



# Universidad del Mar *Campus Puerto Ángel*

---

---

**Aspectos reproductivos de la raya *Zapteryx exasperata*  
(Jordan & Gilbert, 1880) (Chondrichthyes:  
Rhinobatidae) en Bahía Tortugas, Baja California Sur**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA**

PRESENTA

**JOSÉ HUMBERTO MEZA CASTILLO**

DIRECTORA DE TESIS

**DRA. MARIBEL CARRERA FERRNANDEZ**

PUERTO ÁNGEL, OAXACA, MÉXICO, 2014

# DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia quien ha sido el motor más grande que existe y que me han dado su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en esta nueva etapa.

**A María Elena Castillo Silva** que más que una madre, una confidente, una amiga y el pilar de una familia, a ti que en desvelos, corajes, risas y momentos de angustia siempre conté contigo, eres un ejemplo a seguir y muchas gracias por transmitirme esas ganas de luchar, de vivir y de salir adelante sin importar las circunstancias.

**A Alejandro Daniel Meza Castillo** mi hermano que te toco vivir momentos difíciles y que has sabido salir a delante, hay que seguirle y lograr todo lo que te propongas y cuando voltees atrás aprendas de todo lo vivido y no recuerdes lo malo, al contrario solo recuerda lo bueno y nunca olvides la gente que siempre está contigo, te pido una disculpa enorme y sabes que siempre cuentas conmigo.

**A Ricardo Melo Castillo** mi tío, quien ha sido un apoyo grande para mí y para mi madre y que se ha preocupado por nosotros a cada paso que damos, muchas gracias por todo lo que has hecho por nosotros y por estar en los momentos en los que más se ocupa de la familia, siempre te estaremos agradecidos y pase lo que pase siempre contaras con nosotros como familia.

**† A Guadalupe Castillo Silva** una mujer excepcional a la que le debo mucho y que me hubiera gustado compartir esta etapa con ella, te extraño y siempre estas presente en cada momento de mi vida, fuiste una segunda madre para mí y me diste muchas lecciones de vida y aprendí bastante a tu lado, te quiero con lo más profundo de mi corazón y extraño los momentos que pasábamos juntos, nunca te olvidare.

Nunca encontrare la forma de pagarles cada una de las cosas que han hecho y de expresar todo lo que significan como familia para mí, gracias a ustedes he llegado hasta donde estoy y seguiré adelante.

*“Es muy común recordar que alguien nos debe agradecimiento, pero es más común no pensar en quienes le debemos nuestra propia gratitud”*

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto que hizo posible los muestreos para la obtención de datos para el presente estudio: **Estudios biológicos de tiburones y rayas de Baja California Sur (2000-2010)**, del CICIMAR-IPN.

A mi directora la **Dra. Maribel Carrera Fernández** que más que una directora, una amiga y una colega que alimento mi gusto por los tiburones y las rayas, también por esos consejos y los jalones de orejas, muchas gracias por apoyarme en este proyecto y fue un honor trabajar contigo.

Al **Dr. Felipe Galván Magaña** quien me acepto a formar parte de su equipo y ayudarme a aumentar mis conocimientos en el área de elasmobranquios y por aceptarme dentro del grupo de investigación y la confianza realización del proyecto.

A la **M. en C. Ana María Torres Huerta** por permitirme colaborar con usted durante el servicio social, por los consejos e ideas que ayudaron a realizar el proyecto, por alentarme a seguir con el estudio de elasmobranquios y por esas pláticas motivantes.

A la **Dra. Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara** por los consejos y comentarios para mejorar el trabajo, así como la disponibilidad, tiempo, paciencia y enseñanza impartidos durante mi periodo estudiantil.

Al **Ing. Samuel Ramos Carrillo** por los consejos para complementar el trabajo, la paciencia y ayuda brindada para completar este ciclo en mi vida.

Al **Laboratorio de Morfofisiología** del CICIMAR-IPN en especial a la **Dra. Rosa Isabel Ochoa Báez** por la disponibilidad y el apoyo en el uso del material para la toma de fotografías de cortes histológicos.

A **Gabriela Alejandra Cuevas Gómez** una excelente y gran amiga con la cual pase lo que pase siempre estamos en contacto y apoyándonos mutuamente, muchas gracias.

A **Surizaray Espinoza García** por ser una verdadera amiga, apoyarme y estar ahí siempre con un consejo, palabras de aliento y encaminándome siempre, te admiro por que más que una amiga eres una madre luchona que saca tiempo fuerzas y al final siempre terminas con una gran sonrisa.

Al Laboratorio de ecología de peces del CICIMAR-IPN, **Itzigueri, Andres, Peggy, Ofelia**, por que durante mis estancias en La Paz siempre se olvidaba el ambiente laboral en el laboratorio y la estancia se hizo placentera y por los momentos agradables fuera del laboratorio.

A todos mis **amigos** que de una u otra forma siempre están conmigo y al pendiente de todo, los quiero y los extraño a todos por igual, muchas gracias por esos momentos, fiestas, regaños, etc.

Y no menos importantes a todos los **profesores** que formaron parte importante en el proceso de educación, de cada uno de ellos me llevo conocimientos, enseñanzas y un agradable recuerdo.

---

## RESUMEN

La raya pinta *Zapteryx exasperata* es una especie batoidea de importancia comercial en el noroeste de México y es un componente principal en las pesquerías de la costa occidental de Baja California Sur y el Golfo de California. Se registraron 781 organismos (314 hembras y 467 machos), capturados durante el mes de Agosto del 2009 al 2012. Ambos sexos presentaron tallas de 55 cm a 124 cm de LT. Para la descripción detallada del aparato reproductor se utilizó un total de 34 hembras y 26 machos. El aparato reproductor de *Z. exasperata* presenta una composición dorso-ventral del cuerpo, presentando una forma aplanada y alargada. Se encontraron cuatro de los cinco estadios reproductivos para las hembras y dos de los tres estadios reportados para los machos. En el caso de los machos, el desarrollo testicular es de tipo compuesto y se identificaron cuatro etapas de maduración. En el epidídimo los espermatozoides no presentaron un arreglo definido; sin embargo en la vesícula seminal se presenta un arreglo en forma de cúmulos de esperma. Las hembras presentaron ambos ovarios funcionales, con un desarrollo externo de los ovocitos. Se identificaron tres de las cuatro zonas presentes en la glándula oviducal. Se observó la presencia de espermatozoides en la pared uterina. Las hembras presentaron una fecundidad de 2 a 12 embriones, los cuales presentaron un crecimiento de tipo alométrico positivo, de éstos fue posible observar tres estadios embrionarios diferentes, así como tres acomodos de embriones que varían según las características de los embriones. Los resultados indican que la morfología del aparato reproductor de los machos es similar a la de otras especies pertenecientes a la familia Rhinobatidae, por otro lado las hembras presentaron el modo vivíparo lecitotrófico representativo del orden.

**Palabras clave:** *Zapteryx exasperata*, reproducción, descripción morfológica, Bahía Tortugas



## ÍNDICE

RESUMEN.....	I
I. INTRODUCCION.....	1
I.1 Importancia pesquera.....	1
I.2 Reproducción.....	2
I.3 Ubicación taxonómica de <i>Zapteryx exasperata</i> .....	5
I.4 Diagnósis de la especie.....	5
II. ANTECEDENTES.....	8
III. JUSTIFICACIÓN.....	11
IV. HIPOTESIS.....	12
V. OBJETIVOS.....	13
VI. MATERIAL Y METODOS.....	14
VI.1 Área de estudio.....	14
VI.2 Caracterización pesquera.....	15
VI.3 Trabajo en campo.....	16
VI.4 Trabajo en el laboratorio.....	18
VI.5 Trabajo de gabinete.....	21
VII. RESULTADOS.....	24
VII.1 Estructura de talla y proporción sexual.....	24
VII.2 Descripción del aparato reproductor de machos.....	25
VII.3 Descripción microscópica del aparato reproductor de machos.....	31
VII.4 Descripción del aparato reproductor de hembras.....	36
VII.5 Descripción microscópica del aparato reproductor en hembras.....	49
VII.6 Fecundidad.....	53
VII.7 Proporción sexual de embriones.....	54

VII.8 Desarrollo embrionario.....	55
VII.9 Anomalías embrionarias y acomodo de embriones.....	63
VIII. DISCISIONES.....	67
VIII.1 Estructura de talla y proporción sexual.....	67
VIII.2 Descripción del aparato reproductor de machos.....	69
VIII.3 Descripción del aparato reproductor de hembras.....	71
VIII.4 Desarrollo embrionario y fecundidad.....	75
VIII.5 Anomalías embrionarias.....	78
IX. CONCLUSIÓN.....	80
X. RECOMENDACIONES.....	81
XI. LITERATURA CITADA.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de desarrollo ovárico.....	3
Figura 2. Desarrollo testicular.....	4
Figura 3. Distribución de la guitarra pinta <i>Zapteryx exasperata</i> .....	6
Figura 4. Espécimen de <i>Zapteryx exasperata</i> y <i>Z. xyster</i> .....	7
Figura 5. Área de estudio.....	14
Figura 6. Medidas morfométricas de <i>Zapteryx exasperata</i> .....	17



Figura 7. Área de disección de <i>Zapteryx exasperata</i> .....	17
Figura 8. Estructura de tallas de <i>Zapteryx exasperata</i> .....	24
Figura 9. Proporción sexual de <i>Z. exasperata</i> .....	25
Figura 10. Testículos de un macho en maduración.....	26
Figura 11. Aparato reproductor de macho maduro de <i>Z. exasperata</i> .....	27
Figura 12. Testículo de macho.....	27
Figura 13. Epidídimo, conductos deferentes y vesícula seminal.....	28
Figura 14. Mixopterigios de <i>Zapterix exasperata</i> .....	29
Figura 15. Desarrollo testicular en <i>Zapteryx exasperata</i> .....	30
Figura 16. Tamaños de mixopterigios de <i>Z. exasperata</i> .....	31
Figura 17. Espermatogénesis.....	32
Figura 18. Magnificación del epidídimo.....	33
Figura 19. Ampliación de contenido espermático en los conductos deferentes....	34
Figura 20. Ampliación de los conductos deferentes.....	35
Figura 21. Ampliación de la pared de la vesícula seminal.....	36

---

Figura 22. Aparato reproductor de hembra juvenil.....	37
Figura 23. Glándula oídual.....	38
Figura 24. Pared uterina interna.....	38
Figura 25. Aparato reproductor de hembra en maduración.....	39
Figura 26. Parte interna del útero de hembra en maduración.....	40
Figura 27. Glándula oídual y útero diferenciado.....	40
Figura 28. Aparato reproductor de hembra madura sin embriones.....	41
Figura 29. Ovario maduro con folículos y ovocitos.....	42
Figura 30. Disección de útero de hembra madura sin embriones.....	42
Figura 31. Glándula oídual en estadio IIIa.....	43
Figura 32. Aparato reproductor de una hembra en estadio IIIb.....	43
Figura 33. Ovario en estadio IIIb con ovocitos atrésicos.....	44
Figura 34. Estructuras uterinas en estadio IIIb.....	45
Figura 35. Tamaño de los ovarios con respecto a la madurez de las hembras....	46
Figura 36. Frecuencia de ovocitos en los diferentes estados de madurez.....	47

---



Figura 37. Tamaño de glándula oviducal.....	48
Figura 38. Relación del tamaño de la glándula con el tamaño de ovocitos.....	49
Figura 39. Corte transversal de glándula oviducal.....	49
Figura 40. Diferenciación de las zonas en la glándula oviducal.....	51
Figura 41. Corte transversal de la sección papilar del útero.....	52
Figura 42. Corte transversal de la zona de pliegues del útero.....	52
Figura 43. Cantidad de embriones por longitud de disco de hembra.....	53
Figura 44. Número de embriones por hembra grávida.....	53
Figura 45. Estructura de tallas de embriones.....	54
Figura 46. Aparato reproductor de hembra grávida con embriones.....	55
Figura 47. Candela con vitelo interno.....	56
Figura 48. Embrión en las primeras fases de desarrollo.....	57
Figura 49. Anatomía de embrión en proceso de desarrollo.....	59
Figura 50. Anatomía de embrión desarrollado.....	60
Figura 51. Relación longitud total-peso de los embriones.....	61

---

Figura 52. Relación longitud total-longitud precaudal de los embriones.....	61
Figura 53. Relación de la longitud total con respecto al ancho de disco.....	62
Figura 54. Relación del peso del saco vitelino interno y externo.....	62
Figura 55. Tamaño de los embriones.....	63
Figura 56. Embrión enano desarrollado.....	64
Figura 57. Acomodo de embriones en proceso de desarrollo.....	65
Figura 58. Acomodo de embriones desarrollados con vitelo.....	66
Figura 59 Acomodo de embriones desarrollados sin vitelo.....	66

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico para hembras..	19
Tabla 2. Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico para machos...	19
Tabla 3. Técnica de inclusión en parafina.....	20
Tabla 4. Desarrollo de la técnica de tinción Hematoxilina-Eosina.....	21
Tabla 5. Datos obtenidos para la proporción sexual de adultos.....	25



## I. INTRODUCCIÓN

La clase Chondrichthyes se caracteriza por presentar un esqueleto cartilaginoso con calcificación prismática y con presencia de un par de órganos copuladores denominados mixopterigios ubicados en las aletas pélvicas de los machos, por lo cual presentan un tipo de reproducción a base de la fertilización interna. Esta clase presenta dos subclases; Holocephali representada por las quimeras y la subclase Elasmobranchi que agrupa a tiburones, rayas y mantarrayas (Nelson 2006).

La subclase Elasmobranchii comprende aproximadamente 1100 especies (Morrissey y Sumich 2011) distribuidos en 12 órdenes, de los cuales ocho incluyen 33 familias de tiburones; mientras que 17 familias de cuatro órdenes pertenecen a los batoideos (Torpediniformes, Pristiformes, Rajiformes y Myliobatiformes) (Nelson 2006), Esta subclase posee de cinco a siete pares de branquias y presentan una serie de escamas placoideas en la piel (Morrissey y Sumich 2011). El orden Rajiformes presenta cuatro familias: Rhinidae, Rhynchobatidae, Rajidae y Rhinobatidae (McEachran y Notarbartolo 1995, Nelson 2006). Esta última familia representa uno de los linajes más antiguos de batoideos y contiene aproximadamente 42 especies distribuidas en los géneros *Aptychotrema*, *Rhinobatos*, *Trygonorrhyna* y *Zapterix* (Blanco-Parra *et al.* 2009b).

### I.1 Importancia pesquera

Debido a la diversidad y distribución que presentan las diferentes especies de elasmobranchios, las poblaciones son aprovechadas por todo tipo de pesquería, por lo cual los métodos para su captura son muy variados (Márquez y Blanco 2006).

La captura de batoideos comenzó principalmente en la década de 1940 con las capturas de las grandes mantas para la obtención de la vitamina A. por lo cual la demanda de este recurso incremento considerablemente, haciendo que pescadores ribereños se dedicaran formalmente a la pesca de rayas a principios de 1990. En la

actualidad dicha pesquería se encuentra en vías de desarrollo (Marquez y Blanco 2006) ya que no se ha llegado a un punto máximo de aprovechamiento.

En Baja California Sur se realiza la pesca artesanal de elasmobranquios en ambas costas del estado, sin embargo actualmente esta actividad se realiza con mayor frecuencia en la costa occidental de la entidad, debido principalmente a la sobrepesca de tiburones en el Golfo de California efectuada hasta 1998, ya que a partir de entonces las poblaciones de las diferentes especies disminuyeron drásticamente y no se han recuperado (Ramírez 2011)

De las familias registradas en la pesca ribereña del Golfo de California, la familia Rhinobatidae contribuye con el 52% de biomasa (Márquez y Blanco 2006).

La pesquería de batoideos como muchas otras representa una valiosa fuente de empleo y alimento que opera con base en la abundancia estacional de los organismos. La composición de las capturas varía de acuerdo a la temporada, el método y la zona de pesca (Márquez y Blanco 2006).

Las rayas forman parte importante de la diversidad de la fauna de acompañamiento en la captura de arrastre para el camarón y su aprovechamiento ha aumentado en los últimos años. El impacto ocasionado por la captura incidental de rayas en la pesquería de camarón no ha sido formalmente cuantificado; no obstante, estimaciones preliminares sugieren que en el Golfo de California, la captura incidental en la pesca del camarón puede ser de mayor dimensión que las capturas en la pesquería artesanal de rayas (Márquez y Blanco 2006).

## **I.2 Reproducción**

Dentro de las características reproductivas que presentan los elasmobranquios en general se encuentran una baja fecundidad, largos periodos de gestación, fertilización interna y una gran longevidad, esto trae como consecuencia que presenten tasas de crecimiento poblacional baja (Hamlett 2005).

En el grupo de los batoideos, las hembras presentan funcionales ambos ovarios, contrario a lo que sucede en algunas especies de tiburones (Oddone y



Vooren 2005). La morfología del ovario varía dependiendo el número de ovocitos, la cantidad de vitelo contenida en ellos, el tipo de reproducción, la etapa reproductiva y el grado de dependencia de nutrientes durante la gestación (Hamlett 2005).

El desarrollo de ovárico característico para el grupo de los batoideos es denominado como desarrollo externo, el cual presenta ovocitos de tamaños perceptibles a simple vista y el lumen se encuentra restringido a la cara dorsal del ovario, este tipo de desarrollo lo comparten con otras especies de elasmobranquios. Existe un segundo tipo de desarrollo denominado interno, este lo presentan principalmente especies del grupo Lamnidae y cuya principal característica es que los ovocitos presenta un tamaño únicamente perceptible con microscopia (Pratt 1988) (Figura1).

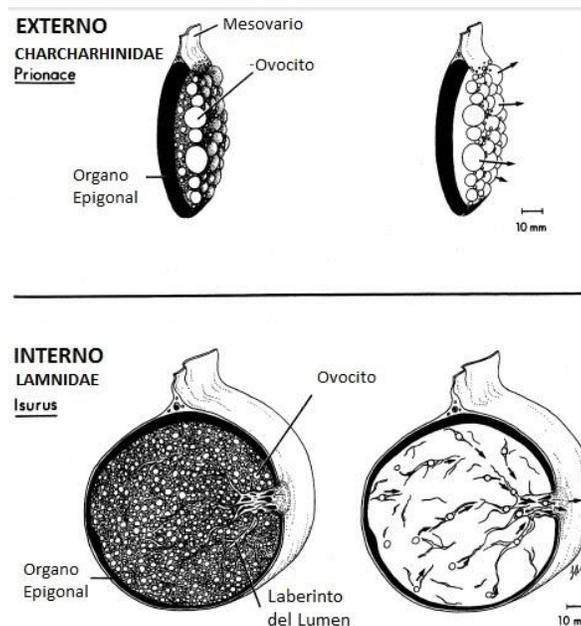


Figura 1. Tipos de desarrollo ovárico (Modificado de Pratt (1988))

La glándula oviducal, es reconocida como receptáculo y almacén de espermatozoides, es el lugar donde se lleva a cabo la fertilización y es la encargada de producir la cubierta dura y rígida del huevo en especies ovíparas (Hamlett *et al.* 1998),

En el caso de los machos presentan un par de testículos suspendidos en la pared corporal, cuya función es la espermatogénesis y hormonogénesis. El recorrido

realizado por los espermatozoides comienza en los conductos eferentes (Hamlett 2005), posteriormente se dirigen al epidídimo, vasos deferentes y la vesícula seminal, en la cual al igual que en el último tercio del epidídimo ocurre un almacenamiento de espermatozoides. Posteriormente son eyaculados a través de los mixopterigios ubicados en las aletas pélvicas gracias al saco sifonal (Pratt 1988).

El desarrollo espermático que presentan principalmente especies de rájidos es la denominada como desarrollo compuesto, el cual es una combinación del desarrollo diamétrico presente en el grupo de los carcharinidos, en el cual el desarrollo se realiza desde un extremo hacia el resto del testículo, presentando los estadios más avanzados en las zonas más distales al origen del desarrollo. El otro tipo de desarrollo es el radial característico de los lamnidos, en el cual los lóbulos testiculares son redondos y el desarrollo va del centro de cada lóbulo hacia la periferia (Pratt 1988) (Figura 2).

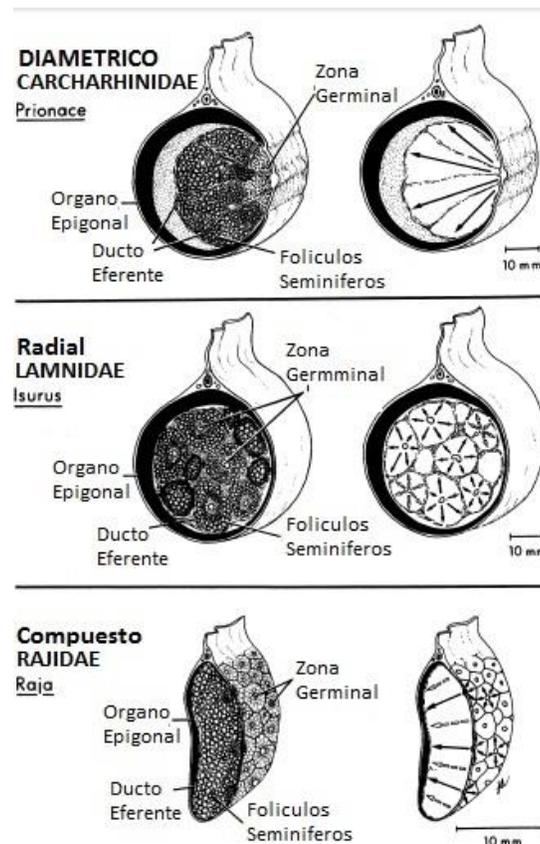


Figura 2. Desarrollo testicular (modificado de Pratt (1988))



### **I.3 Ubicación taxonómica de *Zapteryx* (Eschmeyer 2013)**

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Craniata

SUPERCLASE: Gnathostomata

CLASE: Chondrichthyes

SUBCLASE: Elasmobranchii

DIVISION: Neoselachii

SUBDIVISION: Batoidea

ORDEN: Rajiformes

FAMILIA: Rhinobatidae

GENERO: *Zapteryx*

ESPECIE: *Zapteryx exasperata*

### **I.4 Diagnósis de la especie**

*Zapteryx exasperata* (Jordan y Gilbert, 1880) es conocida como guitarra rayada o guitarra pinta, es una de las dos especies, junto con *Zapteryx xyster* pertenecientes a dicho género encontradas en el Pacífico mexicano. La distribución que presenta la guitarra pinta a lo largo del Océano Pacífico, se extiende desde Newport Beach, California hasta las costas de Perú incluyendo el Golfo de California (Miller y Lea, 1972, Rubio y Ruiz 1993, Fisher et al. 1995, Bizzarro y Kyne 2006, Blanco-Parra et al. 2009a;). Sin embargo, la presencia de esta especie en el Pacífico sur es cuestionable ya que ha sido confundida con la especie *Zapteryx xyster* en el golfo de California (Ebert 2003, Cruz-Acevedo 2010) y en costas ecuatorianas no se ha registrado ésta especie en la captura artesanal de elasmobranquios, únicamente se ha capturado *Z. xyster* (Carrera-Fernandez, ULEAM com. per. 2012) (Figura 3). Es una especie costera que generalmente se encuentra en arrecifes rocosos, hasta profundidades de 69 m y ocasionalmente sobre fondos arenosos en lagunas

costeras. Se ha reportado la presencia de estos organismos a 100 y 200 m de profundidad en la plataforma externa en las costas de California (Blanco-Parra *et al.* 2009a).

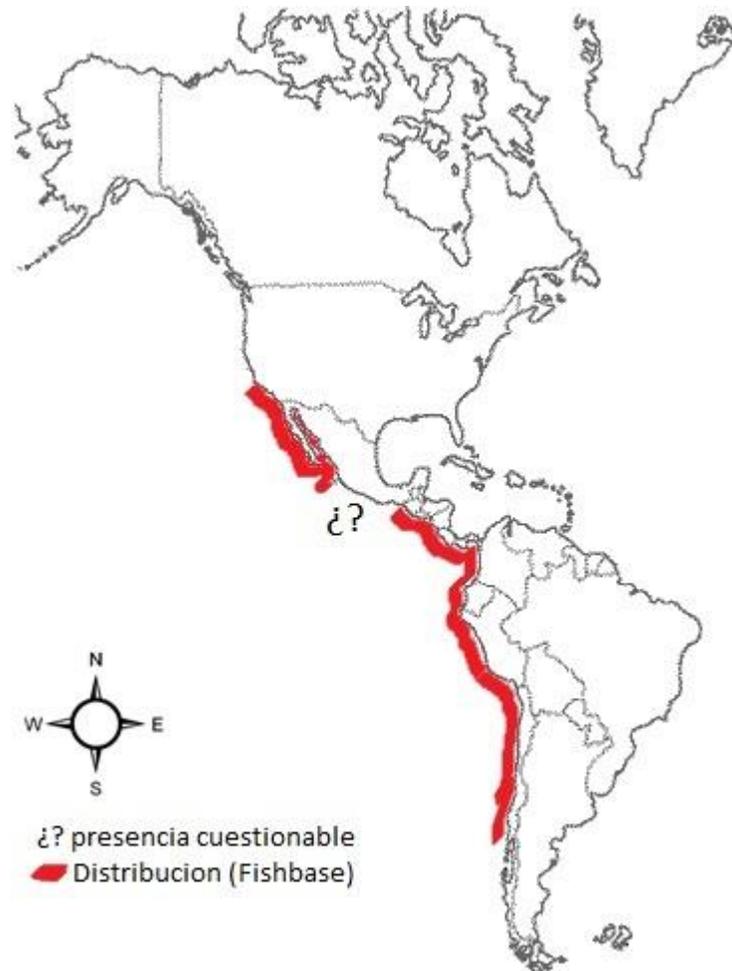


Figura 3. Distribución de la guitarra pinta *Zapteryx exasperata*.

La guitarra rayada presenta un disco amplio, la superficie dorsal se encuentra cubierta por espinas dispuestas en una línea, su coloración es grisácea a café, con bandas de un color más oscuro que atraviesan el disco. La parte ventral es clara con un par de manchas en el borde posterior de las aletas pectorales, presenta un hocico ancho y corto, la primera aleta dorsal se encuentra cercana a la base de las aletas pélvicas, la aleta caudal es redondeada y moderadamente larga sin lóbulo inferior diferencial (Blanco-Parra *et al.* 2009b). La talla máxima registrada para esta especie es de 97 cm de longitud total (Villavicencio 1995). *Z. xyster* presenta una



distribución tropical y tiene como característica distintiva manchas amarillas en la parte superior del disco (Jordan y Everman 1896) (Figura 4).

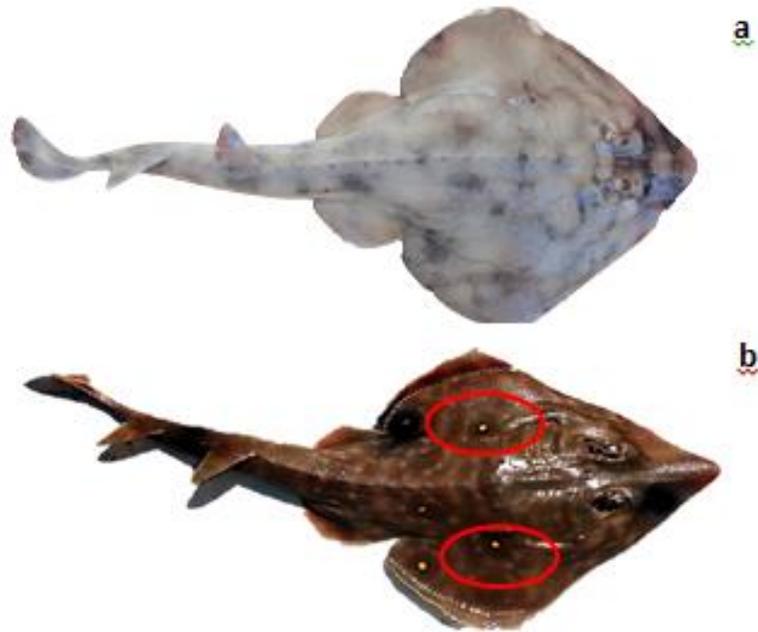


Figura 4. **a)** Especimen de *Zapteryx exasperata*. **b)** Especimen de *Zapteryx xyster* (fotografía: Cruz 2010) donde se señalan las características principales que separan a estas dos especies

---

## II. ANTECEDENTES

Los estudios de la guitarra pinta *Zapteryx exasperata* se ha realizado a partir de su importancia en la pesquería en el noroeste del país. A continuación se hace referencia a los estudios que existen sobre las especies pertenecientes al género *Zapteryx*.

En cuanto a *Zapteryx xyster*, Robertson y Allen (2002), hacen mención de dicha especie como parte de la fauna demersal del Pacífico Oriental Tropical, específicamente en aguas del Pacífico Sur mexicano. Moncayo-Estrada *et al.* (2006), enlistan a esta raya dentro de la fauna íctica de Bahía de Banderas, México. Mejía-Falla *et al.* (2006), estudiaron los aspectos biológicos en costas de Colombia durante julio y diciembre, obtuvieron 55 especímenes con una talla de 27 a 66 cm de longitud total, reportaron un crecimiento isométrico en la relación longitud-peso, y el ancho del disco-peso, en su mayoría los organismos presentaron un estadio de maduración II.

Mejía-Falla *et al.* (2007) reportaron que la especie *Zapterix xyster* se alimenta principalmente de camarones de la familia Penaeidae, consumiendo en menor cantidad estomatópodos, decápodos y peces, el tipo de alimentación se lo atribuyen a sus hábitos bentónicos.

Cruz-Acevedo (2010) realizó una descripción macroscópica y microscópica sobre el aparato reproductor de *Zapteryx xyster*, para este estudio reportó 55 especímenes de los cuales 11 fueron hembras y 44 machos, presentando tallas de 22 a 68.5 cm y 36.4 a 57.4 cm de longitud total, respectivamente. El aparato reproductor de *Z. xyster* presentó una forma aplanada y alargada, obedeciendo a la compresión dorso-ventral del cuerpo. Identificó dos estados de madurez para cada sexo (maduro e inmaduro). En los machos el desarrollo de los folículos seminíferos es de tipo compuesto, el almacén de espermatozoides es en la parte extrema del epidídimo y vesícula seminal, en forma de espermatóforos y espermatozeugmata de una sola capa, respectivamente. En el caso de las hembras presentaron funcionalidad de ambos ovarios, con desarrollo externo de los ovocitos, el almacén



de esperma en la glándula oviducal fue a distintos niveles, clasificándolo como de corta duración.

En cuanto a *Zapteryx exasperata*, Villavicencio (1995) realizó un estudio sobre biología reproductiva en bahía Almejas, en la costa occidental de Baja California Sur, de enero a agosto. Reportando que las hembras presentan un crecimiento de los ovocitos durante los meses de febrero y marzo, consecuentemente la cópula y la ovulación se realiza a finales de marzo y principios de abril, el desarrollo de los embriones se inicia en el mes de abril, presentando el alumbramiento durante los meses de julio y agosto. La talla máxima registrada para los neonatos fue de 18 cm de LT. La proporción de sexos en adultos fue dominada por la hembras, sin embargo, en embriones fue de 1:1. La fecundidad presentó una variación de 4 a 11 embriones por hembra.

Tapia-García (1998), Tapia-García y Gutiérrez-Díaz (1998) y Tapia-García y García Abad (1998), realizaron listados sobre la composición de ictiofauna demersal y de acompañamiento de la pesca del camarón en el Golfo de Tehuantepec, donde destacan la presencia de *Z. exasperata* como especie abundante, de frecuencia baja, sin potencialidad de explotación y sin importancia económica.

Blanco-Parra *et al.* (2009a) realizaron un estudio sobre la pesca y morfometría de la guitarra pinta con muestreos desde 1998 a 2005 en el Golfo de California, reportaron que es un recurso secundario en pesquerías de fondo. Las capturas estuvieron compuestas por machos y hembras en una proporción 1:1, La mayor LT reportada fue de 90 cm y peso promedio de 2.18. Las características de la pesquería de *Z. exasperata* concuerda con la pesquería de elasmobranquios en otras regiones de México y la estacionalidad de las capturas en el Golfo de California es similar a la de otras especies de rayas que se caracterizan por ser abundantes durante la primavera y el verano.

Blanco-Parra *et al.* (2009b) describen la biología reproductiva de *Z. exasperata* en el Golfo de California, reportaron una talla máxima de 81 y 90 cm de longitud total en machos y hembras respectivamente, el tamaño medio de madurez fue de 64 cm



---

de LT para los machos y 69 cm de LT para hembras. La proporción sexual de los embriones fue de 1:1. Para el Golfo de California se estimó que el ciclo reproductivo dura un año y el proceso de la copula se da durante los meses de verano.



### III. JUSTIFICACIÓN

La familia Rhinobatidae representa un grupo de batoideos de importancia comercial en costas del Pacífico mexicano. La pesquería de *Z. exasperata* se ha registrado tanto de forma dirigida como incidental en los arrastres camaroneros, no obstante, la importancia comercial de la guitarra pinta se encuentra restringida para el noroeste de México, donde es componente de las capturas de la pesquería artesanal de rayas (Blanco-Parra 2009).

Características como la baja fecundidad, fertilización interna, largos periodos de gestación y bajo crecimiento poblacional, resultan un factor limitante en la recuperación de las poblaciones de elasmobranquios (Blanco-Parra *et al.* 2009b). Debido a la presencia de diferentes estrategias reproductivas dentro del grupo de los batoideos se hace necesaria la realización de más estudios que nos permitan conocer los modos reproductivos de éstas, utilizando diferentes métodos, como pueden ser las escalas de madurez e inclusive la aplicación de técnicas histológicas (Cruz-Acevedo 2010).

El estudio sobre la biología de las especies y poblaciones de batoideos de importancia comercial en las costas de Baja California Sur es escaso, por lo que el presente trabajo se centra en el conocimiento del modo reproductivo de *Z. exasperata*, especie que es capturada de forma dirigida en la zona de estudio.

---

## IV. HIPÓTESIS

- De acuerdo al desarrollo gonadal externo presente en hembras de las especies, *Zapteryx xyster* y *Z. brevirostris*, se espera que las hembras de la guitarra pinta *Z. exasperata* presenten los ovarios de tipo externo.
- De acuerdo al desarrollo gonadal compuesto presente en machos de las especies, *Zapteryx xyster* y *Z. brevirostris* se espera que los machos de la guitarra pinta *Z. exasperata* presenten testículos de tipo compuesto.
- El modo reproductivo de la familia Rhinobatidae se caracteriza por ser de forma vivípara lecitotrófica, por lo que los embriones de *Z. exasperata* presentaran una alimentación lecitotrófica durante su desarrollo sin ningún tipo de aporte de nutrientes por parte de la madre.



## V. OBJETIVOS

### General

- Describir la morfología externa de las estructuras reproductivas de *Zapteryx exasperata* en sus diferentes estados de madurez.

### Específicos

- Establecer el estado de madurez sexual en hembras y machos a nivel macroscópico
- Definir la morfología externa del aparato reproductor de machos y hembras a nivel macroscópico
- Describir la espermatogénesis y almacén de esperma en los machos a nivel microscópico
- Describir la morfología externa del aparato reproductor en hembras en sus diferentes estados de madurez
- Describir la morfología de la glándula oviducal y útero a nivel microscópico
- Determinar la fecundidad y describir el crecimiento embrionario de la guitarra pinta
- Determinar la proporción sexual en adultos y embriones
- Observar la estructura de tallas de *Zapteryx exasperata* en la pesca artesanal de bahía Tortugas
- Identificar posibles alteraciones en el proceso embrionario

## VI. MATERIAL Y METODOS

### VI.1 Área de estudio

Baja California Sur se ubica al noroeste del territorio nacional, ocupando la mitad sur de la península de Baja California, entre los paralelos  $22^{\circ} 52' N$  y  $28^{\circ} N$ . Limita al norte con el estado de Baja California, al este con el Mar de Cortés y al suroeste con el Océano Pacífico. Con una superficie de  $73.475 \text{ km}^2$  (Fig. 5).

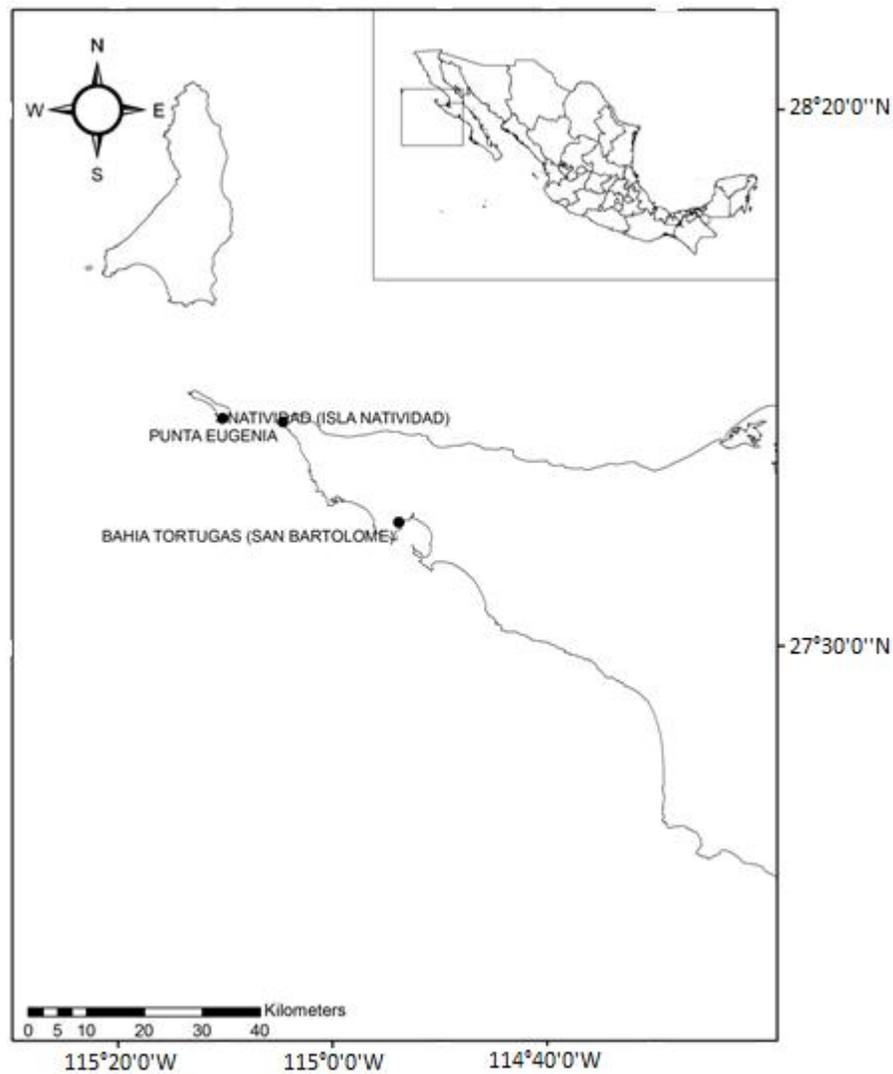


Figura 1. Área de estudio



Bahía tortugas se encuentra al noroeste del estado de Baja California Sur, pertenece al municipio de Mulegé, su localización geográfica es 114°53'45" W y 27°41'30" N encontrándose a una altitud de 10 msnm. Se encuentra expuesta al océano abierto, durante el año prevalece el oleaje del oeste, los vientos dominantes son del norte, noroeste, oeste y sur, siendo los vientos del norte más fuertes en invierno y primavera con velocidades de hasta 90 km/h. El clima es cálido seco en verano y parte del otoño con una temperatura ambiente entre los 14°C a 36°C y fresco húmedo en invierno y primavera con 10°C a 26°C, la costa que la circunda es muy heterogénea, en su mayor parte con playas de rocas metamórficas, algunas con rocas sueltas canto rodado o grava con presencia de zonas de acantilado, playas arenosas de origen cuarzoso, algunas con un talud formado de arenisca y conglomerados y deltas prominentes (Moreno 2002).

## **VI.2 Caracterización de la pesquería**

La pesquería de rayas en Bahía Tortugas se realiza principalmente con redes de enmalle de fondo de hasta 50 m de largo por 2 m de profundidad, con una luz de malla de 6 a 8.5 pulgadas. La pesca no se realiza únicamente dentro de la bahía sino también en las playas aledañas a ésta como son El Campito, Chester Rock, Malarrimo, El playón, etc. La distancia a la cual se colocan las redes depende de cada uno de los pescadores y su método, pero pueden colocarse desde unos cuantos metros pasando la zona de rompiente, hasta 24 millas mar adentro.

La actividad comienza desde las 06:00 am, hora en que las lanchas comienzan a salir a los puntos donde se encuentran las redes, estas se suben a la lancha y los organismos capturados son puestos en otro compartimento, ya que una vez terminada de subir la red a la lancha, esta se vuelve a lanzar en el mismo lugar o si el pescador ve la necesidad de cambiar el lugar de la pesca se suben todas las redes y se cambia de zona. Cada red pasa aproximadamente 24 horas dentro del agua y solo en ocasiones de mal tiempo o percances mayores, estas pueden ser retiradas del lugar o inclusive quedar en el agua por 48 horas.

### VI.3 Trabajo en campo

La información utilizada para este estudio se dividió en dos partes, la primera que corresponde a registros de pesca de agosto de 2009 y 2010, y la segunda corresponde al mes de agosto de 2011 y 2012 de los cuales se cuenta con registros de pesca y material biológico para su análisis, los muestreos se realizaron durante este mes debido a la facilidad de acceso y tiempo del personal de muestreo, sin embargo *Zapteryx exasperata* se pesca durante todo el año de acuerdo a los avisos de arribo de los pescadores y a las salidas organizadas por medio del proyecto tiburones.

La obtención de los organismos se realizó por medio de la pesquería artesanal. La captura de los datos se realizó mediante un formato elaborado en el Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR, dentro del cual se destacan los datos de:

1. Longitud total (LT) que va desde la parte más anterior del organismo hasta su parte más distal.
2. Longitud alternativa (LA) que comprende la distancia entre el inicio de la primera aleta dorsal y el inicio de la segunda aleta dorsal.
3. Largo de disco (LD) que se localiza desde la zona anterior de la cabeza hasta el final de las aletas que comprenden el disco.
4. Ancho de disco (AD) es la distancia que existe entre los extremos de las aletas pectorales.
5. Determinación del sexo con la presencia de los mixopterigios.
  - a. Para determinar la madurez sexual en los machos se midió la longitud del mixopterigio (LC) y se determinó su madurez dependiendo del grado de calcificación, rotación, apertura del rifiodón y la presencia de semen en los conductos deferentes (Conrath 2004).
  - b. Mientras que en hembras se realizaron los análisis en el laboratorio.

La identificación de los organismos se realizó con ayuda de la guía para la identificación de las principales especies de rayas de México en el Océano Pacífico (Corro y Ramos 2004) (Figura 6).

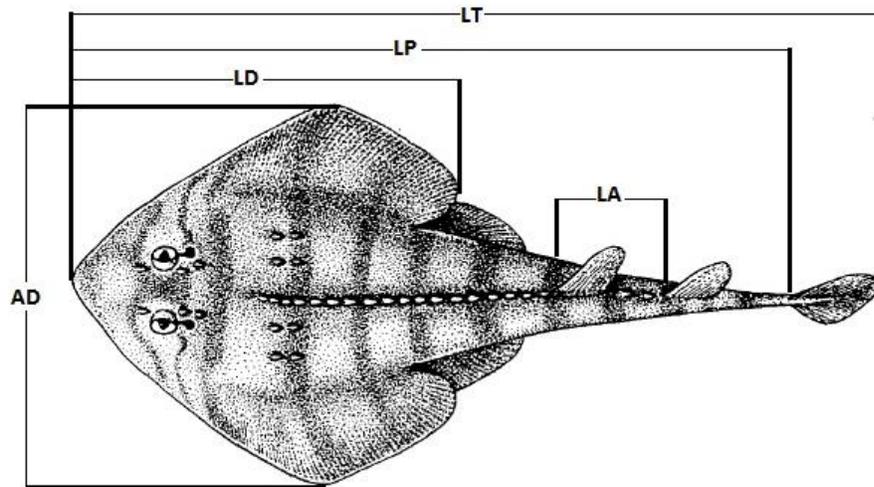


Figura 2. Medidas morfométricas para *Z. exasperata* (modificado de Fischer *et al.* (1995)).

Para la obtención de las muestras del aparato reproductor se realizó un corte en la parte ventral del organismo para dejar al descubierto los órganos internos (Figura 7); en el caso de las hembras se tomaron muestras de ovarios, glándulas oviducuales, úteros y oviductos, para los machos se tomaron los testículos, conductos seminíferos, vesícula seminal, órgano epigonal y saco sifonal. Las muestras fueron fijadas en formol al 10%, colocadas en bolsas de plástico y almacenadas en cubetas de 20 L.

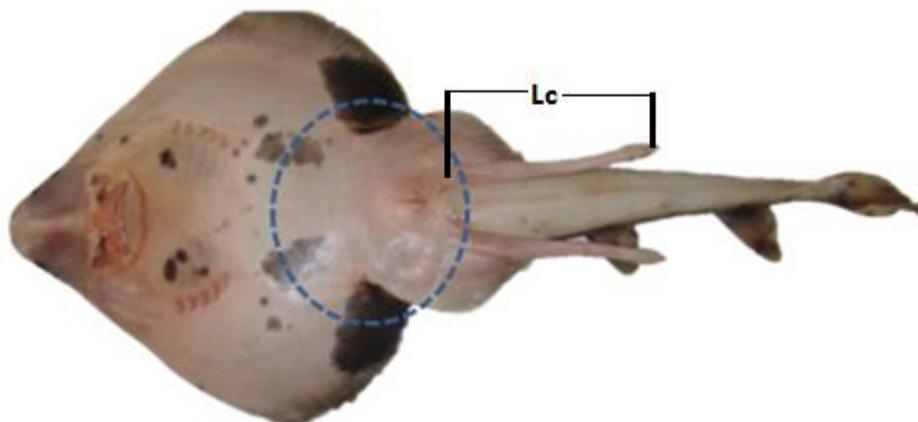


Figura 3. Área de disección de un ejemplar macho de *Z. exasperata*. Lc. Longitud del clasper

#### **VI.4 Trabajo en el laboratorio**

El análisis de las muestras se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR en La Paz, Baja California Sur.

##### **Machos**

Para la descripción del aparato reproductor de los machos, se eligieron aquellos que se encontraban completos, es decir que contenían los testículos, epidídimo, conductos deferentes, vesícula seminal, órgano epigonal y saco sifonal. Únicamente se midió el largo y ancho del testículo; con ayuda de un vernier.

##### **Hembras**

Para el caso de las hembras se consideraron aquellas muestras que presentaban ovarios, glándulas oviducuales y los úteros. Para aquellas hembras que ya contaban con ovocitos dentro del ovario, se midió el diámetro del ovocito con mayor y menor tamaño, y se contabilizaron aquellos que se encontraron con características similares, se midió el ancho y largo de la glándula oviducal y útero derecho en posición dorsal.

##### **Embriones**

En las hembras grávidas, se realizó la disección de los úteros, contabilizando los embriones por útero, se determinó el sexo y se tomaron las medidas de LT, LA, AD, LD y peso del organismo. Se anotaron todas las características que presentaban los embriones como coloración, presencia de aguijones en la parte dorsal, también se tomó el peso del saco vitelino externo e interno del embrión más grande, más pequeño y un intermedio de cada hembra adulta.

Para detectar la presencia de mini o micro-estructuras duras en forma de pico o dientes, no observables a simple vista, se utilizó la técnica del lápiz que consiste en pasar una barra de grafito suave, o un lápiz de material similar, encima del lugar donde se sospecha la existencia de estructuras, las cuales actuarían como lija sobre el grafito, dejando una marca característica de polvo de grafito encima de las estructuras a detectar.



Para la observación del acomodo de los embriones dentro del útero antes de separar a los embriones, se tomaron fotografías con ayuda de una cámara Olympus Stylus Tough 8000 de 12 mega pixeles.

### Determinación de estadio de Madurez

La determinación de estadio de madurez tanto en hembras como en machos, se utilizó la clasificación de desarrollo gonadal propuesta por Grijalba-Bendeck *et al.* (2008) para peces cartilagosos (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico adoptadas para las hembras de peces cartilagosos (Grijalba-Bendeck *et al.* 2008)

<b>Escala de desarrollo gonadal macroscópico para hembras</b>		
<b>Fase I</b>	Inmadura	Sin desarrollo ovárico, ovarios pequeños de textura acuosa, oviductos delgados poco diferenciados.
<b>Fase II</b>	En maduración	Ovarios delgados, consistentes y de apariencia uniforme, sin ovocitos visibles, oviductos delgados y diferenciables.
<b>Fase IIIa</b>	Madura sin embriones	Ovario con ovocitos visibles, oviductos gruesos y útero parcialmente ensanchado
<b>Fase IIIb</b>	Madura con embriones	Ovarios con ovocitos, embriones ubicados dentro de los úteros, que se encuentran ensanchados, ocupando gran parte de la cavidad visceral
<b>Fase IV</b>	Madura posparto	Útero ensanchado con paredes sanguinolientas y flácidas, abertura cloacal expandida

Tabla 2. Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico adoptadas para los machos de peces cartilagosos (Grijalba-Bendeck *et al.* 2008)

<b>Escala de desarrollo gonadal macroscópico para machos</b>		
<b>Fase I</b>	Inmaduro	Testículos acuosos, ductos poco diferenciados, mixopterigios pequeños flácidos, rifiodón cerrado ausencia de semen y rotación menor a 360°.
<b>Fase II</b>	En maduración	Testículos consistentes, ductos bien desarrollados, epidídimos enrollados en la porción anterior y media, del ducto deferente, los mixopterigios han aumentado de tamaño y están parcialmente calcificados.
<b>Fase III</b>	Maduro	Testículos con lóbulos prominentes indicativos de activa producción espermática, conducto deferente se extiende adyacente a la columna vertebral, epidídimo enrollado a lo largo de todo el conducto hasta llegar a la vesícula seminal, mixopterigios totalmente calcificados, rifiodón abierto y presencia de semen. Rotación 360°.

### Análisis Histológico

Se realizaron cortes longitudinales y sagitales de glándula oviducal y útero en las hembras, así como de testículo, conductos deferentes, epidídimo y vesícula seminal en machos, también se realizó un corte transversal de la glándula oviducal

para observar con mayor precisión las zonas que la conforman. La técnica histológica fue realizada en el laboratorio de histología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)

Para realizar esta técnica, los cortes de tejido fueron de 0.5cm de ancho y se colocaron en casetes de plástico y se fijaron en alcohol al 70% para pasar al proceso de deshidratación que consistió en sumergir el tejido en soluciones con concentraciones de alcohol gradualmente mayores comenzando por alcohol al 50%, pasando por 60%, 70%, 80%, 90%, 96% y finalmente alcohol al 100 %.

Los tejidos deshidratados se introdujeron en Hemo-De, con el objetivo de aclarar el tejido y permitir una mejor observación de las estructuras, posteriormente se realizó el proceso de inclusión utilizado por Cruz-Acevedo (2010) (Tabla 3).

Tabla 3. Técnica de inclusión en parafina (Cruz-Acevedo 2010)

Proceso	Veces	Paso
Inclusión en Parafina	2	Parafina líquida a 55°C. 1hr.
	1	Inclusión de muestras en los casetes y relleno de moldes con parafina a 55°C
	1	Refrigeración a 4°C por 24 hrs.
		Corte con micrótopo a un grosor de 5 micrómetros Obtención de corte, colocado en baño de flotación a 37°C, de 3 a 5 seg.
	1	Colocación en platina térmica a 55°C durante 24 hrs.

El proceso de la tinción de los cortes se realizó por medio de la técnica de Hematoxilina-Eosina propuesta por Bancroft *et al.* (1990) (Tabla 4).

La toma y edición de las fotografías de los cortes histológicos se realizaron con un microscopio ZEISS modelo AxiosKop y el programa Axivision 4.0 en el Laboratorio de Morfofisiología del CICIMAR-IPN.



Tabla 4. Desarrollo de la técnica de tinción Hematoxilina-Eosina (Brancroft *et al.* 1990)

Proceso	Veces	Paso	Tiempo
Coloración Hematoxilina- Eosina	2	Embebido en Xileno	5 min
	2	Embebido en Etanol al 100%	5 min
	1	Embebido en Etanol al 96%	5 min
	1	Embebido en Etanol al 80%	5 min
	1	Embebido en Etanol al 70%	5 min
	1	Agua destilada	5 min
	1	Hematoxilina de Harris	5 min
	1	Lavado con agua corriente	2 min
	1	Inmersión rápida de alcohol ácido 70% con 1% de HCL	
	1	Embebido en agua destilada	5 min
	1	Lavado en agua corriente	1 min
	1	Embebido en carbonato de litio	1 min
	1	Lavado en agua corriente	1 min
	1	Embebido en Eosina alcohólica	15 min
	2	Lavado agua corriente	
	2	Lavado en Etanol 96%	
	2	Lavado en Etanol 100%	
	2	Lavado en Xileno	

### VI.5 Trabajo de gabinete

Para obtener el número de clases necesarios para realizar la estructura de tallas de los adultos tanto de hembras como de machos se realizó por el método de Sturges (1926).

$$K = 1 + (3.322 * \text{Log } N)$$

Donde:

N= número de individuos machos o hembras

$$C = \frac{X_n - X_i}{K}$$

Donde:

C= Amplitud de cada intervalo de tallas

X<sub>n</sub>= Talla máxima

X<sub>i</sub>= Talla mínima

Para determinar la relación que presenta el tamaño de la hembra con respecto al tamaño de los órganos reproductores internos y la fecundidad, se utilizó un modelo de regresión lineal LT con respecto al diámetro de ovocito, largo y ancho de útero y glándula oviducal. En el caso de los machos se realizó con la LT y el largo y ancho de los testículos y la longitud del gonopterigio.

Para la determinación de sexos tanto en organismos adultos como en embriones se utilizó el método de la  $\chi^2$  aplicando la corrección de Yates para comprobar una proporción específica de 1:1.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{((f_i - \hat{f}_i) - 0.5)^2}{\hat{f}_i}$$

Dónde:

$f_i$ = cantidad de adultos o embriones, hembras o machos

$\hat{f}_i$ = el 50% de adultos o embriones

Para la relación peso-longitud de los embriones, se obtuvo el peso de los embriones mediante la ayuda de una balanza digital y se evaluó junto con la longitud total de los embriones mediante la siguiente función.

$$PT = a \cdot LT^b$$

Dónde:

PT= Peso total

LT= Longitud total

a= ordenada al origen o factor de condición

b= pendiente o parámetro de alometría

Para conocer el tipo de crecimiento que se presenta en los embriones de *Z. exasperata* se comparó el valor del coeficiente (b) o parámetro de alometría con la



prueba t-student. Si el coeficiente es igual a 3, el crecimiento es de tipo isométrico, de lo contrario si es diferente a 3 se dice que presenta un crecimiento alométrico.

Para ver qué tipo de crecimiento que presentaron las estructuras del ancho de disco y la longitud precaudal de los embriones con respecto a la LT únicamente se realizó una modificación al significado de los parámetros de la función anterior.

$$X = a * LT^b$$

Dónde:

X= Longitud de la estructura a comparar

LT= Longitud total

a= ordenada al origen

b= pendiente o parámetro de alometría

Para conocer el tipo de crecimiento que presentan las estructuras de embriones de *Z. exasperata* con respecto a la LT se comparó el valor del coeficiente (b) o parámetro de alometría con la prueba t-student. Sin embargo en éste caso si el coeficiente es igual a 1, el crecimiento es de tipo isométrico, de lo contrario, si es diferente presenta un crecimiento alométrico.

## VII. RESULTADOS

Se colectaron datos de 781 ejemplares de *Zapteryx exasperata* de los cuales 467 fueron machos y 314 hembras y se analizaron 26 y 61 muestras biológicas del aparato reproductor de machos y hembras, respectivamente.

### VII.1 Estructura de tallas y proporción sexual

A través de la estructura de tallas de *Z. exasperata* se observó que las hembras predominaron mayormente en tallas superiores a los 85 cm de LT teniendo un pico de capturas en las marcas de clase de 80 a 90cm de LT con un 81% de hembras, en comparación con los machos que predominaron en tallas inferiores a los 85 cm de LT teniendo una mayor incidencia en las marcas de clase de 75 a 85 cm de LT donde se agrupan el 83% de los machos. Tanto hembras como machos presentaron una longitud total mínima de 55 cm, de igual forma ambos sexos presentaron una longitud total de 124 cm (Figura 8).

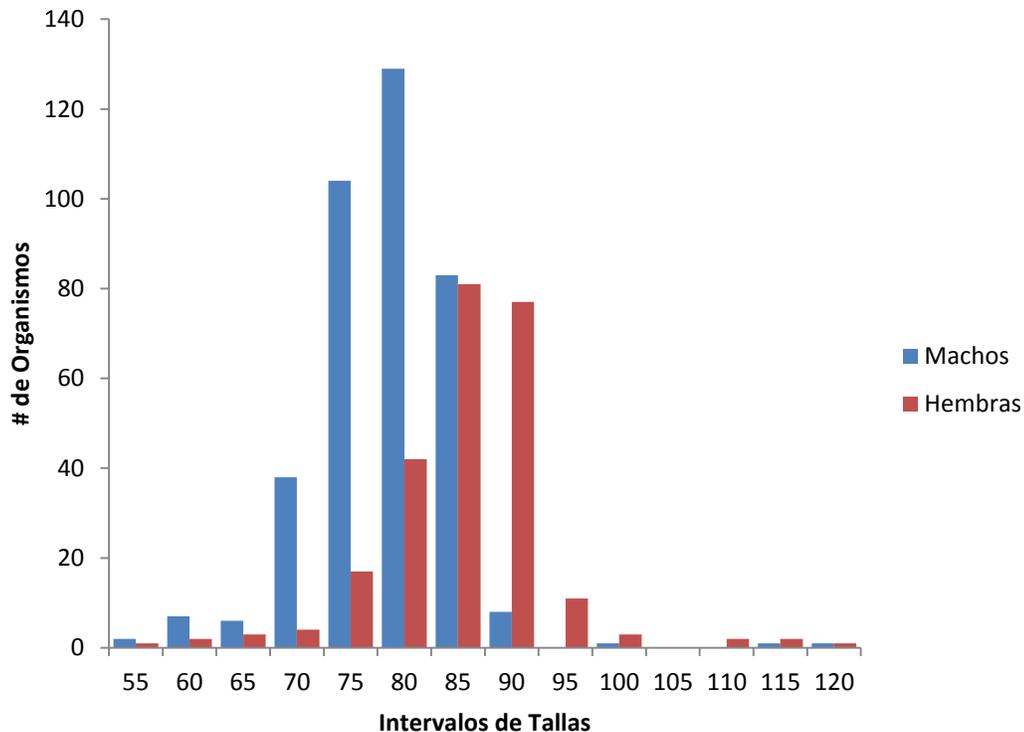


Figura 1. Estructura de tallas de *Z. exasperata* capturados en Bahía Tortugas (n=626)



De acuerdo con el análisis de la  $\chi^2$  para la obtención de las proporciones sexuales (Tabla 5) se observó que en el año 2010 los machos presentaron una dominancia con respecto a la cantidad de hembras capturadas, obteniendo una proporción de 2:1, sin embargo durante el año de 2009, 2011 y 2012 la proporción se mantuvo en 1:1 (Figura 9).

Tabla 1. Datos obtenidos para la proporción sexual de adultos

FECHA	# M	# H	$\chi^2$
AGO-2009	57	40	2.961
AGO-2010	302	157	45.774
AGO-2011	92	102	0.5103
AGO-2012	16	15	0.0291

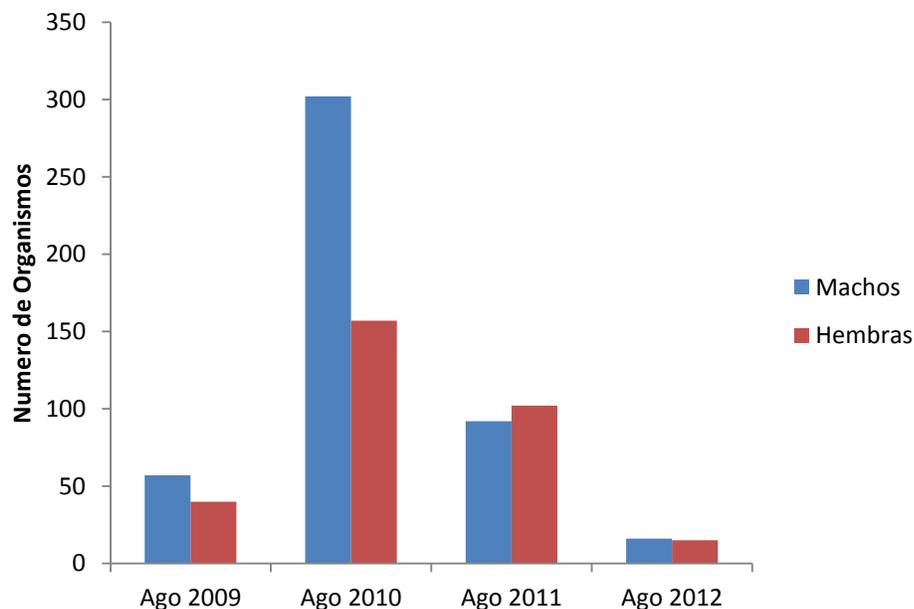


Figura 2. Proporción sexual de adultos de *Z. exasperata* (n=781)

## VII.2 Descripción del aparato reproductor de machos

De los 26 machos analizados se encontró un organismo de 79 cm de LT en proceso de maduración (Estadio II) el cual se caracterizó principalmente por tener unos testículos en proceso de formación de los lóbulos testiculares ya que no todo el testículo se encontró completamente diferenciado (Figura 10).

Los lóbulos testiculares que se encontraron visibles, presentaban una zona germinal muy marcada al centro de cada lóbulo que durante la recolección de muestras se apreció de un color rosa intenso y al momento de la fijación únicamente se logró apreciar un punto oscuro, los testículos presentaron una longitud de 6.2 cm y un ancho de 2.4 cm.

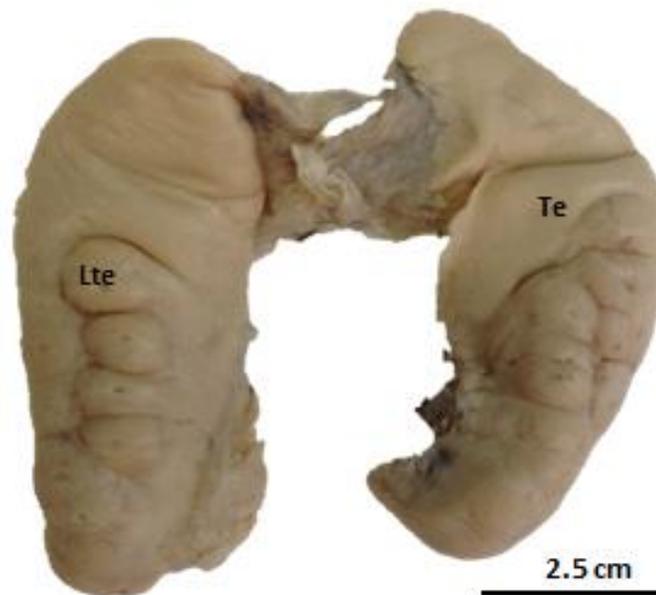


Figura 3. Testículos de un macho en maduración LT= 79 cm (estadio II), *Lte* lóbulos testiculares, *Te* testículo.

En el estadio III de madurez, los machos presentaron una longitud total entre 77 y 92 cm, caracterizado por presentar dos testículos funcionales con un largo de 3.8 a 7.7 cm y un ancho de 1.8 a 4 cm y lóbulos testiculares prominentes (Figura 11).

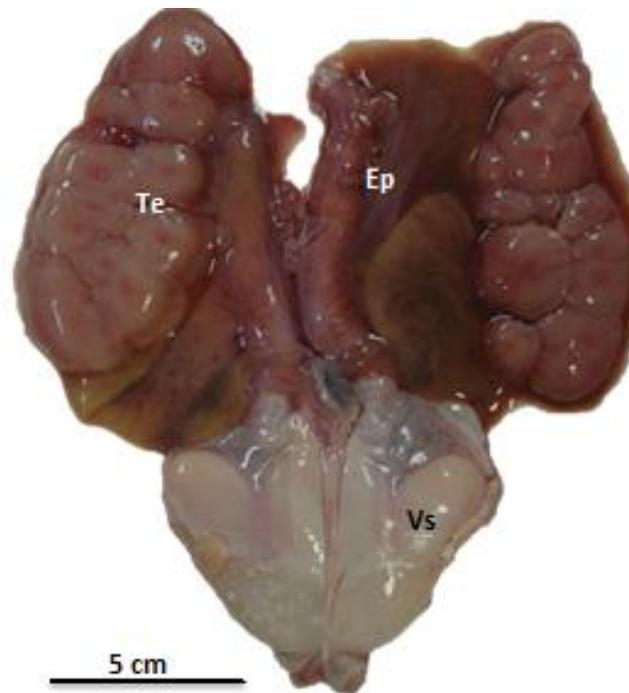


Figura 4. Aparato reproductor de macho maduro de *Zapteryx exasperata* LT= 92 cm. *Te* testículos, *Ep* epidídimo, *Vs* vesícula seminal

Los lóbulos testiculares se encontraron completamente diferenciados, presentando una coloración rosada, intensificando el color hacia la parte central de cada lóbulo, cada testículo varió en el número de lóbulos que presentaron, en promedio se obtuvieron de 10 a 12 lóbulos por testículo (Figura 12).

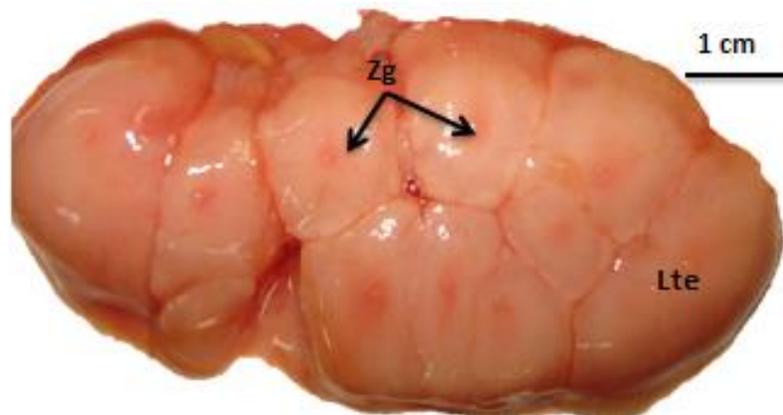


Figura 5. Testículo de macho LT= 92 cm (estadio III) *Lte* lóbulos testiculares, *Zg* zona germinal

El epidídimo presentó una serie de conductos de 0.5 mm empaquetados dando la apariencia de una estructura granular, posteriormente el epidídimo exhibió

un agrupamiento de conductos dejando únicamente un par de ellos (conductos deferentes), éstos se extendieron paralelos a la columna vertebral hasta llegar a la vesícula seminal (Figura 13a), la coloración blanquecina de dichos conductos sugirió la presencia de espermatozoides dentro de ellos.

La vesícula seminal se caracterizó por tener una consistencia sólida y una coloración blanquecina, junto a ésta estructura se encontró el saco espermático, que al contrario de la vesícula seminal, éste presentó una consistencia líquida y en algunos de los casos en las paredes se logró observar una serie de estructuras en forma de copos de nieve, las cuales fueron agregaciones de espermatozoides (Figura 13b).

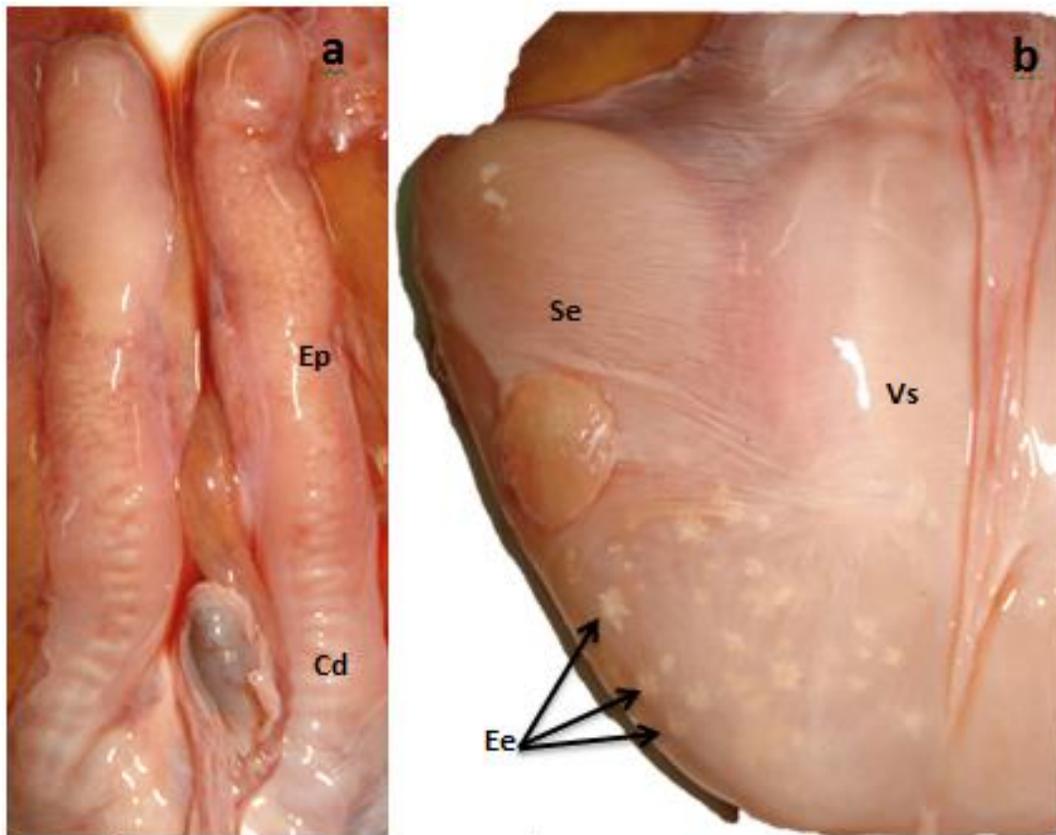


Figura 6. Epidídimo, conductos deferentes y vesícula seminal LT= 92 cm **a)** Conductos deferentes. **b)** Vesícula seminal. *Ep* epidídimo, *Cd* conductos deferentes, *Ee* espermatozoides empaquetados, *Vs* vesícula seminal, *Se* Saco espermático

Los mixopterigios presentaron forma de flecha, es decir, que en la parte terminal presentaron un ensanchamiento pronunciado (Figura 14a), el rifiodón no



presentó ninguna estructura de anclaje como espinas, estiletes, etc. Únicamente presentó una membrana, en la cual se encontró una pequeña abertura por la cual se lleva a cabo la eyaculación (Figura 14b).

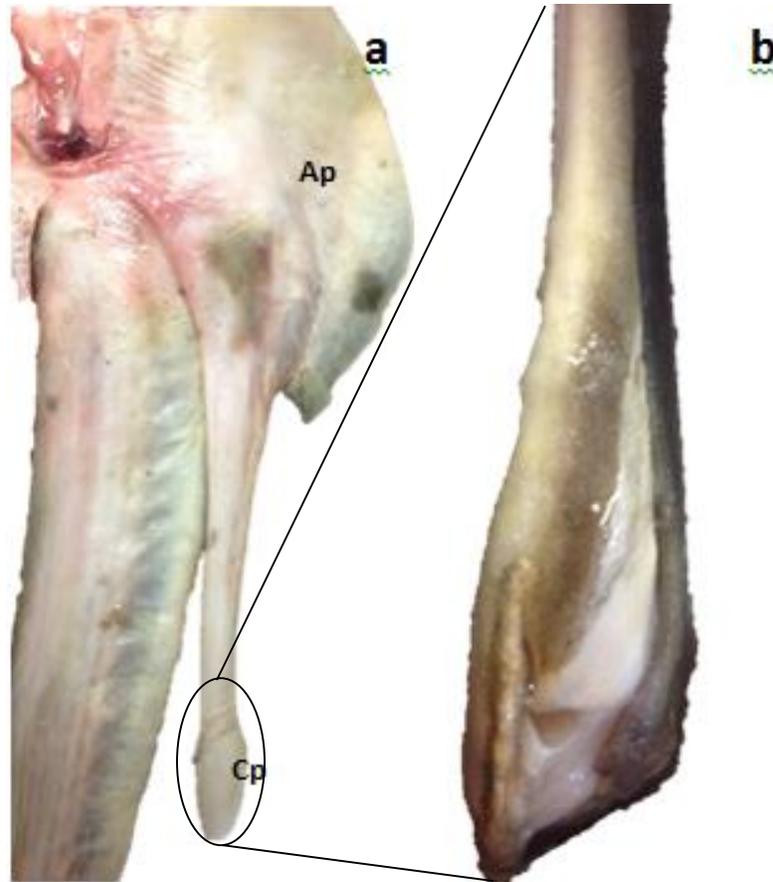


Figura 7. Mixopteriogio de *Zapteryx exasperata* LT= 92 cm. **a)** Estructura completa del mixopteriogio. **b)** Estructura del rifiodón abierto. Ap aleta pélvica, Cp gonopteriogio

Para el desarrollo testicular (largo y ancho del testículo) es posible observar que no presenta un patrón definido con respecto a la longitud de los organismos por lo que se puede descartar cualquier tipo de relación, sin embargo se encontraron machos de 77 de cm de Lt con un testículo de entre 3.8 a 5.5 cm de largo y se observó un testículo de 7.7 cm de largo en un macho de 8 cm de LT. En cuanto al ancho del testículo se observó un intervalo entre 1.8 a 2.9 cm, destacando un solo macho de 78 cm de LT con un ancho de testículo de 3.4 cm (Figura 15).

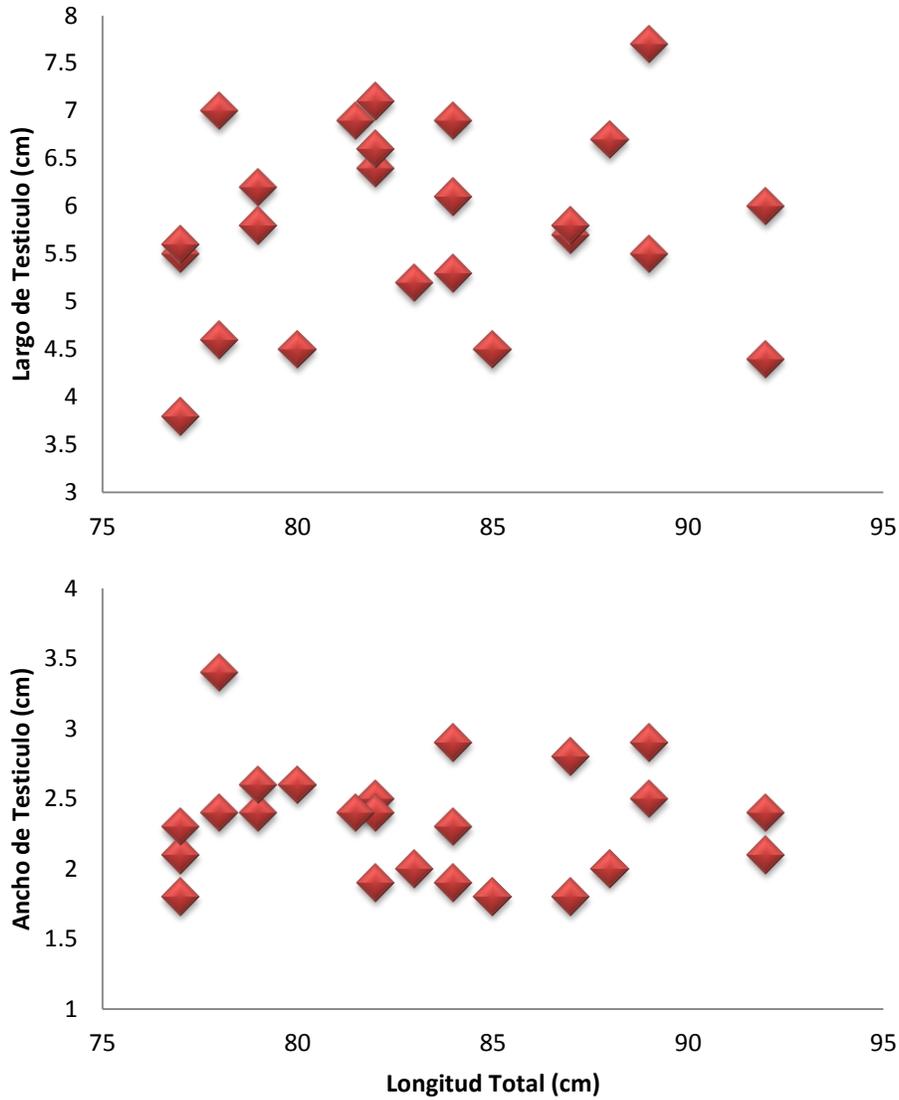


Figura 8. Desarrollo testicular en *Zapteryx exasperata* (n=27)

La longitud de los mixopterigios presentaron un patrón ascendente en cuanto a la longitud total de los machos, es decir que los machos de menor talla obtuvieron los mixopterigios de menor longitud por lo que organismos de 60 a 67 cm de Lt presentaron mixopterigios de 5.5 hasta 12 cm de longitud y organismos superiores a los 85 cm de Lt presentaron testículos de 14 a 23 cm de largo (Figura 16).

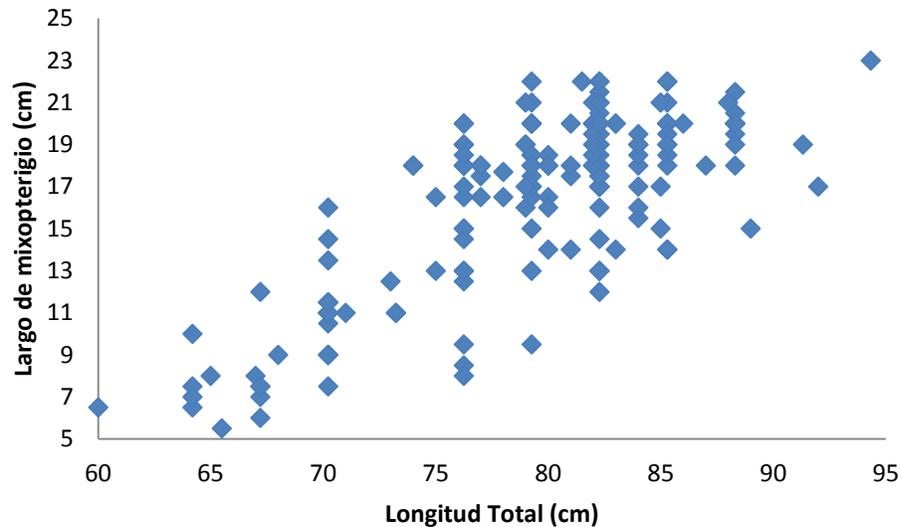


Figura 9. Tamaños de mixopterigios de *Zapteryx exasperata* (n=178)

### VII.3 Descripción microscópica del aparato reproductor de machos

Los lóbulos testiculares presentaron diferentes etapas de desarrollo espermático dentro de cada uno de ellos, encontrando las primeras etapas cercanas a la zona germinal del testículo.

La primera se caracterizó por presentarse en la zona más interna del lóbulo, correspondiendo a la etapa de espermatogonias, éstas se encuentran después de la zona de germinación, las cuales se caracterizan por entrar en la profase de la primera división meiótica que posteriormente darán origen al espermatocito primario (Figura 17a).

La siguiente etapa observada correspondió a la etapa de espermátidas, que se forman en la última meiosis de los espermatocitos, en esta etapa comienza la espermiogénesis, que es el proceso de diferenciación de espermatozoides. Las espermátidas presentaron un alargamiento, con las cabezas iniciando a disponerse hacia las periferias y las colas dirigidas hacia el lumen (Figura 17b).

La tercera etapa observada corresponde a la de espermátida tardía, en la que se apreció un empaquetamiento de las células germinativas con la proyección de la cola hacia la zona central del folículo (Figura 17c). Por último, se observó la etapa de

espermatozoides, en la cual se apreció un arreglo en espiral ocasionado por el alargamiento de las colas de cada uno de ellos (Figura 17d).

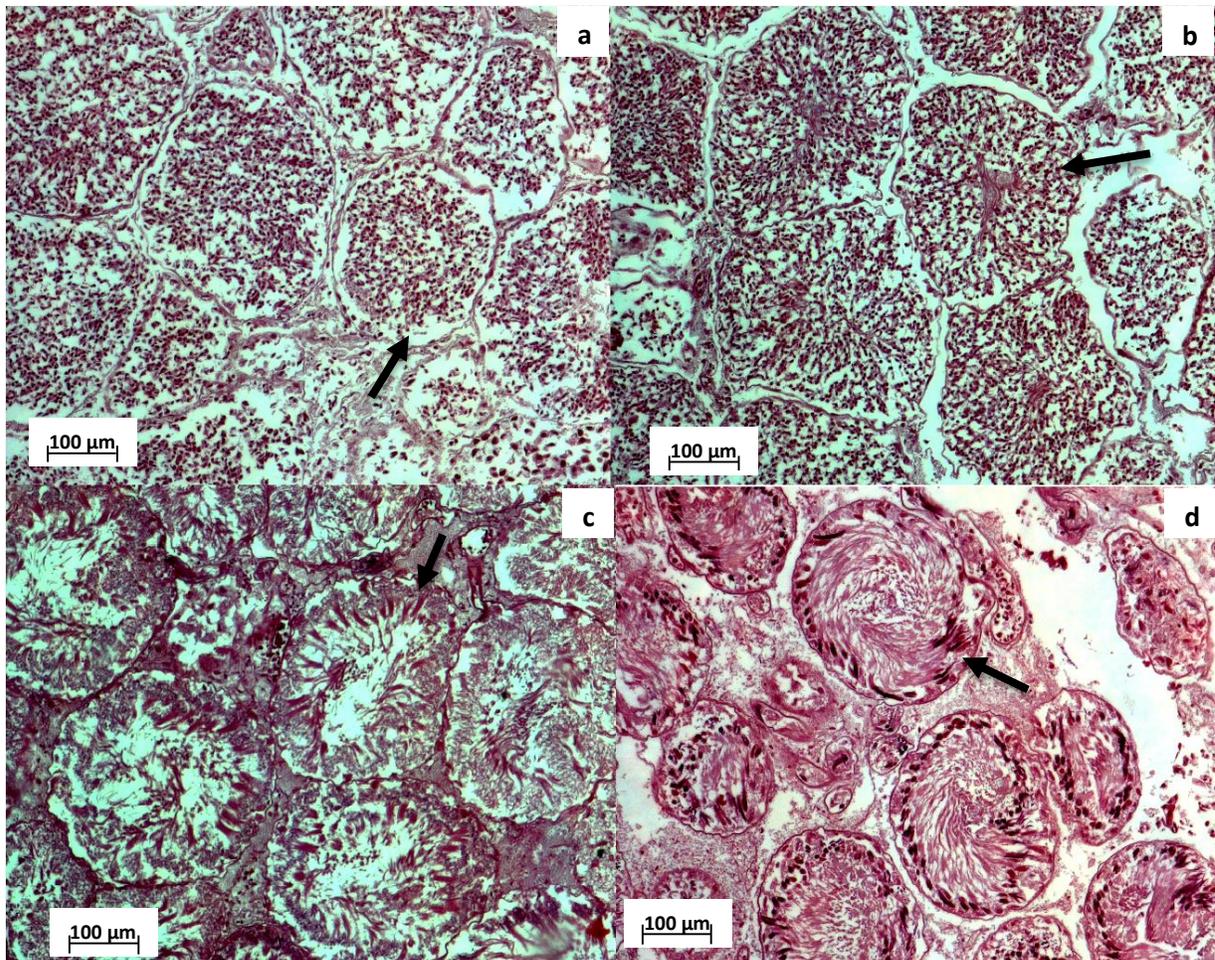


Figura 10. Espermatogénesis. a) Fase de espermatocito. b) Fase de espermatida. c) Fase de espermatida tardía. d) fase de espermatozoide con arreglo en espiral. Flecha, células germinativas (Espermatogonias, espermatidas y espermatozoides).

Una vez que los espermatozoides se encuentran desarrollados, éstos son liberados por medio de los conductos eferentes hacia el epidídimo, donde son almacenados. En él logró observar la presencia de espermatozoides en el lumen de los conductos que se encontraron recubiertos con un epitelio columnar simple con la presencia de estereocilios, de igual forma se observó la presencia de células secretoras (Figura 18a), cada conducto se vio recubierto con tejido conectivo, los espermatozoides localizados en el lumen no presentaron ningún tipo de arreglo (Figura 18b).

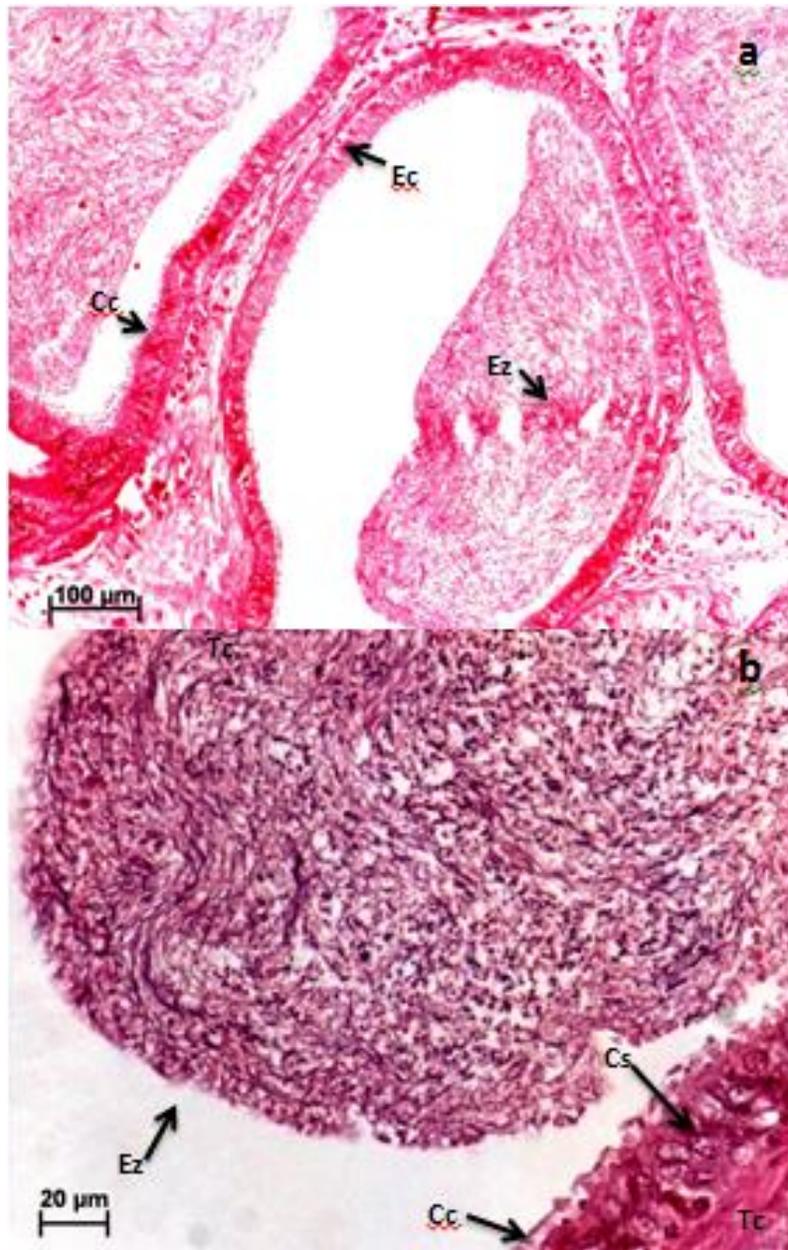


Figura 11. Magnificación del epidídimo. a) conducto del epidídimo. b) ampliación de la masa espermática. *Ec* epitelio columnar simple, *Cc* células ciliadas (estereocilios), *Ez* espermatozoides, *Tc* tejido conectivo, *Cs* células secretoras.

Después del epidídimo, los espermatozoides son conducidos a los conductos deferentes donde se realiza la segunda etapa de almacenaje, en estos conductos los espermatozoides ya presentaron agrupaciones conocidas como espermatozeugmata, en un arreglo definido como cúmulos de espermatozoides (Figura 19).

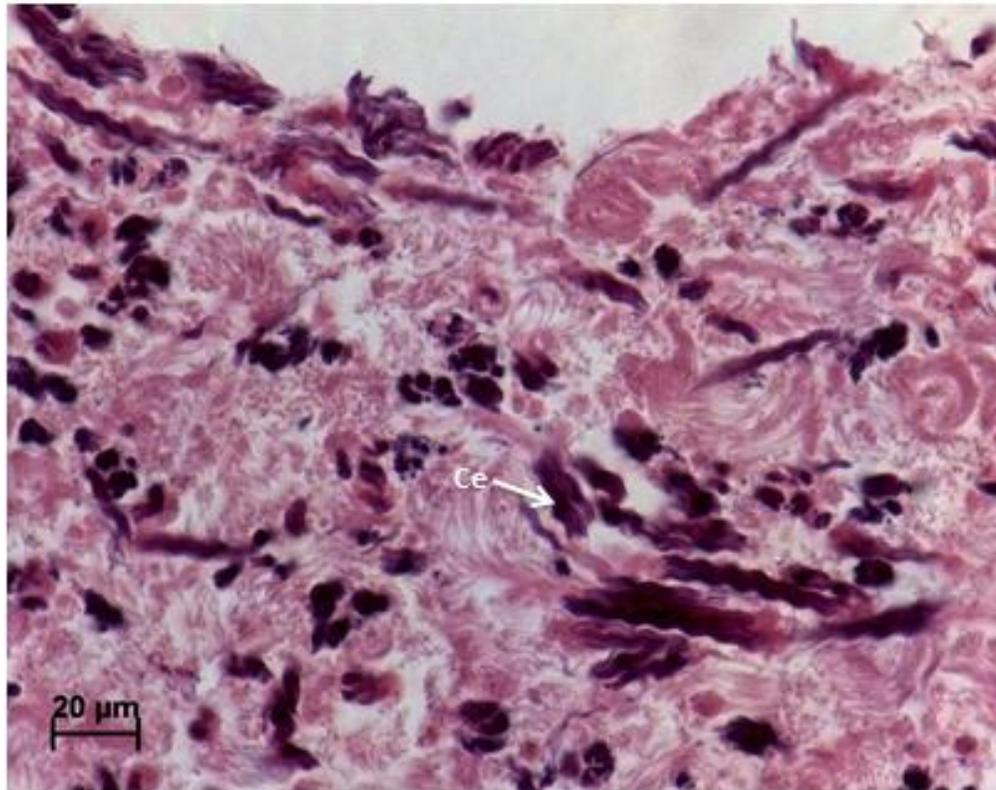


Figura 12. Ampliación de contenido espermático en los conductos deferentes. Ce cúmulos de espermias (espermatozeugmata).

Se observó claramente una diferencia en grosor entre los conductos del epidídimo y el inicio de los conductos deferentes (Figura 20a), así como la presencia de pliegues en las paredes de los conductos deferentes hacia el lumen, éstas paredes presentaron un tejido estratificado no cornificado con exocriocitos intercalados con células secretoras (Figura 20b).

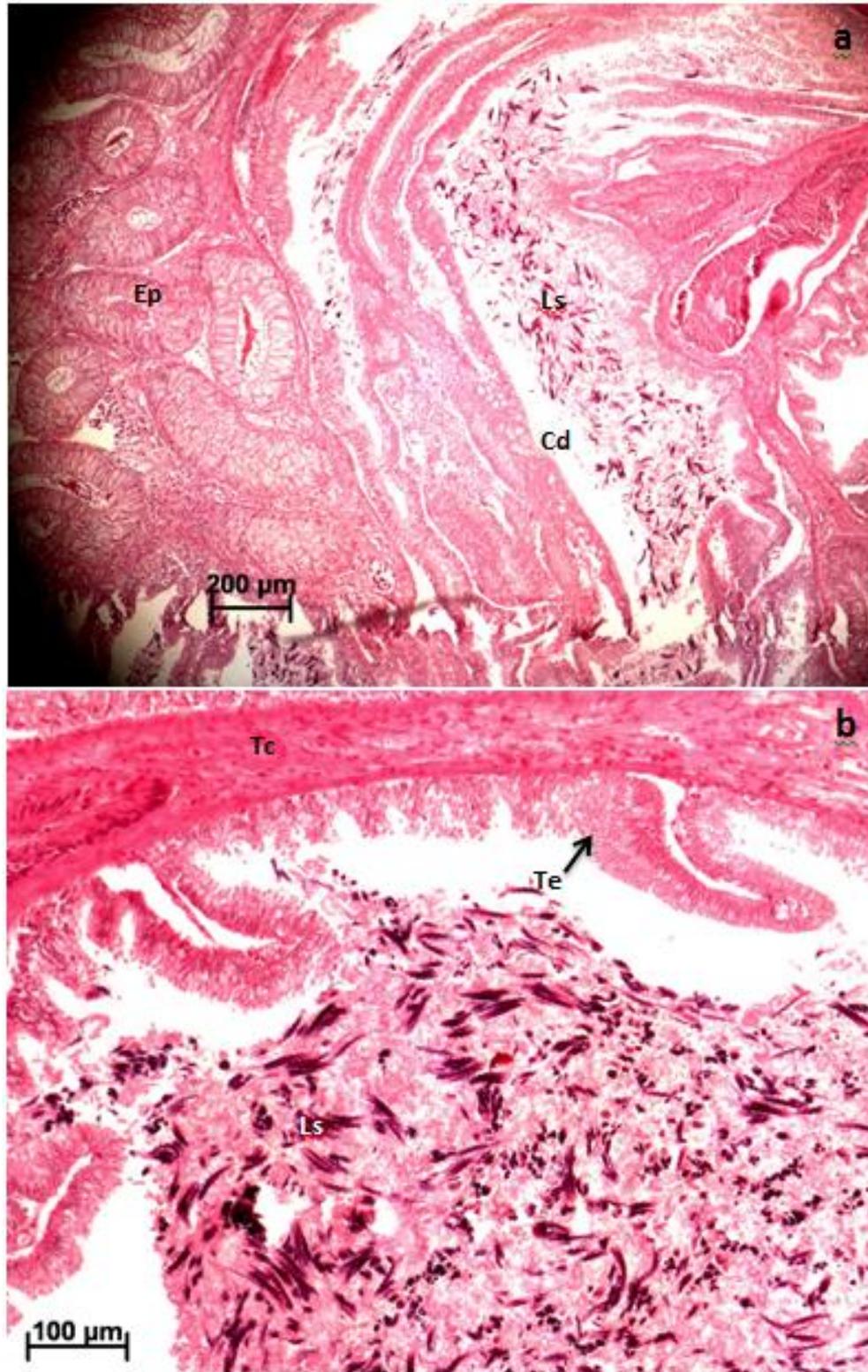


Figura 13. Ampliación de los conductos deferentes. a) diferencia de los conductos del epidídimo y conductos deferentes. b) pared de los conductos deferentes. *Ep* epidídimo, *Cd* conductos deferentes, *Ls* líquido seminal *Tc* tejido conectivo, *Te* tejido estratificado

En la vesícula seminal se presentó el almacén de espermatozoides, en forma de cúmulos de espermatozoides, la pared de la vesícula presentó una serie de pliegues, conformados por un tejido columnar simple con células ciliadas y células secretoras, posteriormente una capa de tejido conectivo que se va engrosando conforme se acerca a la cloaca (Figura 21).

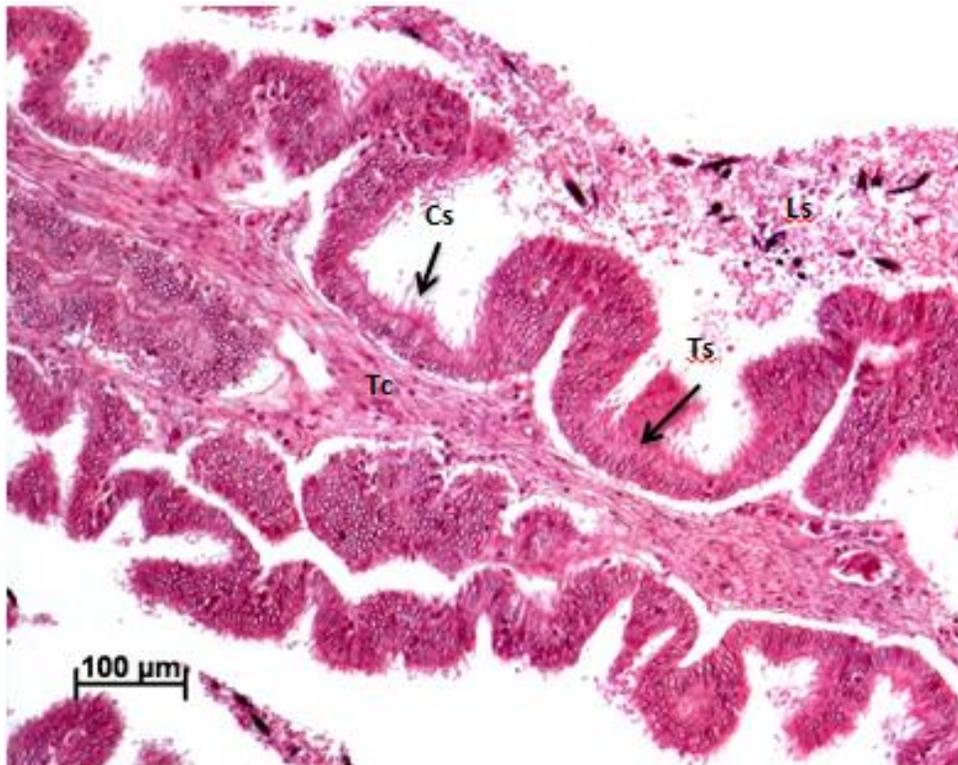


Figura 14. Ampliación de la pared de la vesícula seminal. *Ls* líquido seminal, *Tc* tejido conectivo, *Cc* células ciliadas, *Ts* tejido columnar simple.

#### VII.4 Descripción del aparato reproductor de hembras

Las hembras examinadas se encontraron en estadio I (juveniles), 5 se encontraron en estadio II (en maduración), 6 en estadio IIIa (madura sin embriones) y 21 en estadio IIIb (madura con embriones), cabe mencionar que durante el presente estudio no se obtuvieron ejemplares que presentaran el estadio IV (madura post-parto).

Los dos ejemplares en el estadio juvenil de hembras presentaron una longitud total de 76.5 y 81 cm, con un ancho de disco de 31 y 48 cm. Estas se caracterizaron



por tener ovarios sin desarrollar, en los cuales únicamente se apreció la presencia de pequeños folículos que posteriormente darían lugar a la vitelogénesis (Figura 22).

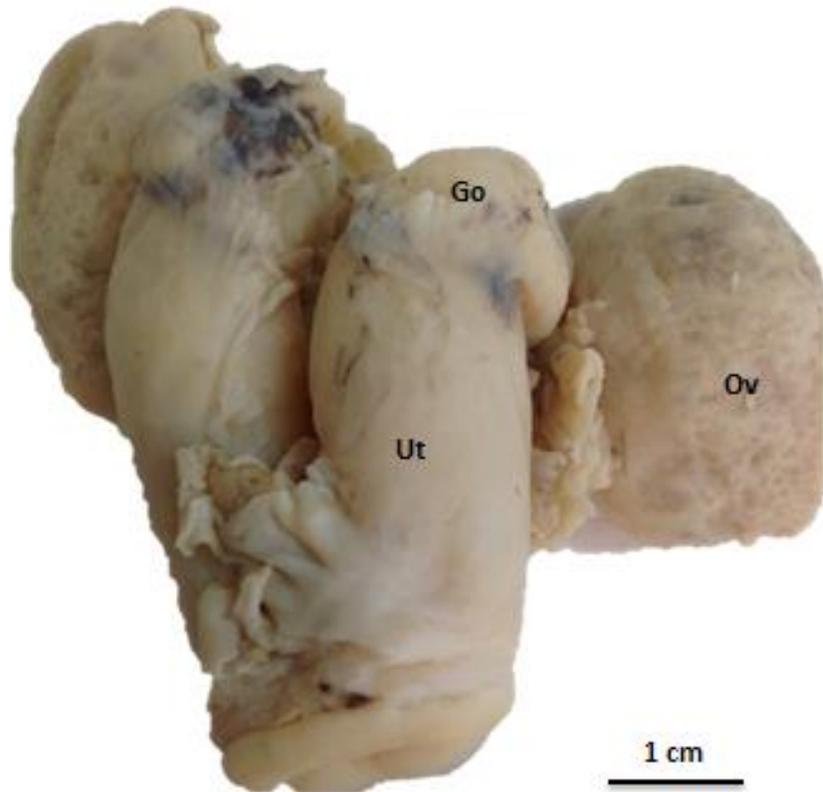
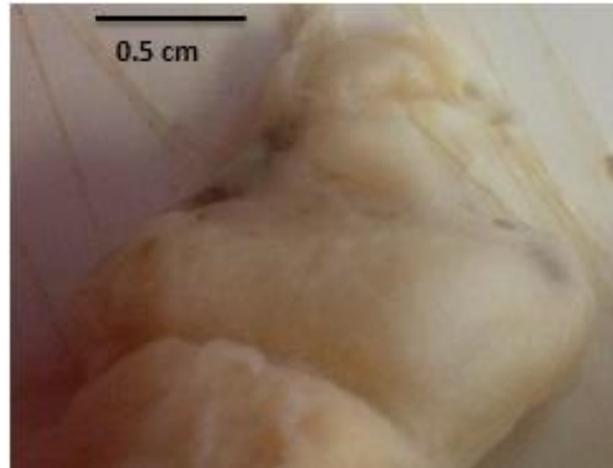


Figura 15. Aparato reproductor de hembra juvenil (LT= 76.05 cm) (estadio I) *Ut* útero, *Ov* ovario, *Go* glándula oviducal

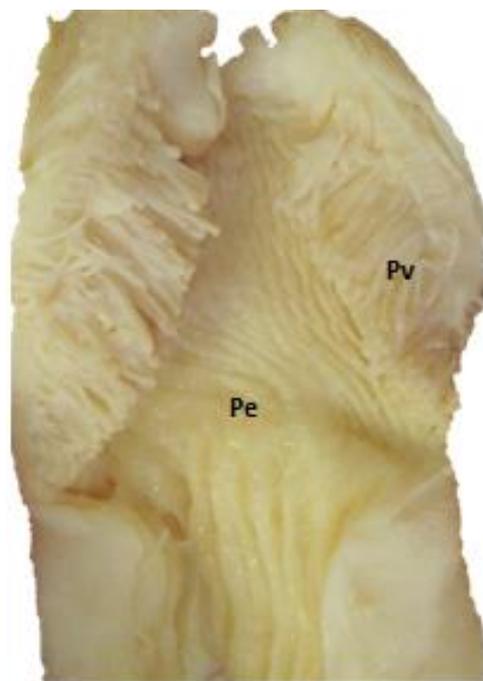
El estadio I o juvenil presentó los úteros y las glándulas oviducal con el mismo ancho, que va de 1.1 a 1.2 cm por lo cual es complicado diferenciar el útero de la glándula, la única forma de poder hacerlo es retirando el tejido que se encuentra recubriendo a ambas estructuras para visualizar perfectamente cada una de ellas.

La glándula oviducal, que se encuentra unida a la parte anterior del útero, presentó una longitud entre 1 y 1.1 cm, y una forma característica con un par de lóbulos dispuestos hacia el útero, sin embargo en las hembras en el primer estado de desarrollo no se aprecia con facilidad la forma de la glándula ya que aún no se encuentra completamente desarrollada (Figura 23).



**Figura 16. Glándula oviducal en estadio I (LT= 76.05 cm)**

La pared interna del útero está formada por dos secciones, la primera presentó una serie de pliegues a lo largo de toda la pared dispuestas longitudinalmente y la segunda sección presentó una serie de vellosidades, las cuales se originan desde la pared uterina, de coloración blanquecina, con un ensanchamiento en la parte más distal a la pared uterina, estas estructuras son frágiles y se desprenden con facilidad (Figura 24).



**Figura 17. Pared uterina interna (LT= 76.05 cm). *Pe* pared con pliegues, *Pv* pared con vellosidades**



Las hembras que se encontraron en proceso de maduración (estadio II) presentaron una LT entre 89 y 92 cm (Figura 25), los folículos han pasado por el proceso de vitelogénesis, observándose la presencia de ovocitos con un diámetro entre 0.5 y 1.6 cm, también se observaron folículos, que son estructuras similares a los ovocitos, cuya diferencia es la coloración blanquecina y un diámetro de 0.4 a 0.5 cm, sin embargo una de las características principales de este estadio es que el ovario no se encontró completamente diferenciado, algunas hembras presentaron un ovario sin desarrollar o en proceso de desarrollo, la zona que aún se encuentra indiferenciada presenta una serie de irrigaciones sanguíneas.

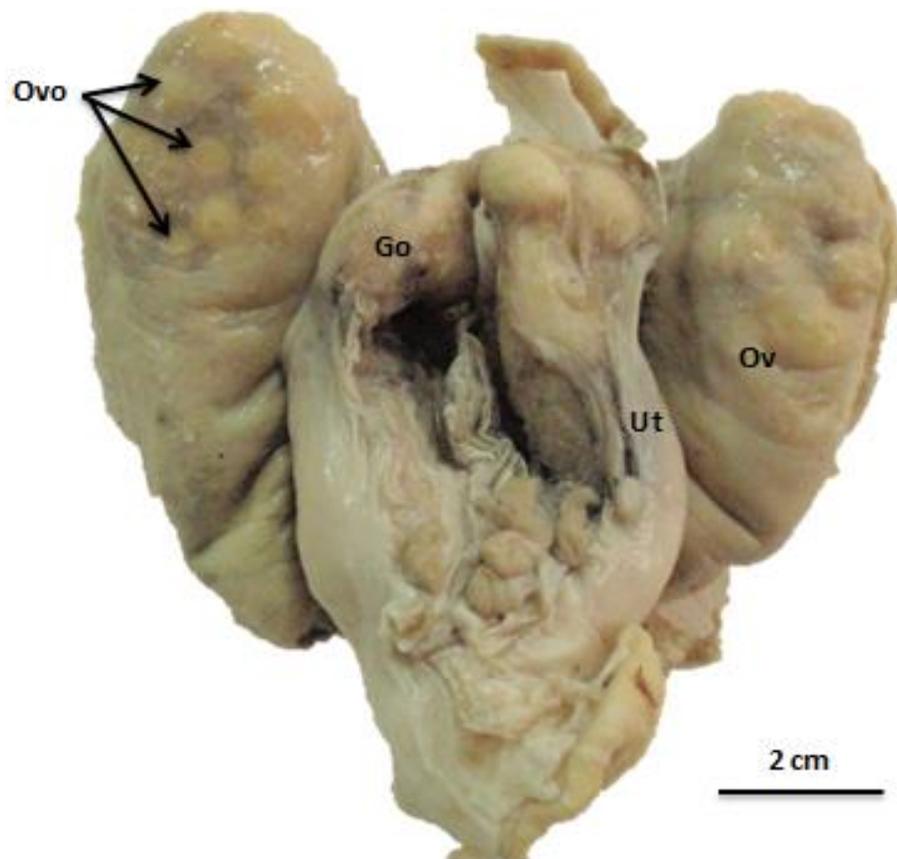


Figura 18. Aparato reproductor de hembra en maduración (LT= 89 cm) (estadio II) *Ut* útero, *Ov* ovario, *Go* glándula oviducal, *Ovo* ovocitos

Los úteros presentaron una longitud entre 2.4 y 3.7 cm, un ancho entre 1.4 y 2 cm, la pared interna del útero presenta nuevamente las vellosidades únicamente en una sección y su apariencia es semejante a las hembras en estadio I, su coloración va de

blanquecina a parda y con una sustancia coloidal traslúcida encontrada en los bordes (Figura 26).



Figura 19 Parte interna del útero de hembra en maduración con sustancia coloidal

La glándula oviducal se encontró diferenciada del útero, sin embargo aún se observó la presencia de la membrana que recubre ambas estructuras. La glándula presentó un largo entre 1.4 y 3 cm y un ancho entre 1.8 y 3.9 cm (Figura 27).

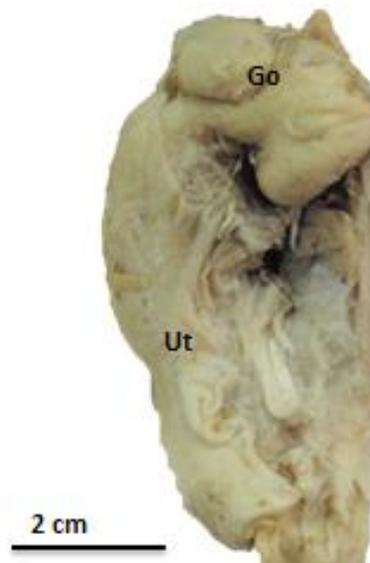


Figura 20. Glándula oviducal y útero diferenciados (LT= 89 cm)



Las hembras que se encontraron maduras pero sin embriones (estadio IIIa) presentaron una LT entre 94.5 y 103 cm (Figura 28), este estadio se caracterizó por presentar ovarios completamente desarrollados y con una longitud entre 7.3 y 13 cm y ancho entre 2.8 y 4.8 cm, éstos presentaron ovocitos de entre 0.9 y 2.3 cm, que se consideraron los de mayor tamaño, la cantidad de folículos fue más evidente que en el estadio II y el diámetro de éstos varió entre 0.4 a 0.9 cm (Figura 29).

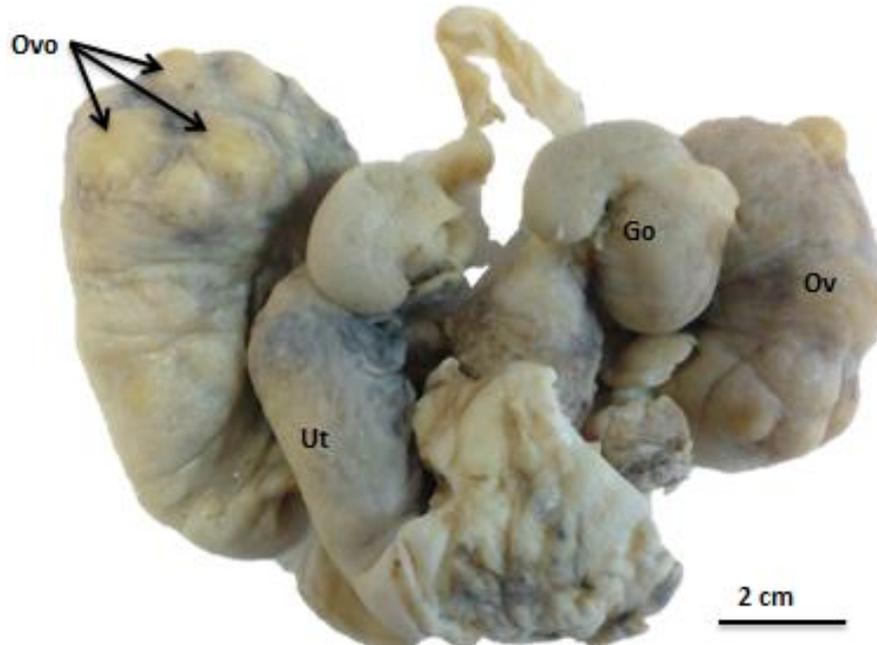


Figura 21. Aparato reproductor de hembra madura sin embriones (LT= 96 cm) (estadio IIIa)  
*Ut* útero, *Ov* ovario, *Go* glándula oviducal, *Ovo* ovocitos

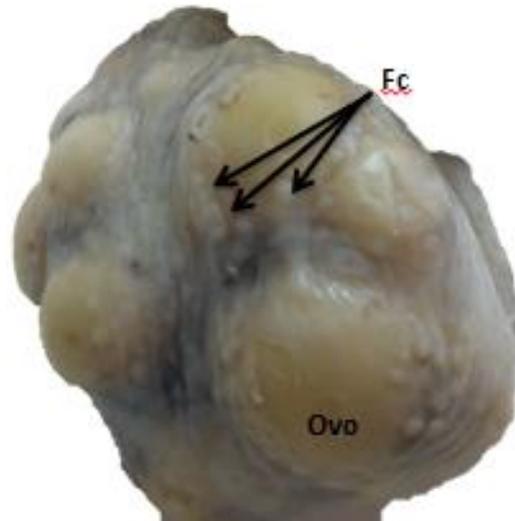


Figura 22. Ovario maduro con la presencia de folículos y ovocitos (LT= 96 cm). Ovo ovocitos, Fc folículos

El útero presentó una longitud entre 3.4 y 6.3 cm con un ancho entre 1.8 y 2.7 cm, la vellosidades en el interior del útero se encontraron de mayor grosor y presentaron secreciones de color marrón, estas secreciones pudieran confundirse con restos de candela, que es una capa color marrón que recubre a los embriones dentro del útero (Figura 30).

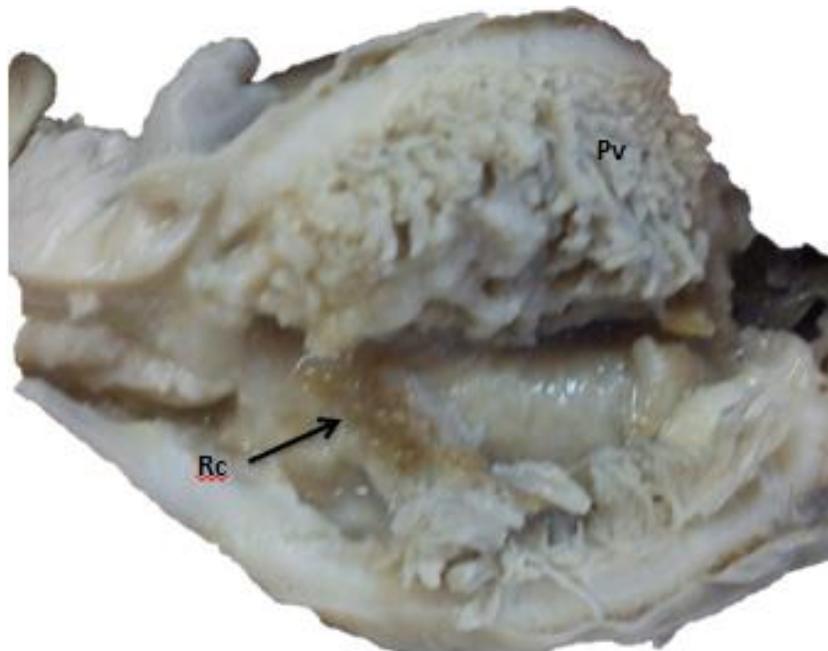


Figura 23. Disección de útero de hembra madura sin embriones (LT= 96 cm). Pv pared con vellosidades, Rc restos de candela



Las glándulas oviducuales se encontraron completamente diferenciadas del útero y midieron de 2.2 a 3.0 cm de largo y de 3.0 a 3.9 cm de ancho, para apreciar esta estructura no es necesario retirar la membrana que lo recubre, se observó perfectamente la forma que presenta con sus dos lóbulos dispuestos hacia el útero aunque sobrepuestos un lóbulo sobre el otro (Figura 31).

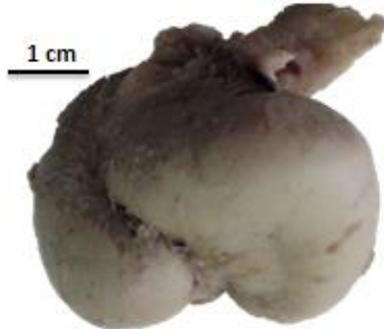


Figura 24. Glándula oviducal en estadio IIIa (LT= 96 cm)

La hembras maduras con embriones (estadio IIIb) presentaron tallas entre 85 y 110 cm (Figura 32), los ovarios de estos organismos se encontraron por detrás de los úteros con crías, los ovarios tenían una longitud entre 5.1 y 11 cm y un ancho entre 1.8 y 4.3 cm, los ovocitos midieron de 0.8 a 1.7 cm, y fueron más pequeños que los del estadio IIIa.

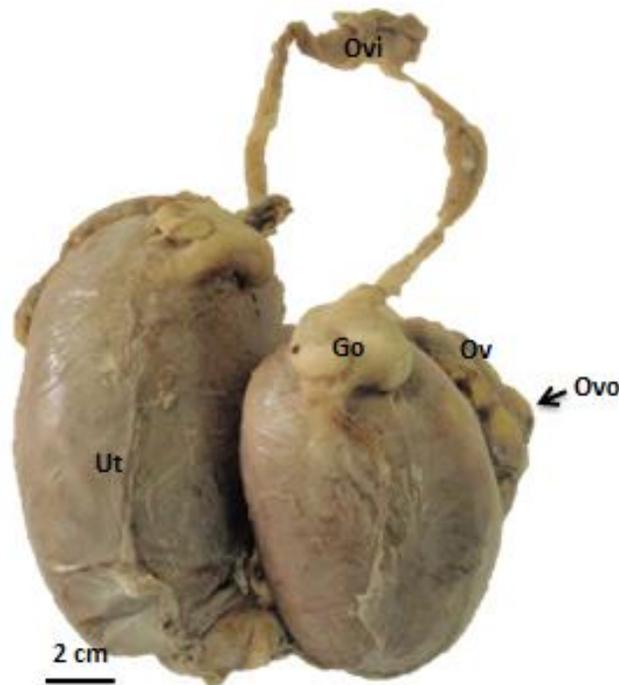


Figura 25. Aparato reproductor de una hembra en estadio IIIb (LT= 110 cm). Ovo ovocito, Go glándula oviducal, Ov ovario, Ut útero, Ovi oviducto.

Los ovarios al igual que en los dos estadios anteriores presentaron folículos, los cuales alcanzaron un diámetro entre 0.4 y 0.7 cm, fueron más pequeños que los presentados en el estadio IIIa. También se encontraron ovocitos atrésicos, los cuales son ovocitos reventados y amorfos, es decir, que o presentan la forma esférica característica de los ovocitos y folículos (Figura 33).

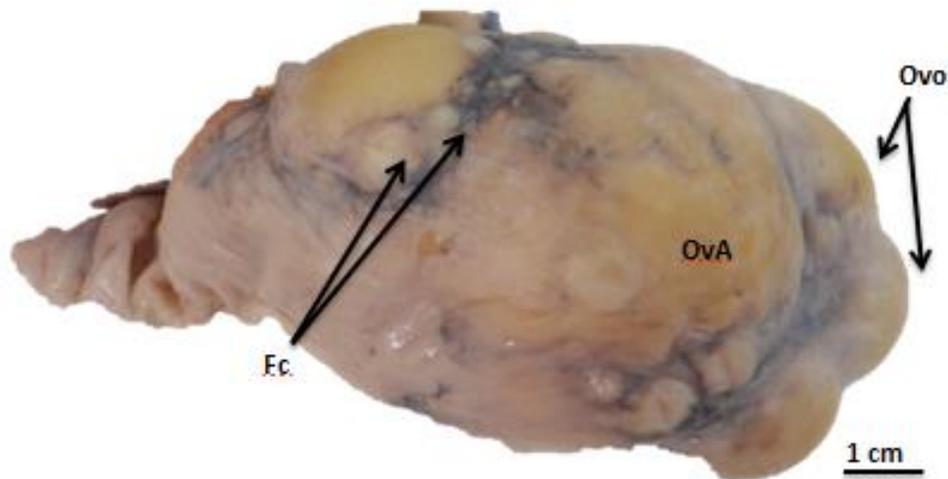


Figura 26. Ovario en estadio IIIb con ovocito atrésico (LT= 110 cm). *Fc* folículos, *Ovo* ovocitos, *OvA* ovocito atrésico

Los úteros se encontraron completamente distendidos. Midieron desde 3.4 a 20cm de largo y de 1.8 a 8.5 cm de ancho y contenían embriones. La pared interna de los úteros presentó cambios en comparación a aquellos que no presentaron embriones en el interior, como la desaparición de los pliegues longitudinales (Figura 34a), o que las vellosidades presentaron menor grosor y una forma plana con tonalidades marrón o traslucidos (Figura 34b), en algunos ejemplares estas vellosidades se volvieron prácticamente imperceptibles.

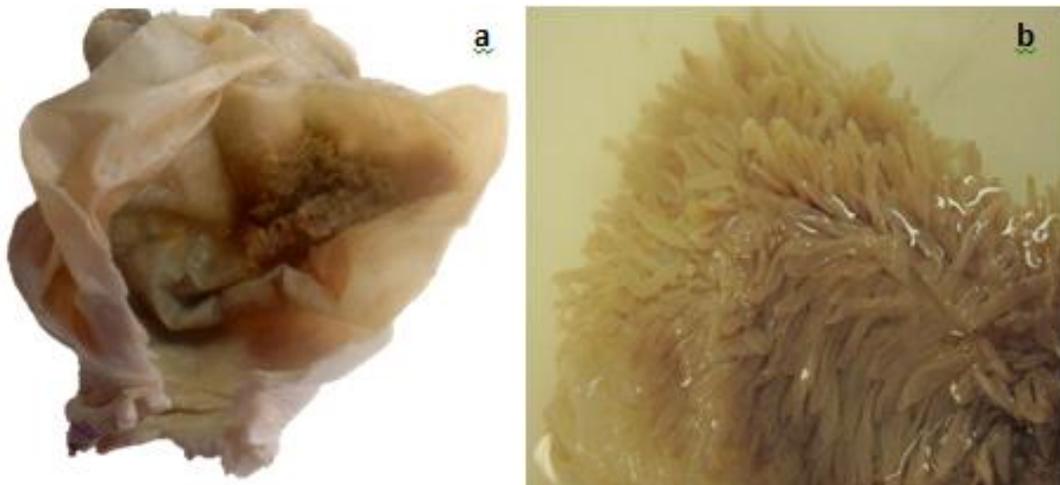


Figura 27. Estructuras uterinas en estadio IIIb (LT= 110 cm). a) útero completamente extendido. b) Velloidades

La glándula oviducal presentó el mismo tamaño que en las hembras del estadio IIIa con una longitud entre 1.7 y 2.4 cm y un ancho entre 2.4 y 3.4 cm, ésta se encontró unida al útero debido a la expansión que ocasiona la presencia de los embriones.

En cuanto al tamaño de los ovarios no fue posible identificar una relación en cuanto a la longitud total o al largo del disco de las hembras, sin embargo fue posible observar que las hembras que pertenecen al estadio I (de 3 a 4.4 cm de longitud del ovario y 1.8 cm del ancho de ovario) se encuentran separadas de las hembras que presentaron estadios II, IIIa y IIIb (longitud de ovario de 4.6 a 13 cm y un ancho de ovario de 1.8 a 4.8 cm), estos últimos traslapados entre sí sin mostrar una agrupación evidente (Figura 35).

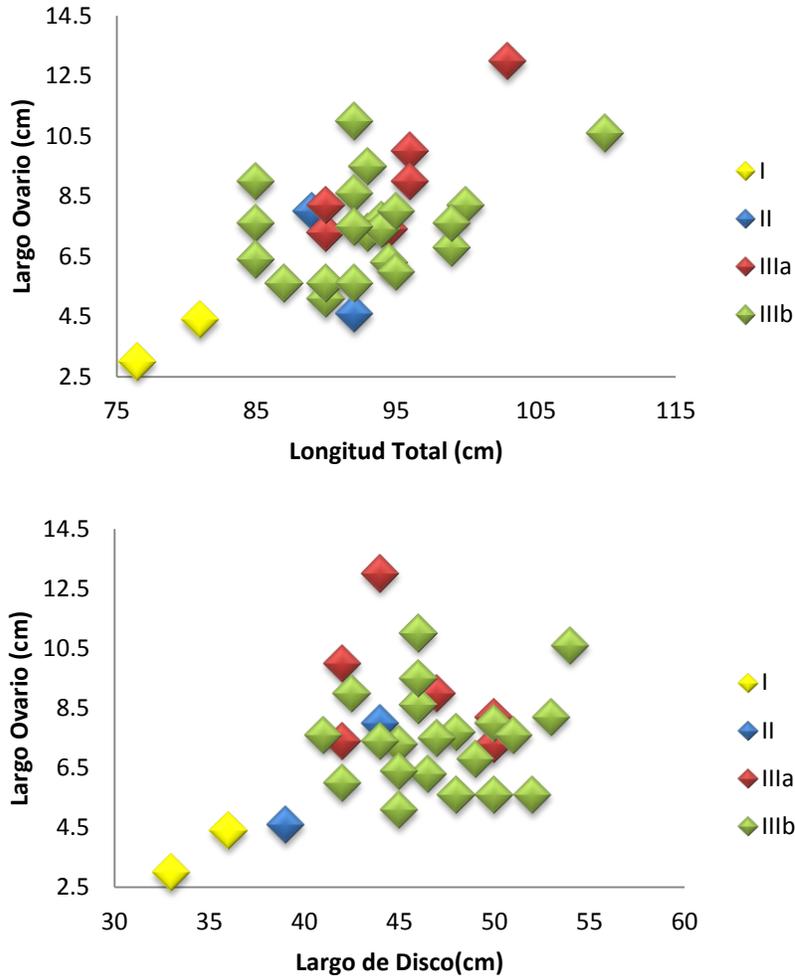


Figura 285. Tamaño de los ovarios con respecto al estado de madurez de las hembras (n=34)

Las hembras en proceso de maduración (estadio II) presentaron 10 ovocitos de 0.5 cm de diámetro siendo estos los de menor tamaño. Las hembras que se encontraban en estadio IIIa exhibieron un total de 17 ovocitos de un diámetro de más de 2.1 cm siendo estos los de mayor tamaño que se encontraron en las tres etapas de maduración. Las hembras que se encontraron en el estadio IIIb presentaron una mayor incidencia en los ovocitos con un diámetro de 1.5 cm y solo algunas hembras presentaron diámetros mayores a los 1.7 cm (Figura 36).

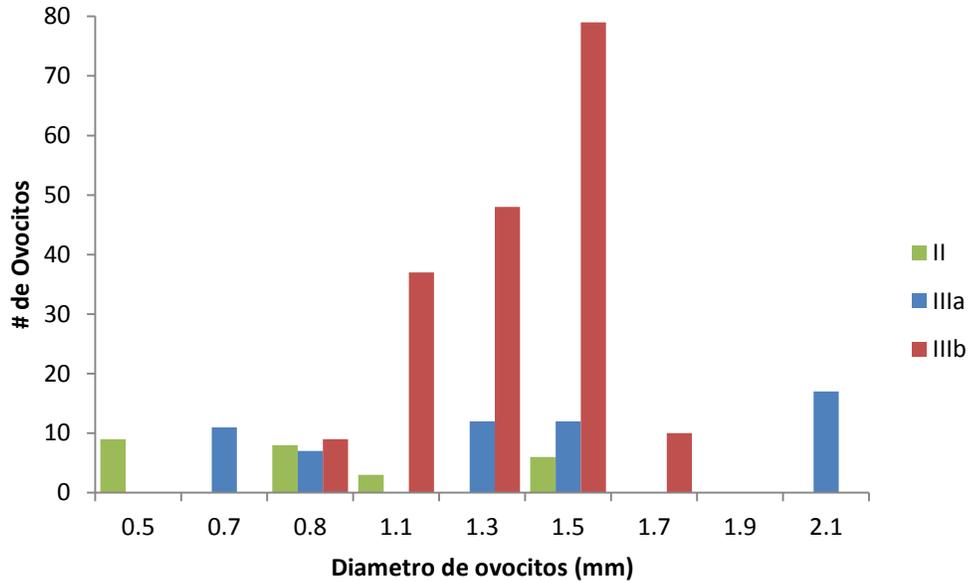


Figura 296. Frecuencia de ovocitos en los diferentes estadios de maduras (n=268)

En el caso de la glándula oviducal la hembras que se encontraron en el estadio I presentaron una longitud de la glándula de 1 a 1.1 cm, las hembras dentro del estadio II presentaron un largo de glándula de 1.8 a 2 cm, éste estadio presentó un agrupamiento con las hembras que presentaron el estadio IIIb teniendo de 1.5 a 2.3 cm de largo de glándula, aunque solo un ejemplar de éste estadio presentó una longitud de glándula de 1 cm, sin embargo el estadio que presentó mayores longitudes en la glándula oviducal fueron las hembras dentro del estadio IIIa midiendo de 2.2 a 3cm de longitud (Figura 37).

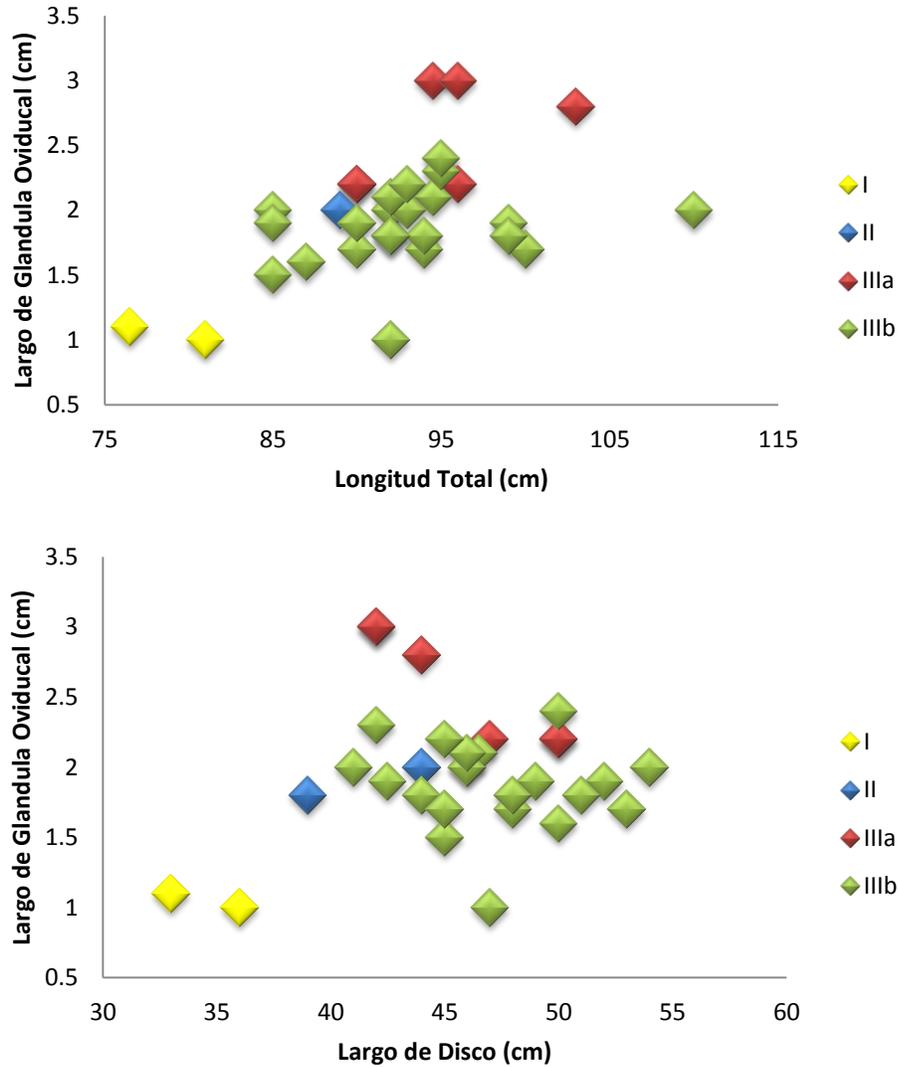


Figura 307. Tamaño de la glándula oviducal por estadio de madurez (n=34)

El diámetro de los ovocitos en una hembra en estadio I fue de 0.4 cm con un ancho de glándula de 1.2 cm, los estadios II, IIIA y IIIb mostraron un diámetro de ovocitos entre 0.8 y 1.7 cm y con un ancho de glándula oviducal entre 1.8 y 3.4 cm, siendo un ejemplar del estadio IIIa el que presentó los ovocitos más grandes de 2.3 cm de diámetro cuya glándula vidual presentaba un ancho de 3.3 cm (Figura 38).

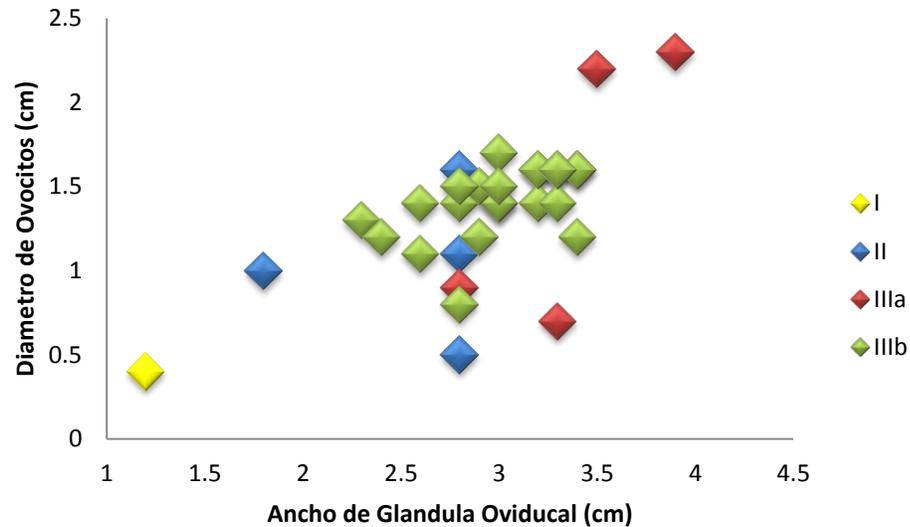


Figura 318. Relación del tamaño de la glándula con respecto al tamaño de los ovocitos (n=34)

### VII.5 Descripción microscópica del aparato reproductor en hembras

En un corte transversal de la glándula oviducal fue posible apreciar las diferentes estructuras que la conforman, como la forma de “S” (Figura 39), las proyecciones papilares que se presentan dirigidas hacia el lumen de la glándula oviducal, posteriormente un conjunto de células secretoras y por último en la parte más distal de la glándula se encuentran el conjunto de glándulas tubulares.

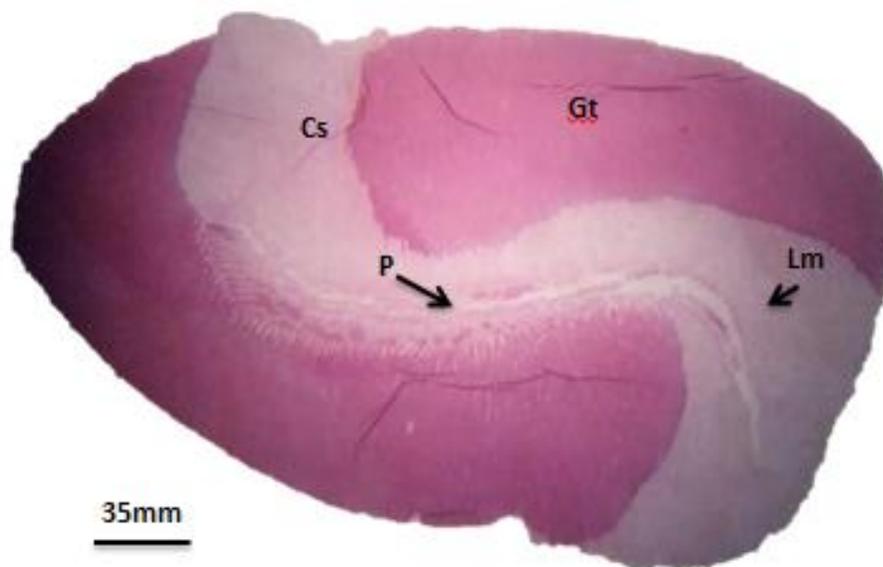


Figura 39. Corte transversal de la glándula oviducal. *Cs* células secretoras, *P* papilas, *Lm* lumen, *Gt* glándulas tubulares.

La glándula oviducal se encontró compuesta de 3 zonas las cuales se diferenciaron en la forma de las papilas proyectadas hacia el lumen y las diferentes células secretoras: La zona club, la zona baffle y la zona terminal. En la zona club se observó un epitelio laminar en el cual todas las láminas presentaron la misma forma (Figura 40a), los túbulos secretores se encontraron formados por células secretoras y células ciliadas, el citoplasma de las células secretoras contenía varias glándulas secretoras lo que les otorgó una apariencia granular (Figura 40b).

La zona baffle exhibió una serie de pliegues en el epitelio, seguido de una proyección laminar más gruesa que en el resto de las otras zonas, con un promedio de 4 pliegues entre dos proyecciones laminares a lo largo de esta zona (Figura 40c), el epitelio de los túbulos secretores mostraron la misma estructura que los túbulos de la zona club (Figura 40d). La zona terminal se caracterizó por presentar una superficie regular en el epitelio (Figura 40e), únicamente se encontró un tipo de glándulas tubulares productoras de mucosa, esto túbulos contenían células con cilios dispuestos hacia el lumen de cada túbulo (Figura 40f).

Debido a las características macroscópicas que presentó el útero y a las características observadas en un corte transversal se determinó que presenta características de tipo placentoides de la cual sobresalen dos zonas divididas de forma longitudinal en el interior del útero.

La primera zona se encontró conformada por papilas alargadas hacia el lumen del útero, éstas presentaron un revestimiento con un epitelio cubico estratificado asentado sobre una membrana basal seguido de tejido conectivo, en el cual se encontraron irrigaciones arterio-venosas, en la base de las papilas se observó un tejido muscular longitudinal seguido de epitelio muscular oblicuo (Figura 41).

La segunda zona observada en el interior del útero presentó la misma formación celular, sin embargo ésta exhibió una serie de pliegues a lo largo de la pared uterina y dentro de los pliegues se observó una sustancia coloidal blanquecina (Figura 42a), los cúmulos de esperma también fueron observados asociados a la pared uterina dentro de los pliegues (Figura 42b).

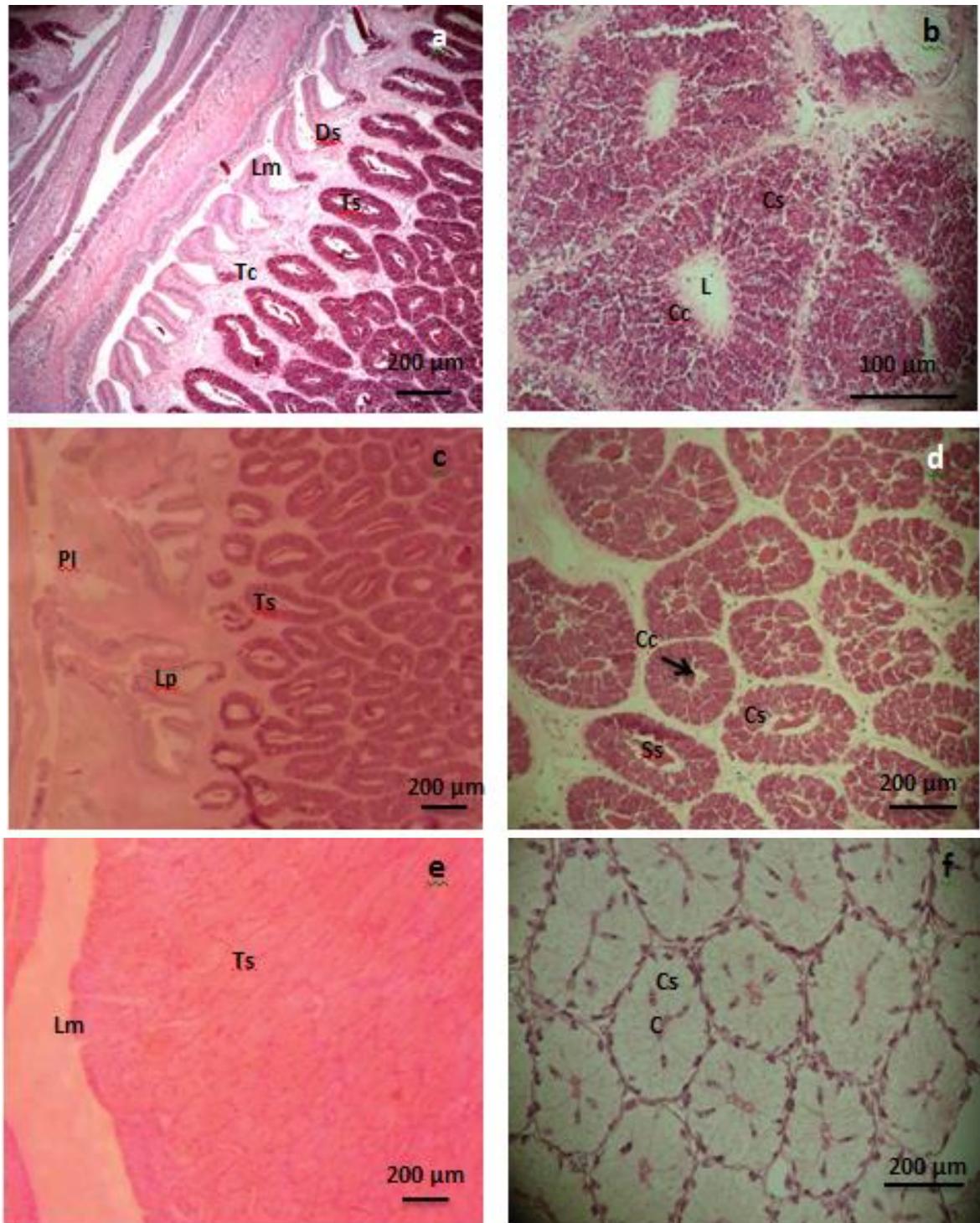


Figura 40. Diferenciación de las zonas en la glándula oviducal. a) Zona club. b) Túbulos secretores de la zona club. c) Zona baffle. d) Túbulos secretores de la zona baffle. e) Zona terminal. f) Túbulos de la zona terminal. *Lm* laminas, *Ds* ductos secretores, *Ts* células secretoras, *Tc* tejido conectivo, *Cs* células secretoras, *Cc* células ciliadas, *L* lumen, *Pl* proyecciones laminares, *Lp* pliegues laminares, *Ss* substancia secretada, *C* cilios.

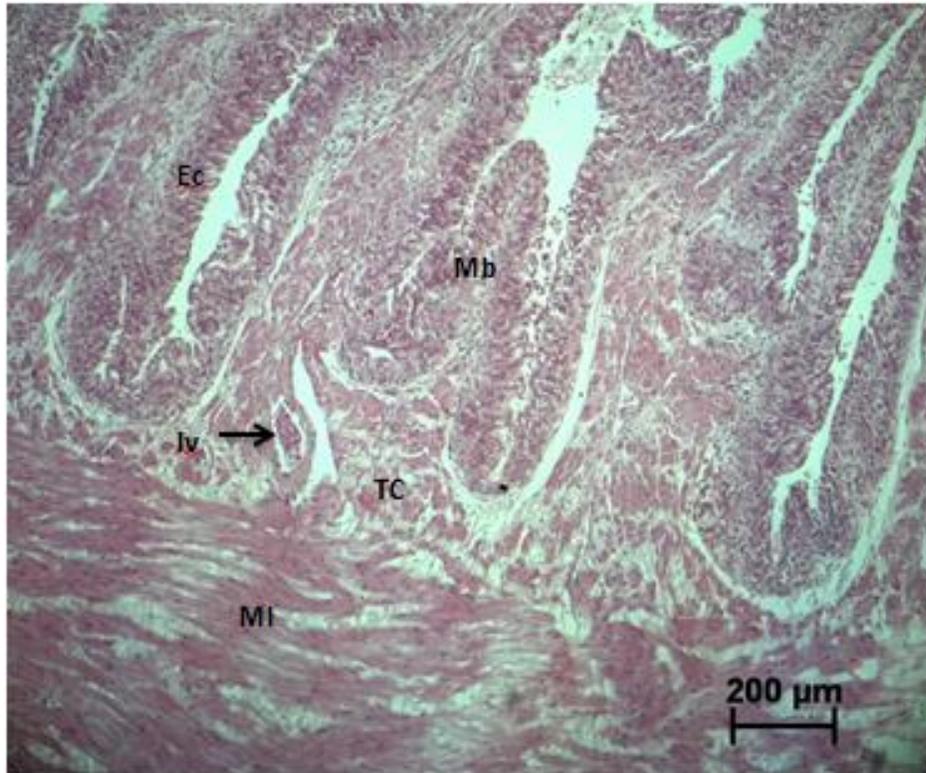


Figura 321. Corte transversal de la sección papilar del útero. *Ec* epitelio cubico, *Mb* membrana basal, *Iv* irrigación arterio-venosa, *Tc* tejido conectivo, *MI* musculo longitudinal.

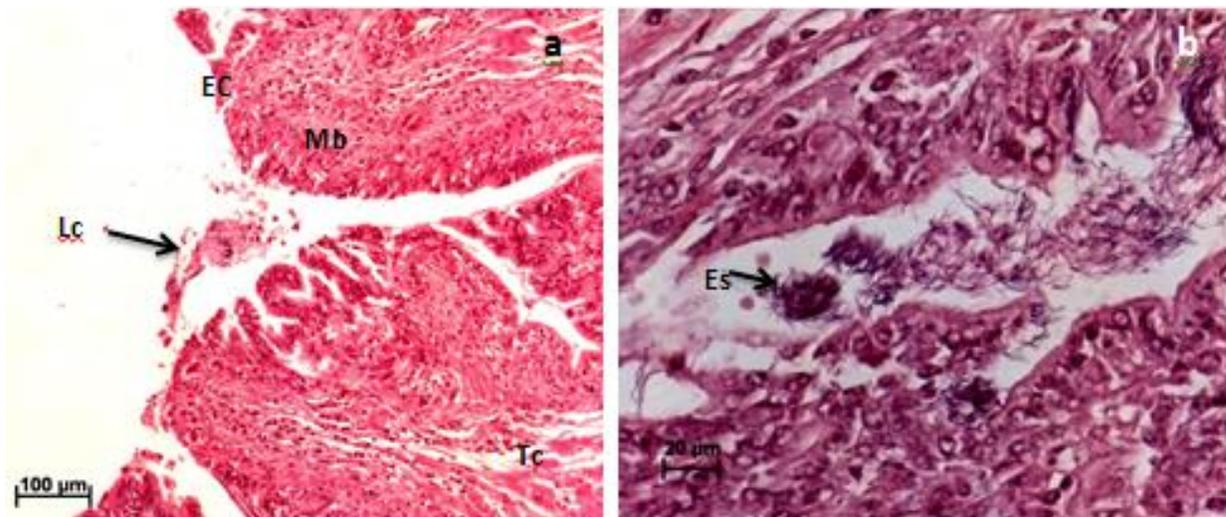


Figura 332. Corte transversal de la zona con pliegues del útero. a) vista de los pliegues de la pared uterina. b) acercamiento de las paredes de los pliegues con esperma asociado a las paredes. *Ec* epitelio cubico, *Mb* membrana basal, *Tc* tejido conectivo, *Lc* liquido coloidal con espermatozoides, *Es* espermatozoides.



### VII.6 Fecundidad

La cantidad de embriones que presentó *Zapteryx exasperata* estuvo determinada principalmente por el largo del disco siendo las hembras de 40 cm de largo de disco las que presentaron 6 embriones y aquellas hembras con un largo de disco superior a los 50 cm presentaron de 9 a 12 embriones (Figura 43).

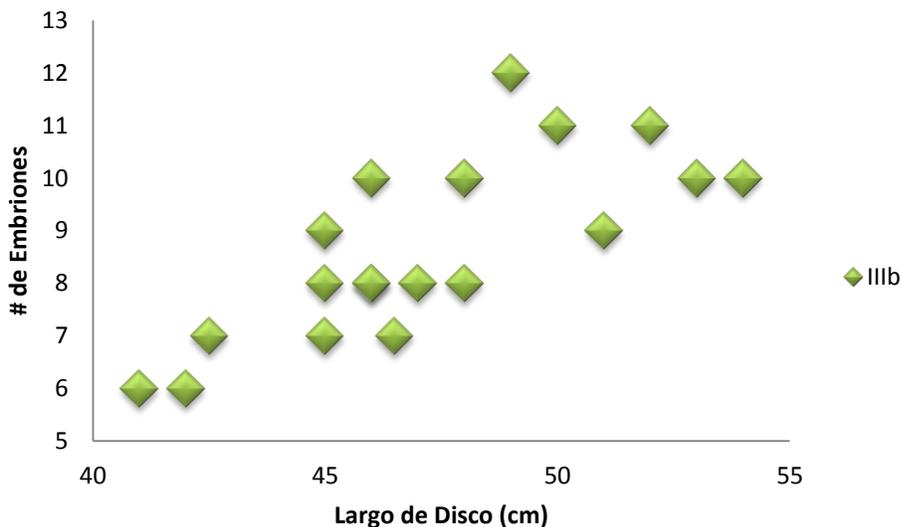


Figura 343. Cantidad de embriones por longitud de disco de hembra (n=21)

El número de embriones presentó dos modas, en 8 y 10, con una frecuencia de 5 y 3 hembras respectivamente, de las hembras analizadas solo una tuvo 12 embriones, de igual forma solo una hembra presentó 2 embriones (Figura 44).

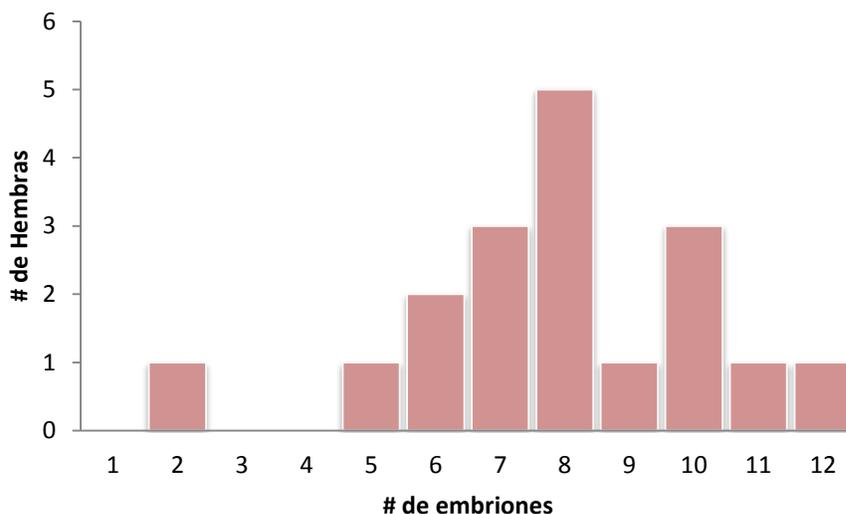


Figura 354. Número de embriones por hembra grávida de *Z. exasperata* (n=21)

En cuanto a la talla de los embriones, las hembras dominaron la mayoría de las tallas, no obstante 4 machos son los que presentan las longitudes máximas con 19.5 cm y solo una hembra fue encontrada con la misma longitud. Dentro de la gráfica resaltan dos embriones a los cuales no se logró diferenciar sexualmente debido a que se encontraron en los primeros estadios de desarrollo y sus estructuras reproductoras no se encontraban diferenciadas (Figura 45).

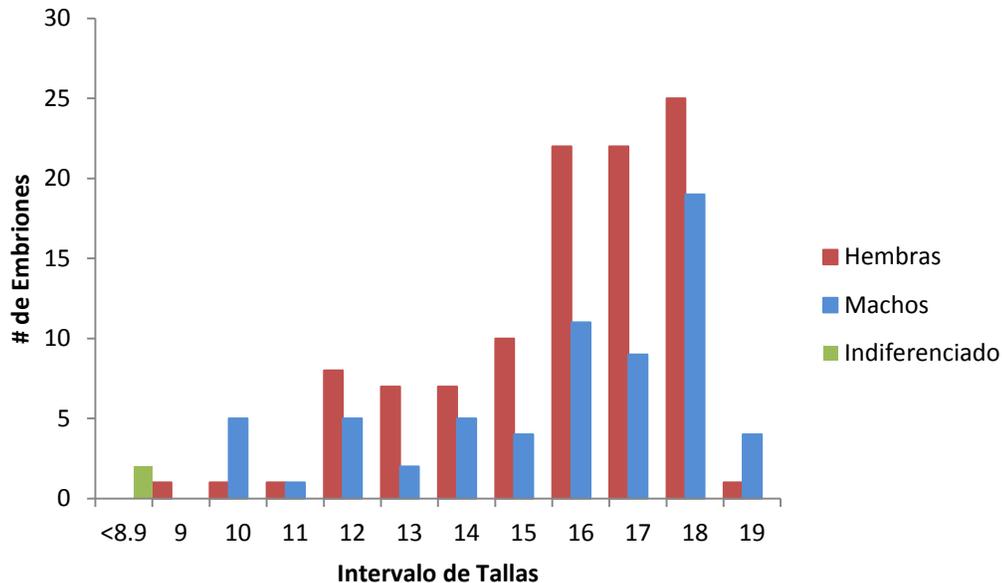


Figura 365. Estructura de tallas de embriones (n=172)

### VII.7 Proporción sexual de embriones

Se obtuvieron un total de 172 embriones distribuidos en las 21 hembras en estadio IIIb, de los cuales 105 fueron hembras, 65 machos con una proporción de 0.7:1.2 con una  $X^2=4.473$  lo cual varía de la proporción 1:1 esperada. También se presentaron dos embriones indiferenciados debido al estadio de desarrollo en el que se presentaron con una Lt de 2.2 y 2.5 cm.

Durante el año del 2011 se obtuvieron un total de 24 machos (32%) y 51 hembras (68%) con una proporción de 0.6:1.3 con una  $X^2=4.506$ , la cual varía de la proporción 1:1

Sin embargo durante el año de 2012 se obtuvieron 41 machos (43.15%) y 54 hembras (56.85%) obteniendo una proporción 0.8:1.13 con una  $X^2=0.757$ , por lo cual no presentó diferencias significativas ante la proporción 1:1 esperada



### VII.8 Desarrollo embrionario

*Zapteryx exasperata* presentó una fecundidad de 5 a 12 embriones por hembra grávida, en la imagen inferior es posible apreciar el aparato reproductor de una hembra grávida que contenía 12 embriones, sin embargo los úteros no se encontraron completamente distendidos ya que durante la manipulación de la muestra, los embriones fueron expulsados de los respectivos úteros y durante la fijación estos regresaron a su tamaño original (Figura 46).



Figura 376. Aparato reproductor de hembra grávida con once embriones. *Cd* candela, *Ar* aparato reproductor.

Los embriones presentaron diferentes estadios de desarrollo, el primero representado por dos ejemplares que se encontraron en las primeras etapas de desarrollo embrionario, se encontraron embebidos en vitelo, que a su vez se encontró cubierto por una membrana de tonalidad parda a dorada a la cual se le conoce como candela (Figura 47).



Figura 387. Candela con vitelo en el interior

Los embriones se caracterizaron por presentar una longitud entre 2.2 y 2.5 cm de longitud total con una coloración blanquecina, éstos se encontraron unidos al saco vitelino por medio de un cordón vitelino grueso y traslúcido, con los filamentos branquiales externos y delgados dispuestos a ambos lados de la cabeza del embrión, también se observó el poro bucal que dará paso a la mandíbula y la boca del organismo, y en la parte anterior del embrión se logró apreciar el primordio del ojo a cada costado, también otra protuberancia en la parte superior que posteriormente formaría el cráneo y por último el primordio rostral. Otra de las características importantes que presentó este estadio fue la formación de las aletas pélvicas, dorsales y pectorales que posteriormente se fusionarían con el tronco para formar el disco y por último la aleta caudal (Figura 48).

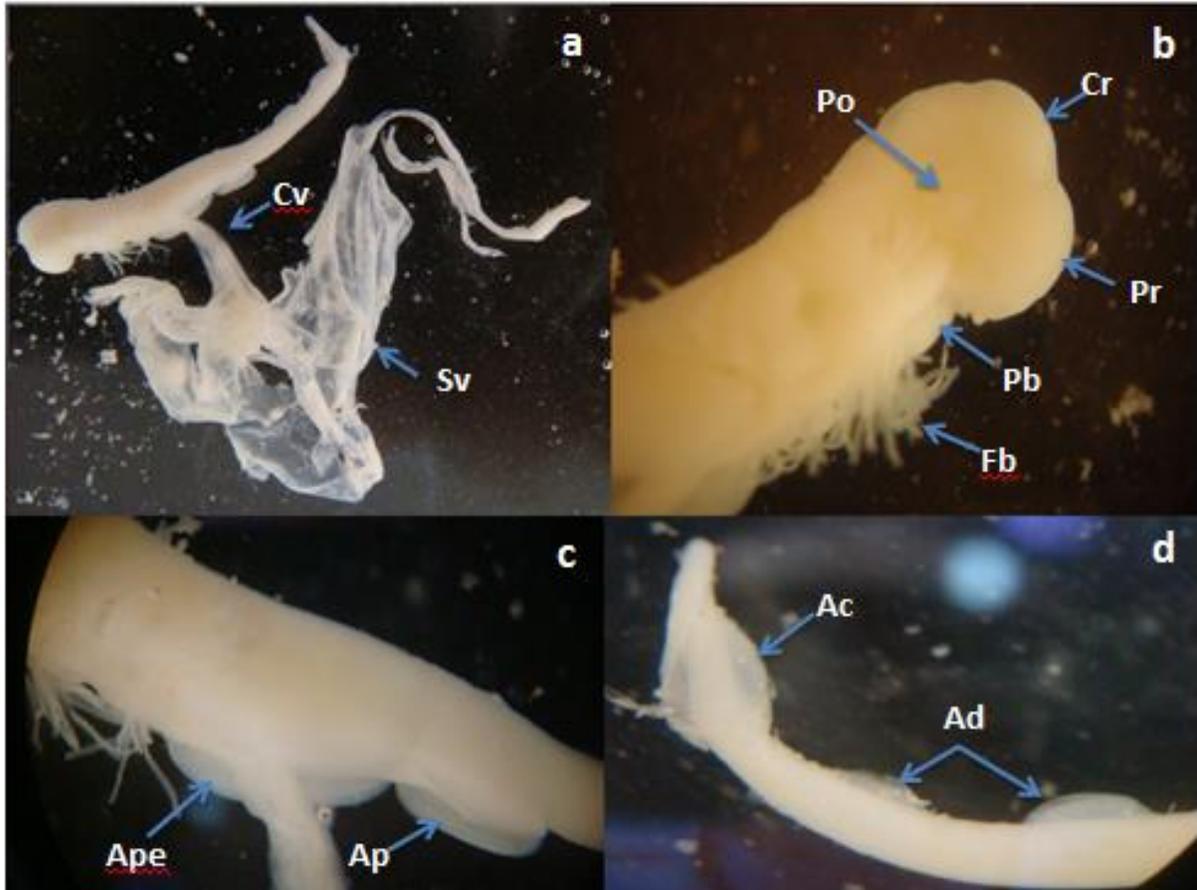


Figura 398. Embrión en las primeras fases de desarrollo (LT= 2.5 cm). a) Embrión con saco vitelino roto. b) Parte anterior del embrión, c) Parte media del embrión, d) Parte posterior. *Cv* cordón vitelino, *Sv* saco vitelino, *Po* primordio del ojo, *Pb* poro bucal, *Pr* primordio rostral, *Fb* filamentos branquiales, *Cr* cráneo, *Ap* aletas pélvicas, *Ape* aletas pectorales, *Ad* aletas dorsales, *Ac* aleta caudal

Los embriones que se ubican en el segundo estado de desarrollo presentaron una longitud total de entre 9.5 y 13 cm, los cuales se caracterizaron por tener un vitelo externo que pesó entre 18.8 y 23.9 g, mientras que el peso total de los embriones fue de 6.4 a 13.8 g. Estos aun no presentaron almacenamiento de vitelo internamente, su coloración fue incompleta, ya que únicamente presentaban las motas de color pardo características de la especie, el resto del cuerpo era de color blanquecino, las aletas y ojos se encontraron completamente formados (Figura 49a).

Las branquias aun presentaron filamentos branquiales (Figura 49b), Se observó la diferenciación entre los sexos por la presencia de los mixopterigios (Figura 49c y 49d) y al aplicar la técnica del lápiz en la mandíbula no se observaron

dientes (Figura 49e). En la zona de la cabeza se encontraron cinco líneas de espinas, que sobresalían de la piel en una línea principal que se extendía a todo lo largo del cuerpo hasta el origen de la segunda aleta dorsal y otros dos pares de líneas dispuestas a cada lado, limitadas a la parte de la cabeza. En cuanto a los órganos internos, el hígado y la válvula espiral estaban desarrollados, mientras que el estómago y aparato reproductor se encontraron todavía en desarrollo (Figura 49f).

El tercer estado de desarrollo encontrado presentó tallas entre 14 y 19.5 cm de longitud total con un peso entre 30.4 y 52.3 g, se caracterizó por una coloración que se asemeja a los adultos, con una serie de manchas oscuras sobre todo el dorso del organismo y dos manchas negras bien definidas en el borde posterior de la parte ventral de las aletas pectorales (Figura 50a), a diferencia de los adultos, en los que estas manchas son difusas.

Los embriones presentaron ojos completamente formados, las hileras de poros dispuestos en la cabeza y a lo largo de la línea central del cuerpo ya presentaban pequeñas espinas (Figura 50b) y las branquias ya no presentan filamentos branquiales. El saco vitelino se encuentra en proceso de absorción o completamente absorbido (Figura 50c), una ligera inflamación en la parte ventral indicó la presencia de un saco vitelino interno, el hígado se encuentra dispuesto a ambos lados de la cavidad ventral, el saco vitelino ocupa la mayor parte de esta cavidad y se encuentra unido directamente a la válvula espiral. El estómago y los órganos reproductores internos se encuentran en proceso de desarrollo (Figura 50d), al aplicar la técnica del lápiz en la mandíbula se hizo evidente la presencia de hileras de dientes dispuestas a lo largo y ancho de la mandíbula formando una placa de dientes (Figura 50e).

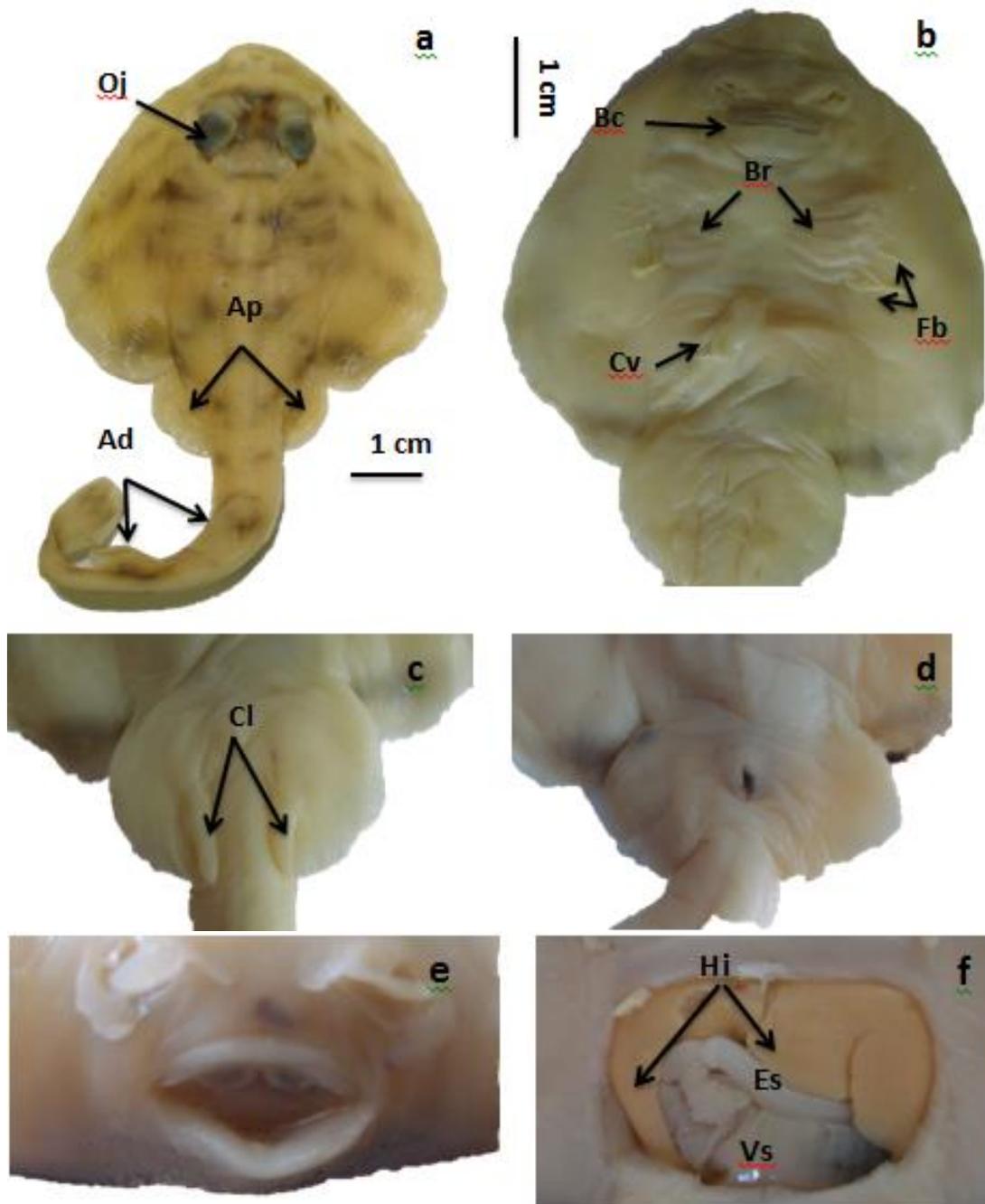


Figura 4940. Anatomía de embrión en proceso de desarrollo (LT= 9.5 cm). a) vista dorsal de embrión, b) vista ventral, c) ejemplar macho, d) ejemplar hembra, e) boca sin dientes, f) órganos internos. *Oj* ojo, *Ap* aletas pélvicas, *Ad* aletas dorsales, *Bc* boca, *Br* branquias, *Fb* filamentos branquiales, *Cv* cordón vitelino, *Cl* clasper, *Hi* hígado, *Es* estómago, *Vs* válvula espiral.

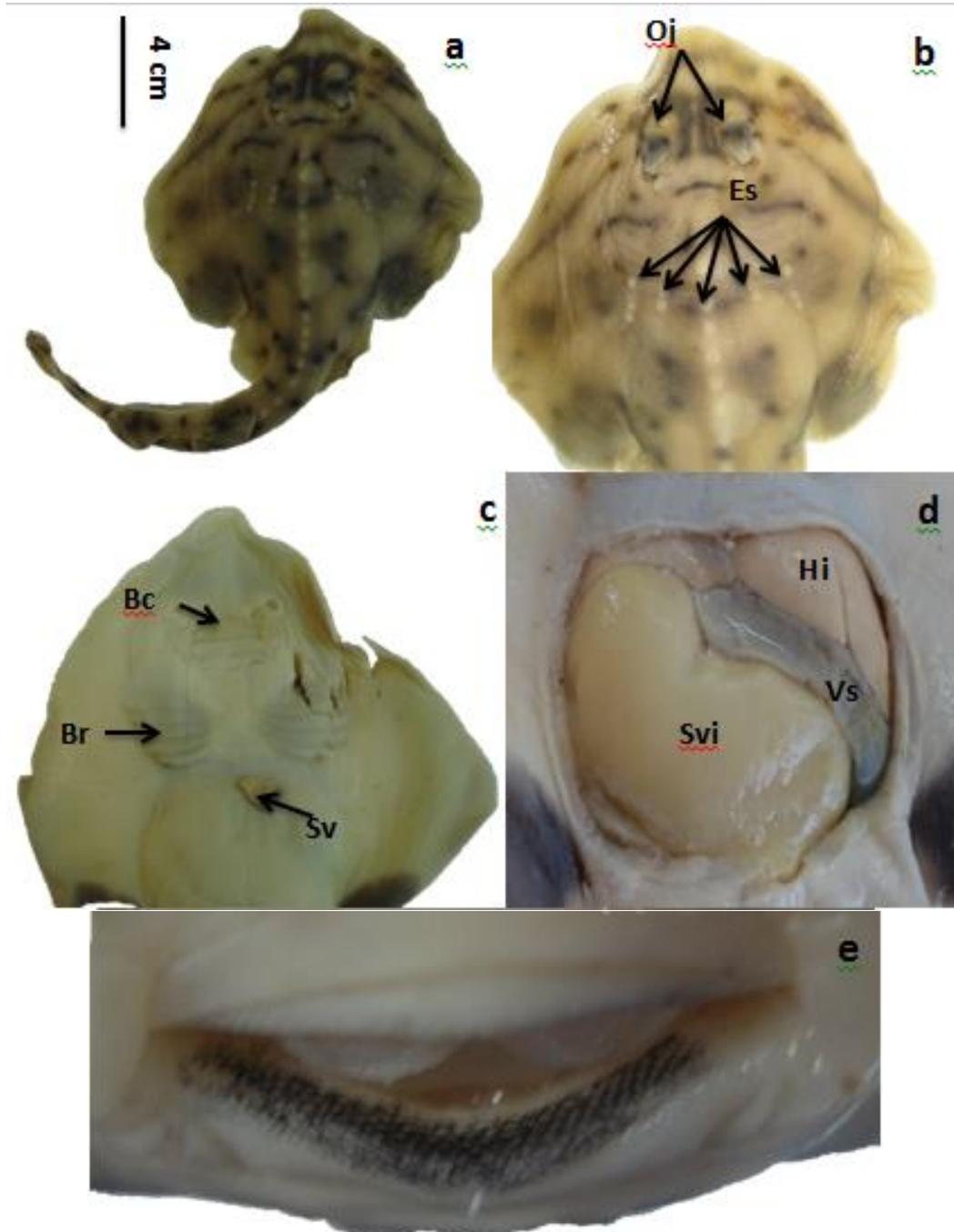


Figura 410. Anatomía de un embrión desarrollado (LT= 19.5 cm). a) ejemplar de embrión desarrollado, b) vista dorsal del disco. Oj. Ojos, Es. Hilera de espinas, c) vista ventral del disco, Bc. Boca, Br. Branquias, Sv. Saco vitelino externo, d) disección de la cavidad ventral, Hi. Hígado, Vs. Válvula espiral, Svi. Saco vitelino interno, e) boca con presencia de dientes en la mandíbula inferior

La relación longitud-peso fue de tipo potencial ( $r^2=0.9368$ ) marcando un crecimiento de tipo alométrico positivo ( $b=3.54$ ;  $t=0.675$ ;  $P<0.001$ ) (Figura 51).

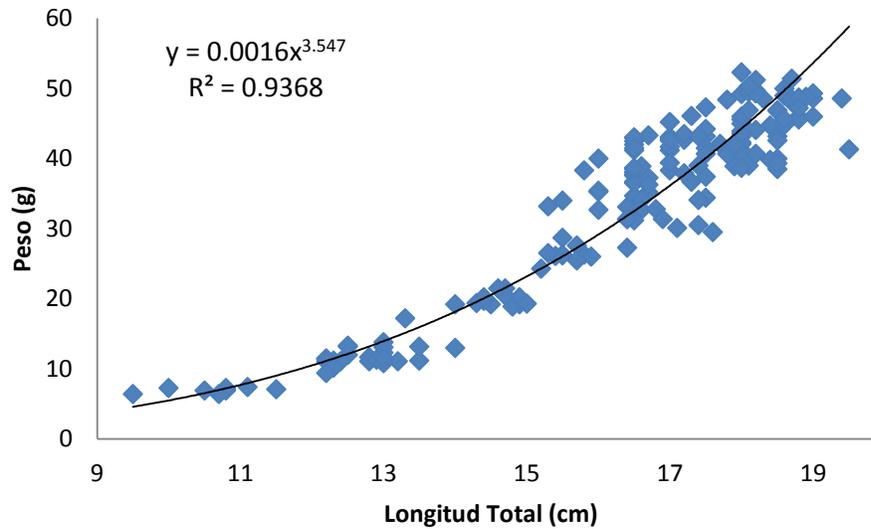


Figura 421. Relación Longitud Total-Peso de los embriones (n=170)

En cuanto a la relación LT-LP se obtuvo una relación lineal ( $r^2=0.965$ ) marcando un crecimiento alométrico negativo ( $t=15.57$ ,  $P<0.001$ ) debido a una pendiente de  $b=0.814$  (Figura 52)

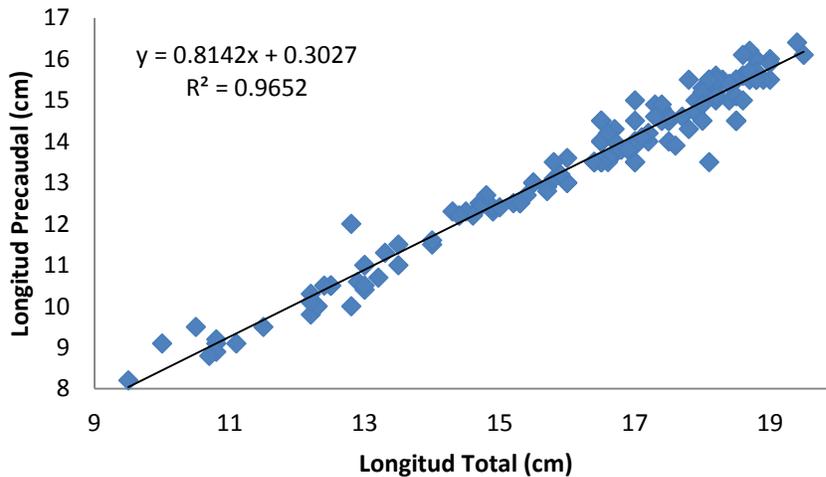


Figura 432. Relación Longitud total y Longitud precaudal de los embriones (n=170)

Con respecto a la relación LT-AD presento una relación lineal ( $r^2=0.926$ ) marcando un crecimiento alométrico negativo ( $t=15.573$ ,  $P<0.001$ ) con una pendiente de  $b=0.605$  (Figura 53).

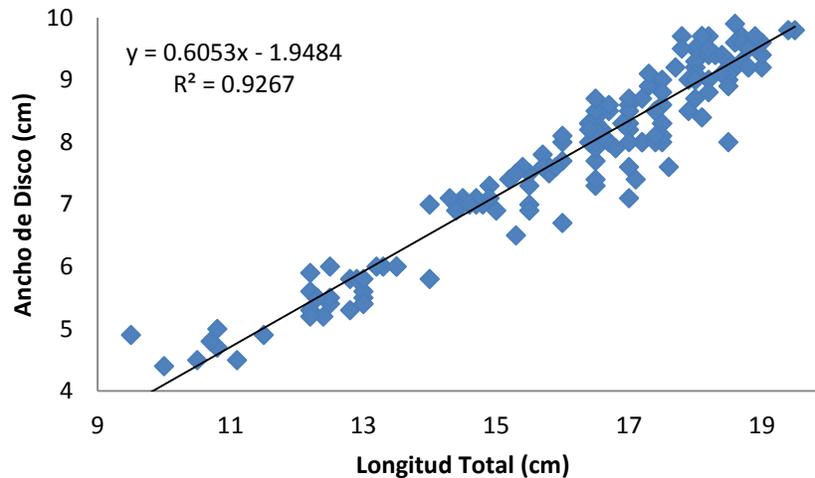


Figura 443. Relación de la Longitud total con respecto al Ancho de Disco (n=170)

La absorción del vitelo externo y su posterior almacenaje en un saco secundario dentro del embrión se hicieron evidentes durante la disección de algunos embriones, presentando una relación inversa entre los dos sacos vitelinos. Los embriones que presentaron una talla de 12.5 cm presentaron los sacos vitelinos externos de mayor tamaño alcanzando un peso de 23.9 g y presentó un saco vitelino interno de 0.2 g, mientras que en embriones menores a los 12 cm no se observó la presencia de un saco vitelino interno, el vitelo externo fue completamente absorbido en organismos con una longitud mayor a los 18 cm, y el saco vitelino interno alcanzó un peso de 10.3 g en un embrión de 19 cm (Figura 54).

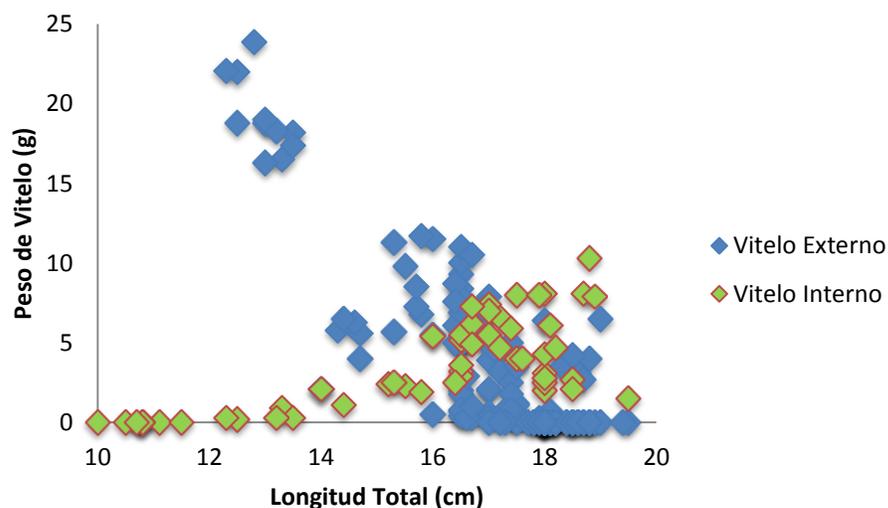


Figura 454. Relación del peso del saco vitelino interno y externo con respecto a la longitud de los embriones (n=130)



### VII.9 Anomalías Embrionarias y Acomodo de Embriones

Las anomalías embrionarias son comunes dentro de varias especies de animales y plantas y *Z. exasperata* no es la excepción. La imagen muestra de izquierda a derecha un embrión con características en desarrollo encontrado en una hembra de 92 cm de LT, posteriormente dos embriones encontrados en el útero de una hembra de 85 cm de LT.

El embrión de en medio presentó una LT de 9.5 cm con un peso de 6.4 gramos, este ejemplar se encontró dentro de un útero en el cual había embriones de 15.3 a 16.4 cm de longitud total completamente desarrollados. (Figura 55).



Figura 55. Tamaño de los embriones. De izquierda a derecha, embrión en desarrollo, embrión pequeño desarrollado y embrión desarrollado.

El embrión mostró características similares a la de un adulto como: coloración en la zona dorsal y ventral, ojos completamente formados, aletas desarrolladas (Figura 56a), branquias desarrolladas sin filamentos branquiales y diferenciación sexual (Figura 56b), el desarrollo de la boca se encontró completo y con presencia de dientes en ambas mandíbulas (Figura 56c). No se describe el desarrollo de los órganos internos ya que no se realizó disección del organismo, sin embargo el vitelo externo se presentó en proceso de absorción, la única diferencia que se encontró

con respecto a un embrión completamente desarrollado fue la falta de espinas tanto en la línea central como en las líneas laterales de la cabeza.

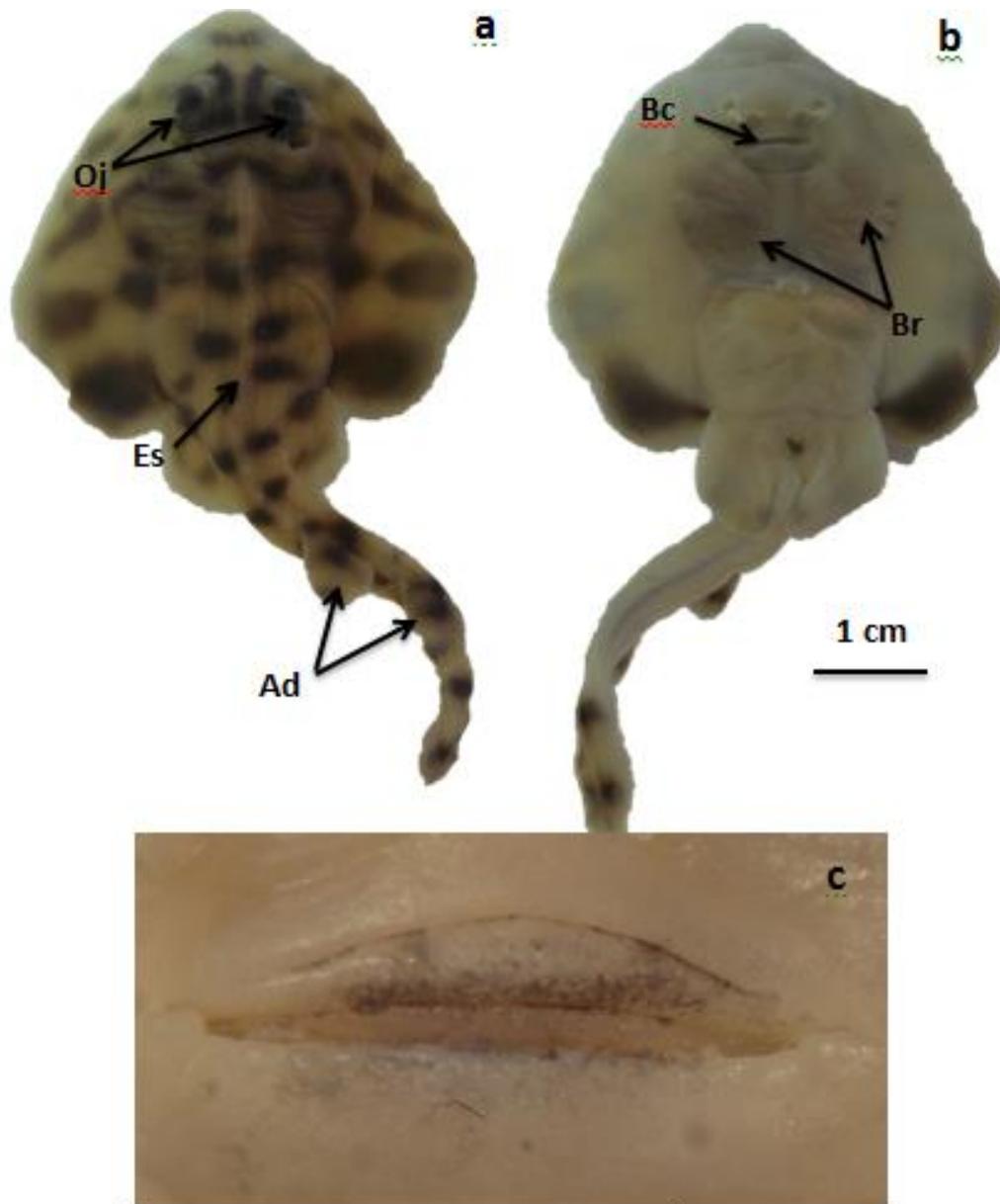


Figura 466. Embrión enano desarrollado (LT=9.5 cm). a) vista dorsal del embrión, Oj. Ojos, Es. Espinas, Ad. Aletas dorsales, b) Vista ventral, Bc. Boca, Br. Branquias, c) boca con dientes.

El acomodo de los embriones dentro del útero de la madre depende de diversos factores como son: el tamaño de la cavidad ventral de la madre, el tamaño de los órganos internos de la madre, el estado de desarrollo en el que se encuentren



los embriones, la capacidad del útero de expandirse y la cantidad de vitelo externo que éstos tengan.

Durante los primeros estadios embrionarios no existe un acomodo en los embriones ya que éstos se encuentran inmersos en el vitelo y no presentan un arreglo característico debido al tamaño que presentan. El primer tipo de acomodo se observó en embriones en proceso de desarrollo, en el cual los embriones estaban dispuestos en espiral alrededor de sus sacos vitelinos, Lo cual les brinda la protección necesaria para evitar alguna ruptura en alguno de los sacos vitelinos y afectar el desarrollo del embrión, la cabeza de los embriones estaban dispuestas en la misma dirección que la madre (Figura 57).



Figura 57. Acomodo de embriones en proceso de desarrollo

Los embriones que presentaron un desarrollo completo y con saco vitelino externo presentaron un acomodo en forma de huevo.

Los embriones que se presentaban en la mitad superior, abrazan al embrión que tienen por debajo de ellos con ayuda de las aletas pectorales, la cabeza se presentó en dirección a la cloaca de la madre, la cola se posiciono enrollada sobre el dorso de cada uno. Los embriones que se encontraron acomodados en la parte

inferior, se encontraban de cabeza, protegiendo al embrión que se encontraba sobre de ellos con el disco, los sacos vitelinos se encontró protegido entre cada uno de los embriones y en ocasiones, en el arco que forma la cola al estar enrollada hacia la parte dorsal del embrión (Figura 58).

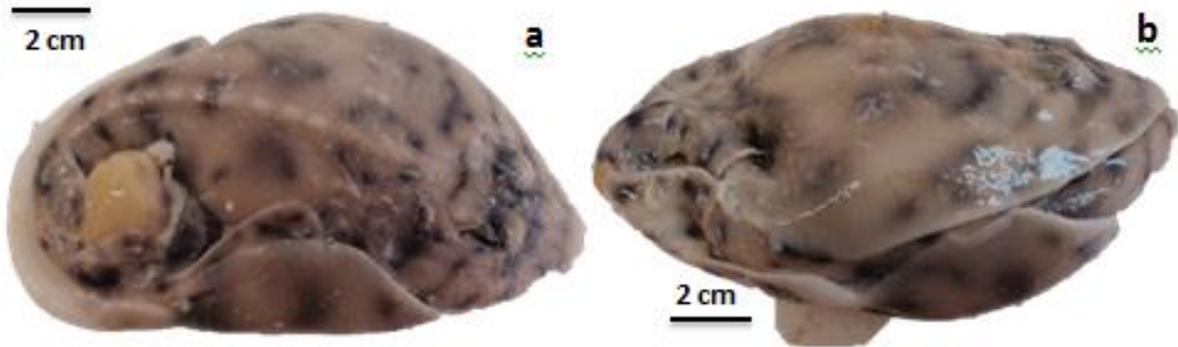


Figura 478. Acomodo de los embriones desarrollados con vitelo. a) vista dorsal, b) vista lateral.

Por último, los embriones más grandes y sin saco vitelino adoptaron un acomodo que les ayudara a salir del interior de la madre, presentando la cabeza extendida y dispuesta hacia la cloaca de la madre y las colas hacia la parte anterior del útero en forma de zigzag (Figura 59).



Figura 5948. Acomodo de los embriones desarrollados sin vitelo dentro del útero.



## VIII. DISCUSIONES

La biología reproductiva del género *Zapteryx* se encuentra poco estudiada, no obstante la especie *Zapteryx exasperata* se encuentra dentro de la lista roja de la UICN desde el año 2006 bajo la categoría de “datos insuficientes” (Kyne *et al.* 2006).

Dentro de los estudios actuales que existen sobre la reproducción de *Z. exasperata* se ha encontrado que en la costa occidental del golfo de California se reportaron hembras grávidas, así como ejemplares inmaduros durante el desarrollo de la pesca artesanal de esta especie, sin embargo no se tiene registros de pesca de *Zapteryx exasperata* durante los meses de agosto y septiembre (Blanco-Parra *et al.* 2009a). Otro estudio ubicado en Bahía Almejas, en la costa oriental de la Península de Baja California (Villavicencio-Garayzar 1995) de igual forma reporta hembras y machos en los diferentes estados reproductivos y hembras grávidas,

En las dos zonas mencionadas *Zapteryx exasperata* presenta un ciclo reproductivo anual con una estacionalidad marcada, En Bahía Tortugas, ubicada al noroeste del estado de Baja California Sur, en el presente estudio se encontraron hembras en diferentes estadios de madurez y en caso de las hembras que se encontraban grávidas se observó una diferencia en el desarrollo embrionario, encontrando embriones en las primeras etapas de desarrollo así como embriones listos para el alumbramiento.

### VIII.1 Estructura de tallas y proporción sexual

El intervalo de tallas reportado para los machos es de 55.5 a 83 cm de longitud total en la costa occidental de B.C.S (Villavicencio-Garayzar 1995) y de 40 a 85 cm de LT en el golfo de California (Blanco-Parra *et al.* 2009a), en el presente estudio el intervalo de tallas reportado para los machos en Bahía Tortugas fue de 55.2 a 124.5 cm de longitud total, intervalo mayor al reportado anteriormente con la talla máxima registrada para la especie en el área de estudio.

En el caso de las hembras las tallas reportadas en la costa occidental de B.C.S fue de 60.5 a 94 cm de LT (Villavicencio-Garayzar 1995) y en el golfo de California fue de 40 a 90 cm de longitud total (Blanco-Parra 2009), sin embargo

nuevamente en el presente estudio se encontraron tallas superiores a las reportadas para las hembras de la especie, con un intervalo de tallas de 55 a 124 cm de longitud total.

La pesquería de este organismo se realiza de forma artesanal tanto en costas del estado de Sonora como en costas de B.C.S. por lo que las estructuras de tallas encontradas son de acuerdo a la selectividad de los artes de pesca empleados en cada área y no en la estructura demográfica de la población.

Como se aprecia de la comparación de estudios realizados acerca de la reproducción de la guitarra pinta, los intervalos de tallas encontrados en las tres áreas de estudio han logrado ampliar la talla máxima reportada para la especie en la pesca artesanal. La presencia de organismos de mayor tamaño en el área de Bahía Tortugas pudiera significar un cambio en las tallas de primera madurez reportadas para el Golfo de California.

Actualmente la talla de primera madurez estimada para *Zapateryx exasperata* es de 64 cm y 69 cm de longitud total para machos y hembras respectivamente (Blanco-Parra 2009).

En el trabajo realizado en Bahía Almejas y el presente estudio no fue posible calcular una talla de primera madurez para ambos sexos debido a que el tamaño de muestras biológicas para corroborar el estadio de reproducción no es significativo para estimar dicho parámetro, no obstante las tallas mínimas encontradas en Bahía Almejas y Bahía Tortugas en machos fueron de 64 y 77 cm respectivamente. En el caso de las hembras las tallas mínimas encontradas fueron de 77 y 85 cm respectivamente.

En el golfo de California se presentó una proporción de 1:1 en las capturas durante todo el periodo de muestreo, concluyendo que no presenta segregación sexual (Blanco-Parra 2009). Por el contrario Villavicencio-Garayzar (1995) en Bahía Almejas reportó una dominancia por parte de las hembras de *Z. exasperata* en las capturas durante todo el año atribuyéndolo a una segregación espacio temporal, a la diferencia de tallas entre sexos y a la selectividad de la pesquería. En el presente



estudio se encontró que durante el año del 2009, 2011 y 2012 se presentó una proporción igual de machos y hembras durante el mes de estudio, sin embargo durante el mes del 2010 los machos presentaron una dominancia sobre las hembras, esto pudiese deberse a el esfuerzo de muestreo aplicado, así como una variabilidad natural o inclusive a variaciones climáticas que hayan propiciado la segregación de sexos.

### **VIII.2 Descripción del aparato reproductor de machos**

La utilización de escalas de madurez para la determinación de un estadio reproductivo es una herramienta importante, sin embargo las características que pueden diferenciar a los estados de madurez pueden variar inclusive dentro de la misma especie debido a características ambientales, geográficas, etc (Stehmann 2002).

La anatomía del aparato reproductor de la guitarra pinta presentó similitudes con las especies del mismo género *Z. xyster* (Cruz-Acevedo 2010) y *Z. brevirostris* (Colonello 2009) e inclusive a otras especies de rhinobatidos (Webin y Shuyuan 1993). En cuanto a las características morfológicas corresponden a las reportadas por Grijalba-Bendeck *et al.* (2008).

Hamlett y Koob (1999) mencionan que la apariencia y el acomodo del aparato reproductor de los peces batoideos depende directamente de la estructura del cuerpo, sin embargo la anatomía del disco pudiera ser determinante para el acomodo ya que es donde se encuentra la cavidad ventral.

Los mixopterigios son alargados y aplanados dorsoventralmente, presentando una forma de flecha, estrechándose de la base a la punta, sin embargo el rifiodón presenta un ensanchamiento, este patrón se presenta en las otras dos especies pertenecientes al género (Cruz-Acevedo 2010 y Colonello 2009). Dentro del grupo de tiburones y batoideos existen diversas formas y estructuras accesorias que están presentes en el rifiodón como: espinas y estructuras que ayudan al momento de la cópula (Leigh-Sharpe 1926); sin embargo *Z. exasperata* no presenta ninguna estructura especializada que le ayude en el proceso de la cópula o en el anclaje a la

hembra, únicamente presenta una membrana que evita que se pierda líquido espermático durante la cópula, la falta de estructuras especializadas para el anclaje o la ayuda de la copula pudiera deberse al comportamiento de la especie ya que se encuentra en el fondo marino y no realiza movimiento constante que pudiese representar un obstáculo o un riesgo al momento de la copula.

Los testículos de la guitarra pinta presentan una anatomía externa similar a las especies del mismo género (Cruz-Acevedo 2010 y Colonello 2009), poseen un par de testículos lobulados, funcionales, desarrollados y segmentados, presentando folículos seminíferos separados por tejido conectivo, las células germinativas dentro de cada folículo se encuentran en la misma fase de desarrollo, por lo que cada folículo presenta una sincronización en el desarrollo espermático.

El desarrollo de los folículos seminíferos en *Zapteryx exasperata* pertenece al tipo compuesto de acuerdo a lo descrito por Pratt (1988), este tipo de desarrollo testicular lo presentan también las otras dos especies pertenecientes al género, *Zapteryx xyster* (Cruz-Acevedo 2010) y *Zapteryx brevirostris* (Colonello 2009). Grijalba-Bendeck *et al.* (2008) mencionan que el tipo de desarrollo y constitución de los testículos son características sinapomórficas de la familia Rhinobatidae ya que *Rhinobatos horkelli* (Lessa *et al.* 1986), *R. productus* (Villavicencio-Garayzar 1993), *R. hynnicephalus* (Webin y Shuyuan 1992) y *R. percellens* (Grijalba-Bendeck *et al.* 2008) presentan el mismo tipo de desarrollo, lo cual incluye a las especies pertenecientes al género *Zapteryx*.

Dentro del desarrollo espermático se han reportado nueve fases de desarrollo en las familias Rhinobatidae (Cruz-acevedo 2010, Villavicencio-Garayzar 1993, Webin y Shuyuan 1992), Torpedinidae (Stanley 1966), Urolophidae (Babel 1967, Pearsons y Grier 1992) y Dasyatidae (Chatchavalvanich *et al.* 2004), sin embargo en el presente estudio solo se lograron apreciar cuatro de los nueve estadios, lo cual pudo deberse a una mala fijación de las muestras Hara y Tanaka (1990. Citado en Carrera Fernández 2004), mencionan que algunas especies de batoideos no presentan un arreglo establecido de las células germinativas en los folículos



seminíferos, no obstante se logró apreciar un acomodo en espiral en el último estadio de desarrollo espermático.

Cruz-Acevedo 2010 reporta que para la especie *Z. xyster* el almacenamiento de espermatozoides se da tanto en la cola del epidídimo como en la vesícula seminal en forma de espermatóforos y cúmulos de espermatozoides de acuerdo a la clasificación de Pratt y Tanaka (1994), lo cual se observa de igual forma en *Z. exasperata*; sin embargo en los ductos deferentes es donde se dio el arreglo de los espermatozoides en cúmulos de espermas, estos cúmulos son similares a los descritos para *Squalus acanthias*, en donde los espermatozoides están alineados lateralmente cabeza con cabeza y no presentan una matriz que los rodee (Pratt y Tanaka 1994).

Chatchavalvanich *et al.* (2004) menciona que la nutrición de los espermatozoides durante las etapas de almacenamiento se lleva a cabo por células secretoras principalmente compuestas por las Glándulas de Leydig que se encuentran formadas por células de núcleo grande y de citoplasma alargado.

Los estereocilios, son células que ayudan al transporte y mantenimiento de los espermatozoides a lo largo de los conductos y la vesícula seminal ya que se encuentran inactivos durante todo el proceso hasta la eyaculación (Babel 1967), dichas células se hicieron evidentes durante el análisis histológico de los conductos y la vesícula seminal en *Z. exasperata*.

En conjunto con la alimentación, la forma de almacenaje, los arreglos que puedan presentar los espermatozoides y el tipo de transporte que éstos tengan hasta el proceso de eyaculación, beneficia directamente al éxito reproductivo de las especies ya que aumenta la posibilidad de reproducirse (Pratt 1979).

### **VIII.3 Descripción del aparato reproductor de hembras**

El aparato reproductor que presentó *Zapteryx exasperata* coincide con el descrito por Pratt (1988), al cual denomino de tipo compuesto, en el cual se caracterizó por presentar ovocitos de un tamaño apreciables a simple vista al igual que los folículos, funcionalidad en ambos ovarios ya que la mayoría de los tiburones

solo presentan la funcionalidad de un solo ovario (Wourms 1977, Oddone y Vooren 2005). Estas características son evidentes en especies del mismo género (Colonello 2009, y Cruz-Acevedo 2010) e inclusive para especies de la misma familia (Villavicencio-Garayzar 1993, Webin y Shuyuan 1992 y Grijalba-Bendeck *et al.* 2008).

En cuanto a la relación que presentan las estructuras internas del aparato reproductor con respecto al tamaño del organismo las regresiones lineales mostraron que el tamaño del organismo no determina directamente el tamaño de los órganos reproductivos, sin embargo el tamaño de diferentes estructuras reproductivas como útero y la glándula oviducal presentan un cambio drástico en el tamaño de acuerdo al estadio reproductivo en el que se encuentren.

El desarrollo ovárico que presentó *Z. exasperata* fue similar a lo reportado por Pratt (1988) donde menciona que la mayoría de los elasmobranquios presentan un desarrollo externo.

De acuerdo a las características macroscópicas descritas por Grijalba-Bendeck *et al.* (2008) se encontraron cuatro de los cinco estadios de maduración que presentan los elasmobranquios, aunque cada uno presentó características particulares, en el estadio I se encontraron pequeños folículos de consistencia acuosa, el estadio II ya presentaba pequeños ovocitos de 0.5 cm de diámetro y folículos del mismo tamaño en la zona anterior del ovario, el estadio IIIa al encontrarse con el espacio suficiente para el desarrollo de las estructuras y la disponibilidad del organismo para efectuar la cópula, los ovarios presentaron los ovocitos con mayor diámetro de 2.3 cm en un organismo de 96 cm de LT, este valor es menor a lo reportado para la especie por Villavicencio-Garayzar (1995) reportando un diámetro de 4.2 cm sin embargo no menciona el tamaño del organismo y Blanco-Parra *et al.* (2009b) reporto un diámetro 4.0 cm en organismos de diferentes tallas, mientras que para *Z. xyster* Cruz-Acevedo (2010) reporta un diámetro máximo de tres centímetros, lo cual puede deberse al tamaño del organismo e inclusive al periodo de ovogénesis en el que se encontraran los organismos.



El tamaño del ovario y de los ovocitos presentes en el estadio IIIb se ven afectados principalmente por la presencia de los úteros extendidos y la falta de espacio que se presenta en la cavidad ventral, debido a que el proceso de vitelogénesis se ve interrumpido para concentrar todo el gasto energético en el proceso de gestación, similar a lo que ocurre en el desarrollo folicular de *Squalus acanthias*, en el cual al inicio de la gestación se detiene el desarrollo de los ovocitos, y se reanuda en las últimas etapas de la gestación para posteriormente dar paso a la ovulación (Hamlett y Koob 1999), de la misma forma *Z. exasperata* presenta el mismo comportamiento (Vilavicencio-Garayzar 1995 y Blanco-Parra *et al.* 2009b).

La glándula oviducal cumple tres funciones importantes durante el proceso de reproducción de los elasmobranquios, la primera es el almacenaje de esperma en algunas especies, la segunda función es la formación de la candela o de la tercer membrana en las especies vivíparas y la formación de huevo en las especies ovíparas y la última función pero no la menos importante es la fecundación de los ovocitos una vez que cruzan por esta estructura; el tamaño y especialización de ésta dependerá del tipo de reproducción que presente la especie (Hamlett *et al.* 1998).

La glándula oviducal de algunas especies de elasmobranquios presenta un par de lóbulos localizados en la zona anterior, lo cual le otorga una apariencia similar a la de un corazón, sin embargo *Z. exasperata* presentó dichos lóbulos en la zona inferior. El desarrollo de la glándula oviducal se ve afectado por el estadio de madurez en el que se encuentre el organismo, sin embargo las glándulas de mayor tamaño se lograron apreciar en aquellas hembras que se encontraban con los ovocitos más grandes (estadio IIIa) y cercanas al periodo de ovulación, en comparación con aquellas hembras que se encontraban en proceso de desarrollo y a aquellas que se encontraban en el periodo de gestación.

En cuanto a la morfología microscópica de la glándula oviducal de *Zapteryx exasperata* se lograron apreciar tres de las cuatro zonas descritas para esta estructura (Hamlett *et al.* 1998), la diferencia entre la zona club y papilar únicamente se ve en el grado de vascularización en las células, sin embargo no se apreció una diferencia clara por lo cual se consideró que solo presentó la zona club. Cruz-

Acevedo (2010) únicamente divide la glándula oviducal de *Z. xyster* en tres zonas diferenciándolas por el tamaño de las papilas y el número de glándulas tubulares. Debido al tipo de reproducción (vivípara lecitotrófica) que presenta la especie desarrolla una capa para protección de los embriones y los nutrientes ayudarán a su manutención durante la gestación (Hamlett *et al.* 1998).

El almacenamiento de esperma en los elasmobranquios es una característica importante ya que la mayoría de las especies presenta hábitos migratorios y son organismos solitarios (Hamlett *et al.* 1998). Cruz-Acevedo (2010) reporta el almacenamiento de esperma en la glándula oviducal tanto en el lumen como en los túbulos secretores para *Z. xyster*. Por el contrario Colonello (2009) no reporta el almacenamiento de esperma para *Z. brevirostris* al igual que en el presente estudio no se logró apreciar el almacén de esperma, esto pudiera deberse a que *Zapteryx exasperata* no presente un comportamiento solitario o inclusive por el periodo de muestreo no fue posible observar un almacenamiento a nivel de la glándula oviducal.

*Zapteryx exasperata* presentó un útero con una serie de pliegues a lo largo de la pared uterina, lo cual de acuerdo con Lessa *et al.* (1986) y Hamlett y Hysell (1998) es una característica principal en aquellas especies de rhinobatidos que presentan un desarrollo vivíparo lecitotrófico, por lo que la guitarra pinta coincide con las demás especies y presenta el mismo tipo de desarrollo embrionario.

Colonello (2009) reporta que la especie *Zapteryx brevirostris* no presentó ningún tipo de secreción de la pared uterina y junto con el balance químico confirman el modo lecitotrófico de la especie al igual que *Zapteryx exasperata*, durante el análisis del útero se encontró una sustancia blanquecina en el área de las vellosidades, de la cual se desconoce su función.

*Z. xyster* (Cruz-Acevedo 2010) y *Z. brevirostris* (Colonello 2009), presentan una serie de proyecciones papilares dentro del útero lo cual corresponde a un útero de tipo “placentoide”, estas proyecciones únicamente son visibles en hembras no gestantes, ya que en hembras grávidas, la pared del útero se adelgaza y la densidad



de las papilas disminuye como consecuencia de la dilatación de la pared uterina y sin presencia de signos de secreción.

Colonello (2009) sugiere que el útero no representa un rol importante en el intercambio gaseoso durante las primeras etapas del desarrollo embrionario. Sin embargo *Z. exasperata* presenta este tipo de papilas tanto en hembras no gestantes como gestantes y la densidad de éstas únicamente se vio afectada en aquellas que presentaron los embriones cercanos al alumbramiento, también durante la observación de estas estructuras se observó la presencia de restos de candela y la presencia de secreción coloidal traslúcida, por lo que dichas estructuras podrían tener alguna función extra al intercambio gaseoso dentro del útero.

Dentro del útero se observó la presencia de espermatozoides, lo cual indica actividad reproductiva reciente, sin embargo algunos de éstos se encontraban asociados directamente a la pared uterina, principalmente en los pliegues que ésta presenta, este hallazgo reafirma la ruta que siguen los espermatozoides después de la cópula para dirigirse a la glándula oviducal.

#### **VIII.4 Desarrollo embrionario y fecundidad**

La dependencia en la relación embrión-hembra es determinante para el tamaño y acomodo del aparato reproductor ya que esto define el tipo de reproducción de cada una de las especies (Hamlett y Koob 1999, Ebert 2005).

*Zapteryx exasperata* presenta un modo reproductivo ovovivíparo (Villavicencio-Garayzar 1995), que de acuerdo a la clasificación dada por Wourms (1981) son aquellos organismos vivíparos obligados lecitotróficos sin compartimentos formados, este modo reproductivo también lo presentan *Z. xyster* (Cruz-Acevedo 2010), *Z. brevirostris* (Colonello 2009), *R. percellens* (Grijalba-Bendeck *et al.* 2008), *R. hynnicephalus* (Wenbin y Shuyuan 1993), *R. productus* (Márquez-Farías 2008, Romo-Curiel 2007).

La fecundidad de *Z. exasperata* para el área de Bahía Tortugas varió entre 2 y 12 embriones por hembra con una moda de ocho, sin embargo el límite superior no es mayor al reportado por Blanco-Parra (2009) para el golfo de California, sin

embargo es superior a lo reportado para la zona de Bahía almejas (4-11) (Villavicencio-Garayzar 1995). La fecundidad media reportada para el área del Golfo de California fue de 7 (Blanco-Parra 2009).

Estos resultados son consistentes con la fecundidad reportada para otras especies de rinobatidos (Kyne y Bennett 2002). Sin embargo la fecundidad uterina pudiera estar subestimada en algunos organismos ya que al momento de la captura, algunas hembras tienden a abortar principalmente a aquellos embriones que se encuentren con un estado de desarrollo avanzado.

De acuerdo con Conrath (2004) el número de embriones por hembra es dependiente de la talla materna en diversas especies de elasmobranchios, por lo que conforme aumenta la LT y la capacidad de la cavidad ventral de la hembra, resulta un espacio mayor para almacenar más crías, esto ha sido reportado para algunas especies de rinobatidos como *R. productus* (Romo-Curiel 2007), *R. horkelii* (Lessa *et al.* 1986), *R. hynnicephalus* (Webin y Shuyuan 1993), *R. cemiculus* (Capapé y Zauali 1994), *R. Rhinobatos* (Adbel-Aziz *et al.* 1993), *Aptychostrema rostrata* (Kyne y Bennett 2002), y Villavicencio-Garayzar (1995) reporta el mismo comportamiento para *Z. exasperata*, sin embargo en el presente estudio se encontró que el largo del disco presenta una mayor relación con la fecundidad a comparación con la longitud total, con índices de correlación de 0.598 y 0.515 respectivamente, por lo que largo del disco presentó mayor relación en cuanto a la cantidad de crías.

Aunque las familias Rhinobatidae y Pristidae son consideradas las rayas más primitivas por conservar la forma elongada y la cola muscular de los tiburones. En las rayas el tamaño de la cavidad ventral podría depender directamente de la morfología del disco de acuerdo a su ubicación y no tanto de la morfología total del organismo ya que la cola presenta únicamente masa muscular, a diferencia de los tiburones que la cavidad ventral se encuentra ubicada a lo largo del tronco del organismo.

Desde que comienza el proceso de gestación, los embriones se alimentan directamente del saco vitelino externo, que se encuentra unido por medio del cordón umbilical que se compone por arterias, venas y ductos vitelointestinales ciliados



(Hamlett y Hisell 1998). Estos conductos transportan el vitelo del saco externo hacia un saco interno donde se almacena de nuevo y posteriormente es conducido hacia la válvula en espiral, ya que el estómago no se encuentra completamente desarrollado, este saco vitelino interno se utilizará en la digestión final y le servirá para los primeros días posteriores al nacimiento (Schwartz 1977).

Romo-Curiel (2007) describe cinco estadios de crecimiento embrionario para *R. productus*, sin embargo en el presente estudio para *Z. exasperata* únicamente se lograron apreciar tres estadios de desarrollo, En el primero la característica principal de los embriones fue la presencia de las aletas, filamentos branquiales, la compresión lateral y una coloración blanquecina. La segunda etapa se caracterizó por presentar una compresión dorso ventral, filamentos branquiales dentro de las hendiduras branquiales, ausencia de dientes, aunque la forma y coloración se asemejaba a la de los adultos, por último en la tercera etapa los organismos se encontraron completamente formados, con forma y coloración idéntica a los adultos, ya no presentaron filamentos branquiales y se observaron los dientes en ambos maxilares.

La longitud máxima reportada para los embriones de *Z. exasperata* es de 186 mm para el Golfo de California (Blanco-Parra 2009) y de 163 mm para la costa occidental de B.C.S. (Villavicencio-Garayzar 1995), mientras en el presente estudio se encontraron embriones con una longitud total de 195 mm, siendo ésta la longitud máxima encontrada para los embriones de la guitarra pinta. Read (1968) menciona que aquellas hembras que han presentado más de un parto ovulan ovocitos de mayor tamaño que aquellas que presentan su primer periodo, por lo que la talla máxima de nacimiento puede deberse a que la hembra llevara más de un ciclo reproductivo, sin embargo no en el presente estudio no se hallaron ovocitos más grandes que los reportados para la especie por Villavicencio-Garayzar (1995) y Blanco-Parra (2009).

Los embriones que se encontraron en proceso de desarrollo y completamente desarrollados presentan un mayor aumento en el peso a comparación del tamaño, lo cual se relaciona con el papel que juega el saco vitelino externo, ya que éste va

disminuyendo en peso conforme el embrión va llegando a su peso máximo influyendo de manera directa en su desarrollo (Sánchez-Reyes 2004); por el contrario el tipo de crecimiento que se reporta para los embriones de *Z. brevirostris* (Da Silva 1987), *R. productus* (Romo-Curiel 2007) y *R. horkelii* (Lessa 1982), entre otros elasmobranquios es de tipo isométrico, es decir crecen de igual manera tanto en peso como en talla, cabe resaltar que en el presente estudio no se tomó en cuenta el peso del vitelo externo para la realización del análisis.

### VIII.5 Anomalías embrionarias

Durante el desarrollo embrionario de varias especies de elasmobranquios se han reportado una serie de anomalías, entre las cuales destacan la bicefalia (Castro-Aguirre y Torres-Villegas 1979; Goto *et al.* 1981; Bornatowski y Abilhoa 2009, Galván-Magaña *et al.* 2011) albinismo (Talent 1973; De Jesus-Roldán 1990; Ben-Brahim *et al.* 1998; Clark 2002; Ferreira y Goes 2002; Rider *et al.* 2002; Saidi *et al.* 2006; Sandoval-Castillo *et al.* 2006; Bottaro *et al.*, 2008) enoftalmia (Gomes *et al.* 1991) y las deformidades en el esqueleto (Springer 1960; Bensam 1965; Du Built 1978; Mancini *et al.* 2006)

La anomalía más común que se ha reportado para los batoideos es que las aletas pectorales no se encuentren fusionadas con la cabeza para formar el disco (Honma y Sugihara 1971; Lamilla *et al.* 1996; Oldfield 2005; Escobar-Sánchez *et al.* 2009). Sin embargo actualmente no existen registros de enanismo en embriones de especies de elasmobranquios, por lo que el presente estudio reporta el primer registro de un embrión completamente desarrollado con longitud de aquellos embriones que se encontraban en proceso de desarrollo.

La diapausa embrionaria pudiera ser un proceso que explique la diferencia de tamaño que existe con el dicho ejemplar, sin embargo se ha reportado que la diapausa embrionaria se presenta en todos embriones que se encuentran presentes dentro de la hembra y durante la blastulación, de igual forma no se han reportado casos dentro de especies de batoideos en las cuales el proceso de diapausa se presente únicamente en uno de los embriones mientras que los demás continúen con



su proceso de desarrollo (Waltrick *et al.* 2012), sin embargo en el caso expuesto en el presente estudio el embrión presentaba todas las características de los embriones completamente desarrollados del mismo útero y la única diferencia fue en el tamaño, lo cual difiere del proceso de diapausa embrionaria.

Dentro de las especies de la familia Rhinobatidae que se ha registrado un posible proceso de diapausa embrionaria son: *Rhinobatos cemiculus* (Seck *et al.* 2004), *R. horkelli* (Lessa 1982), *R. hynnicephalus* (Kume *et al.* 2009; Wenbin y Shuyuan 1993), *R. percellens* (Grijalba-bendeck 2008), *R. productos* (Márquez-Farías 2007), *R. rhinobatos* (Enajjar *et al.* 2008; Abdel-Aziz *et al.* 1993) y *Zapteryx exasperata* (Blanco-Parra 2009).

---

## IX. CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos durante el análisis de la raya pinta *Zapteryx exasperata* permiten concluir que:

- Microscópicamente el desarrollo estructural de los folículos testiculares es de tipo compuesto, se observaron cuatro etapas de desarrollo espermático y espermatozoos dentro de los conductos deferentes con un arreglo en forma de espermatocitos de cúmulos de espermatozoos.
- Las hembras de *Z. exasperata* presentaron funcionalidad en ambos ovarios, con un desarrollo externo de los ovocitos, se observaron tres de las cuatro zonas que conforman la glándula oviducal.
- El útero presentó proyecciones papilares cuya funcionalidad podría ser mayor al intercambio gaseoso durante la gestación, la presencia de pliegues presentes en el útero, es con la finalidad de aumentar la superficie de los úteros durante el desarrollo embrionario y un tipo de reproducción vivípara, con alimentación de tipo lecitotrófica obligada.
- La fecundidad varió de 2 a 12 embriones y mostró una relación directa con la longitud del disco. El largo de disco presentó mayor correlación en cuanto a la fecundidad con un índice de correlación 0.598.
- Los embriones presentaron una longitud de 9.5 a 19.5 cm para el caso de las hembras y los machos con una longitud entre 10.0 a 19.4 cm con una proporción total de 2H:1M



## X. RECOMENDACIONES

Para tener un mayor conocimiento sobre el ciclo reproductivo de la especie así como otras características relacionadas con la biología de la misma, contar con información de al menos un periodo anual, ampliar el área de muestreo biológico y/o contar con información georreferenciada referente al sitio de pesca lo que permitiría un análisis tanto espacial como temporal del proceso reproductivo e inclusive otro tipo de procesos biológicos, ya que el conocimiento de esta especie únicamente se basa en presencia y ausencia de organismos.

La aplicación de diferentes técnicas histológicas e histoquímicas en los estudios de reproducción, aportaría mayor información sobre el tipo de sustancias que secretan las estructuras y ampliar el conocimiento del funcionamiento de las estructuras reproductivas.

Incrementar el tipo de estudios para *Z. exasperata* en aspectos reproductivos, de alimentación, etológicos, biología pesquera, etc. ayudará a enriquecer el conocimiento de la especie, permitiendo incluirlos en planes de manejo y conservación en las diferentes zonas de pesca.

---

## XI. LITERATURA CITADA

- Abdel-Aziz S. H., A. N. Khalil y S. A. Abdel-Maguid. 1993. Reproductive cycle of the common guitarfish, *Rhinobatos rhinobatos* (Linnaeus, 1758), in Alexandria Waters, Mediterranean sea. *Aust J Mar Freshwater Res* 44: 507-517.
- Babel J.H. 1967. Reproduction, Life History, and Ecology of the Round Stingray, *Urolophus hallery*. *Fish Bulletin* 137. State of California. The resources agency, Department of Fish and Game. USA. 104 p.
- Ben-Brahim, R., A.A. Secka y C. Capapé. 1998. Albinisme chez une torpille ocellée *Torpedo torpedo*. *Cybiurn*, 22(1): 83-86.
- Bensam, P. 1965. On a freak embryo of grey shark *Carcharhinus limbatus* (Muller & Henle). *J. Mar. Biol. Assoc. Indian*, 7: 206-207.
- Bizzarro, J.J. y Kyne, P.M. 2006. Red list *Zapteryx exasperata*. Consultado el 22 de abril del 2012. <http://www.iucnredlist.org>
- Blanco-Parra M. del P. 2009. Biología Pesquera de la guitarra pinta, *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert 1880), en la costa central de sonora, México. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. México. 103 p
- Blanco-Parra M. del P., F. Márquez-Farías y F. Galván-Magaña. 2009a. Fishery and morphometric relationships of the banded guitarfish *Zapteryx exasperata* (Elasmobranchii, Rhinobatidae), from the Gulf of California, México. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(4): 456-465.
- Blanco-Parra M. del P., F. Márquez-Farías y F. Galván-Magaña. 2009b. Reproductive biology of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, from the Gulf of California, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2009, 89(8). 1655–1662.



Bornatowski, H. y V. Abilhoa. 2009. Record of an anomalous embryo of *Rhinobatos percellens* (Elasmobranchii: Rhinobatidae) in the southern coast of Brazil.

Mar. Biodivers. Rec., 2: e36.

Bottaro, M., I. Consalvo, S. Ferrando, L. Gallus, L. Girolsi, P.N. Psomadakis, C.J.L. Atkinson y M. Vacchi. 2008. New records of blonde ray (*Raja brachyura*) from the Ligurian Sea. Mar. Biodivers. Rec., 1: e72.

Capapé C. y Zaouali, J. 1994. Distribution and reproductive biology of the blackchin guitarfish, *Rhinobatos cemiculus* (Pisces:Rhinobatidae), in Tunisian Waters (Central Mediterrean). Australian Journal Marine of Freshwater Research, 45: 551-561.

Carrera-Fernandez M. 2004. Biología reproductiva del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). La Paz, Baja California Sur, México. 82 p.

Castro-Aguirre, J.L. y J.R. Torres-Villegas. 1979. Sobre un caso de bicefalia funcional en *Rhinoptera steindachneri* Evermann & Jenkins (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Batoidea), capturado en la costa occidental de Baja California, México. Cienc. Mar., 6:27-41.

Chatchavalvanich K., A. Thongpan y M. Nakai. 2004 Structure of the testis and genital duct of freshwater stingray, *Himantura singfer* (Elasmobranchii: Myliobatiformes: Dasyatidae). Ichthyological Reserch 52: 123-131.

Clark, S. 2002. First report of albinism in the white-spotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum*, with review of reported color aberrations in elasmobranch. Zoo. Biol., 21: 519-524.

- Colonello Jorge. 2009. Ecología reproductiva de tres batpideos (Chondrichthyes): *Atlantoraja castelnaui* (Rajidae), *Rioraja agassizi* (Rajidae) y *Zapteryx brevirostris* (Rhinobatidae). Implicancias de distintas estrategias adaptativas en un escenario de explotación comercial intensiva. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina 193 p.
- Conrath C. L. 2004. Reproductive Biology. En: J. A. Musick y R. Bonfil, editores, *Elasmobranch Fisheries Management Techniques*, capítulo 7, UICN, Singapur 133-164.
- Corro Espinoza D. y S., Ramos Carrillo. 2004. Guía para la identificación de las principales especies de rayas de México en el Océano Pacífico. SAGARPA, México. 4 p.
- Cruz Acevedo E. 2010. Descripción morfológica del aparato reproductor de la raya ocelada *Zapteryx xyster* (Jordan & Evermann, 1896) (Chondrichthyes: Rhinobatidae) en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar campus Puerto Ángel, Oaxaca 82 p.
- Da Silva B. D. 1987. Length-weight relationship of the little guitarfish, *Zapteryx brevirostris* (Chondrichthyes: Rhinobatidae), from Itaipu Intel, Río de Janeiro. *Copeia*. 3: 787-789 p.
- De Jesús-Roldan, M. 1990. An albino bat ray *Myliobatis californica*, from the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Calif. Fish Game*, 76(2): 126-127.
- Du Built, M.H. 1978. Quelques anomalies anatomiques chez les raies. *B. Peen Tunisie*, 2: 89-96.
- Ebert D. A. 2003. *The charks, rays and chimeras of California*. University of California Press, 284 pp.
- Ebert D. A. 2005. Reproductive biology of skates, *Bathyraja* (Ishiyama) along the eastern Bering Sea continental slope. *J. of Fish Biol.* 66: 618-649.



Enajjar S., M. N. Bradai y A. Bouain. 2008. New data on the reproductive biology of the common guitarfish of the Gulf of Gabes (southern Tunisi, central Mediterranean). *J Marine Bio Assoc UK* 88 (5): 1063-1068.

Eschmeyer William. 2012. *Catalog of fishes*. California academy of Sciences. Consultado el 22 de abril del 2013. <http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/Ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

Escobar-Sánchez, O., F. Galván-Magaña, C.A. Downton-Hoffmann, M. Carrera-Fernández y V.G. Alatorre-Ramírez. 2009. First record of a morphological abnormality in the longtail stingray *Dasyatis longa* (Myliobatiformes: Dasyatidae) in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Biodivers. Rec.*, 2: e26.

Ferreira, S. y M. Góes. 2002. First record of albinism in the smooth dogfish *Mustelus schimitti* from Southern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 45(2): 241-243.

Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E. y Niem, V.H. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II. Vertebrados-Parte 1*. Roma, FAO.: 647-1200.

Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpeter, K. y Niem, V. (1995) *Pacífico Centro-Oriental; Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca*, Roma: FAO.

Galván-Magaña F., O. Escobar-Sanchez y M. Carrera-Fernandez. 2011. Embryonic bicephaly in the blue shark, *Prionace glauca*, from the Mexican Pacific Ocean. *Marine Biodiversity Records* 4 (1): 1-4

Gomes, U.L., H.R.S. Santos y A.E. Medina. 1991. Anophthalmia in *Dasyatis sayi* (Le Sueur, 1817) (Myliobatiformes, Dasyatidae). *An. Acad. Bras. Cien.*, 63(3): 307-313.

- Goto, M., T. Taninuchi, N. Kuga y M. Iwata. 1981. Four dicephalous specimens of blue shark, *Prionace glauca*, from Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 28(2): 157-165.
- Grijalba-Bendeck M., A. Acero P. y E. González. 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1972) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Rev. De Biol. Mar. y Ocean.* 43 (3): 469-481.
- Hamlett W.C. 2005. Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes. Science Publisher. USA. 562 p.
- Hamlett W.C. y M.K. Hysell. 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., D.P. Knight, T.J. Koob, M. Jeizor, T. Rozycki, N. Brunette y M.K. Hysell. 1998. Survey of Oviducal Gland Structure and Function in Elasmobranchs. *J. of Exp. Zool.* 282; 399-420.
- Hamlett, W. C. y T. J. Koob, 1999. Female reproductive system, 398-443. En: Hamlett, W C. (Ed.). 1999. *Sharks, skates and rays the biology of elasmobranch fishes*. The Johns Hopkins Univ. Press, E.U.A. 515 p.
- Honma, Y. y C. Sugihara. 1971. A stingray, *Dasyatis akajaei*, with aberrant pectoral fins from the Japan Sea. *Japan. J. Ichthyol.*, 18(1): 187-189.
- Jordan D.S. y Everman B.W. 1896. *The Fishes of North and Middle America: A descriptive catalogue of the species of fish-like vertebrates found in the waters of North America, north of Isthmus of Panama. Part 1.* Bull. U.S. Nat. Mus. 47-1240.
- Kume, G., K. Furumitsu, S. Tanaka y A. Yamaguchi. 2009. Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus* (Batoidea: Rhinobatidae) in Araiike Bay, Japan. *Environ Biol Fisheries* 85: 289-298.



- Kyne, P.M. y Bennett, M.B. 2002. Reproductive biology of the eastern shovelnose ray, *Aptychotrema rostrata* (Shaw & Nodder, 1794), from Moreton Bay, Queensland Australia *Marine and freshwater research* 53(2), 583-589.
- Lamilla, J., G. Pequeño y I.U. Kong. 1995. *Dasyatis brevis* (Garman, 1880) segunda especie de *Dasyatidae* registrada para Chile (Chondrichthyes, Myliobatiformes). *Estud. Oceanol.* 14, 23-27.
- Leigh-Sharpe, W. H. 1926. The comparative morphology of the secondary sexual characters of elasmobranch fishes the claspers, clasper siphons, and clasper glands. *Memoir VIII. J. Morphol.*, 42: 307–320.
- Lessa R. 1982. Biologie et dynamiques des populations du *Rhinobatos horkelii*, du plateau continental du Río Grande du Sul (Brasil). Tesis de doctorado. Universidad do Bretagne Occidentale, Brasil. 238 p.
- Lessa R., C.M. Vooren y J. Lahaye 1986. Desenvolvimento e ciclo sexual das fêmeas, migrações e fecundidade da viola *Rhinobatos horkelii* (Müller y Henle, 1841) do sul do Brasil. *Atlântica* 8: 5-34.
- Mancini, P.L., A.L. Casas y A.F. Amorim. 2006. Morphological abnormalities in a blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) fetus from southern Brazil. *J. FishBiol.*, 69(6): 1881-1884.
- Márquez Farías, J.F. y M. del P. Blanco Parra. 2006. Las Rayas del Golfo de California. En: Mayorga Castañeda, F.J., G. Compeán Jiménez y R. Corral Ávila. 2006. *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México*. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA. México. 560 p.
- Márquez-Farías J. Fernando. 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California México. *Mar. Biol.* 151: 1445-1454.

- McEachran J. D. y G. Notarbartolo. 1995. Peces Batoideos. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental W. Fisher, F. Kruup, W. Svhenider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.), Vol. II: 648-746.
- Mejía-Falla F. A. Navia y A. Giraldo. 2006. Notas biológicas de la raya ocelada *Zapteryx xyster* Jordan & Evermann, 1896 (Chondrichthyes: Rhinobatidae) en la zona central de pesca del Pacífico colombiano. *Investigaciones Marinas*. 34 (2). 181-185.
- Mejía-Falla P.A., A.F. Navia y A. Giraldo. 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology*. 7 (8): 1-10.
- Miller, D.J. y R.N. Lea, 1972. Guide of the costal marine fishes of California. Calif. Dep. of Fish and Game, Fish Bull., 157: 1-235.
- Moncayo-Estrada R., J. L. Castro Aguirre y J. De la Cruz Agüero. 2006. Lista sistemática de la Ictiofauna de Bahía Banderas, México. *Rev. Mex. de Biod.* 77 (1): 67-80.
- Moreno Sánchez X. G. 2002. Composición ictiofaunística de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México. 117 p.
- Morrissey J. F. y J. L. Sumich. 2011. Introduction to the Biology of Marine Life. 10a Edición. Jones & Bartlett Publishers. EUA. 472 p.
- Natanson L. & G. Cailliet. 1986. Reproduction and development of the Pacific Angel shark, *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. *Copeia* 1986 (4): 987-994. En: Grijalba-Bendeck M., A. Acero P. y E. Gonzalez. 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1972) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Rev. De Biol. Mar. Y Ocean.* 43 (3): 469-481
- Nelson J. S. 2006. *Fishes of the World*. 4a Edición. John Wiley & Sons. EUA. 622 p.



- Oddone M.C. y C.M. Vooren. 2005 Reproductive biology of *Atlantoraja cyclophora* (Regan, 1903) (Elasmobranchii: Rajidae) off Southern Brasil. ICES J. of Mar. Sci. 62: 1095-1103.
- Oldfield, R.G. 2005. Biology, husbandry, and reproduction of freshwater stingrays. Trop. Fish Hobbyist, 53: 114-116.
- Parsons G. R. y H. J. Grier 1992. Seasonal Changes in Shark Testicular Structure and Spermatogenesis. The J. of Exp. Zool.; 173-184.
- Pratt H. L. 1998. Elasmobranch Gonad Structure: A description and survey. Copeia (2): 719-729.
- Pratt H. L. Jr. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fish. Bull. 77 (2): 445-469.
- Pratt H. y S. Tanaka. 1994. Sperm Storage in Male Elasmobranchs: A description and Survey. J. of Morphology 219 (3): 297- 308.
- Ramírez Amaro S.R. 2011. Caracterización de la pesquería artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), La Paz, Baja California Sur. 84 p.
- Read L. J. 1968. Urea and trimethylamine oxide levels in the elasmobranch embryos. Biology Bulletin. 135: 537-547 p.
- Rider, S., M. Athorn y G. Bailey. 2002. First record of a white tiger shark *Galeocerdo cuvier*, from the northeastern Gulf of Mexico. Fla. Sci., 65(1): 13-15.
- Robertson R. y G. Allen. 2002. Peces costeros del Pacífico Oriental Tropical: Un sistema de información. Instituto Smithsonian de investigaciones tropicales, Panamá. CD-ROM.

- Romo-Curiel A. E. 2007. Caracterización del modo de reproducción del pez guitarra *Rhinobatos productus* Ayres, 1856 con base en el desarrollo y alimentación embrionaria. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada, Baja California. 66p.
- Rosa, R.S., U.L. Gomes y O.B.F. Gadig. 1996. Um caso de teratogenia na raia de agua doce *Potamotrygon motoro* (Natterer in Muller & Henle, 1841) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Rev. Nordest. Biol.*, 11: 125-132.
- Rubio, E.A. y Ruiz, W. (1993) Primer registro de *Zapteryx exasperata* (Batoidei: Rajiformes; Rhinobatidae) en la costa pacífica de Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Universidad del Valle*. 9: 11-17.
- Sa'idi, B.M.N., A. Brada'i, S. Marouani, O. Guélorget y C. Capapé. 2006. Atypical characteristics of an albino embryo of *Carcharhinus plumbeus* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) from the Gulf of Gabes (southern Tunisia, central Mediterranean). *Acta Adriatica*, 47: 167-174.
- Sánchez-Reyes N.A. 2004 Desarrollo Embrionario del Tiburón Angelito *Squatina californica* (Ayres, 1856) (Chondrichthyes: Squatinidae) en la Bahía de La Paz. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 75 p.
- Sandoval-Castillo, J., E. Mariano-Meléndez y C.J. Villavicencio-Garayzar. 2006. New records of albinism in two elasmobranchs: the tiger shark *Galeocerdo cuvier* and the giant electric ray *Narcine entemedor*. *Cybium*, 30(2): 191-192.
- Schwartz V. 1977. Embriología animal comparada. Ed. Omega, S.A. España. 417 p.
- Seck A. A., Y. Diatta, M. Diop, Guelorget, C. Reynaud y C. Capapé. 2004. Observations on the reproductive biology of the blackchin guitarfish, *Rhinobathos cemiculus* E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1817 (Chondrichthyes, Rhinobatidae) from the coast of Senegal (Eastern Atlantic). *Scientia gerundensis* 27: 19-30.



- Springer, S. 1960. Natural history of the sandbar shark *Eulamia milberti*. Fish. Bull., 61: 1-38.
- Stanley H. P. 1966. Th estructura ande development of the seminiferous follicle in *Scylorhinus caniculus* and *Torpedo marmorata* (Elasmobranchii). Zetis. Für Zellfors. 75(2): 453-468.
- Stehmann M. 2002. Proposal of maturity stages scale for oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces: Chondrichtyes). Archives of Fisheries and Marine Research. 50: 23-48
- Stingray, *Dasyatis Sabina*, in Florida coastal lagoons. Copeia 1988 (3): 729-739. En: Grijalba-Bendeck M., A. Acero P.& E. Gonzalez. 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1972) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. Rev. De Biol. Mar. Y Ocean. 43 (3): 469-481
- Talent, L.G. 1973. Albinism in embryo gray smoothhound shark, *Mustelus californicus* from Elkhorn Slough, Monterey Bay, California. Copeia, 1973(3): 595-597.
- Tapia-García M. 1998. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. 13:26 En: Tapia-García. 1998. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 240 p.
- Tapia-García M. y B. Gutiérrez-Díaz. 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas. 149:162. En: Tapia-García. 1998. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 240 p.
- Tapia-García M. y M. C. García-Abad. 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. 179:196. En: Tapia-García. 1998. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 240 p.

- 
- Villavicencio-Garayzar C. 1993. Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pisces: Rhinobatidae) en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Rev. De Biol. Trop.* 41 (3): 777-782.
- Villavicencio-Garayzar C. 1995. Biología reproductiva de la guitarra pinta, *Zapteryx exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 21(2): 141-153.
- Waltrick D., C. Awruch y C. Simpfendorfer. 2012. Embryonic diapause in the elasmobranchs. *Fish Biol Fisheries.* 22, (4): 849-859.
- Wenbin, Z. y Shuyuan, Q. 1993. Reproductive biology of the guitarfish, *Rhinobatos hynnicephalus*. *Environmental Biology of Fishes* 38(1-3), 81-93.
- Wourms J. P. 1981. Viviparity: Maternal-fetal relationships in fishes. *American Zoologist* 21: 473-5145.
- Wourms J. P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *Am. Zool.* 17: 379-410.