus</i> .....	4
Figura 2. Vista dorsal y ventral de la cabeza de la guitarra pinta. (a) Espacios translúcidos a cada lado del hocico. (b) Surcos cartilagosos centrales.....	4
Figura 3. Área de estudio en San Bruno, campo pesquero ubicado en el área de Santa Rosalía, Baja California del Sur.....	8
Figura 4. Estructura de tallas por sexos para la población de <i>P. glaucostigmus</i> en Santa Rosalía, Golfo de California.....	13
Figura 5. Distribución temporal de las hembras de <i>P. glaucostigmus</i> y frecuencia de hembras preñadas recolectadas en el muestreo del 2017-2020 en Santa Rosalía B.C.S.....	14
Figura 6. Distribución de tallas promedio de las hembras de <i>P. glaucostigmus</i> durante los meses de captura en Santa Rosalía B.C.S. Años de muestreo: 2017-2020.....	14
Figura 7. Anatomía externa de los órganos reproductores de dos hembras maduras de <i>P. glaucostigmus</i> .....	15
Figura 8. Variación del diámetro de los ovocitos presentes en el ovario de hembras maduras durante los meses de muestreo.....	16

Figura 9. Relación lineal entre el alto del útero y la longitud total de cada hembra de <i>P. glaucostigmus</i> .....	17
Figura 10. Relación lineal entre el ancho del útero y la longitud total de cada hembra de <i>P. glaucostigmus</i> .....	18
Figura 11. Morfología externa de los primeros estadios de desarrollo embrionario encontrados en la especie <i>Pseudobatos glaucostigmus</i> en la zona de Santa Rosalía B.C.S. ....	20
Figura 12. Embrión de la especie <i>P. glaucostigmus</i> con su saco vitelino. ....	20
Figura 13. Embrión desarrollado en la región ventral muestra su saco vitelino de donde obtiene los nutrientes. ....	21
Figura 14. Sección del ovario de <i>P. glaucostigmus</i> .....	22
Figura 15. Oocitos, vista general de los gránulos de vitelo en un folículo ovárico maduro.....	23
Figura 16. Vista general de un corte longitudinal en el oviducto anterior de <i>P. glaucostigmus</i> . ....	24
Figura 17. Vista de un corte sagital de la glándula oviducal de la especie <i>P. glaucostigmus</i> .....	26
Figura 18. Corte sagital de 3 mμ en el istmo.....	27
Figura 19. Microfotografía del oviducto posterior. ....	28
Figura 20. Esquema. Vista de un corte longitudinal en la parte media del útero. ....	29
Figura 21. Seno urogenital. ....	30

Figura 22. Corte transversal del órgano epigonal..... **31**

Figura 23. Esquema de los tipos celulares encontrados en el órgano epigonal. ....**31**

## Glosario

**Atresia:** es el proceso de degeneración por muerte programada propia de las células en cualquier fase de la foliculogénesis. Las células foliculares adquieren propiedades fagocitarias, reabsorbiendo al ovocito (Hamlett & Koob, 1999).

**Células de Leydig:** son células localizadas en los testículos en el tejido intersticial que liberan testosterona. tienen forma redonda o poligonal con un núcleo central y citoplasma eosinófilo, rico en inclusiones lipídicas (Hamlett, 2005).

**Células de Sertoli:** son células somáticas, eosinófilas alargadas y estriadas, que se encuentran en el epitelio germinativo de los testículos. Están relacionadas con los espermatozoides en proceso de crecimiento (Hamlett, 2005).

**Ciclo gonádico:** es un evento repetitivo dentro de las gónadas que conduce a la producción de gametos (Walker, 2005).

**Ciclo ovárico:** es el período de maduración de los oocitos, al final de una ovulación hasta la siguiente. En este período se pueden observar una serie de estadios de desarrollo por los que pasa la gónada femenina desde el reposo hasta la expulsión de crías (Walker, 2005).

**Cuerpo lúteo:** es una estructura formada a partir del folículo de Graaf en los mamíferos, transforma en cuerpo lúteo cuando el ovocito sale del folículo, inducido por un pico de la hormona Luteinizante (Hamlett, 2005).

**Cuerpo polar:** Al entrar a la meiosis II el ovocito secundario, nuevamente tiene lugar una partición del citoplasma desigual en la que la célula que recibe un poco más que un núcleo haploide formará otro cuerpo polar y la que recibe la mayor parte de los componentes citoplasmáticos formará el óvulo femenino ya maduro (Babin *et al.*, 2007, Maddox *et al.*, 2012).

**Cumáceos:** son crustáceos de la clase Malacostraca y se caracterizan por tener un caparazón que cubre parcialmente el tórax y un abdomen largo cilíndrico (Ramírez-Villalobos *et al.*, 2020).

**Diapausa embrionaria:** es un período en el cual los huevos uterinos fertilizados no se desarrollan inmediatamente. Este patrón de desarrollo se encuentra en algunas especies de elasmobranchios, donde el desarrollo macroscópico de los embriones se observa tiempo después que comenzó la gestación (Simpfedorfer, 1992).

**Dimorfismo sexual:** cuando machos y hembras de la misma especie presentan aspectos diferentes en cuanto a la forma, el color y la talla o con respecto a la época del año (Jones *et al.* 2005).

**Elasmobranquios:** son vertebrados pertenecientes a la subclase Elasmobranchii y la clase Chondrichthyes. Este grupo contiene rayas y tiburones. Presentan esqueleto cartilaginoso y generalmente 5 pares de sacos branquiales (Walker, 2005).

**Epitelio:** lámina de células dispuestas de manera contigua, sin que exista prácticamente matriz extracelular entre ellas. Puede estar formado por una o varias capas y reviste todas las superficies del organismo (Leeson & Leeson, 1985).

**Eritrocitos:** son las células sanguíneas con forma esferoidal que contienen la hemoglobina, aportan el color rojo a la sangre y transportan el oxígeno por el organismo. Pueden presentar la forma de disco bicóncavo cuando están en reposo, esto permite sufrir las modificaciones necesarias para entrar a la microcirculación (Piedras-Ross, 2005).

**Fecundación:** es el proceso en el cual los gametos masculino y femenino se fusionan durante la reproducción sexual para crear un nuevo individuo con un genoma derivado de ambos progenitores (Conrath, 2005).

**Folículo ovárico:** es un saco pequeño lleno de líquido ubicado en el ovario que contiene un óvulo inmaduro (Hamlett, 2005).

**Folículo postovulatorio:** es la membrana externa que rodea al ovocito y permanece luego que éste ha sido liberado, tiene aspecto de saco aplanado (Leeson y Leeson 1985).

**Gestación:** Período de tiempo comprendido entre la fertilización del óvulo y el nacimiento de las crías (Walker, 2005).

**Glándula oviducal:** órgano presente en elasmobranquios, <sup>1</sup>es una especialización del oviducto (con forma de corazón) donde se ha encontrado almacenamiento del esperma. <sup>2</sup>También se conoce como glándula nidamental para referirse a la función secretora de la capa delgada que recubre a los huevos (Hamlett, 2005).

**Gónadas:** órganos productores de gametos; en las hembras producen ovocitos y en los machos espermatozoides (Conrath, 2005).

**Gonopterigios:** órganos copuladores característicos de los elasmobranquios presentes en el macho, son modificaciones de los bordes internos de las aletas pélvicas (Jones *et al.*, 2005).

**Histotrofia:** es una estrategia de nutrición presente en los embriones de las mantas del género *Mobula*. Cuando se agotan las reservas del saco vitelino se alimentan a través de estructuras análogas a la placenta, son extensiones de epitelio uterino que secretan una "leche uterina" que es rica en lípidos y proteínas (Needham 1942; Hamlett, 2005).

**Lecitotrofia:** es un tipo de alimentación en embriones de especies vivíparas aplacentarias (con saco vitelino), donde se nutren únicamente de vitelo (Conrath, 2012).

**Leucocitos:** (leuco = blanco, cito = célula) son células que forman parte del componente celular de la sangre junto con los eritrocitos y las plaquetas. Entre sus funciones está la defensa contra numerosos microorganismos e interviene en la reparación tisular (Piedras-Ross, 2005).

**Lumen:** región central de los folículos, hacia el cual ocurre la maduración de los gametos (Babin et al. 2007).

**Mesovario:** en condriictios, el ovario está unido a la pared dorsal de la cavidad corporal por el mesenterio mesovárico (Hamlett, 2005).

**Órgano epigonal:** <sup>1</sup>órgano que recubre y da soporte a las gónadas en tiburones y rayas, brinda inmunidad y protección ante agentes infecciosos. <sup>2</sup>Puede ser una estrategia evolutiva para garantizar la reproducción en elasmobranquios (Hamlett, 2005).

**Ostium:** es la abertura anterior del oviducto en las hembras, se encuentra en forma de embudo y funciona para recolectar los huevos ovulados (Conrath, 2012).

**Ovarios:** gónadas femeninas pareadas, encargados de la secreción de hormonas sexuales y producción de ovocitos (Conrath, 2005).

**Ovíparo:** es todo organismo cuyo desarrollo embrionario ocurre dentro de las cubiertas del huevo fecundado y fuera del cuerpo de la madre. Las especies ovíparas depositan los huevos en el medio ambiente (Compagno, 1990).

**Ovogénesis:** es la formación de los gametos femeninos u ovocitos en los ovarios o gónadas femeninas (Babin *et al.*, 2007).

**Período de gestación:** se define como el período desde la fertilización hasta el parto (Walker, 2005).

**Sustentabilidad:** <sup>1</sup>en ecología refiere cómo los sistemas biológicos se mantienen productivos con el transcurso del tiempo, para las próximas generaciones. <sup>2</sup>Es el equilibrio de una especie con los recursos de su entorno (Márquez-Farías, 2000).

**Trofonemata:** son grandes proyecciones vellosas vascularizadas que se desarrollan en el interior del útero y aumentan el área de superficie para las secreciones histotróficas y el intercambio respiratorio entre la madre y los embriones (Hamlett y Hysell 1998).

**Vitelogénesis:** período de crecimiento del ovocito durante el cual las proteínas de origen extraovárico son acumuladas en el interior del ovocito (Conrath, 2005).



**Vitelo:** <sup>1</sup>es la parte del citoplasma rica en material nutritivo como lípidos, proteínas o gránulos de carbohidratos y es aportado en su mayoría por el óvulo con participación del hígado. <sup>2</sup>Es el contenido en el huevo del cual se nutre el embrión durante el desarrollo (Hamlett, 2005).

**Viviparidad:** estrategia de reproducción que involucra fertilización interna. Las especies vivíparas retienen los huevos dentro del útero donde se desarrollan los embriones (Hamlett, 1985).

**Viviparidad aplacentaria:** es una estrategia reproductiva en la cual los embriones de especies con desarrollo vivíparo aplacentario permanecen dentro del útero materno durante el desarrollo, pueden recibir alimento, pero no se forma una conexión placentaria entre la madre y el embrión (Wourms, 1977).

**Viviparidad placentaria:** el desarrollo embrionario se realiza en el cuerpo de la madre y existe conexión directa. El saco vitelino de estas especies vivíparas se une con la pared uterina para formar una placenta y actúa como cordón umbilical, permitiendo que los nutrientes de la madre se transfieran al embrión (Hamlett, 1985).

**Zona Baffle:** es la zona en la glándula oviducal que produce la envoltura terciaria del huevo ("candle case") (Hamlett, 2005).

**Zona Club:** es la zona más proximal en la glándula oviducal presente en el aparato reproductor de la mayoría de los condriictios, y se encarga de la secreción de albumen o partes gelatinosas del huevo (Hamlett, 2005).

**Zona Papillary:** es la zona secretora en la glándula oviducal que produce la parte gelatinosa ("egg jelly") de las envolturas terciarias. Junto a la zona club constituyen estructuralmente la "zona secretora del albumen" (Hamlett, 2005).

**Zona terminal:** es el área terminal en la glándula oviducal responsable de las ornamentaciones que acompañan a la cápsula ovígera en especies ovíparas. En especies vivíparas, esta zona almacena esperma (Hamlett, 2005; Storrie *et al.*, 2008).

## Resumen

La “guitarra pinta” *Pseudobatos glaucostigmus*, es un batoideo frecuente en la pesquería artesanal en los campos pesqueros de Santa Rosalía, B.C.S. Esta especie es deficiente de información pesquera y su conocimiento biológico es escaso, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). El objetivo del estudio es analizar y describir parámetros reproductivos de la especie, con base en la descripción morfométrica e histológica de los órganos reproductivos. Se obtuvo la composición de tallas por sexos, entre los 52 cm hasta 80 cm de longitud total de 287 organismos adultos. La proporción sexual en adultos fue 58.25H:1M, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); mientras que, en el análisis de los embriones, se observó una proporción 1H:1M (Hembra: Macho). Los dos ovarios acompañados del órgano epigonal y los úteros son funcionales. El análisis histológico de los ovarios mostró varias etapas del crecimiento del ovocito hasta la madurez avanzada. En la glándula oviducal se identificó cuatro zonas: “club”, “papillary”, “baffle” y “terminal”. En el órgano epigonal se observaron células comparables con linfocitos, eritrocitos y granulocitos. La pared uterina se notó altamente vascularizada, con microvellosidades dirigidas hacia el lumen. La proporción sexual estuvo sesgada hacia las hembras. Hubo un dominio de hembras maduras sexualmente, el 99.57% resultaron grávidas, lo cual es importante esta zona para expulsión de crías. *Pseudobatos glaucostigmus* tiene una baja fecundidad de 4 a 8 embriones en ambos úteros. De agosto a octubre se encontraron los embriones en diferentes fases de desarrollo. Las hembras tuvieron huevos fecundados durante todo el año, señal de una posible diapausa embrionaria.

**Palabras clave:** Histología, Parámetros reproductivos, Pez guitarra, Rhinobatidae.

## Abstract

The “speckled guitar” *Pseudobatos glaucostigmus*, is a batoid well represented in the artisanal fishery in the fishing fields of Santa Rosalía, B.C.S. This species is deficient in fisheries information and its biological knowledge is scarce, according to the International Union for Conservation of Nature (IUCN). The objective of the study is to analyze and describe reproductive parameters of the species, based on the morphometric and histological description of the reproductive organs. In 287 organisms the size composition by sex was from 52 cm to 80 cm in total length. The sexual proportion in adults was 58.25H: 1M, with significant differences ( $p < 0.05$ ); and in the analysis of the embryos was observed the sexual ratio 1H: 1M. The two ovaries accompanied by the epigonal organ, and the uteri are functional. Histological analysis of the ovaries showed various stages of oocyte growth to advanced maturity. Four areas were identified in the oviducal gland: "club", "papillary", "baffle" and "terminal". Comparable cells with lymphocytes, erythrocytes and granulocytes were observed in the epigonal organ. The uterine wall was highly vascular, with microvilli directed toward the lumen. The sexual proportion in the sample of adults analyzed was markedly biased towards females, indicating a segregation by sex, probably due to the capture in the area of operation of artisanal fishing. It suggests a behavior of pregnant females to evade predators and give birth to their young on the coast. During the study period and the sampling, the presence of sexually mature females dominated, 99.57% were pregnant. *Pseudobatos glaucostigmus* has a low fecundity of 4 to 8 embryos per female in both uteri. From August to October the embryos were found in different stages of development. The females had fertilized eggs throughout the year, a sign of a possible embryonic diapause.

**Key words:** Guitar fish, Histology, Reproductive parameters, Rhinobatidae.

## 1. Introducción

*Pseudobatos glaucostigmus* es una especie de la familia Rhinobatidae (Chondrichthyes: Batoidea), conocida comúnmente como “guitarra pinta”. Se encuentra en las costas del Océano Pacífico oriental y se distribuye desde el Golfo de California hasta el Ecuador. Su hábitat está en aguas someras sobre fondos marinos blandos, puede encontrarse en profundidad desde 1m hasta 112m. Se tiene escaso conocimiento de sus aspectos reproductivos y se ha reportado como una especie vivípara aplacentada (Bizzarro, 2016).

Las especies vivíparas aplacentadas se caracterizan por tener embriones que consumen las reservas energéticas almacenadas en el vitelo, producido en el huevo durante el período de vitelogénesis. Los embriones se desarrollan dentro del útero, durante la gestación. A medida que las crías crecen, el vitelo se consume y es absorbido completamente cuando llega el momento del nacimiento, y la madre expulsa las crías (Hamlet, 2005).

A través de la historia, los tiburones y rayas han sido utilizados como recurso pesquero por diferentes culturas alrededor del mundo. 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 1996a). En 2007, fue la sexta nación de mayor captura de elasmobranquios a nivel mundial (FAO 2009), representando el 4.3% de la captura mundial con un total de aproximadamente 34 mil toneladas (Sosa-Nishizaki 2008, FAO 2009).

Así como otras especies del género *Pseudobatos*, la guitarra pinta forma parte de la captura incidental de pesquerías artesanales. En México, es capturada con redes agalleras en Sonora y Sinaloa (Márquez-Farías y Blanco-Parra 2006), y en Nayarit y Jalisco (Godínez-Domínguez et al. 2000). También forma parte importante de la captura incidental en la pesca del camarón con redes de arrastre tanto en el Golfo de California (López-Martínez et al. 2010), como en el Pacífico central mexicano (Navarro-González et al. 2012). Es parte de la captura de rayas desembarcadas en los campos artesanales de Nayarit, con un promedio de captura anual de 126 t de 2007 a 2011. Esta especie también en particular es

desecada y utilizada como artesanía, o en la medicina tradicional (Lara-Mendoza, 2016).

Los elasmobranquios en general se caracterizan por ser longevos, tienen un crecimiento individual lento, presentan baja fecundidad, sus periodos de gestación son extensos. La explotación comercial intensa de sus poblaciones los hace vulnerables, impactadas por la pesquería, en consideración de una recuperación lenta, en ocasiones se necesitan varias décadas para alcanzar sus antiguos niveles poblacionales (Compagno, 2005).

En el Golfo de California, las rayas son capturadas en la pesca artesanal de relevancia económica considerable en la región, también forman parte importante de la fauna de acompañamiento en pesquerías de escama y de arrastre para el camarón. Son 24 especies de rayas aproximadamente, las que son capturadas indistintamente en diferentes estadios de desarrollo (Márquez-Farías 2002, Bizzarro et al. 2009).

## **2. Antecedentes**

### **2.1. Taxonomía**

*Pseudobatos glaucostigmus* es conocida comúnmente como guitarra pinta. Antes estuvo ubicada en el género *Rhinobatos*, posterior a varios de estudios morfológicos y moleculares de Seret y Taylor (2016), proponen incluirlo como un nuevo género dentro de la familia Rhinobatidae. La guitarra moteada y las siguientes especies pertenecen al nuevo género *Pseudobatos*: *P. percellens*, *P. horkelii*, *P. productus*, *P. leucorhynchus*, *P. lentiginosus*, *P. planiceps*, *P. prahli* y *P. buthi*.

Reino Animalia

Filo Chordata

Subfilo Vertebrata

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Superorden Batoidea

Orden Rinopristiformes

Familia *Rhinobatidae*

Género *Pseudobatos*

Especie *Pseudobatos glaucostigmus*

## **2.2. Distribución geográfica y hábitat**

*Pseudobatos glaucostigmus* se distribuye en las costas mexicanas en el Océano Pacífico central y sudoriental. Abarca desde la Bahía Magdalena, Baja California Sur, México (Galvan 2000) hasta Ecuador (Amezcu-Linares 1996), incluido el Golfo de California (McEachran 1995). Habita zonas cercanas a la costa, en aguas poco profundas y desde ambientes marinos hasta salobres; sobre fondos blandos arenosos, con hierbas o fango (Amezcu-Linares 1996).

## **2.3. Caracteres morfológicos de la guitarra moteada**

El cuerpo de esta especie de raya es similar al de un tiburón (Fig. 1). Puede ser desde gris oscuro a pardo en la zona dorsal y de color blanco en la parte ventral (Robertson y Allen, 2015; Lara-Mendoza et al., 2016). En la cabeza alrededor de los ojos presenta varias manchas azules o de color gris, que pueden estar ubicadas simétricamente, esta característica es fundamental para diferenciarla de otras especies del mismo género con las que convive.

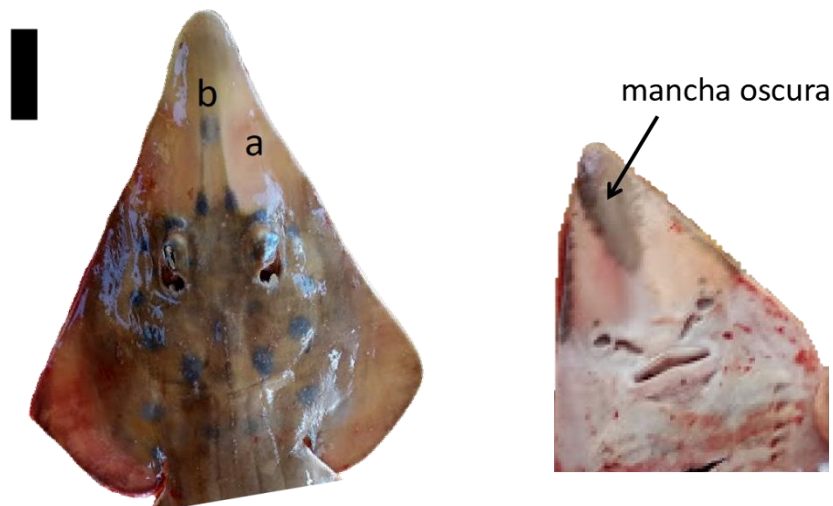
La cabeza y parte anterior del tronco se encuentran moderadamente achatados, el hocico es ligeramente largo, triangular y más o menos aguzado con una punta roma. Se caracteriza por tener pequeñas zonas translúcidas a cada lado, y por dos surcos de cartilagosos en posición central que corren paralelos y distantes uno del otro a lo largo del hocico.

Los espiráculos son muy notables, más que los ojos y presentan dos pliegues posteriores, el más externo es el mejor desarrollado. Tiene la boca recta, narinas largas y oblicuas. La piel está cubierta con pequeños dentículos, lisos al contacto; una serie de espinas pequeñas a lo largo de la línea media del dorso, sólo un grupo en cada costado, unas pocas en cada ojo y alrededor de los espiráculos, sin espinas a lo largo de los cartílagos rostrales (Jordan & Gilbert, 1883).

El disco es más largo que ancho y la cabeza se une en su parte posterior con las aletas pectorales y forma el disco. Los márgenes de las aletas pectorales o disco son también semitransparentes (Fig. 2). Presenta una aleta caudal asimétrica, sin lóbulo inferior (Robertson y Allen, 2015). Puede presentar manchas negruzcas por debajo, en el borde de la base del hocico (Fig. 2) (Jordan & Gilbert, 1883).



**Figura 1.** Vista dorsal del cuerpo de *Pseudobatos glaucostigmus*. Fuente de imagen: <http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metas/view/27067>



**Figura 2.** Vista dorsal y ventral de la cabeza de la guitarra pinta. (a) Espacios translúcidos a cada lado del hocico. (b) Surcos cartilagosos centrales. Se observa una mancha oscura en la base del hocico. La barra oscura representa 2.5 cm.

## **2.4. Hábitos de alimentación**

La investigación realizada en las costas de Sonora y Sinaloa para conocer la alimentación de *P. glaucostigmus*, reportó que la dieta de esta especie principalmente está constituida por camarones, cangrejos y anfípodos (Lara-Mendoza et al., 2016). En el sureste del Golfo de California la dieta estuvo dominada por crustáceos, principalmente decápodos, braquiuros y cumáceos (Rosa-Meza et al., 2013).

## **2.5. Modo reproductivo de *Pseudobatos glaucostigmus***

Los estudios de la actividad reproductiva de la especie son escasos y se refieren a los modos reproductivos en elasmobranquios, pueden entenderse al desarrollo embrionario, si es externo al cuerpo de la madre (oviparidad) o interno (viviparidad).

En la guitarra moteada los embriones se desarrollan en el vientre de la hembra dentro del útero, sin tener conexión directa con la madre. Son vivíparos aplacentados, el embrión se alimenta sólo de su saco vitelino hasta consumirlo en su totalidad y llegado el momento son expulsados por la madre (Hamlett, 2005).

## **2.6. Ciclo reproductivo en especies del género *Pseudobatos***

En los estudios realizados en poblaciones de la especie en las costas de Sonora y Sinaloa por Lara-Mendoza et. al, 2016; la especie presentó un ciclo reproductivo anual y un período de gestación de seis meses. La proporción sexual fue 1:1 (hembra: macho). La talla media de madurez para las hembras fue de 52.58 cm, y 50.72 cm para machos. Ambos tractos reproductivos de las hembras fueron funcionales, y presentaron una fecundidad entre 1 y 9 embriones. Para el Golfo de California la talla de maternidad descrita alcanza los 59.41 cm y los embriones nacieron principalmente durante el mes de septiembre (Lara-Mendoza et al. 2016).



### **3. Justificación**

*P. glaucostigmus* es una especie clasificada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como una especie deficiente de datos (DD) (Bizarro, 2016), la información existente acerca de su ecología es insuficiente y no es adecuada para evaluar el estado de sus poblaciones.

En la Carta Nacional Pesquera en México se han registrado datos sobre las capturas, son imprecisos porque no se ha tomado en cuenta el esfuerzo pesquero (Arce et al. 2012). En el caso de la guitarra pinta, ha sido una de las más representativas durante la pesquería artesanal en los campos pesqueros de Santa Rosalía.

En esa zona representa una fuente de alimento, e ingresos económicos para las comunidades de pescadores de la localidad. Existe información poco precisa sobre las capturas de esta especie en México por parte de las pequeñas flotas artesanales. En el tiempo, se ha descuidado el estado de las poblaciones de esta especie y el estudio de su reproducción, conocimiento necesario para proponer un manejo adecuado del recurso y garantizar la explotación sustentable de las poblaciones. En respuesta a la problemática planteada, el estudio pretende profundizar en el conocimiento de la especie, por medio del análisis detallado de los órganos reproductivos y la estrategia embrionaria que caracteriza a la especie.

### **4. Objetivo general**

Describir la biología reproductiva de *Pseudobatos glaucostigmus* en la zona oriental de Baja California Sur.

#### **4.1. Objetivos específicos**

Conocer la composición de tallas de esta especie de raya guitarra en la zona del muestreo.

Determinar la proporción sexual en cada una de las muestras obtenidas.

Describir la anatomía externa y la microscópica del sistema reproductor de las hembras.

Describir la anatomía microscópica del aparato reproductor de las hembras, en las diferentes etapas de su maduración reproductiva.

Caracterizar por histología el sistema reproductor de las hembras reproductoras de la especie.

Estimar la talla de primera madurez y la talla media de madurez (L50).

Estimar la fecundidad ovárica y la uterina.

## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Área de muestreo

El área de estudio está ubicada en la localidad de San Bruno, corresponde a uno de los campos pesqueros en Santa Rosalía, a una distancia de 555 kilómetros de La Paz, B.C.S., en el noroeste de México. Sus límites geográficos son: Lat.  $27^{\circ}20'20''N$  y Long.  $112^{\circ}16'01''W$ . Colinda al Este con el Golfo de California (GC) o Mar de Cortés (Fig. 3) de 150 km de ancho y 1100 km de largo (Santiago-García, 2013). El clima en Santa Rosalía es de tipo mediterráneo/desértico, tiene una temperatura media anual de  $22^{\circ}C$ , con lluvias en verano. En los meses de otoño e invierno el clima alcanza cerca de  $20^{\circ}C$  y una precipitación total anual menor de 100 mm (tomado de: Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de México).



**Figura 3.** Área de estudio en San Bruno, campo pesquero ubicado en Santa Rosalía, Baja California del Sur.

### 5.2. Obtención de muestras biológicas en los campos pesqueros

Se realizaron recolectas de ejemplares adultos a partir de las capturas de la pesca artesanal. El periodo de muestreo mensual inició en el mes de octubre de 2017 hasta febrero de 2020, excepto en las temporadas de veda establecidas en mayo, junio y julio. En las embarcaciones de menor calado utilizan redes con una luz de

mallas variables, aproximadamente entre 10-15 cm, instaladas cerca de la costa y permanecen así durante la noche; en la mañana siguiente las recogen, con el producto capturado.

Durante el trabajo de campo en cada organismo recolectado se verificó la especie como *Pseudobatos glaucostigmus*, se registró la localidad de colecta, el peso total (Pt) y sexo, a todos y cada uno de los individuos, se le registró la longitud total (LT), desde la punta del hocico hasta la parte terminal de la aleta caudal, ancho del disco (AD) y longitud de disco (LD) (Compagno, 1984) por medio de una cinta métrica. Se disecó y separó el aparato reproductor completo, los órganos para su fijación se introdujeron en formol al 10%, en recipientes debidamente etiquetados. Para diferenciar el sexo se empleó como indicador la presencia de gonopterigios en los machos, y la ausencia de este órgano en las hembras. La madurez sexual en los machos se estimó por el largo del gonopterigio, la rotación a 180°, su grado de calcificación, la apertura del rifiodón y la presencia o ausencia de semen (Pratt, 1979).

En las hembras la maduración sexual se identificó por medio de la observación externa directa del ovario, con énfasis en los ovocitos de mayor tamaño, de color amarillo intenso con abundante vitelo; así mismo en el útero se registra la presencia o ausencia de embriones.

### **5.3. Trabajo de laboratorio**

En el laboratorio de Morfofisiología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas se procedió a sustituir el formol tamponado al 10%, en todos los órganos recolectados, en un volumen conveniente para asegurar una buena fijación de todos los órganos, con énfasis en el vitelo. Los embriones se extrajeron y por separado se conservaron en frascos de tapa hermética; de esta manera permanecieron por un período mayor a tres meses; al término de este tiempo los órganos se lavaron con abundante agua corriente durante al menos una hora, a fin de eliminar exceso de formol y residuos de arena. En tanto las muestras se conservaron en alcohol al 70% y posteriormente se sometieron al proceso histológico para inclusión en parafina.

Para hacer la descripción anatómica externa del sistema reproductor de las hembras, se separaron los órganos y por medio de un vernier digital de precisión ( $\pm 0.1\text{mm}$ ) se registró el diámetro del ovocito de mayor tamaño, el ancho de la glándula oviducal, el ancho y largo de los úteros. En los úteros grávidos se enumeraron el total de embriones, se les midió la longitud total y el sexo de cada uno. Los ovarios se seccionan en cortes transversales para obtener submuestras de aproximadamente 1.0 a 1.5 cm. Las glándulas oviducuales se cortaron en plano sagital. Al oviducto anterior, a la porción ulterior, y al seno-urogenital se hicieron varios cortes para obtener piezas de 0.5 a 1.5 cm.

Las submuestras de cada órgano según su tamaño fueron colocadas en bolsas de tela de tul, a manera de cápsulas incluida su etiqueta con la clave juliana correspondiente (Anexo 1), impresa en láser.

En consideración al tamaño de cada una de las piezas y el órgano del que provienen, para el procesamiento histológico de las mismas (Humason 1979), se adecuaron los intervalos de tiempo de deshidratación, transparentación e inclusión, debieron permanecer en cada cambio programado en el procesador de tejidos. La deshidratación de las piezas se hizo con alcohol etílico en orden creciente de concentración, desde 70% hasta 100% de alcohol etílico. Para la transparentación se empleó cloroformo y la inclusión final en Paraplast (Anexo 2).

Las piezas de cada órgano se incluyeron en Paraplast, asegurándose la orientación correcta para lograr la observación deseada. Con un micrótopo rotatorio electrónico (Marca Microm 355S), se procedió a realizar cortes finos de  $3.0\ \mu\text{m}$  de grosor, en un baño de flotación a una temperatura entre los  $35$  y  $40^\circ\text{C}$ , se extendieron en agua con gelatina bacteriológica (BIOXON). Los portaobjetos con los cortes histológicos se colocaron en la estufa a  $60^\circ\text{C}$  durante 4 o 5 horas a fin de eliminar el exceso de parafina y prepararlos para la coloración. Los cortes histológicos de cada órgano antes mencionado fueron teñidos con Hematoxilina-Eosina (H-E), Tricrómica de Mallory, Ácido peryodico-Schiff (PAS) y Feulgen (Tabla 1). Para el montaje definitivo de las laminillas se utilizó Citoseal, y cubre objetos (24x50) del No 1. Al final, cada laminilla se etiquetó con los datos correspondientes.

**Tabla 1. Técnicas de tinción aplicadas a cada órgano.**

TÉCNICAS DE TINCIÓN	OVARIO	ÚTERO	GLÁNDULA	OVIDUCTOS	ÓRGANO
			OVIDUCAL		EPIGONAL
H-E	X	X	X	X	X
Tricrómica de Mallory	X	X	X	X	X

## 5.4. Análisis estadísticos

### *Proporción de sexos*

La proporción de sexos se obtuvo mediante un conteo del total de individuos de cada sexo y se dividió el número de hembras entre el número de machos.

$$H / M = P$$

H: número total de hembras, M: número total de machos y P: proporción por sexos

### *Histograma de tallas*

Se realizaron histogramas de frecuencias en intervalos de 10 cm, para obtener la composición de tallas en la captura.

### *Madurez sexual en las hembras*

Para identificar el estado de desarrollo en los organismos se realizaron gráficas de dispersión y se analizó la relación del diámetro del ovocito más grande, ancho de la glándula oviducal y ancho del útero con la LT de cada hembra.

### *Fecundidad ovárica y fecundidad uterina*

Para estimar la fecundidad ovárica, se contó el número de ovocitos en los ovarios en cada hembra y para obtener los valores de fecundidad real (valores de fecundidad uterina), dada por el número de embriones o huevos fecundados, por hembra (Lessa et al., 1986; Simpfendorfer, 1992).

## Talla de primera madurez

Se consideró la talla del ejemplar maduro de menor tamaño en el período de estudio.

### *Relación entre la talla materna y el número de embriones*

Se llevó a cabo una regresión lineal simple:  $Y = a + bX$ ; Y - es el diámetro de los ovocitos (mm); a y b - son constantes; X - es la longitud total (cm).

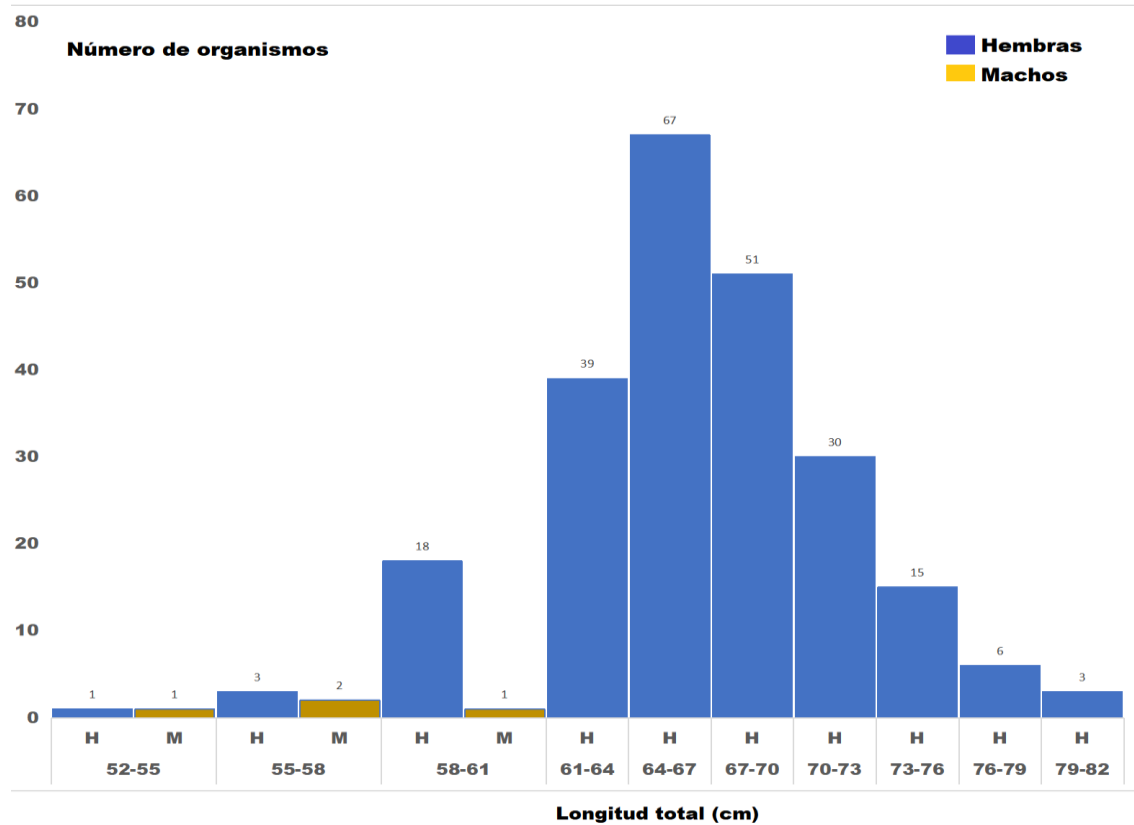
### *Variación mensual de la actividad ovárica*

Como indicador de la actividad ovárica se siguió por la variación mensual de los ovocitos de mayor tamaño en los ovarios.

## **6. Resultados**

### **6.1. Estructura de tallas de *Pseudobatos glaucostigmus* y composición por sexos**

En el área de estudio se capturaron un total de 287 individuos, de los cuales 283 fueron hembras con tallas desde 52 a 80 cm de LT, y 4 machos con LT entre 54 y 59 cm (Fig. 4). La proporción de sexos en adultos fue de 58.25 H: 1 M, y se corroboró las diferencias significativas entre el número de individuos de ambos sexos ( $X=219.341$ ,  $p<0.05$ ). Se determinó la proporción sexual en los embriones más desarrollados en los que se distinguía visiblemente el gonopterigio o la ausencia de este, resultó 1.3 H: 1 M, sin diferencias significativas ( $X=0.071$ ,  $p>0.05$ ).

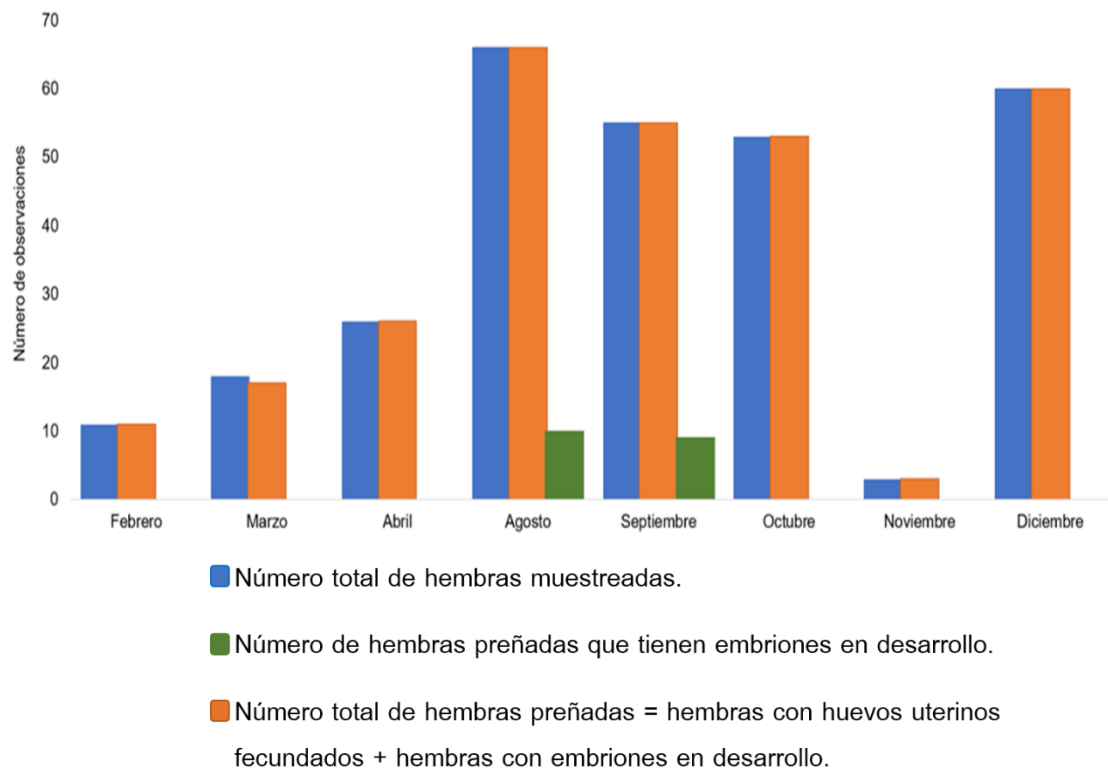


**Figura 4.** Estructura de tallas por sexos para la población de *P. glaucostigmus* en Santa Rosalía, Golfo de California.

## 6.2. Distribución temporal de las hembras capturadas

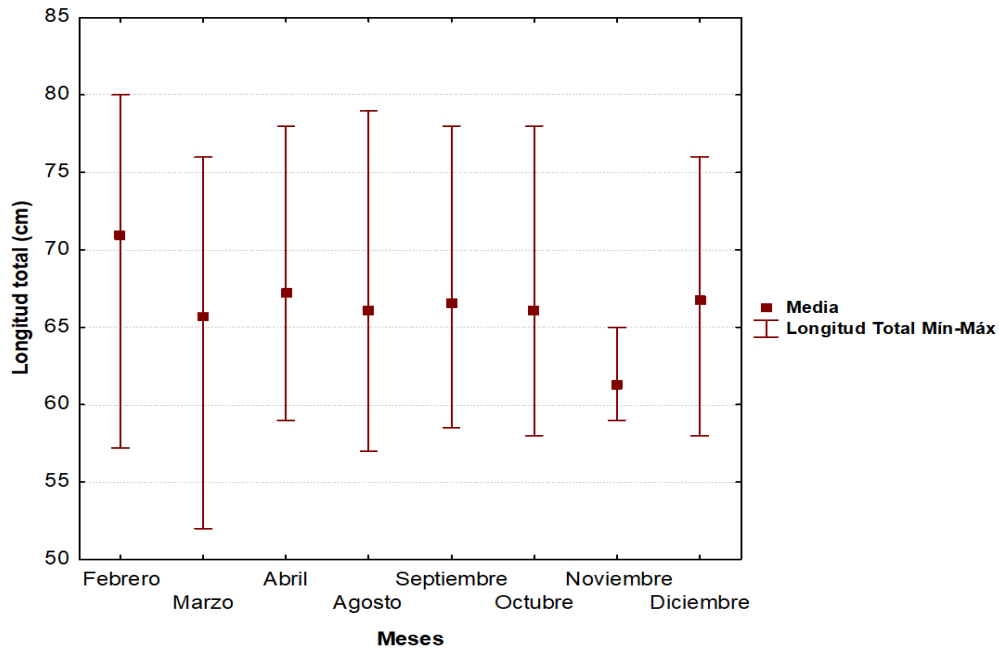
La composición por tallas de las hembras recolectadas de *P. glaucostigmus* durante los meses de octubre de 2017; febrero, abril y noviembre de 2018; marzo, agosto, septiembre y diciembre de 2019; y febrero de 2020 (Fig. 5).





**Figura 5.** Distribución temporal de las hembras de *P. glaucostigmus* que se encuentran preñadas. Las barras de color verde muestran la frecuencia de aparición de hembras con embriones visibles en desarrollo en el muestreo del 2017-2020 en Santa Rosalía B.C.S.

En todos los meses de muestreo se registraron hembras grávidas. El mayor número de organismos capturados se observó en el mes de diciembre, en época de invierno: mientras que, en la temporada de verano, en los meses desde agosto a octubre las hembras con embriones en desarrollo se observaron sólo en los meses de agosto y septiembre (Fig. 5).

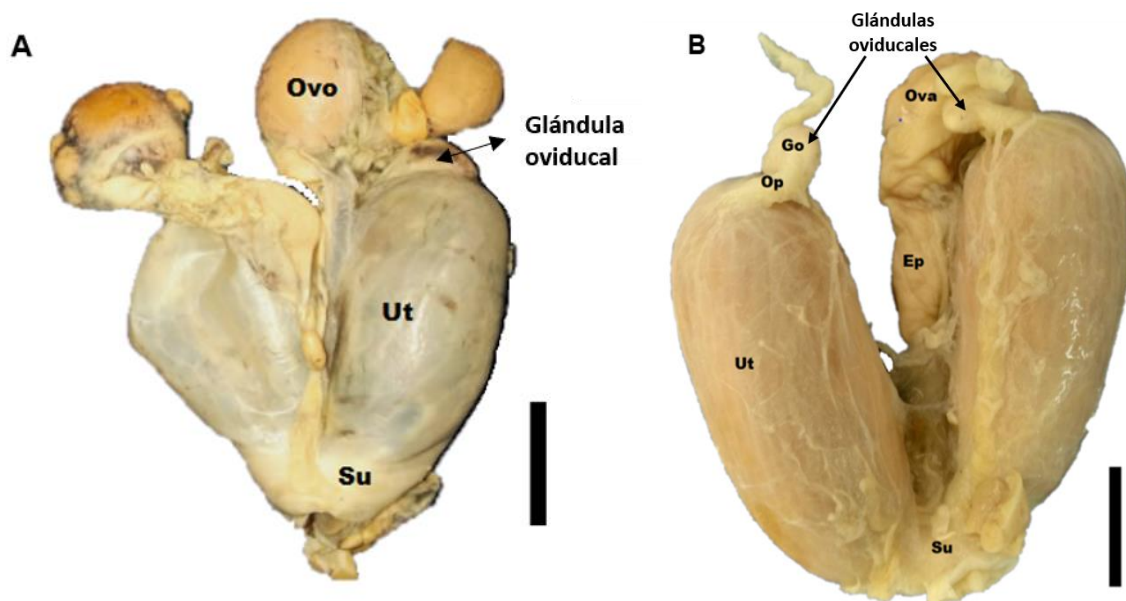


**Figura 6.** Distribución de tallas promedio de las hembras de *P. glaucostigmus* durante los meses de captura en Santa Rosalía B.C.S. Años de muestreo: 2017-2020.

La talla media de las hembras fue de 66.40 cm de LT. No hubo diferencias significativas ( $p = 0.07$ ) entre las tallas de los organismos capturados en los meses de muestreo (Fig. 6).

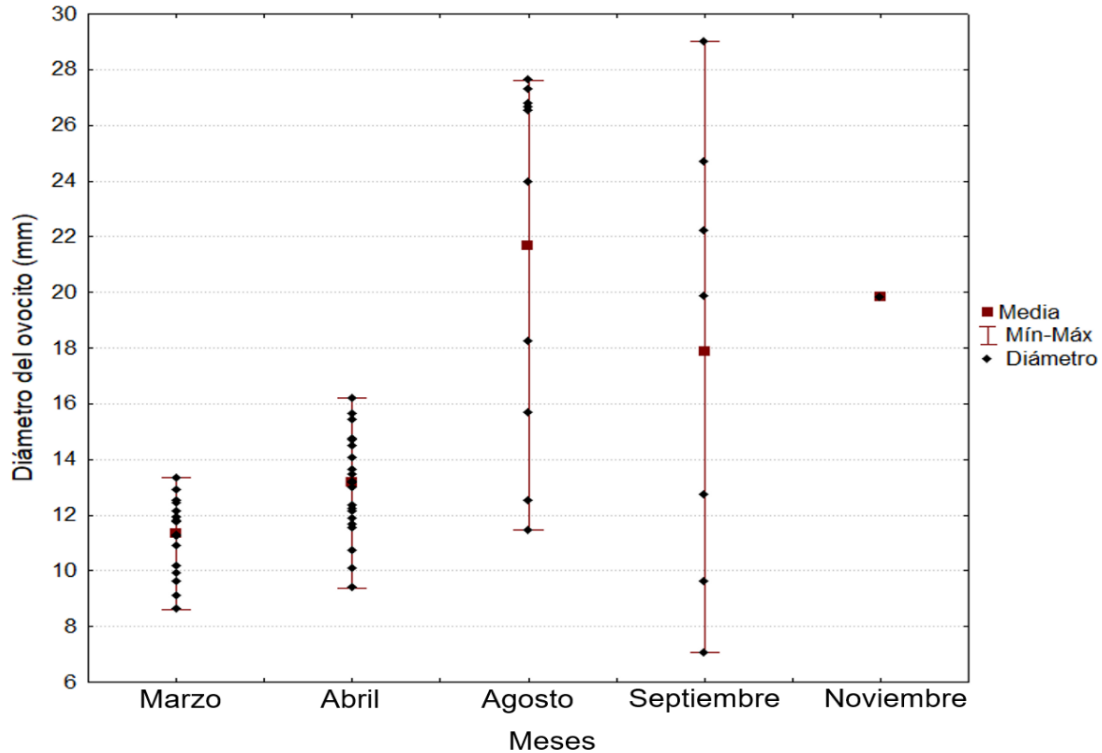
### 6.3. Características morfológicas externas del aparato reproductor de las hembras maduras.

El aparato reproductor en las hembras está compuesto por un par de ovarios y dos úteros funcionales. Los ovarios se localizan suspendidos en la pared dorsal por medio de una membrana denominada mesovario. El órgano epigonal está muy vascularizado y envuelve a los ovarios. En las hembras maduras los ovocitos se observaron de mayor tamaño y de color amarillo intenso con abundante vitelo (Fig. 7A); mientras que en los organismos inmaduros el órgano epigonal es claramente visible, y a medida que maduran los ovarios se va reduciendo su tamaño y cobertura (Fig. 7B). Cada ovario produce ovocitos similares en peso y tamaño. En un ovario el diámetro de los ovocitos es variable, pudiéndose presentar diferentes cohortes (Fig. 8).



**Figura 7.** Anatomía de los órganos reproductores de dos hembras maduras de *P. glaucostigmus*. Cada barra oscura representa 2 cm. **A** Hembra madura y preñada con presencia de embriones. **Ovo**: ovocito vitelogénico, **Ut**: úteros, **Su**: seno-urogenital. **B** Hembra madura con huevos fertilizados en los dos úteros. **Ova**: ovario, **Go**: glándula oviducal, **Ep**: órgano epigonal, **Op**: oviducto posterior.

Los diámetros de los ovocitos visibles midieron entre 7.06 mm en el mes de marzo, hasta 29.01 mm en el mes de septiembre, con un valor promedio de 14.8 mm ( $\pm$  0.1 mm). De acuerdo con esta variación mensual del diámetro del ovocito más grande en los ovarios, las hembras tenían los ovocitos de mayor tamaño y vitelogénicos listos para ser ovulados durante los meses de agosto y septiembre, (Fig. 8).



**Figura 8.** Variación del diámetro de los ovocitos presentes en el ovario de hembras maduras durante los meses de muestreo.

### Glándula oviducal (GO)

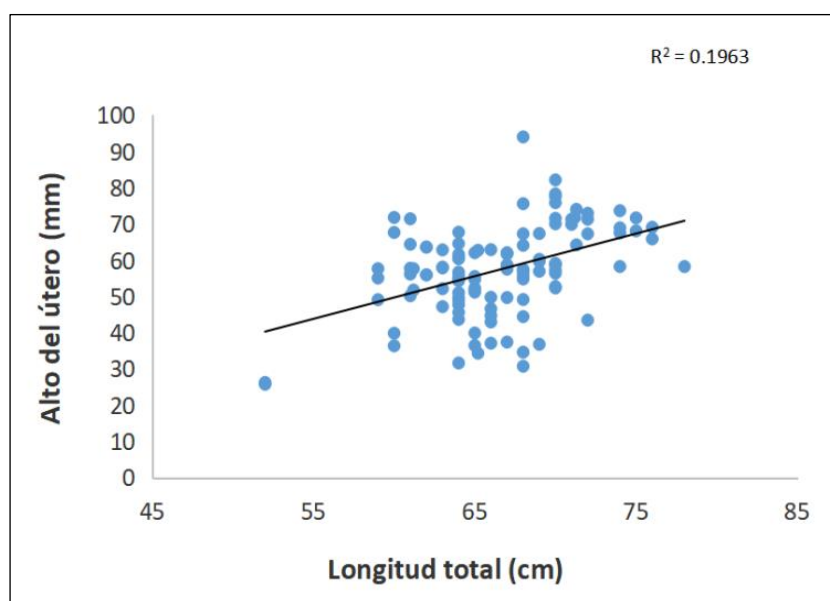
A la altura media de los oviductos se distinguió en cada uno la glándula oviducal. En la parte inferior de la glándula oviducal se encuentra el oviducto posterior, el cual se prolonga hasta el útero y luego se comunica con la cloaca (Fig. 7).

### Tamaño de las GO

Las hembras presentaron glándulas oviducal entre los 5.37 mm y 14.54 mm de ancho con promedio de 10 mm ( $\pm 0.1$  mm). Las GO estaban más diferenciadas del oviducto, debido a que estas aumentan un poco de tamaño de acuerdo con el desarrollo del organismo; pero siguen siendo pequeñas (Fig. 7B).

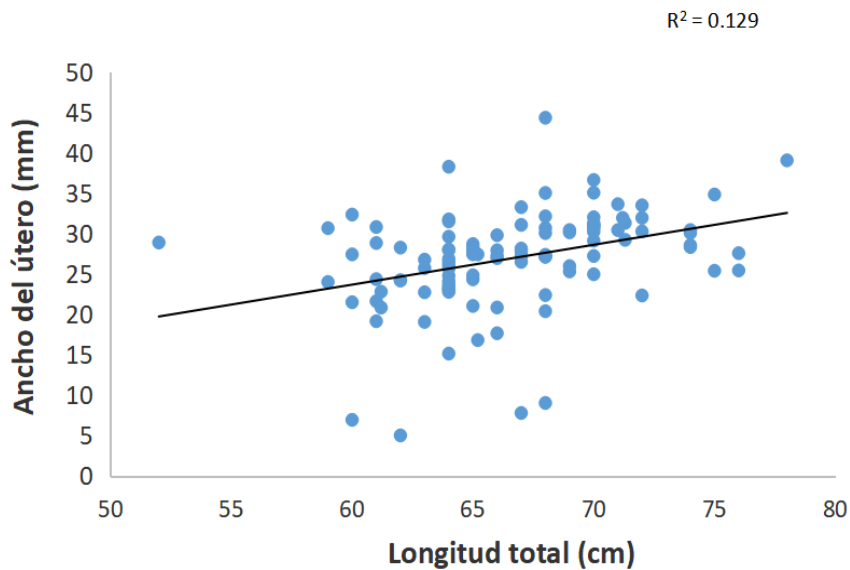
## 6.4. Madurez sexual en hembras

Las hembras analizadas se clasificaron como hembras maduras cuando presentaron ovarios desarrollados y definidos con ovocitos grandes (medidas en mm) con vitelo (Fig. 7 A). Cuando se revisaron los úteros se encontraron huevos fecundados y embriones. En este grupo de hembras, el tamaño de los úteros se notó más distendido y alargado. Las hembras presentaron valores del ancho de los úteros entre 5.02 y 44.38 mm. Los valores para la longitud del útero (o alto del útero) fueron de 25.74 mm a 93.98 mm (Fig. 9 y Fig. 10).



**Figura 9.** Relación lineal entre el alto del útero y la longitud total de cada hembra de *P. glaucostigmus*.

La relación entre el tamaño de la hembra y la longitud de su útero fue positiva, aunque la relación resultó baja. Al revisar la relación de su longitud total y el ancho del útero el valor del coeficiente de correlación también fue positivo y bajo (Fig. 9 y Fig. 10).



**Figura 10.** Relación lineal entre el ancho del útero y la longitud total de cada hembra de *P. glaucostigmus*.

### 6.5. Talla de primera madurez

La hembra de menor tamaño y madura sexualmente midió 52 cm de LT. En cuanto al macho más pequeño y sexualmente maduro midió 54 cm de LT (Fig. 4). No se obtuvo la L50 porque todos los individuos analizados estaban maduros sexualmente, no se encontraron juveniles.

### 6.6. Fecundidad uterina

Las hembras preñadas en total tuvieron de 4-9 embriones y/o óvulos fecundados (ambos úteros), con promedio de 4 embriones por hembra. Ambos úteros fueron funcionales y tuvieron en general la misma cantidad de embriones u óvulos fecundados en cada útero.

**Tabla 2.** Relación entre la talla (Longitud total) de las hembras preñadas con la presencia de embriones visibles y desarrollados, de acuerdo con el número de crías observadas en los úteros.

<b>LONGITUD TOTAL (CM)</b>	<b>NO. EMBRIONES</b>
<b>70</b>	<b>6</b>
<b>68</b>	<b>7</b>
<b>64</b>	<b>3</b>
<b>61</b>	<b>3</b>
<b>60</b>	<b>4</b>
<b>59</b>	<b>4</b>

### **6.7. Características de los embriones en las etapas de desarrollo**

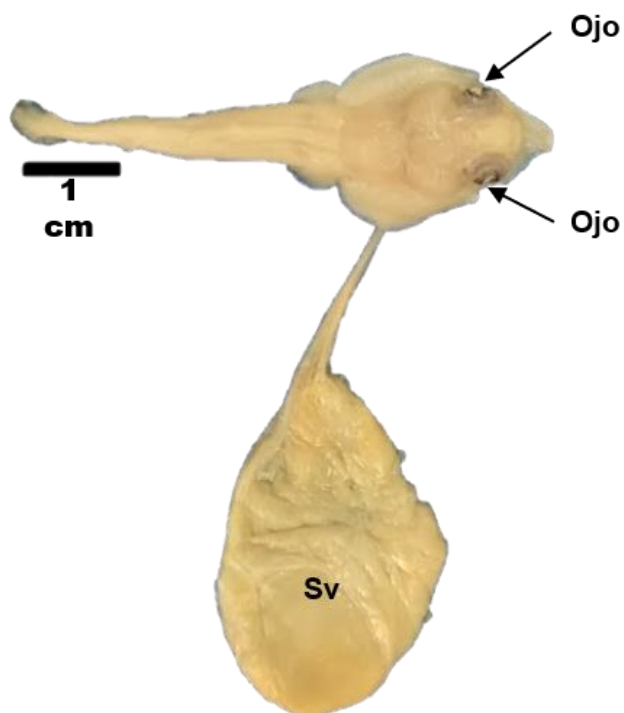
El examen de los embriones encontrados en el útero permitió distinguir varias etapas de desarrollo.

**Etapas 1.** Los óvulos fecundados se encontraron depositados en una cápsula semitransparente de color ámbar sin compartimentos internos donde el embrión se desarrolla (Fig. 11 A).

**Etapas 2.** Cuando los embriones se han desarrollado un poco más (3 a 5 cm de longitud total) se empiezan mostrar un aspecto similar al de los adultos, su color es blanco (casi transparente) en ausencia de la pigmentación. La cápsula que los contiene se rompe y continúa el crecimiento de los embriones (Fig. 11 B).



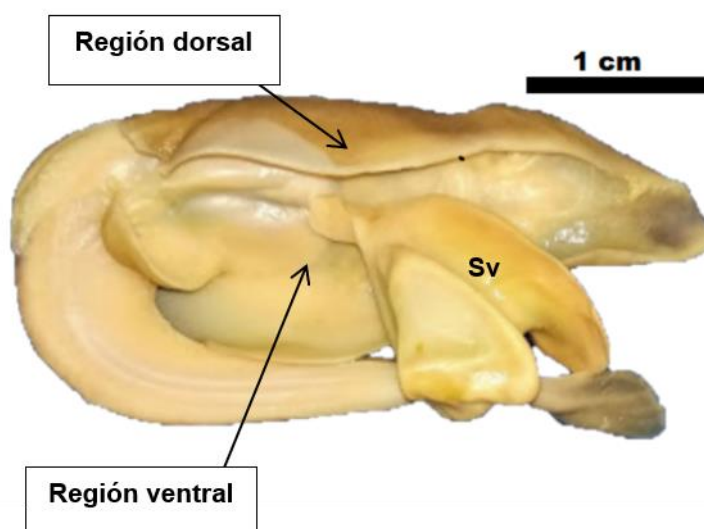
**Figura 11.** Morfología externa de los primeros estadios de desarrollo embrionario encontrados en la especie *Pseudobatos glaucostigmus* en la zona de Santa Rosalía B.C.S. **Sv**: saco vitelino externo.



**Figura 12.** Embrión de la especie *P. glaucostigmus* con su saco vitelino (**Sv**).



**Etapa 3.** En esta fase del desarrollo los embriones tienen características comparables con los adultos, se observan áreas del cuerpo pigmentadas (Fig. 12). El tamaño del saco vitelino externo se va reduciendo con respecto al inicio del crecimiento del embrión. En esta etapa aún es difícil la diferenciación entre los sexos.



**Figura 13.** Embrión desarrollado en la región ventral muestra su saco vitelino (Sv) de donde obtiene los nutrientes.

**Etapa 4.** El saco vitelino (Sv) se redujo de tamaño considerablemente con respecto al tamaño de los embriones (Fig. 13). En esta etapa los embriones completamente formados midieron en promedio 8.1 cm de longitud total. La coloración en el dorso de un tono marrón, con varias manchas pequeñas y circulares en la parte cefálica. En los machos se distingue claramente los gonopterigios.

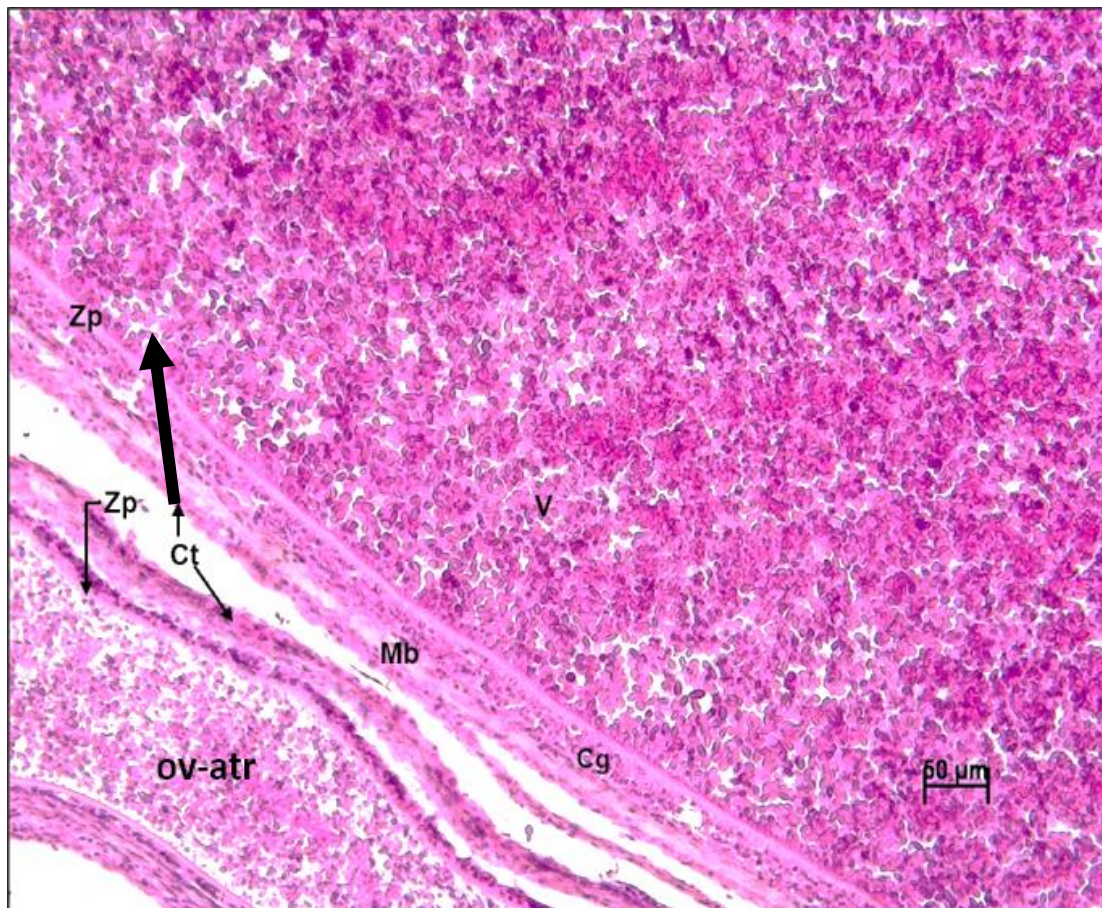
## **6.8. Anatomía microscópica del aparato reproductor femenino**

Las hembras de la raya guitarra *P. glaucostigmus* presentan dos ovarios funcionales y cada uno asociado al órgano epigonal.

### **6.8.1. Ovarios**

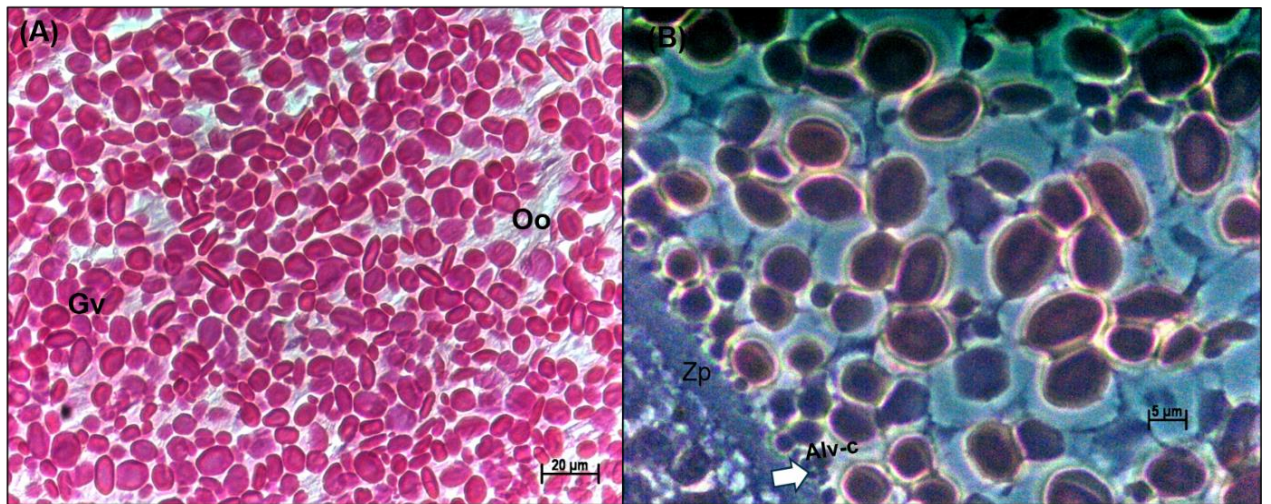
Se observaron ovocitos vitelogénicos de mayor tamaño al interior y en la parte superior de cada ovario. Los folículos primordiales están ubicados próximos a la periferia y cercanos al órgano epigonal.

Alrededor de los ovocitos vitelogénicos se observaron numerosos folículos primarios, secundarios y ovocitos en atresia (Fig. 14). En el interior de los folículos vitelogénicos se observaron numerosos gránulos de vitelo (Fig. 15A). A continuación, está ubicada la zona pelúcida e inmediatamente se encuentra la capa granulosa y la membrana basal. Más al exterior se observa las células de las tecas (Fig. 14).

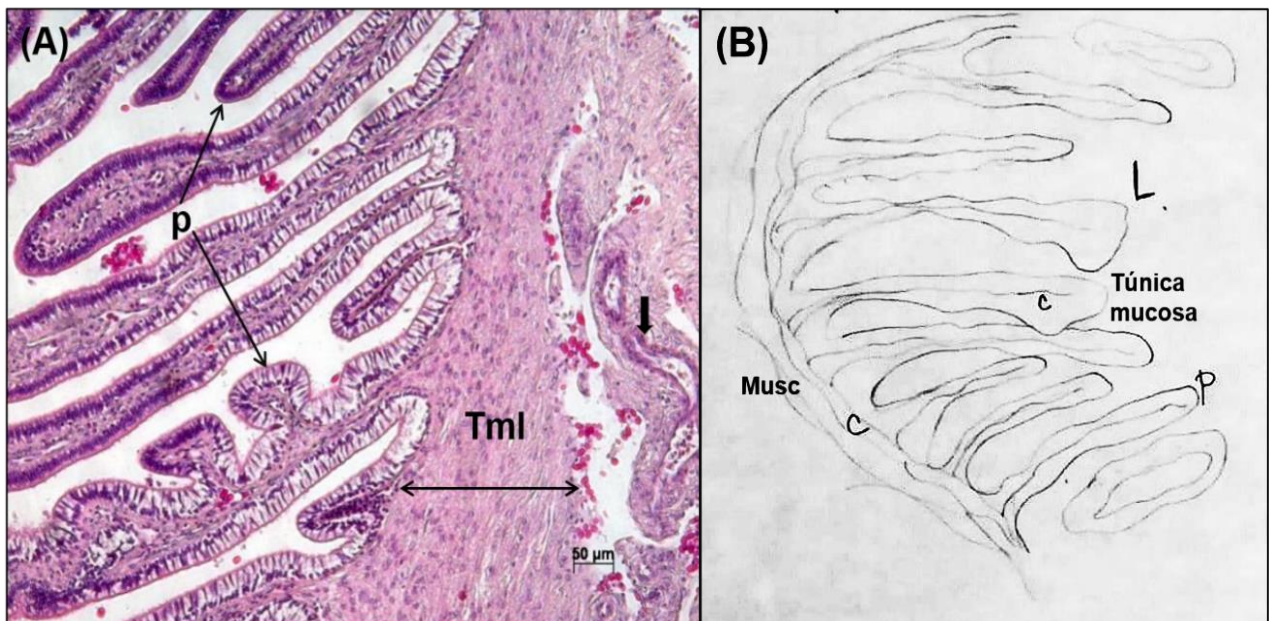


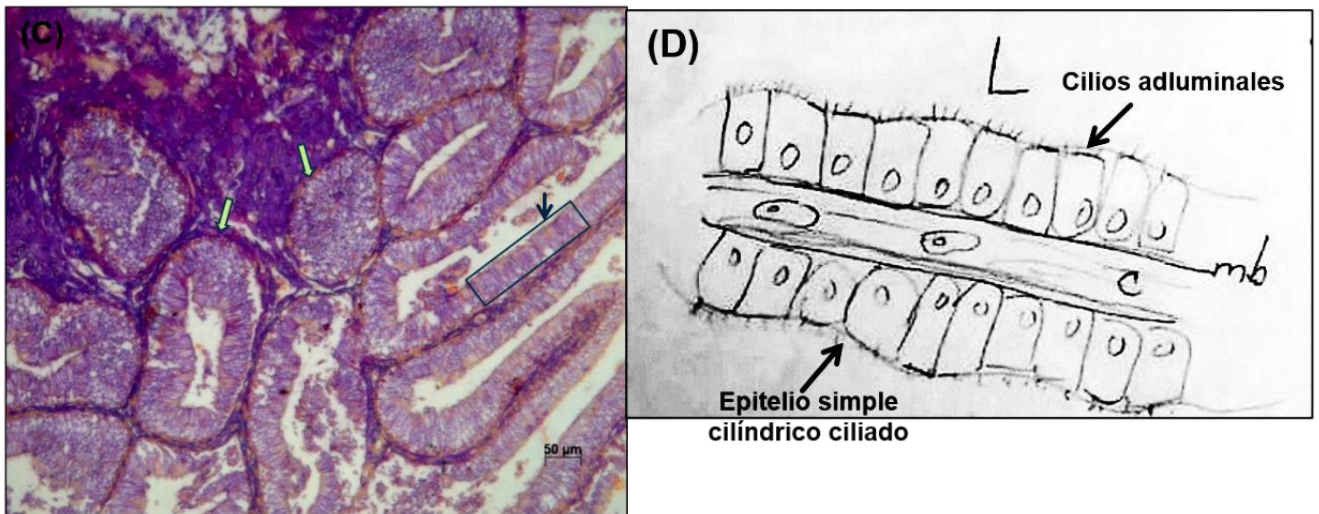
**Figura 14.** Sección del ovario de *P. glaucostigmus*. Anatomía microscópica del folículo vitelogénico (ov): **V**- Vitelo, **Zp**- Zona pelúcida, **Cg**- Capa granulosa, **Mb**- membrana basal, **Ct**- Células de la teca. Vista parcial de un ovocito en atresia (ov-atr). Tinción H-E, aumento 40X





**Figura 15.** Oocitos, vista general de los gránulos de vitelo en un folículo ovárico maduro. **(A)** Gránulos de vitelo (**Gv**). **(B)** Microscopía óptica con contraste de fases. Folículo ovárico en maduración: se pueden ver los alvéolos corticales (**Alv-c**) próximos a la zona pelúcida (**Zp**) y gránulos de vitelo. Tinción, H-E, aumento 40X.





**Figura 16.** Vista general de un corte longitudinal en el oviducto anterior de *P. glaucostigmus*. **(A)** La zona intermedia, se encuentra la túnica muscular (**Tml**) e internamente la túnica mucosa (**p**) con numerosos pliegues dispuestos hacia el lumen. Tinción H-E, aumento 10X. **(B)** Esquema del oviducto anterior, aumento 10X. **(C)** Tejido conjuntivo con función de sostén (flechas amarillas). Epitelio cilíndrico simple ciliado (rectángulo) que recubre las paredes internas del oviducto. **(D)** Esquema a mayor aumento del epitelio simple columnar ciliado que recubre las paredes internas del oviducto: **mb**- membrana basal, **L**- lumen. Tinción H-E, aumento 40X.

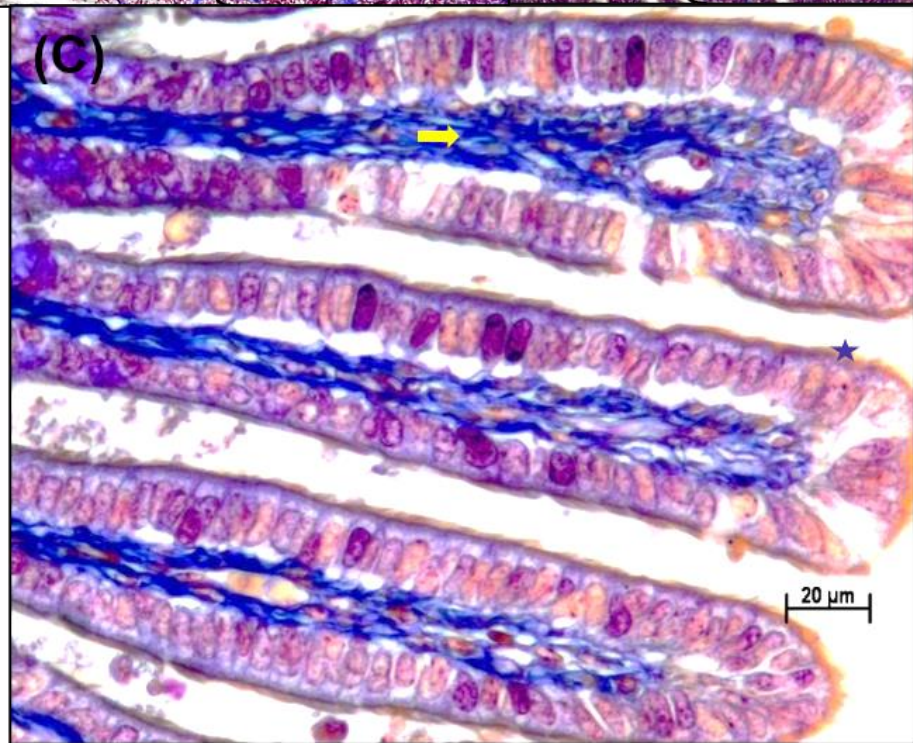
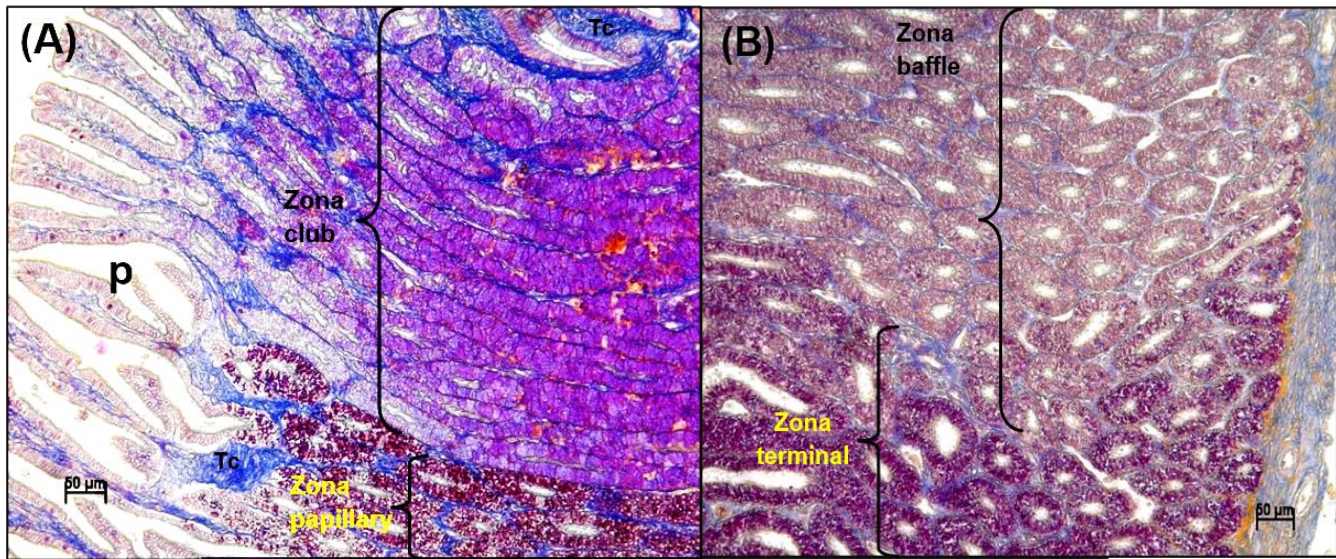
### 6.8.2. Oviducto anterior

En las hembras de *P. glaucostigmus* los oviductos anteriores son estructuras pares y tubulares. Internamente tienen una luz amplia que permite el paso de los ovocitos. Está formado por la túnica mucosa, la cual tiene múltiples pliegues largos e irregulares en dirección al lumen y una capa de glándulas secretoras de mucus. La pared interna está recubierta por un epitelio columnar simple ciliado con células secretoras intercaladas (Fig. 16). La túnica mucosa presenta pliegues longitudinales revestidos por epitelio cilíndrico simple ciliado y capas de tejido conectivo y tejido muscular liso.

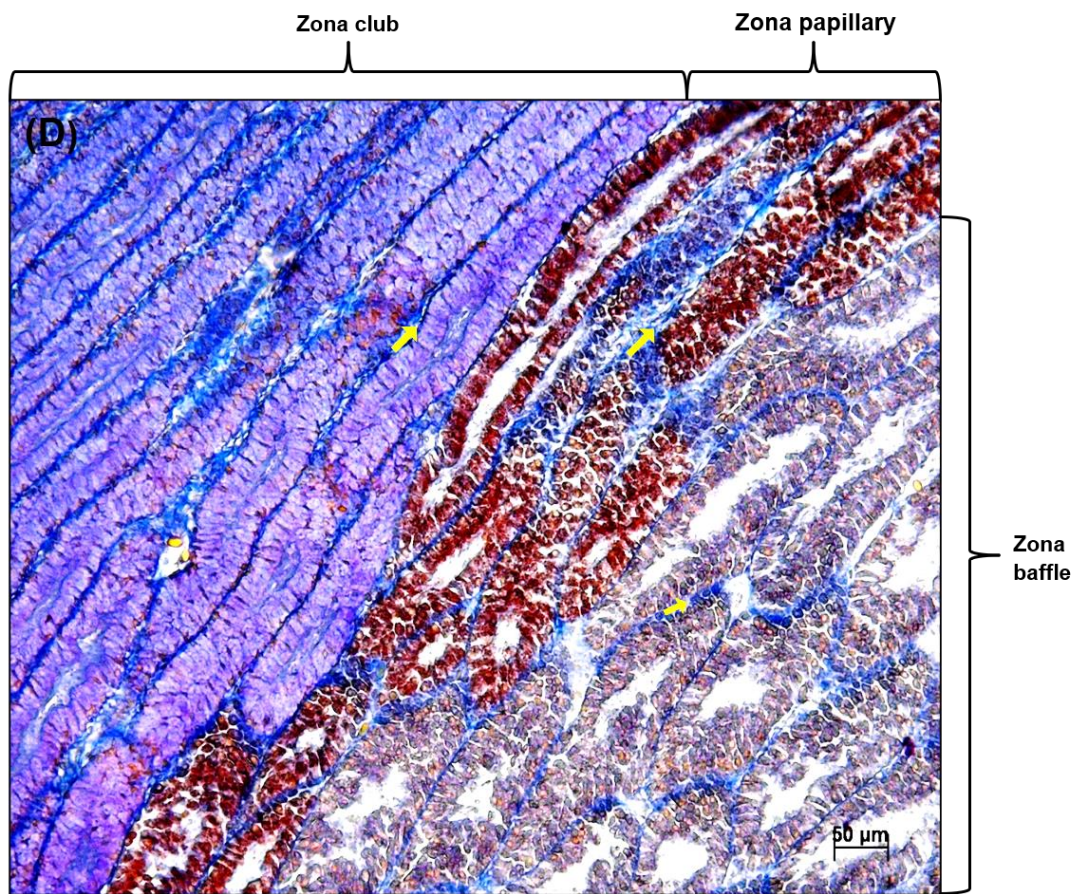
### 6.8.3. Glándula oviducal

Es un órgano par ubicado en la región abdominal entre el oviducto anterior y el istmo, luego se encuentra el útero. Con la tinción Tricrómica de Mallory se logró identificar diferentes zonas en la glándula oviducal (Fig. 17).







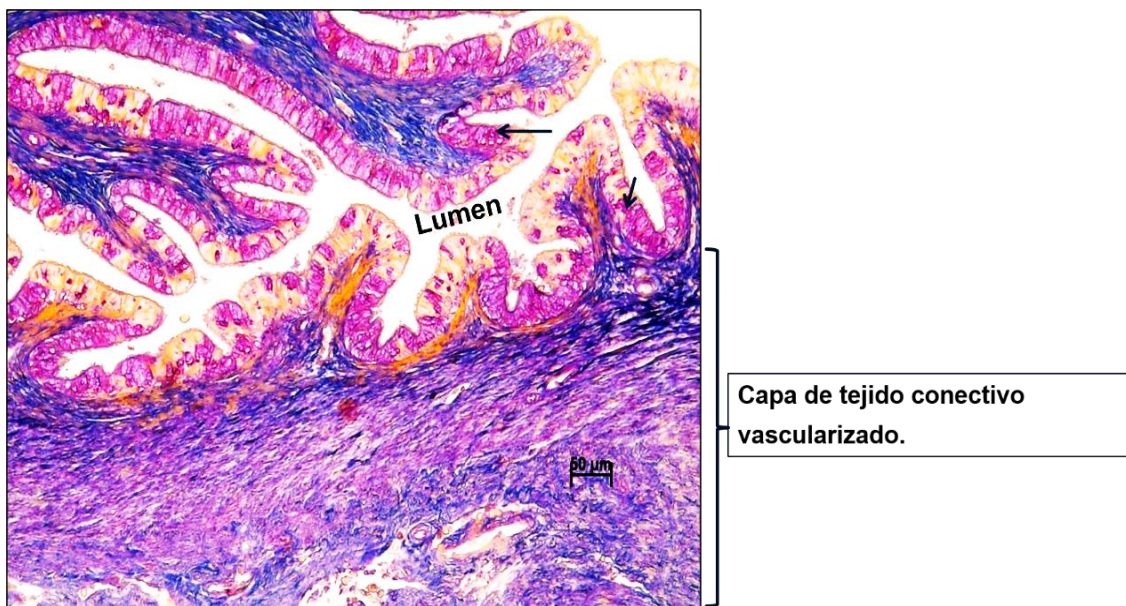


**Figura 17.** Vista de un corte sagital de la glándula oviducal de la especie *P. glaucostigmus*. Se observan las zonas con diferente coloración. **(A)** Pliegues internos de la mucosa (**p**) en las zonas: **Zc**- zona club y **Zp**- zona papillary. **(B)** Transición entre la zona baffle y la zona terminal. **(C)** Vista de los pliegues en la zona club. Tejido conjuntivo vascularizado (**Tc**) y con función de sostén (flechas amarillas). **Epc**- epitelio cilíndrico ciliado (estrellas), **Cps**- capilares sanguíneos. Tinción T-M aumento 40X. **(D)** Se diferencian la zona club, zona papillary y zona baffle. Tinción T-M, aumento 10X.

Presenta una túnica mucosa notablemente plegada como epitelio de revestimiento interno. A continuación, se observa el tejido conectivo (fibras de colágeno) vascularizado y con función de sostén. En la glándula oviducal se pueden distinguir las siguientes cuatro zonas de acuerdo con las características de la mucosa:

La **zona club** (**Zc**) con un lumen (**L**) un poco mayor en comparación con las siguientes zonas. Se observó el epitelio de revestimiento simple cilíndrico

ciliado. La región interna de la zona club presentó acinos mixtos próximos entre sí unos de otros y células caliciformes secretoras de mucus. La **zona papillary** (Zp) también contiene acinos y el epitelio de revestimiento interno es simple columnar ciliado. La **zona baffle** es un poco más extensa. Se caracteriza por presentar laminillas conocidas como “spinnerets”. El epitelio de revestimiento es cilíndrico ciliado. También se observó acinos y gránulos de vitelo. En la **zona terminal** se observó pequeñas invaginaciones y grupos de acinos serosos y mucosos dispersos.



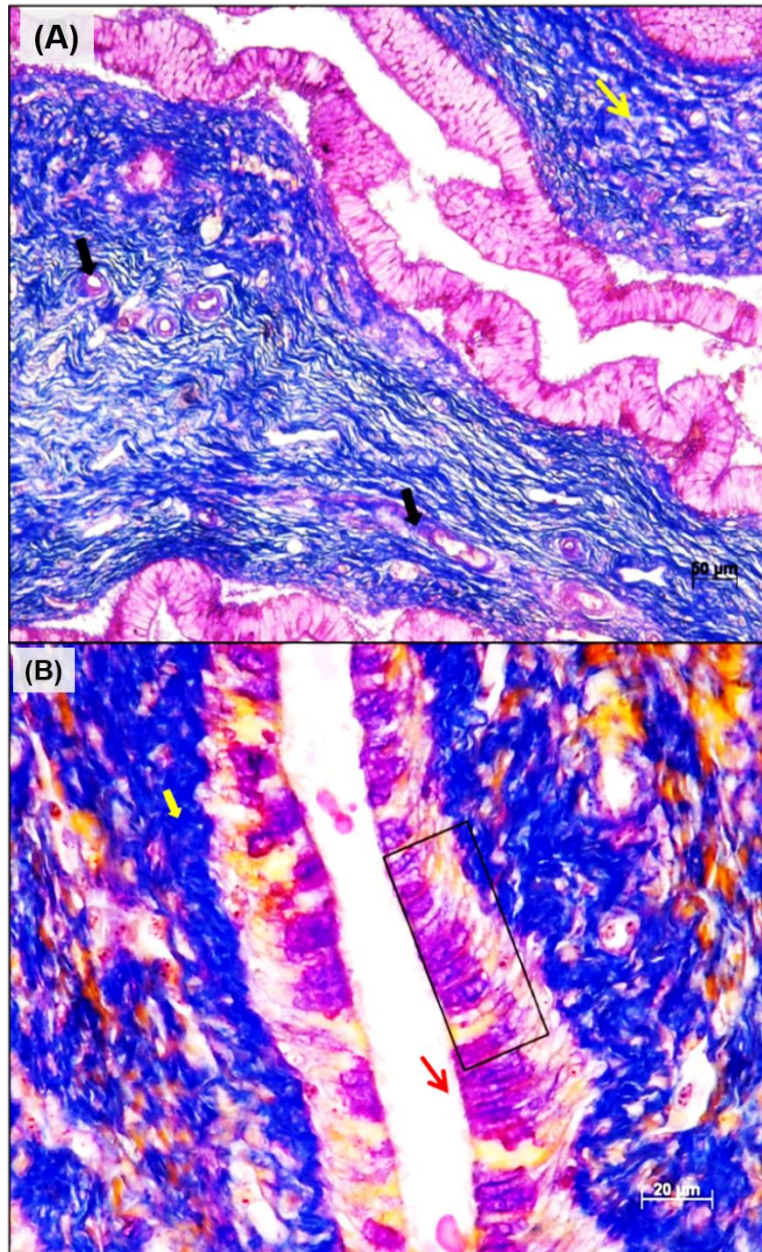
**Figura 18.** Corte sagital de 3 μm en el istmo. Células secretoras (flechas). Tinción T-M, aumento 10X.

En el istmo se observaron pliegues cortos de la túnica mucosa hacia el lumen, y se encuentra revestido de tejido epitelial cilíndrico simple con células secretoras intercaladas (Fig. 18).

#### 6.8.4. Oviducto posterior

En los elasmobranquios el oviducto posterior se ensancha formando el útero. En un corte longitudinal se observaron numerosos pliegues de la mucosa hacia lumen (Fig. 19 A). El epitelio de revestimiento interno es cilíndrico simple ciliado (Fig. 19 B).



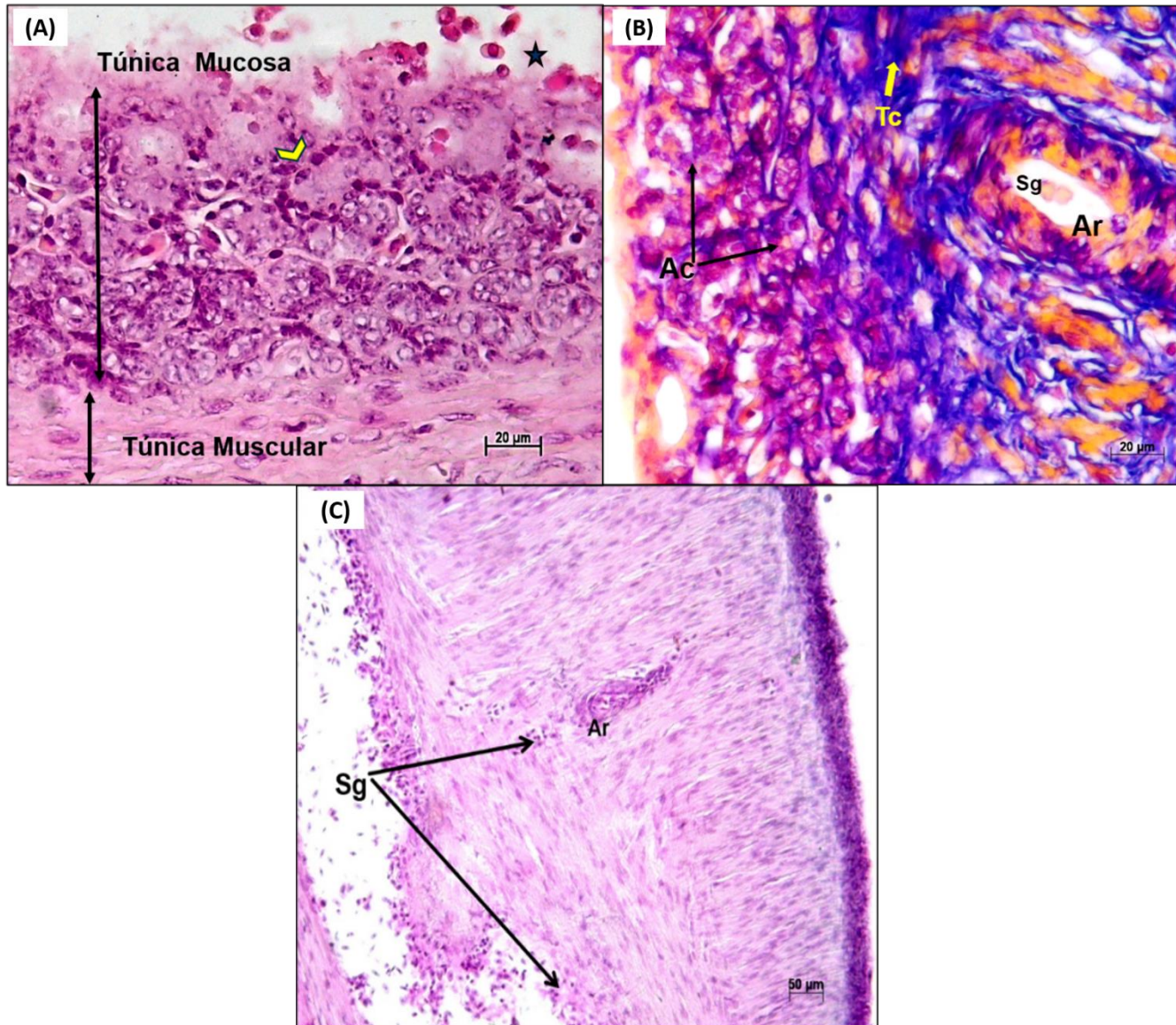


**Figura 19.** Microfotografías del oviducto posterior. **(A)** Vista general del pliegue interno de la mucosa. Tejido conjuntivo (flecha amarilla) vascularizado (flechas negras). Tinción T-M, aumento 10X. **(B)** Vista del epitelio simple cilíndrico ciliado. Tinción T-M, aumento 40X.

### 6.8.5. Útero

En la anatomía microscópica se observó abundante tejido conjuntivo (fibras de colágeno) y vascularizado. El epitelio de recubrimiento es columnar ciliado. Se observó glándulas secretoras que se ubicaron apicalmente en el epitelio (Fig. 19, Fig. 20).



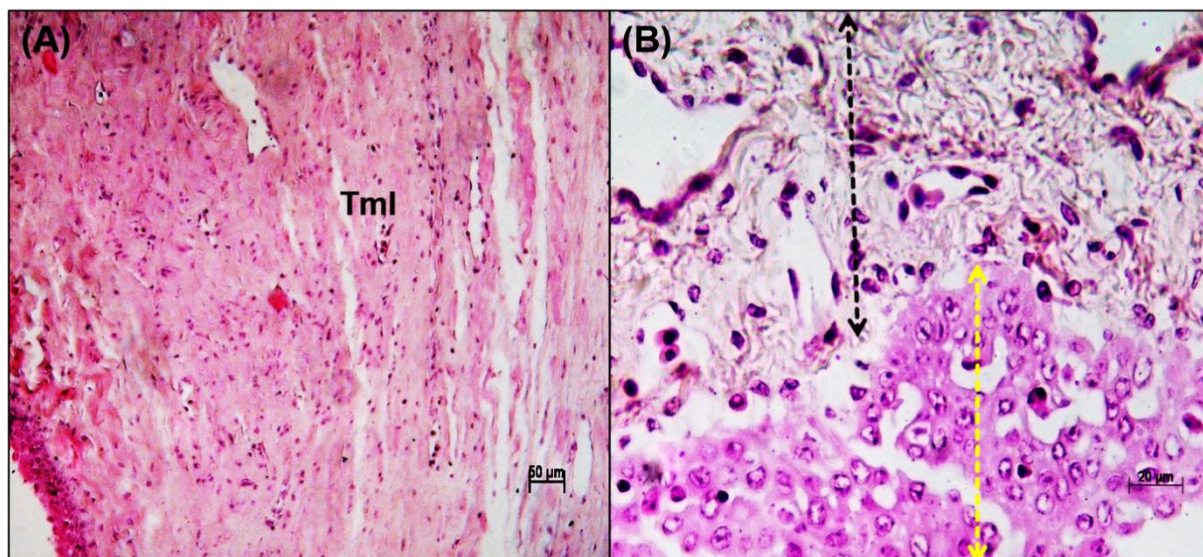


**Figura 20.** Esquema. Vista de un corte longitudinal en la parte media del útero. **(A)** Pliegue de la mucosa, Tinción T-M, aumento 40X. **(B)** Corte longitudinal de la parte media del útero. **fe**-fibras de elastina y otras fibras de **c**- colágeno, **s**- células secretoras de mucus. Tinción T-M, aumento 10X. **(C)** Se observa la túnica mucosa y la muscular. Epitelio glandular, acinos compuestos secretores (flecha amarilla). Mucus (estrella). Tinción H-E, aumento 40X. **(D)** Tejido conectivo vascularizado, **Ar**- arteria, **Sg**- células de la sangre. Tinción H-E, aumento 40X. **(E)** Se observa **Tc**- Tejido conectivo (flecha amarilla), **Ac**- Acinos que liberan mucus. Tinción T-M, aumento 40X.

### 6.8.6. Seno urogenital

El seno urogenital forma parte de los conductos genitales del aparato reproductor de las hembras de la raya guitarra.

Se observaron varias capas de tejido conectivo profusamente vascularizado con células (Fig. 21B), organizadas en un entramado entre fibras colágenas y tejido muscular liso (Fig. 21A). La pared interna presentó microvellosidades con secreciones de mucus.



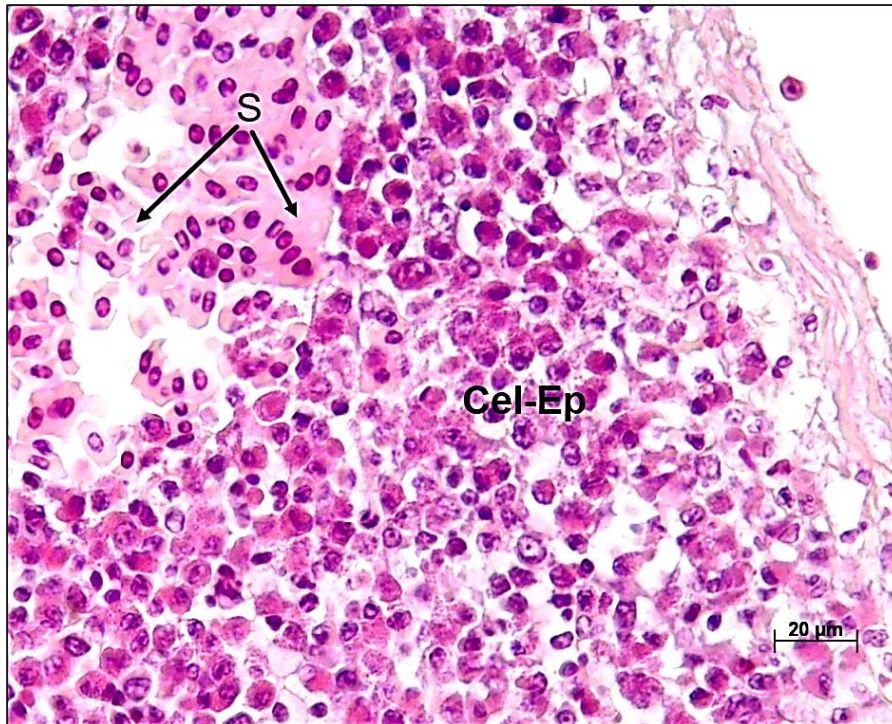
**Figura 21.** Seno urogenital. **(A)** Entramado de tejido muscular liso (**Tml**) y fibras colágenas. Tinción H-E, aumento 10X. **(B)** Corte transversal de la parte media del seno urogenital. Capa tejido conectivo vascularizado (flecha con líneas negras), y túnica mucosa (flecha con líneas amarillas). Tinción H-E, aumento 40X

### 6.8.7. Órgano epigonal

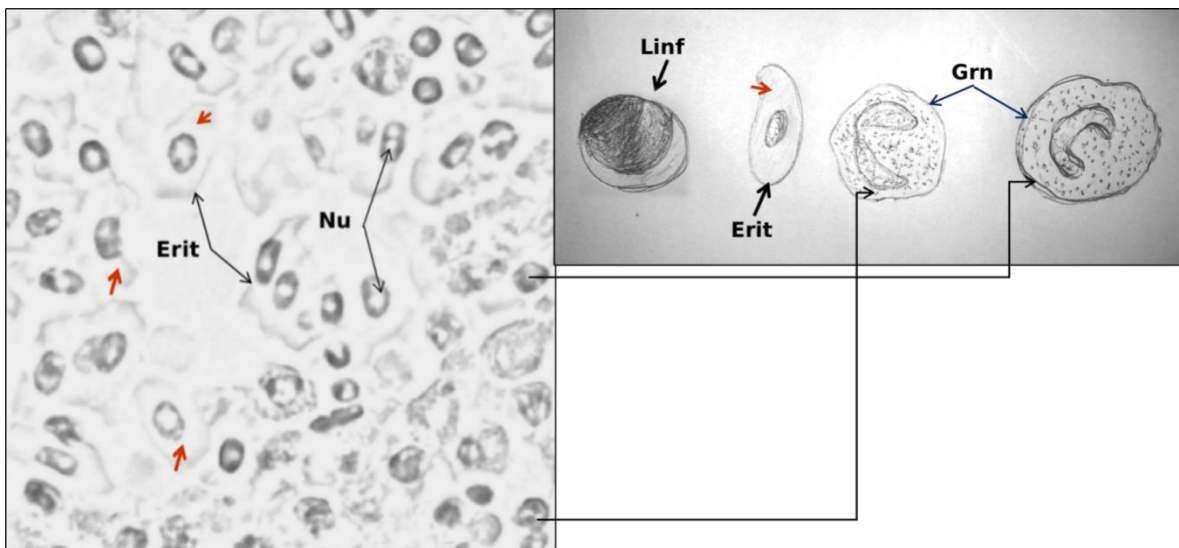
El órgano epigonal asociado a los ovarios en las hembras maduras sexualmente de *P. glaucostigmus* son de tamaño reducido y de color blanquecino. Se observó que las células epigonales tienen una morfología similar a las células inmunitarias, y se destaca la presencia de numerosos eritrocitos nucleados y linfocitos (Fig. 22).

Los eritrocitos observados de forma elíptica, presentan un núcleo central rodeado de abundante citoplasma (Fig. 23). En la técnica de tinción Hematoxilina-Eosina el núcleo quedó fuertemente teñido y su citoplasma, de color rosa más claro (Fig. 22).





**Figura 22.** Corte transversal del órgano epigonal. Se observan numerosos eritrocitos (**S**) junto a otras células epigonales indiferenciadas (**Cel-Ep**). Tinción H-E, aumento 10X.



**Figura 23.** Esquema de los tipos celulares encontrados en el órgano epigonal. Eritrocitos (**Erit**) de forma elíptica con un núcleo central (**Nu**) y rodeado del citoplasma celular (flecha roja). Granulocitos (**Grn**), linfocitos (**Linf**). Tinción H-E, aumento 10X.

Los linfocitos presentaron un núcleo esférico en general que ocupa el citoplasma, el cual es estrecho y escaso sin gránulos. Se observaron

granulocitos con el núcleo multilobulado y numerosos gránulos en el citoplasma (Fig. 23).

## **7. Discusión**

*P. glaucostigmus* es una especie poco estudiada, el presente trabajo es uno de los primeros estudios sobre las estructuras reproductivas de la especie en el Golfo de California.

### **7.1. Composición de tallas**

En los campos pesqueros en Santa Rosalía el intervalo de tallas encontrado entre 52 cm a 80 cm de Longitud total (Lt) correspondieron a una hembra madura. En contraste con este resultado, en la zona sur de la Isla Espíritu Santo el rango de tallas varió de 59.5 cm a 75 cm Lt (González-González *et al.*, 2020); tallas menores a 76.3 cm Lt fueron reportadas por McEachran y Notarbartolo-di Sciara (1995) para la guitarra pinta en el Pacífico Central-Oriental. Robertson y Allen (2015) en el sistema de información digital han publicado tallas máximas de 77 cm Lt en el Pacífico Oriental. En las costas de Jalisco y Colima la longitud total máxima registró 82 cm (Valadez-González, 2007). En otros estudios la talla máxima registrada se amplió a 87.8 cm Lt en el sureste del Golfo de California (Rosa-Meza *et al.*, 2013) y a 88.6 cm Lt, por los investigadores Lara-Mendoza y Márquez-Farías (2014).

La composición de tallas entre los meses de capturas no mostró diferencias significativas, se atribuye a que la captura va dirigida a los organismos más grandes por su valor comercial. Los organismos más pequeños a los cuales no se les puede aprovechar su carne, son devueltos al mar. En el Golfo de California predomina el arte de pesca artesanal: se utiliza palangre, para capturar individuos de mayor tamaño y, redes de enmalle, en las cuales quedan atrapados los organismos pequeños (Cortés, 2000; Bustamante, 2007). En Santa Rosalía los peces guitarras son capturados con redes de fondo (chicas y grandes), y son atrapadas incidentalmente en las redes de superficie grandes. Los pescadores utilizan distintos artes de pesca durante todo el año según la especie de importancia e interés comercial se dirige el mayor esfuerzo. Utilizan red de fondo,

red de superficie, línea de mano con anzuelo, palangres, trampas y buceo (Marce-Acosta, 2015). El estudio de Márquez-Farías (2007) indica que las redes funcionan como un sistema de selectividad, lo que explica el resultado de las tallas de los organismos atrapados. Los peces más pequeños quedan atrapados en las redes, por lo regular son descartados por los pescadores debido a su tamaño.

Las tallas más grandes corresponden a hembras adultas. Entre los elasmobranquios es común encontrar hembras de mayor tamaño que los machos (Downton-Hoffmann, 2007). Estas diferencias en tamaño podrían estar relacionadas con una estrategia reproductiva, las hembras de gran tamaño poseen un mayor espacio en la cavidad abdominal y probablemente el resultado es un mayor número de crías (Cortés, 2000): aunque estos mecanismos son de gobierno genético en relación con la edad de la especie.

### **Distribución temporal de las hembras**

Los meses de muestreo fueron desde febrero hasta abril, y de agosto a diciembre en Santa Rosalía, en los cuales se obtuvo datos de captura de la guitarra pinta. Del 1 de mayo al 31 de julio no se registraron muestras debido al período de veda temporal para la captura de elasmobranquios (Diario Oficial de la Federación, 2012).

La mayor incidencia de organismos en los muestreos fue en los meses de agosto y diciembre, explica que en estos meses las especies objetivo son las rayas que se acercan a la costa por protección y a expulsar a sus crías.

En cuanto a la distribución temporal por estadios de madurez, puesto que las hembras tenían con huevos fecundados en los úteros durante toda la temporada de pesca, con excepción en los meses de agosto y septiembre, resultaron 6 hembras con embriones en desarrollo. Este registro difiere un poco de lo encontrado por Lara-Mendoza (2016), donde las hembras capturadas en la plataforma de Sinaloa presentaron embriones visibles desde mayo a octubre. La diferencia anterior podría significar un desfase en la temporada de expulsión de crías para esa zona.

## 7.2. Proporción por sexos

En Santa Rosalía se capturaron 58 hembras adultas por cada macho. Una probable explicación sugiere que durante la expulsión de crías y después del mismo durante el desarrollo de los individuos, sucede un proceso de segregación.

La proporción sexual representa el número de machos por cada hembra en la población (Walker, 2005). En otras especies de rinobátidos como *Rhinobatos percellens*, *R. hynnicephalus*, y *Zapteryx xyster*, el comportamiento descrito en la proporción de sexos es de una hembra por macho (Grijalva-Bendeck *et al.*, 2008; Kume *et al.*, 2009; Rocha y Gadig, 2012; Velez-Tacuri *et al.*, 2014). En los organismos adultos, la proporción por sexos generalmente no refleja la proporción real que existe en la población, debido a que intervienen diversos factores que pueden afectar este parámetro (Heithaus, 2001), como la selectividad del arte de pesca empleado, la zona y periodo de captura y la segregación que tenga la especie.

La mejor evaluación de la proporción de sexos es a través de los embriones dentro de los úteros, evitando los abortos por manipulación, por el método de pesca o por estrés de las hembras preñadas (Pratt y Otake, 1990; Hamlett, 2005). En consideración que la proporción sexual en embriones de *P. glaucostigmus* fue de 1:1, el aporte de hembras y machos a la población es igual. Existen resultados similares en la proporción sexual en embriones de *P. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993; Downton-Hoffmann, 2007; Juaristi-Videgaray, 2016), *R. hynnicephalus* (Webin *et al.*, 1993), *R. rhinobatos* (Cek *et al.*, 2009) y *Zapteryx exasperata* (Villavicencio-Garayzar, 1995; Blanco-Parra *et al.*, 2009).

En los organismos capturados en Santa Rosalía la proporción sexual puede estar sesgada por el área de operación de la pesca artesanal; ya que, para los embriones no hubo diferencias significativas entre la proporción por sexos.

En *Pseudobatos glaucostigmus* en las costas de Sonora y Sinaloa (Lara-Mendoza *et al.*, 2014), no hay una separación o segregación espacio temporal por sexos, ni por estadios de madurez en la plataforma continental del Golfo de California. Estos resultados no coinciden con lo observado en la zona de muestreo en Santa Rosalía.

Por otro lado, existen estudios en los que se ha descrito la segregación sexual en elasmobranchios y ocurre cuando llega la madurez (Wourms, 1977). En especies que cohabitan con la guitarra pinta en el Golfo de California como *Pseudobatos productus* se ha descrito un comportamiento distinto, donde sí existe una segregación por sexos que puede disminuir en la temporada de la cópula con la llegada de los machos (Downton-Hoffmann, 2007; Juaristi-Videgaray, 2016).

### **7.3. Características morfológicas del aparato reproductor**

El sistema reproductor de las hembras de *P. glaucostigmus* es similar a los descritos en la literatura para los rinobátidos. Como parte de la familia Rhinobatidae, la guitarra pinta presentó dos úteros y los dos ovarios funcionales, de tipo externo acorde con la clasificación de Pratt (1998), y unidos al órgano epigonal. Los ovocitos se distribuyeron en igual tamaño en ambos ovarios y no hubo un estadio predominante. Esto concuerda con lo descrito por Lara-Mendoza (2016), y coincide con las características mencionadas para *P. productus* (Downton-Hoffmann, 2007; Juaristi-Videgaray, 2016; Romo-Curiel et al. 2017) y otras especies de la familia como *Rhinobatos hynnicephalus* (Webin y Shuyuan, 1993), *R. cemiculus* (Seck et al., 2004) y *R. rhinobatos* (Ismen et al., 2007).

Durante el seguimiento mensual del diámetro de los ovocitos contenidos en los ovarios, en los meses de agosto y septiembre destacaron los de mayor tamaño 27 mm y 29.01 mm, respectivamente; mientras, en la costa de Sinaloa resultaron principalmente ovocitos de gran tamaño en los meses de mayo a julio (Lara-Mendoza, 2016). Esto sugiere que existe un desfase en el ciclo reproductivo entre ambas poblaciones, aunque si bien son de la misma especie y habitan en el Golfo de California, es probable que influyen las diferencias en las temperaturas del agua y la disponibilidad de alimento (Villavicencio–Garayzar, 1993).

En las hembras maduras de la guitarra pinta el ancho máximo de la glándula oviducal entre 14.54 mm y el alto 15.23 mm, son de tamaño pequeño al compararse las dimensiones de la glándula oviducal en hembras maduras ovíparas como *Raja velezi*, donde el ancho puede llegar hasta 70 mm y 35 mm de

alto (Soto-López, 2014). La glándula oviducal está presente en las especies de elasmobranquios, y en correspondencia con la estrategia reproductiva estas estructuras son pequeñas o grandes (Hamlett, 2005). En los rinobátidos, a medida que la hembra va madurando sexualmente las glándulas oviducal también incrementan su tamaño discretamente, tal es el caso de *P. glaucostigmus* en el estudio de Lara-Mendoza (2016).

## **Diapausa embrionaria**

A partir de los meses de febrero hasta abril tuvieron huevos fertilizados en los úteros, en cambio en agosto y septiembre en 6 hembras con los embriones comenzaron a ser visibles. Lessa (1982) describió por primera vez la diapausa embrionaria como una posible estrategia reproductiva en *R. horkelli* y en donde dividió el ciclo de gestación en dos distintas etapas: la primera como diapausa embrionaria, la cual coincide con un periodo de letargo que se extendió varios meses después de la fertilización de los óvulos y en donde no se observaron señales de desarrollo en los huevos uterinos. En este estudio esa primera etapa aparentemente coincide con los meses de febrero a julio. La segunda etapa consistió en tres meses de desarrollo embrionario normal durante el verano. Estas observaciones por Lessa (1982) concuerdan con lo observado durante la temporada de verano (agosto) en Santa Rosalía cuando se empiezan a ver hembras con embriones en desarrollo.

## **7.4. Talla de madurez sexual**

En Santa Rosalía, la hembra madura sexualmente de menor tamaño alcanzó 54 cm de Lt, en comparación con las presentes en la plataforma de Sinaloa, cuyo el tamaño es menor 43.5 cm. Esta diferencia puede explicarse por el arte de pesca utilizado y la temporada de pesca en cada puerto pesquero. En la zona de muestreo en Santa Rosalía se encontraron maduras sexualmente. Tenían huevos fertilizados en los úteros o embriones en desarrollo, y no hubo juveniles. Las hembras maduran a tallas más grandes con respecto a los machos, esto ha sido reportado para la mayoría de las especies de la familia Rhinobatidae en aguas tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Payan *et al.*, 2011). La talla de



madurez reportada para las hembras en el Golfo de California en la plataforma de Sinaloa y Sonora alcanzan 52.58 cm de Lt por Lara-Mendoza y Marquez-Farías (2016).

En el presente estudio no fue posible determinar estadísticamente la talla mediana de maternidad ya que todas las hembras muestreadas se encontraron preñadas. De acuerdo con Walker (2005), este es uno de los parámetros de la biología reproductiva más relevantes para evaluar las poblaciones de elasmobranquios, porque indican la proporción de las hembras resultantes en el reclutamiento anual de la población.

### **7.5. Fecundidad uterina**

En el área de Santa Rosalía la fecundidad calculada en las hembras grávidas de la guitarra pinta mostraron de 4 a 9 embriones. No es la más baja, al tener en cuenta otras especies como *Rhinobatos percellens* productoras de 2 a 4 embriones según Grijalba-Bendeck *et al.*, (2008). La fecundidad es otro de los parámetros biológicos importantes, ya que puede indicar el potencial reproductivo de una especie en una zona determinada y puede ser influenciada por la tasa de crecimiento, madurez de las hembras (Hamlett, 2005) y por la edad de las reproductoras.

Un intervalo de fecundidad más amplio ha sido reportado para la misma especie por Lara-Mendoza y Marquez-Farías (2016), es de 1 a 9 embriones. En otras especies del mismo género *Pseudobatos* se han encontrado entre 1 y 6 embriones en *P. leucorhynchus* (Payán *et al.*, 2011), para *P. productus* de 1 a 10 hasta 16 (Villavicencio–Garayzar, 1993) (Márquez-Farías, 2007); hasta 13 embriones en *R. percellens* según otros autores (Rocha y Gadig, 2013; Tagliafico *et al.*, 2013).

### **7.6. Anatomía microscópica del aparato reproductor**

La anatomía microscópica de las gónadas femeninas de *P. glaucostigmus* coincide de manera general con la descrita para *R. percellens* (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2008) y *P. productus* (Bilcan-Yildirim *et al.*, 2011; Juaristi-Videgaray, 2016).

Estos análisis histológicos son usados para validar los estados de madurez (Maruska *et al.*, 1996).

### **7.6.1. Ovarios**

Consta de dos ovarios funcionales, cada uno embebido en el órgano epigonal y su relación varía de acuerdo con el desarrollo del ovario (Hamlett, 2005). Como es típico de un ovario externo, los folículos se encuentran localizados debajo de un epitelio simple y una túnica albugínea desarrollada (Pratt, 1988). En hembras grávidas se encontró folículos vitelogénicos.

En las hembras maduras de la guitarra pinta el órgano epigonal se encuentra reducido, cubriendo los folículos primarios que se ubican en la parte interna e inferior del ovario, esta característica fue descrita por Bilcan-Yildirim *et al.*, (2011) en *R. rhinobatos*. Mostraron ovocitos previtelogénicos con alvéolos corticales, indica que el ovario está en reposo y se observó en hembras grávidas, con huevos fertilizados. También se encontraron ovocitos vitelogénicos cubiertos por una capa gruesa acelular, la zona pelúcida, y rodeado por tejido conjuntivo. Esta etapa de desarrollo encontrada coincide con la descrita por Grijalba-Bendeck *et al.*, (2008) para *R. percellens* en las aguas de Colombia.

### **7.6.2. Órgano epigonal**

Es un órgano linfomieloide (Honma *et al.*, 1984) altamente vascularizado presente en las gónadas de *P. glaucostigmus*, en el cual se encontró numerosos eritrocitos en todo el órgano, también se identificaron linfocitos y granulocitos. En mamíferos estas células son producidas por la médula ósea y forman parte del sistema inmune. En *R. rhinobatos* también se realizó un análisis histológico y se identificó estos tipos celulares (Bilcan-Yildirim *et al.*, 2011).

### **7.6.3. Glándula oviducal**

En la especie *P. glaucostigmus*, cuando las hembras maduran sexualmente el tamaño macroscópico de la glándula oviducal se incrementa ligeramente. Debido

a su estrategia reproductiva (viviparidad aplacentaria) no presentan modificaciones anatómicas considerables como ocurre en especies ovíparas de rayas y tiburones (Soto-López, 2014).

La estructura microscópica anatómica de la pared interna de la glándula oviducal muestra unas microvellosidades que facilitan el paso de los ovocitos desde los oviductos. También está formada por varias regiones glandulares, esto coincide con lo observado en especies vivíparas aplacentadas como *R. percellens* (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2008) y *P. productus* (Juaristi-Videgaray, 2016) donde está involucrada en la formación de envolturas terciarias transparentes y delgadas (Hamlett, 2005).

En varias especies de condriictios se ha encontrado que la glándula oviducal puede almacenar los espermatozoides en la zona bafle y la zona terminal desde pocos días hasta años (Maruska *et al.*, 1996). En las muestras de hembras analizadas de *P. glaucostigmus* no se observó material espermático, esto pudiera significar que no hubo cópula recientemente, o bien, el almacenamiento de esperma no sucede en la especie, por ello es conveniente hacer otros estudios más adelante. El almacenamiento de esperma es un mecanismo evolutivo descrito para especies altamente migratorias, con el objetivo de garantizar la reproducción (Pratt, 1993).

#### **7.6.4. Istmo**

Esta zona es similar en las especies de elasmobranquios. Se encuentra entre la glándula oviducal y el útero en *P. glaucostigmus*. La pared del istmo está formada por tejido muscular liso y conjuntivo. Tiene microvellosidades y secreciones de las células mucosas productoras de fluido para la lubricación y movimiento del huevo de la glándula oviducal hacia el útero (Storrie *et al.*, 2009). Las características en el tejido que recubre internamente el istmo coinciden con las descritas por otros investigadores en elasmobranquios como es el caso del tiburón *Mustelus lunulatus* (García-Vázquez, 2018).

### 7.6.5. Úteros

La pared uterina en la guitarra pinta es notablemente vascularizada, una adaptación que satisface la demanda de oxígeno por los embriones, con tejido muscular liso y plegada. Las microvellosidades dirigidas hacia el lumen tienen células secretoras productoras de sustancia mucosa nutritiva, y tener otras sustancias orgánicas (Hamlett, 2005) que ayudarían a nutrir al embrión en desarrollo. Sin embargo, aunque en la literatura (Richardson, 1846; Wenbin y Shuyuan, 1993) se habla de la histotrofía limitada en estas especies, Romo-Curiel (2017) concluyó que *P. productus* es una especie lecitotrófica. En su interior contiene numerosos pliegues longitudinales que permiten ensancharse y contener varias crías. En las hembras adultas y grávidas las paredes se aprecian delgadas y transparentes contribuyen al suministro de oxígeno. En la zona posterior del útero se encontraron gránulos de vitelo, este indicador coincide con la característica de un útero maduro (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2008).

La información producida en esta investigación aporta y amplía el conocimiento biológico de la especie, contribuye con información científica útil del estatus reproductivo de la especie.

## 8. Conclusiones

- En el Golfo de California en Santa Rosalía, B.C.S., la hembra de la guitarra pinta *Pseudobatos glaucostigmus* alcanza tallas máximas de 80 cm LT. Los machos colectados presentaron tallas entre los 52 y 58 cm LT, menores a las encontrada en la plataforma de Sinaloa y Sonora.
- La proporción sexual en adultos 58.25 hembras: 1 macho, fue diferente a la proporción embrionarias 1:1 (hembras:machos) . Es probable que la segregación por sexos es debido al comportamiento de las hembras preñadas, quienes se aproximan a la costa por protección y a tener sus crías; además, la operación de la pesca artesanal es más cercana a la costa.
- De acuerdo con las medidas morfométricas y macroscópicas de todas las hembras capturadas durante el muestreo en Santa Rosalía, se demostró la presencia de hembras maduras sexualmente. No se encontraron juveniles.
- Las hembras con huevos fertilizados en los úteros y folículos previtelogénicos, y las hembras con embriones en desarrollo tenían ovarios con folículos vitelogénicos, por lo cual, el proceso de vitelogénesis y de preñez son simultáneos.
- *Pseudobatos glaucostigmus* tiene una baja fecundidad, de 4-9 embriones por hembra.
- Los embriones registrados en los meses de agosto, septiembre y octubre en diferentes fases de desarrollo coincidieron con las hembras con huevos fecundados durante todo el año, señalando una posible diapausa embrionaria.
- El aparato reproductor en las hembras de *Pseudobatos glaucostigmus* coincidió con las características descritas para las especies del género.
- La guitarra pinta es una raya guitarra con viviparidad aplacentaria y presenta dos ovarios de tipo externo y funcionales. Los ovarios mostraron actividad folicular durante todo el año.
- Por la producción de gametos y el desarrollo de los embriones se puede sugerir que *Pseudobatos glaucostigmus* tiene un ciclo reproductivo anual.

- En el análisis histológico se observó el epitelio germinativo activo, con producción constante de ovogonias, indicando un buen potencial reproductivo.
- En el examen de la glándula oviducal la microanatomía coincidió con la histología descrita para los elasmobranquios. No se encontró almacén de esperma.

## **9. Recomendaciones**

- Se recomienda llevar a cabo estudios demográficos de edad y crecimiento de *P. glaucostigmus* para poder implementar medidas de manejo sustentable para su pesquería en el GC.
- En el análisis histológico del órgano epigonal, se observaron células características de la sangre como eritrocitos y granulocitos. Se recomienda realizar estudios detallados de la morfología de las células y su distribución en busca de precisar función en este órgano.

## 10. Referencias Bibliográficas

Babin, P. J., Cerdà, J., & Lubzens, E. (Eds.). (2007). The fish oocyte: from basic studies to biotechnological applications. Springer Science & Business Media. 508 pp.

Bejarano-Álvarez M. 2007. Biología reproductiva del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en Salina Cruz, Oaxaca, México. Tesis Doctoral. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 74 pp.

Bircan-Yildirim, Yasemin & Çek, Şehriban & BAŞUSTA, Nuri & Atik, Esin. (2011). Histology and Morphology of The Epigonal Organ with Special Reference to The Lymphomyeloid System in *Rhinobatos rhinobatos*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 351-358. [http://dx.doi.org/10.4194/1303-2712-v11\\_3\\_03](http://dx.doi.org/10.4194/1303-2712-v11_3_03)

Bizzarro, J.J. 2016. *Pseudobatos glaucostigmus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: [Pseudobatos glaucostigmus \(Speckled Guitarfish\) \(iucnredlist.org\)](http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T161457A103931285.en) e.T161457A103931285. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T161457A103931285.en>.

Chapman Demian D, Shivji Mahmood S, Luis Ed., Sommer Julie, Fletcher Hugh & Prodöhl Paulo A. 2007. Virgin birth in a hammerhead shark. *Biol. Lett.* 3: 425–427 <http://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0189>

Compagno, L. J. V. (2005). Checklist of living Chondrichthyes. Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras, 503-548.

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. 80 p.

Conrath, Christina & Musick, John. (2012). Reproductive Biology of Elasmobranchs. 10.1201/b11867-13.

Downton-Hoffmann, C. A. 1996. Estrategia reproductiva de la guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres 1856) en la costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura. UABCS. La Paz, B.C.S., México. 51 pp.

Downton-Hoffman, C. (2007). Biología del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres 1856). Baja California Sur, México. PhD thesis, CICIMAR-IPN, La Paz, México. 213 pp.

De la Rosa-Meza, K., Sosa-Nishizaki, O., & de la Cueva-Salcedo, H. (2013). Hábitos alimentarios de la guitarra punteada *Rhinobatos glaucostigma* (Elasmobranchii, Batoidea) en el sureste del Golfo de California. *Ciencias marinas*, 39 (3), 277-290.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. Acuerdo por el que se modifica el Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos mexicanos, publicado el 16 de marzo de 1994 para establecer los periodos de veda del pulpo en el Sistema Arrecifal Veracruzano, jaiba en Sonora y Sinaloa, tiburones y rayas en el Océano Pacífico y tiburones en el Golfo de México. SEGOB. SAGARPA.

Elias, F. G. (2013). Características histológicas del aparato reproductivo de la hembra de *Mustelus schimitti*: cambios morfológicos y almacenamiento espermático dentro del mismo. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3105>

Godínez-Domínguez E, Rojo-Vázquez J, Galván-Piña V, Aguilar-Palomino B, Changes in the Structure of a Coastal Fish Assemblage Exploited by a Small-Scale Gillnet Fishery During an El Niño–La Niña Event, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 51, Issue 6, 2000, Pages 773-787, ISSN 0272-7714, <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0724>.

Flores, E. E., & Aranzábal, M. D. C. U. (2002). *Atlas de histología de vertebrados*. UNAM. 73 pp.

García Vázquez, G. (2018). Biología reproductiva del tiburón *Mustelus lunulatus* (Jordan y Gilbert, 18183) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, Mexico (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas). 114 pp.

Gatica, C., & Acuna, E. (2011). Reproductive biology of deep-sea sharks *Aculeola nigra* De Buen, 1959, and *Centroscyllium nigrum* Garman, 1899 (Chondrichthyes: Etmopteridae), from Central Northern Chile. *Gayana*, 75 (1), 1-16.



González-González, Lorem & Cruz-Escalona, Víctor & Ehemann, Nicolás & Agüero, Gustavo & Cárdenas, Leonardo & Mejía-Falla, Paola & Navia, Andrés. (2020). Riqueza y abundancia relativa de los batoideos de la pesquería artesanal en el Archipiélago Espíritu Santo, BCS, México. *Hidrobiológica*: [revista del Departamento de Hidrobiología]. 30. 37-47.

Grijalba-Bendeck, M., Acero, A., & González, E. 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 43(3), 469-481.

Changes in the structure of a coastal fish assemblage exploited by a small-scale gillnet fishery during an El Niño- La Niña event. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 51: 773–787. <http://dx.doi.org/10.1006/ecss.2000.0724>

Hamlett, W. C., Knight, D. P., Koob, T., Jezior, M., Luong, Rozycki, T., Brunette, N. y Hysell, M. 1998a. Survey of oviducal gland structure and function in elasmobranchs. *Journal of Experimental Zoology* 282: 399-420.

Hamlett W.C. y Hysell M.K. 1998. Reproductive accommodations for gestation in the atlantic guitarfish, *Rhinobatos lentiginosus*, Rhinobatidae. *The journal of the Elisa Mitchell Scientific Society* 114: 199-208.

Hamlett, W. C. y Koob, T. 1999. Female reproductive system. Pp. 398-443. In W. C. Hamlett (ed.), *Sharks, Skates and Rays: Biology of Elasmobranch Fishes*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.

Hamlett, W.C. (2005). *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, batoids and chimaeras*. Enfield, NH: Science Publishers Incorporated, vol. 3. USA. 575 pp.

Heithaus, M.R. 2001. The biology of tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, in Shark Bay, Western Australia: sex ratio, size distribution, diet, and seasonal changes in catch rates. *Environmental Biology of Fishes*. 61:25-36.

Henningsen, A. D., Smale, M. A. L. C. O. L. M., Garner, R., & Kinnunen, N. I. N. O. (2004). Reproduction, embryonic development, and reproductive physiology of elasmobranchs. *The elasmobranch husbandry manual: captive care of sharks, rays and their relatives*. Biological Survey, Ohio, 227-236.

Humason, G.L. 1979. Animal Tissue Techniques Cuarta ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco. 692 pp.

Jones, C.J.P., T. Walker, J. Bell, M.B. Reardon, C.E. Ambrosio, A. Almeida & W.C. Hamlett. 2005. Male genital ducts and copulatory appendages in Chondrichthyans. 361-393. In: W.C. Hamlett (Ed.), Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes, Sharks, Batoid and Chimaeras. Enfield, NH: Science Publishers Incorporated, vol. 3. USA.

Jordan, D.S. & Gilbert, C.H. (1883). Descriptions of a New Species of *Rhinobatus* (*Rhinobatus glaucostigma*) from Mazatlan, Mexico. Proceedings of the United States National Museum, 6: 210–211.

Juaristi-Videgaray D. 2016. Biología reproductiva del pez guitarra *Pseudobatos productus* (Ayres, 1856), en Bahía Tortugas, Baja California del Sur, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 79 pp.

Lara-Mendoza, R. E., & Márquez-Farías, J. F. (2014). Estructura de tallas y relación peso-longitud del pez guitarra pinta, *Rhinobatos glaucostigma* (Rajiformes: Rhinobatidae) en la plataforma continental de Sinaloa, México. Hidrobiológica, 24(2), 119-127.

Last, P.R., Séret, B., y Naylor, G.J. 2016. A new species of guitarfish, *Rhinobatos borneensis* sp. nov. with a redefinition of the family-level classification in the order Rhinopristiformes (Chondrichthyes: Batoidea). Zootaxa, 4117(4), 451- 475.

Lessa, R.T. 1982. Biologie et dynamiques des populations de *Rhinobatos horkelii*, du plateau continental du Río Grande de Sul (Brasil). Universidad do Bretagne Occidentale, (Brasil). Tesis Doctoral, 238 pp.

Maddox, A. S., Azoury, J., & Dumont, J. 2012. Cytokinesis polar del cuerpo. Citoesqueleto, 69(11), 855-868.

Márquez-Farías, J.F. 2000. Tiburones del Golfo de California. 237-257. In: M.A. Cisneros- Mata, M.A. & A.J. Díaz de León (Eds.), Sustentabilidad y Pesca responsable en México: Evaluación y Manejo, 1999-2000. Instituto Nacional de la Pesca-SAGARPA. México. .

- Márquez-Farías JF, Blanco-Parra MP. 2006. Las rayas del Golfo de California. In: Arreguín F, Beléndez L, Méndez I, Solana R, Rangel C (eds.), *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo*. INAPESCA, SAGARPA, México, pp. 303–322.
- Márquez-Farías, J.F. 2007. Demografía del pez guitarra *Pseudobatos productus*. Tesis Doctoral. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur. México. 147 pp.
- Martoja, R. y Martoja P.M. 1970. *Técnicas de Histología Animal*. Toray-Masson, S.A. Editores, Barcelona, España. 350 pp.
- Maruska, K.P., Cowie E.G. y Tricas T.C. 1996. Periodic Gonadal Activity and Protracted Mating in Elasmobranch Fishes. *The Journal of Experimental Zoology*. 276:219-232.
- Meza-Castillo, J. H., Carrera-Fernández, M., & Galván-Magaña, F. (2012). Descripción morfológica del aparato reproductor de la raya *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert, 1880) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. *Libro de Resúmenes V Simposium Nacional de Tiburones y Rayas. SOMEPEC. México*. pp 10-12.
- Mollet, H., Cliff J., Pratt Jr. H. y Stevens J. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of Lamnoids. *Fishery Bulletin* 98(2): 299-318.
- Musick, J.A. y J.K. Ellis. 2005. Reproductive evolution of chondrichthyans. Chapter 3. Pp. 45-79. In W.C. Hamlett (Ed.), *Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras*. Science Publishers, Inc.
- Payán, L.F., A.F. Navia, E.A. Rubio y P.A. Mejía-Falla. 2011. Biología de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Günther, 1867) (Rajiformes: Rhinobatidae) en el Pacífico colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 39(2):286-296.
- Pratt, Jr. H.L. 1993. The storage of spermatozoa in the oviducal glands of western North Atlantic sharks. *Environ. Biol. Fish.*, 38: 139-149.
- Pratt, L.H. y Tanaka, S. 1994. Sperm Storage in Male Elasmobranch: A Description and Survey. *Journal of Morphology*. 219: 297-308.

6. Lavar en agua corriente 2 min.
7. Lavar en agua destilada 1 min.
8. Teñir en eosina al 1% en solución acuosa durante 1 min.

### **Deshidratación y montaje de las laminillas**

9. Lavar con alcohol 96° dos veces.
10. Deshidratar en alcohol absoluto (dos cambios de 1 min cada uno).
11. Acetona (un cambio 1 min).
12. Transparentar con acetona-americlear, 2 min.
13. Americlear (tres cambios de 2 min. cada uno).
14. Xileno (1 min).
15. Montar con citoseal.
16. Etiquetar con la clave correspondiente

Pollom, R., Avalos, C., Bizzarro, J.J., Burgos-Vázquez, M.I., Cevallos, A., Espinoza, M., González, A., Herman, K., Mejía-Falla, P.A., Morales-Saldaña, J.M., Navia, A.F., Pérez Jiménez, J.C. y Sosa-Nishizaki, O. *Pseudobatos glaucostigmus*. *La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2020*: e.T161457A124488932. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T161457A124488932.en>

Ramírez-Villalobos, A. J., Ortiz, M., Arteaga, M. M. C. (2020). Lista actualizada y bibliografía de los cumáceos (Peracarida: Cumacea) del Golfo y Caribe mexicanos. *Novitates Caribaea*, (16), 143-155.

Ramírez Amaro, S.R., 2011. Caracterización de la pesquería artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de Baja California Sur, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B. C. S., México, viii, 82 pp.

Rojo-Vázquez, J. & Palomino, Bernabe & Piña, Víctor & Domínguez, Enrique. (2001). Ictiofauna de la pesquería ribereña en Bahía de Navidad, Jalisco, México, asociada al evento El Niño 1997-1998. *Revista de Biología Tropical*. 49.

Romo-Curiel, A. E., Sosa-Nishizaki, O., Pérez-Jiménez, J. C., & Rodríguez-Medrano, M. C. (2017). Reproductive cycle and maternal–embryonic nutritional relationship of shovelnose guitarfish *Pseudobatos productus* in the Gulf of California. *Journal of fish biology*, 90(3), 889-905.

Ross, J. P. 2005. Fisiología del eritrocito. *HUMANA*, 281 pp.

Santiago-García M.W., S.G. Marinone, O.U. Velasco-Fuentes. Three-dimensional connectivity in the Gulf of California based on a numerical model, *Progress in Oceanography*. Volume 123, 2014. Pages 64-73. ISSN 0079-6611. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.02.002>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079661114000159>)

Simpfendorfer, C. A. (1992). Reproductive strategy of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), from Cleveland Bay, northern Queensland. *Marine and Freshwater Research*, 43(1), 67-75.

Sosa-Nishizaki, Oscar & Márquez-Farías, J. Fernando & Villavicencio-Garayzar, C.J. (2008). Case study: pelagic shark fisheries along the west coast of Mexico. *Sharks of the Open Ocean. Biology Fisheries and Conservation*. 276-287.

Soto Lopez, Katherin. (2014). Biología reproductiva de la raya *Raja velezi* en el suroeste de la costa occidental de Baja California Sur, México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14000.87042>.

Soto-López, K., R.I. Ochoa-Báez, J. Tovar-Ávila & F. Galván-Magaña. 2018. Reproductive biology of the brown smooth-hound shark, *Mustelus henlei* (Chondrichthyes: Triakidae), off northwestern Mexico based on macroscopic and histological analyses. *Cienc. Mar.*, 44(2): 125-139.

Storrie, M.T., T.I. Walker, L.J. Laurenson & W. C. Hamlett. 2008. Microscopic organization of the sperm storage tubules in the oviducal gland of the female gummy shark (*Mustelus antarcticus*), with observations on sperm distribution and storage. *J. Morphol.*, 269(11): 1308-1324.

Storrie, M.T., T.I. Walker, L.J. Laurenson & W. Hamlett. 2009. Gestational morphogenesis of the uterine epithelium of the gummy shark (*Mustelus antarcticus*). *J. Morphol.*, 270(3):319-336.

Sumpter, J.P. & J.M. Dodd. 1979. The annual reproductive cycle of the female lesser spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula* and its endocrine control. *J. Fish Biol.*, 15(6): 687-695.

Tagliafico. A. N. Rago y M.S. Rangel. 2013. Pesquería y biología de *Rhinobatos percellens* (Rajiformes: Rhinobatidae) capturados por la pesquería artesanal de playa La pared, Venezuela. *International Journal of Tropical Biology*. 61(1): 149-160.

Valadez-González, C. 2007. Distribución, abundancia y alimentación de las rayas bentónicas de la costa de Jalisco y Colima, México. Master Thesis. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. México. 119 pp.

Villavicencio-Garayzar, C.J. 1993 c. Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3):441-446.

Villavicencio-Garayzar, C.J. 1996. Pesquería de tiburón y cazón 305-316. In: Casas Valdez, M.M. & G. Ponce Díaz (Eds.), *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. vol. 1. México.

Walker, Terence. 2020. Chapter 10 Reproduction of Chondrichthyans.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-15-2290-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2290-1_11)

Wenbin, Z. & Shuyuan Q. 1993. Reproductive biology of the guitarfish, *Rhinobatos hynnicephalus*. *Env. Biol. of Fish.* 38:81-39.

Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist*, 17: 379 – 410

Yury Verlinsky, Norman Ginsberg, Aaron Lifchez, Jorge Valle, Jacob Moise, Charles M. Strom. 1990. Analysis of the first polar body: preconception genetic diagnosis, *Human Reproduction*, Volume 5, Issue 7, Pages 826–829, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.humrep.a137192>

## Anexos

**Anexo 1.** Clave Juliana que identifica las muestras de *P. glaucostigmus*.

18	SR	118	Pg	48
Año de muestreo	Iniciales del sitio de muestreo.	Día Juliano	Iniciales del nombre de la especie	Número del organismo en el día de su captura

**Anexo 2.** Tiempos establecidos para la deshidratación de las submuestras de los órganos de *P. glaucostigmus*.

Alcoholes	0.5 cm	1.0 cm
80 <sup>0</sup>	30 min	60 min
96 <sup>0</sup>	30 min	60 min
96 <sup>0</sup>	30 min	60 min
96 <sup>0</sup>	30 min	60 min
100 <sup>0</sup>	30 min	60 min
100 <sup>0</sup>	30 min	60 min
100 <sup>0</sup>	30 min	60 min
Alcohol-cloroformo	5 min	15 min
Cloroformo	4 min	8 min
Cloroformo-parafina	30 min	30 min
Parafina I	1 hr	90 min
Parafina II	2 hrs	2 hrs
Parafina III	1 hr	1 hr

**Anexo 3.** TÉCNICA HEMATOXILINA-EOSINA.

(Para estudio topográfico en general)

1. Hematoxilina de Harris durante 5 min.
2. Lavar en agua corriente (hasta que se desprenda el exceso de colorante).
3. Diferenciar en alcohol ácido por medio minuto.
4. Lavar en agua corriente dos veces.
5. Virar en agua amoniacal (hasta que los cortes tengan un color azul intenso).





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



**CICIMAR-IPN**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**

**“BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DE *Pseudobatos  
glaucostigmus* (JORDAN & GILBERT, 1883) EN SANTA ROSALÍA,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS MARINAS**

**PRESENTA:**

**DANAY DE LA CARIDAD MARTÍNEZ RIVEAUX**

**LA PAZ, B. C. S., MÉXICO. JUNIO DE 2021.**