

Descripción morfológica del sistema reproductivo en *Marmosa robinsoni*
(Mammalia: Didelphidae)

Mayra Alejandra Galezo Suárez

Pasantía de investigación presentada como requisito para
optar al título de bióloga

Director

Martha Patricia Ramírez Pinilla
Doctora en Ciencias Biológicas

Codirectores

Víctor Hugo Serrano Cardozo
Doctor en Ciencias Biológicas

Yurany Nathaly Hernández Díaz
Máster en Biología

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ciencias
Escuela de Biología
Bucaramanga
2023

Dedicatoria

A mis padres y hermana, mi red de apoyo. Alentaron, contribuyeron y vieron convertirse a una pequeña bióloga en una profesional.

A la Mayra de 17 años que se mudó a una ciudad diferente a desarrollarse en una zona totalmente fuera de confort. Gracias a ella por atreverse y no desfallecer en el camino.

Agradecimientos

A mis padres y hermana, por siempre alentarme cuando sentía que no podía más y contribuir en mi crecimiento personal y académico.

A Fabio, por sus palabras de aliento y apoyo constante durante los últimos 3 años de mi vida.

A mi mejor amiga Adriana, por siempre escucharme cuando lo necesité.

A Diego y a Liss, por las salidas que significaron una alternativa y un escape a la rutina. Su amistad me reconfortó durante los últimos años.

A Leidy, Lesly, Juan y Nicolás Ardila, mis amigos de carrera y la razón de que mi estadía en el laboratorio fuera más amena y feliz.

A Silvia, Manuela, Nicolás, Juliana y Sebastián, integrantes del laboratorio que significaron un punto de referencia y guía en mi paso por él.

A la Magister Nathaly Díaz, por siempre estar cuando más la necesité y por todo el apoyo, consuelo y motivación brindado.

A la Dra. Martha Patricia Ramírez y al Dr. Víctor Hugo Serrano Cardozo por tanta dedicación y enseñanza en todo este proceso.

Al laboratorio de Biología Reproductiva de Vertebrados y al Grupo de Estudios en Biodiversidad de la Universidad Industrial de Santander, por todo el apoyo logístico y económico; además por permitirme ser parte de esta pasantía y por brindarme los espacios necesarios para desarrollarla.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. Objetivos de la pasantía	16
1.1 Objetivo general	16
1.2 Objetivos específicos	16
2. Competencias de la pasantía	16
3. Metodología	17
3.1 Fase de campo.....	17
3.2 Fase de laboratorio.....	20
4. Resultados	21
4.1 Descripción caracteres secundarios de actividad sexual.....	22
4.2 Descripción macroscópica	23
4.2.1. Descripción macroscópica macho.....	25
4.2.2. Descripción macroscópica hembra	29
4.3 Descripción microscópica.....	31
4.3.1 Descripción microscópica del tracto masculino	31
4.3.1.1 Testículos.	31
4.3.1.2 Epidídimo.....	33
4.3.1.3 Conductos deferentes.....	36
4.3.1.4 Próstata.....	37
4.3.1.5 Glándulas bulbouretrales.	39
4.3.1.6 Pene.....	40

4.3.2 Descripción microscópica del tracto femenino.....	42
4.3.2.1 Ovarios.....	42
4.3.2.2 Útero.	47
4.3.2.3 Vagina.	49
4.3.2.4 Seno urogenital.	51
5. Discusión.....	52
5.1 Morfología e histología masculina	53
5.2 Morfología e histología femenina.....	55
6. Conclusiones	57
Referencias Bibliográficas	58

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1 *Composición de cebos utilizados en fase de campo* 18

Lista de Figuras

	Pág
Figura 1 <i>Marmosa robinsoni macho: UIS-MHN-M-2201</i>	21
Figura 2 <i>Caracteres secundarios de actividad sexual: testículos en machos, mamas en hembras</i>	23
Figura 3 <i>Exposición de cavidad abdominal Marmosa robinsoni</i>	24
Figura 4 <i>Parte del sistema digestivo e hígado de una hembra de Marmosa robinsoni</i>	25
Figura 5 <i>Sistema urogenital masculino Marmosa robinsoni</i>	26
Figura 6 <i>Testículo y próstata Marmosa robinsoni</i>	27
Figura 7 <i>Glándulas bulbouretrales</i>	28
Figura 8 <i>Sistema urogenital femenino Marmosa robinsoni</i>	29
Figura 9 <i>Partes del sistema reproductor femenino en Marmosa robinsoni</i>	30
Figura 10 <i>Detalles testículos</i>	31
Figura 11 <i>Células de Sertoli y germinales masculinas en túbulo seminífero</i>	33
Figura 12 <i>Rete testis en Marmosa robinsoni</i>	34
Figura 13 <i>Conductos eferentes en Marmosa robinsoni</i>	35
Figura 14 <i>Conducto epididimario</i>	36
Figura 15 <i>Acercamiento conducto deferente</i>	37
Figura 16 <i>Tejido glandular en próstata</i>	38
Figura 18 <i>Glándulas bulbouretrales en Marmosa robinsoni</i>	40
Figura 19 <i>Acercamiento de pene en Marmosa robinsoni</i>	41
Figura 20 <i>Folículos en ovario</i>	42

Figura 21 <i>Zona cortical del ovario en donde se da la foliculogénesis</i>	43
Figura 22 <i>Folículos ováricos en diferentes estadios de crecimiento en Marmosa robinsoni</i>	45
Figura 23 <i>Folículo de Graaf</i>	46
Figura 24 <i>Partes del útero en Marmosa robinsoni</i>	48
Figura 25 <i>Detalles de vagina lateral en Marmosa robinsoni</i>	49
Figura 26 <i>Acercamiento vagina lateral</i>	50
Figura 27 <i>Vagina medial en Marmosa robinsoni</i>	51
Figura 28 <i>Seno urogenital en Marmosa robinsoni</i>	52

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Individuos capturados ajenos al objeto de estudio.	68
Apéndice B. Medidas de longitud total de individuos capturados.....	69

Glosario

Altricial: cría casi totalmente dependiente de sus padres u otros cuidadores para cubrir muchas de las necesidades de su vida. Antes de alcanzar la edad reproductiva, cada cría altricial debe volverse competente para adquirir directamente del medio ambiente aquellos beneficios que antes sólo adquiriría indirectamente como resultado de la interacción con cuidadores de su misma especie (Galef, 1981).

Euterio: uno de los tres clados de mamíferos (además de prototerios y metaterios), también son llamados placentarios ya que presentan un tipo de reproducción euvivíparo, en donde la madre retiene el embrión intrauterinamente (en la placenta) y aquí culmina su desarrollo con un gran apoyo brindado por su progenitora (Archibald, 2001).

Gametogénesis: es el proceso a través del cual son formados los gametos. Los gametos masculinos son llamados espermatozoides, y su producción ocurre en los testículos mediante un proceso conocido como espermatogénesis. Por su parte, los gametos femeninos son denominados óvulos y estos son producidos por medio de un proceso denominado ovogénesis, que ocurre en su mayor parte en los ovarios (Serrano, s.f.). La foliculogénesis aquí mencionada, se refiere a la generación de folículos, sacos en donde se da la ovogénesis.

Histología: parte de la biología que busca comprender la microanatomía de células, tejidos y órganos, así como correlacionar su estructura con su función (Ross y Pawlina, 2008).

Histotecnica: según Rodríguez-Mata y Rodríguez, “se ocupa de los métodos utilizados para elaborar preparaciones permanentes de células y de tejidos con la finalidad de analizarlos utilizando diversos tipos de microscopios” (Fortoul et al., 2013, capítulo 2).

Marsupio: Bolsa característica de las hembras de los marsupiales, que funciona a modo de cámara incubadora. Está formada por una duplicación de la piel y asentada sobre la pared ventral exterior. En ella se encuentran las glándulas mamarias y allí completan las crías el período de gestación (RAE, sf).

Metaterio: uno de los tres clados de mamíferos (además de euterios y prototerios), también son llamados marsupiales debido a la presencia de una bolsa o marsupio, donde el embrión culmina su desarrollo luego de ser retenidos por un corto tiempo dentro de la madre (Archibald, 2001).

Resumen

Título: Descripción morfológica del sistema reproductivo en *Marmosa robinsoni*
(Mammalia: Didelphidae)*

Autor: Mayra Alejandra Galezo Suárez*

Palabras Clave: epitelio, gametogénesis, histología, *Marmosa robinsoni*.

Descripción: *Marmosa robinsoni* es una especie de marsupial perteneciente a la familia Didelphidae, esta representa a la mayoría de los marsupiales distribuidos en América. Es un individuo de talla pequeña (<200gr), con cola prensil, nocturno y sin presencia de marsupio. Al igual que la mayoría de marsupiales del nuevo mundo, *M. robinsoni* se encuentra poco estudiada. A pesar de que se trata del factor distintivo entre metaterios y euterios, son nulas las descripciones de su sistema reproductivo, por lo cual, el presente trabajo pretende dilucidar la morfología e histología reproductiva de esta especie, así como los caracteres secundarios indicadores de actividad reproductiva. A través del muestreo y captura en un parche de bosque seco tropical: “El Bosque del agüil”, ubicado en el municipio de Aguachica-Cesar, se obtuvieron 8 individuos (machos y hembras) que posteriormente fueron disecados y con cuyos órganos y ductos se describió su morfología macroscópica, para posteriormente ser empleados en procesos de histotecnica con el fin de describir su histología. Se estableció que la disposición de mamas y testículos prominentes son indicadores de actividad reproductiva y a partir de los estudios de microscopía óptica realizados, se determinó que el sistema reproductivo de *M. robinsoni* sigue ciertos patrones reportados para otros marsupiales en cuanto a disposición y caracterización de los órganos y ductos constituyentes de este sistema, de igual forma, se encontró concordancia en la gametogénesis; en contraposición a esto, se hallaron ciertas diferencias en aspectos tales como cantidad de glándulas bulbouretrales, conformación bífida del pene, coloración de la túnica albugínea en testículos y tipo epitelial de la vagina medial.

* Pasantía de investigación.

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Biología. Director: Martha Patricia Ramirez Pinilla. Doctora en Ciencias Biológicas. Codirector: Víctor Hugo Serrano Cardozo. Doctor en Ciencias Biológicas. Codirector: Yurany Nathaly Hernández Díaz. Máster en biología.

Abstract

Title: Morphological description of the reproductive system in *Marmosa robinsoni* (Mammalia: Didelphidae)*

Author(s): Mayra Alejandra Galezo Suárez **

Key Words: epithelium, gametogenesis, histology, *Marmosa robinsoni*,

Description: *Marmosa robinsoni* is a species of marsupial belonging to the family Didelphidae, which represents the majority of marsupials distributed in America. It is a small-sized individual (<200gr), with prehensile tail, nocturnal and without presence of marsupium. Like most marsupials of the New World, *M. robinsoni* is little studied. Although it is the distinguishing factor between metatherians and eutherians, there are no descriptions of its reproductive system; therefore, the present work aims to elucidate the morphology and reproductive histology of this species as well as the secondary characters indicative of reproductive activity. Through sampling and capture in a patch of tropical dry forest: "El Bosque del agüil", located in the municipality of Aguachica-Cesar, 8 individuals were obtained (males and females) that were later dissected and whose organs and ducts were used to describe their macromorphology, to be later used in histotechnical processes in order to describe their histology. It was established that the arrangement of breasts and prominent testes are indicators of reproductive activity and from the optical microscopy studies performed, it was determined that the reproductive system of *M. robinsoni* follows certain patterns reported for other marsupials in terms of arrangement and characterization of the organs and ducts constituting this system, likewise, concordance was found in gametogenesis; in contrast, certain differences were found in aspects such as number of bulbourethral glands, bifid aspect of the penis, coloration of the tunica albuginea in testes and epithelial type of the medial vagina.

* Research internship.

** Faculty of Sciences. School of Biology. Biology. Director: Martha Patricia Ramirez Pinilla. PhD in Biological Sciences. Co-director: Víctor Hugo Serrano Cardozo. D. in Biological Sciences. Co-director: Yurany Nathaly Hernández Díaz. Master in Biology.

Introducción

Los marsupiales representan un grupo muy conspicuo en la clase Mammalia; mucho se ha hablado de su morfología distintiva por el marsupio que posee un porcentaje de las hembras de este grupo. Su mayor particularidad está basada en que tras una gestación intrauterina muy corta las crías nacen muy poco desarrolladas (altriciales), por lo que deben migrar hacia el abdomen de la madre en donde se adhieren a las glándulas mamarias, en un marsupio o no, con el fin de culminar su desarrollo (Ceballos et al., 2002; Morales-Jiménez et al., 2004). Sumado a estas características, la anatomía del sistema reproductor femenino es muy distintiva ya que, los uréteres entran a la vejiga de forma medial provocando una separación de los conductos genitales e impidiendo la fusión de la parte distal en un solo cuerpo uterino, de manera que hay dos cuerpos uterinos, dos vaginas laterales para el ascenso del esperma y una vagina medial como canal de parto que desembocan en un único seno urogenital (Renfree y Shaw, 2001).

Marmosa robinsoni es una especie del orden Didelphimorphia y de la familia Didelphidae. Esta familia representa a la mayoría de los marsupiales americanos con amplia distribución en Sudamérica con 92 especies reportadas (Heymann, 2021). Los miembros de esta especie son pequeños (<200 gr) y están distribuidos desde el norte del Neotrópico: discontinuamente en Centroamérica, en algunas islas en Bécice, Honduras y Panamá; y en Suramérica, desde Trinidad y Tobago, a través del norte de Venezuela hasta el oeste de los Andes en Colombia extendiéndose desde el sur hasta el norte de Perú (O'connell, 1983; Rossi et al., 2010; Pérez-Hernández, 2016). La especie es encontrada en variados hábitats asociados a áreas mésicas, desde el nivel del mar hasta los 1400 msnm, aunque en algunas ocasiones se tuvieron reportes en algunas localidades entre 1200 y 2000 m s.n.m. (Gutiérrez et al., 2014); son semiarborícolas, nocturnos y

principalmente insectívoros (GBIF, 2022). Presentan una máscara circunocular oscura representativa del género, pelaje marrón canela en la parte superior y amarillo anteado en partes inferiores, cola larga y prensil (mayor que la longitud cabeza-cuerpo) y ausencia de marsupio (O'Connell, 1983).

En la familia Didelphidae se han realizado estudios sobre la morfología reproductiva en hembras (Cadena, 2016; Gonçalves et al., 2009) y machos (Costa et al., 2015; De Barros et al., 2013) de unas pocas especies. A pesar de estar ampliamente distribuida en el Neotrópico, la información disponible sobre *Marmosa robinsoni* es mínima. Se tienen datos aislados acerca de su ecología, distribución, taxonomía, filogeografía, genética (Gutiérrez et al., 2014; O'Connell, 1983; Padilla-Rivera, 2018; Reig, 1968), pero no se conocen estudios sobre la anatomía de su sistema reproductivo y mucho menos sobre su morfología microscópica; tampoco se ha estudiado la relación que existe entre las características morfológicas externas indicadoras de la actividad reproductiva y la anatomía y morfología microscópica de sus tractos reproductivos. Por esta razón, en el presente trabajo se pretende describir macroscópicamente y microscópicamente el tracto reproductivo de ejemplares de *Marmosa robinsoni*. Además, a través de la revisión y descripción de la presencia de caracteres de morfología externa indicadores de la actividad reproductiva y de dimorfismo sexual, se procura brindar información científica básica para el análisis de su biología reproductiva.

1. Objetivos de la pasantía

1.1 Objetivo general

Describir macroscópica y microscópicamente el tracto reproductor de ejemplares de *Marmosa robinsoni* y describir la presencia de caracteres de morfología externa indicadores de su actividad reproductiva.

1.2 Objetivos específicos

Describir la anatomía del sistema reproductivo de especímenes adultos de *Marmosa robinsoni*.

Determinar la estructura tisular de los órganos del sistema reproductivo de *Marmosa robinsoni*.

Describir estructuras asociadas a la actividad reproductiva presentes en la morfología externa de los individuos.

2. Competencias de la pasantía

El presente trabajo de investigación se centra en la descripción macro y microscópica de los órganos y ductos del sistema reproductivo de *Marmosa robinsoni*, además del relacionamiento de los caracteres secundarios como indicadores de la actividad reproductiva.

Al finalizar la pasantía desarrollé las siguientes competencias:

1. Realicé salidas de campo para la obtención de los materiales a estudiar, en ellas hice reconocimiento del terreno (determinación del lugar idóneo para muestrear buscando poca

intervención humana y tranquilidad), montaje de trampas tipo Sherman, captura de individuos, identificación de especies, eutanasia y montaje de los individuos capturados (pieles y cuerpo).

2. Aprendí la anatomía externa e interna de *Marmosa robinsoni* identificando sistemas y órganos y describí caracteres de dimorfismo sexual y aquellos asociados a la actividad reproductiva de los ejemplares.

3. Aprendí a manipular y preparar organismos vivos y sus tejidos desde el momento de su captura, transporte, eutanasia, disección y obtención de órganos reproductivos con el fin de asimilar su correcta manipulación.

4. Desarrollé habilidades en histotecnica para la realización de cortes histológicos, incluyendo la preparación de la muestra, uso del micrótopo, técnicas de tinción diferencial, montaje de micropreparados y registro fotográfico con material editado para la publicación.

5. Analicé y describí estructuras de los tractos reproductivos y de las fases de la foliculogénesis y espermatogénesis a través del análisis histológico.

3. Metodología

3.1 Fase de campo

La zona de estudio es un bosque tropical seco de entre 6 a 8 ha ubicado al nororiente del municipio de Aguachica, Cesar: “El Bosque del agüil”, una zona aislada inmersa en una matriz urbana situada entre los 8° 18'56.9" de latitud norte y los 73° 37' 40.1" de longitud oeste, entre 150 y 200 m de elevación, con una vegetación típica de la baja y media montaña de la Cordillera Oriental con dominancia de las familias Caesalpinaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Bignoniaceae, Acanthaceae, entre otras; presenta una precipitación anual entre 1000 y 1400 mm anuales y con

cursos de agua que le permiten a las formaciones vegetales alojar una cantidad considerable de especies con un elevado valor ecológico (Rangel et al., 2012). En este sitio no se había reportado la distribución de esta especie, por lo que el presente trabajo representa una novedad en el registro y reporte de la biodiversidad del lugar. Los ejemplares fueron colectados por medio de trampas tipo Sherman (23 x 9 x 7.5 cm), distribuidas en 2 o 3 transectos de 40 m aprox., separados entre sí por unos 20 metros. En cada transecto se dispusieron entre 6 y 9 trampas en el suelo, separadas por una distancia de entre 3 a 5 metros en espacios con vegetación densa. Se pusieron de 1 a 2 trampas a mayor altura, en el estrato arbóreo entre 1,5 y 2 m. Todas se revisaron diariamente durante los 5 días de muestreo durante los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2022 y enero de 2023 en horas de la mañana y se cambiaron los cebos en horas de la tarde. Con el fin de atraer a la mayor cantidad de individuos y seleccionar el mejor cebo (MINAM, 2015; Miranda-Urbina & Portflitt, 2013), se utilizaron 5 diferentes composiciones de estos evidenciados en la Tabla 1.

Tabla 1

Composición de cebos utilizados en fase de campo

Cebo	Composición
1	Avena en hojuelas y mantequilla de maní
2	Esencia de banano
3	Esencia de mantecado
4	Atún
5	Trozos de banano

A cada individuo capturado se le registró el sexo, presencia de mamas y escroto, peso en gramos y medidas biométricas para mamíferos (Hall, 1962): longitud total, de cola, pie y oreja, como también información de la estación (clima, vegetación, altura), fecha, número de trampa y estado reproductivo. De igual forma, se realizó un registro fotográfico de cada uno de los ejemplares reportados. Se recolectaron 3 machos (UIS-MHN-M-2199, UIS-MHN-M-2201 y UIS-MHN-M-2208) y 4 hembras adultos (UIS-MHN-M-2170, UIS-MHN-M-2171, UIS-MHN-M-2172 y UIS-MHN-M-2200) y 1 hembra juvenil (UIS-MHN-M-2207). Se capturaron individuos que no fueron tenidos en cuenta en el estudio, a estos se les registró las medidas morfométricas, adicional se tomaron fotografías y se registró su condición, luego fueron liberados en el sitio de captura (Apéndice A), siguiendo las recomendaciones de bioseguridad de Mills et al. (1998). La determinación del estado reproductivo en hembras se llevó a cabo con el número de mamas, posición, desarrollo mamario y distensión abdominal (Rueda et al., 2013); no se encontraron fetos adheridos a las mamas. Para los machos se observó la posición y coloración de los testículos (oscuros y hasta azulosos en el caso de adultos) y presencia de caracteres externos sexualmente dimórficos (Cuartas-Calle y Muñoz, 2003).

Los especímenes capturados fueron procesados y preparados como material científico de referencia (pieles, cráneos, esqueletos y/o carcasas en líquido) siguiendo las pautas para el uso de mamíferos salvajes en investigación y educación propuestas por Sikes (2016), y se ingresaron a la Colección Mastozoológica de la Universidad Industrial de Santander. Para la taxonomía se siguió a Patiño (2022) y Voss y Jansa (2009). Los cuerpos de los individuos separados de sus pieles se fijaron con inyecciones de formalina amortiguada 10% y fueron sumergidos en el mismo fijador por 24 horas. Posteriormente se lavaron con abundante agua corriente y se transfirieron a una

concentración creciente de etanol comercial 30%-70% donde fueron almacenados, etiquetados y transportados al laboratorio (Romero-Almaraz et al., 2007).

3.2 Fase de laboratorio

Se disecaron los cuerpos de los individuos colectados a través de una incisión ventral con el fin de exponer la cavidad abdominal y con ella los tractos reproductivos; éstos se fotografiaron para observar su posición en la cavidad abdominal antes de extraerlos a una caja de Petri donde se describió su anatomía. Se separaron las diferentes partes de los tractos: para las hembras, ovarios, oviductos, útero, cérvix, vaginas; y en machos, próstata, conductos deferentes, glándulas bulbouretrales, pene y testículos con epidídimo y conductos eferentes. Se llevó un registro fotográfico de todo lo anterior, y se procedió a confirmar los estados reproductivos con análisis histológicos. Para esto, cada órgano y secciones separadas del tracto se fijaron en solución de Bouin, se deshidrataron a partir de una serie de concentraciones ascendentes de etanol, luego se aclararon con xilol y se hizo una transición con xilol-parafina para finalmente embeberlas en parafina (Surgipath Paraplast - Leica Biosystems). Se realizaron cortes histológicos de 5 a 10 μm en un micrótopo rotatorio marca Sakura Accu-Cut® SRM™, que luego de ser fijados en láminas, se tiñeron con hematoxilina-eosina (Luna et al., 1968). Finalmente, estas secciones se examinaron y fotografiaron al microscopio y se procedió a realizar su edición en el software Photoshop.

En el caso de los machos se estudió el ciclo del epitelio germinativo con el método de morfología tubular; las etapas se identificaron por la composición general del epitelio seminífero: presencia de espermatogonias, espermatocitos, espermátides y espermatozoides (De Barros et al., 2013; Khamas et al., 2014; Costa et al., 2015). En las hembras se observaron las etapas de la foliculogénesis: el avance de los folículos presentes y se clasificaron en primordiales, primarios, secundarios y terciarios de acuerdo con características como grosor de la capa de células de

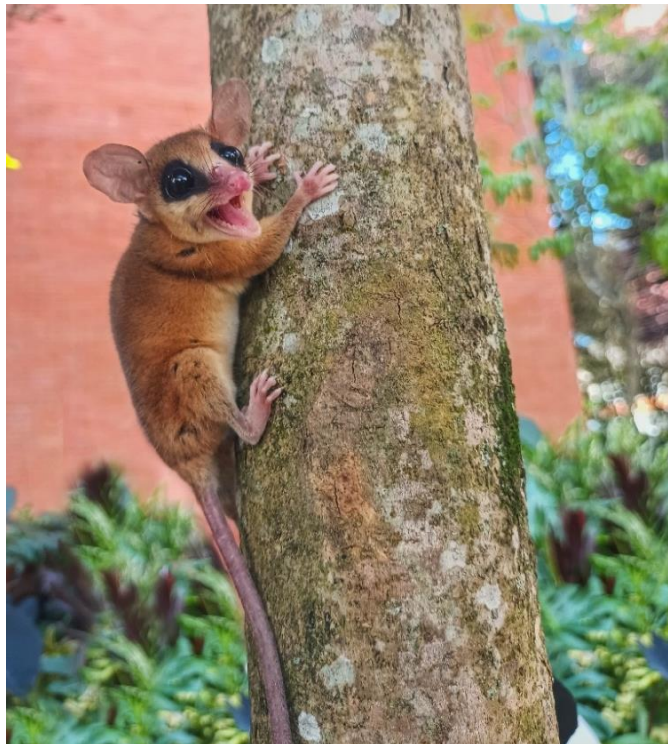
granulosa, diferenciación de la teca folicular, tamaño de antro folicular y presencia o ausencia de folículos de Graaf (Cadena, 2016), también se describió la presencia y estado de los cuerpos lúteos. Así mismo, se describieron los ductos de ambos sexos especificando la forma de cada uno de ellos y sus tipos de tejido. Por último, se relacionó el estado gonadal con la morfología externa mencionada.

4. Resultados

Durante los 4 meses de muestreo, se capturaron 8 individuos en total de *Marmosa robinsoni* (Figura 1): 4 hembras adultas, 1 hembra juvenil y 3 machos adultos

Figura 1

Marmosa robinsoni macho: UIS-MHN-M-2201



4.1 Descripción caracteres secundarios de actividad sexual

Para la identificación del estado reproductivo de los individuos capturados se tuvieron en cuenta diferentes caracteres morfológicos macroscópicos que indicaran la presencia de actividad reproductiva en *Marmosa robinsoni*.

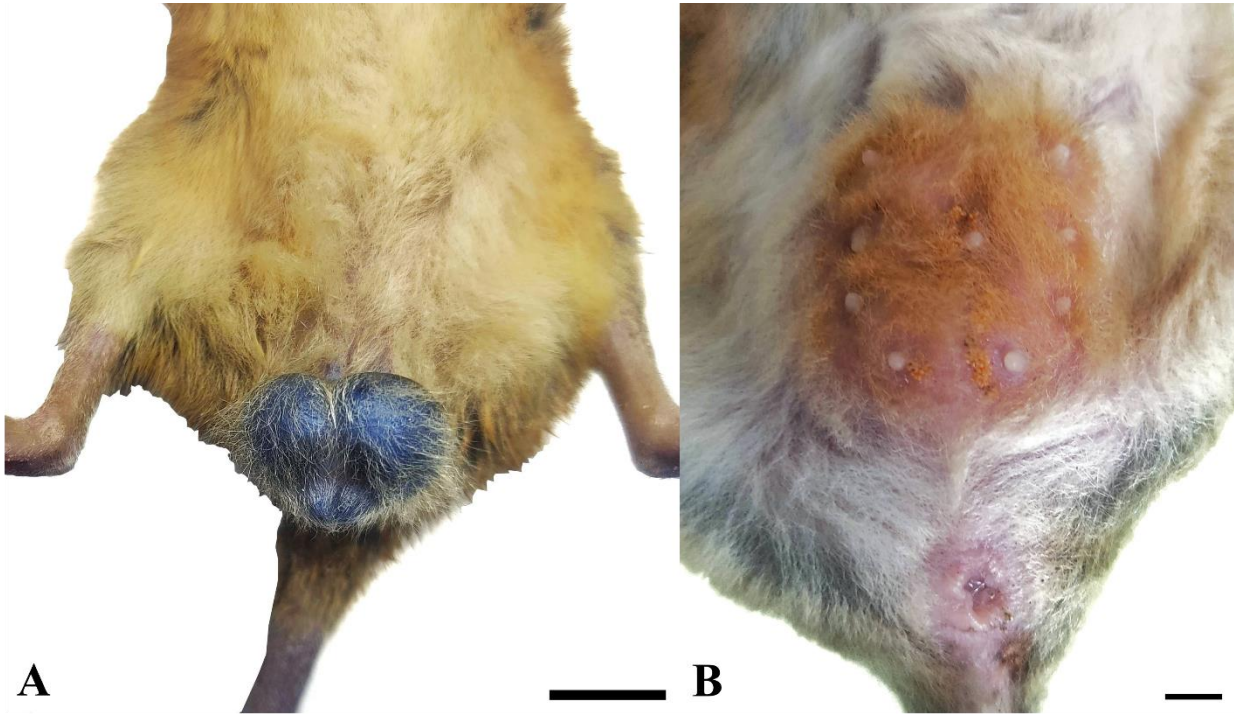
Para ambos sexos se detalló que contaran con un tamaño corporal considerable que fuera indicador de adultez, se tomaron como referencia las medidas expuestas por O'Connell (1983) para una subespecie del grupo: *Marmosa robinsoni chapmani*, aquí se tiene que en promedio las hembras cuentan con 324 mm de longitud total (302 a 365 mm) y 361 mm para machos (349 a 395 mm). Cabe resaltar que, en el presente trabajo, las medidas de longitud total en la adultez para ambos sexos fueron menores a mencionadas anteriormente como referencia: 288,5 mm para hembras (DE= 5,12) y 267,3 mm para machos (DE= 11,26) (Apéndice B).

Específicamente para machos, se observó un tamaño testicular considerable y distinguible a simple vista, en promedio 6,5 mm de diámetro máximo (DE= 0,35) y coloración azulada en los testículos escrotales (Figura 2a). En el caso de las hembras, se detalló el desarrollo mamario, en donde de 7 a 11 mamas pronunciadas organizadas en círculo en la parte abdominal daban indicios de madurez sexual, además, debido a las secreciones de glándulas que las rodean, se observó en el pelaje de esta zona una coloración marrón anaranjado u óxido (Figura 2B).

A pesar de la prominencia anteriormente mencionada en las mamas de las hembras, ninguna de ellas se encontraba lactando.

Figura 2

Caracteres secundarios de actividad sexual: testículos en machos, mamas en hembras



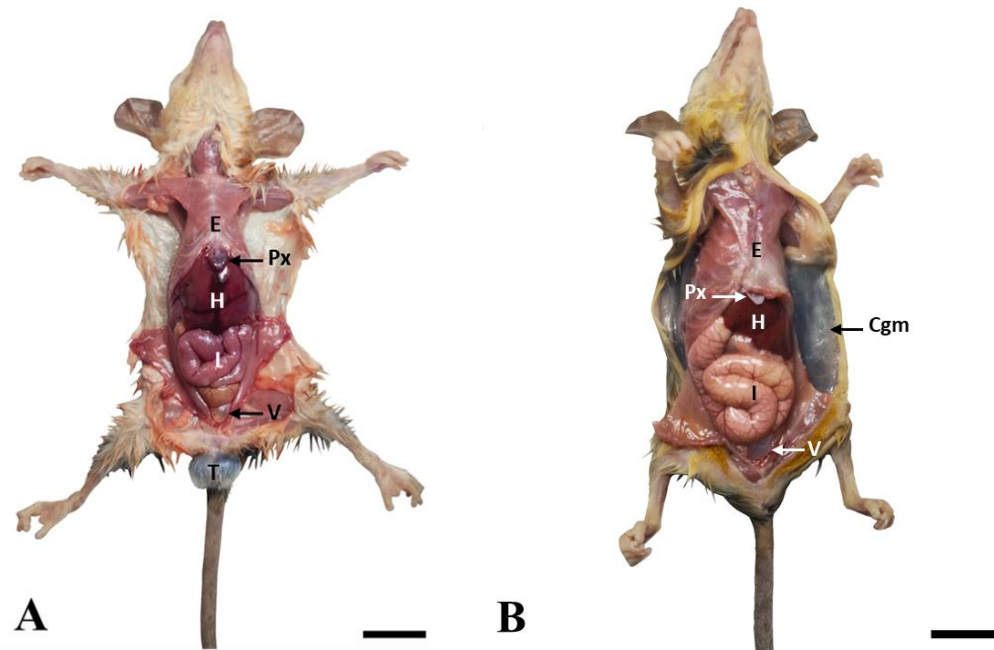
Nota. Testículos escrotales en machos adultos de *M. robinsoni* (A). 9 mamas abdominales organizadas en círculo de *M. robinsoni* (B). La barra de escala establecida en las imágenes es de 10 mm.

4.2 Descripción macroscópica

Luego de una disección abdominal y una exposición de esta cavidad (Figura 3), se extrajo el sistema reproductivo de machos y hembras de *Marmosa robinsoni* con el fin de identificar cada uno de sus órganos y ductos.

Figura 3

Exposición de cavidad abdominal Marmosa robinsoni.

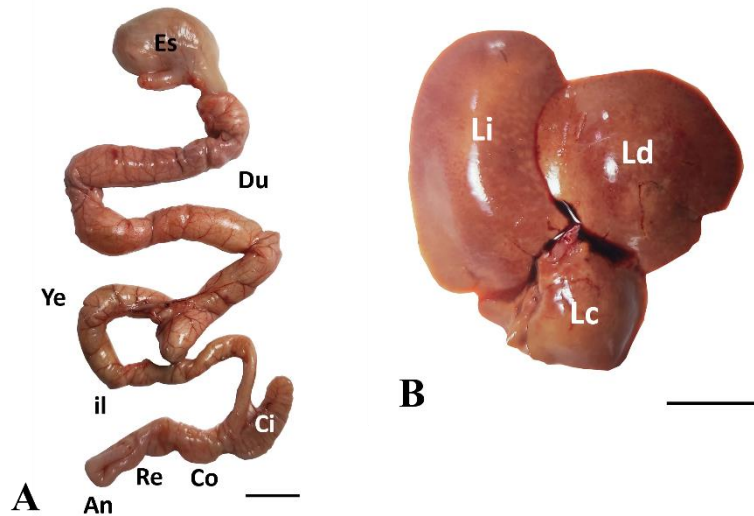


Nota. Exposición abdominal en machos (A) y hembras (B) en *M. robinsoni*. Esternón (E). Proceso xifoides (Px). Hígado (H). Intestino (I). Vejiga (V). Testículos (T). Capa de grasa mamaria (Cgm). La barra de escala establecida en las imágenes es de 20 mm.

Adicionalmente también se hizo una extracción de parte del sistema digestivo de la especie en cuestión, ya que era necesario para la correcta visualización de los órganos reproductivos. Se aisló el hígado (Figura 4B) y los intestinos (Figura 4A) y se detallaron cada una de sus partes.

Figura 4

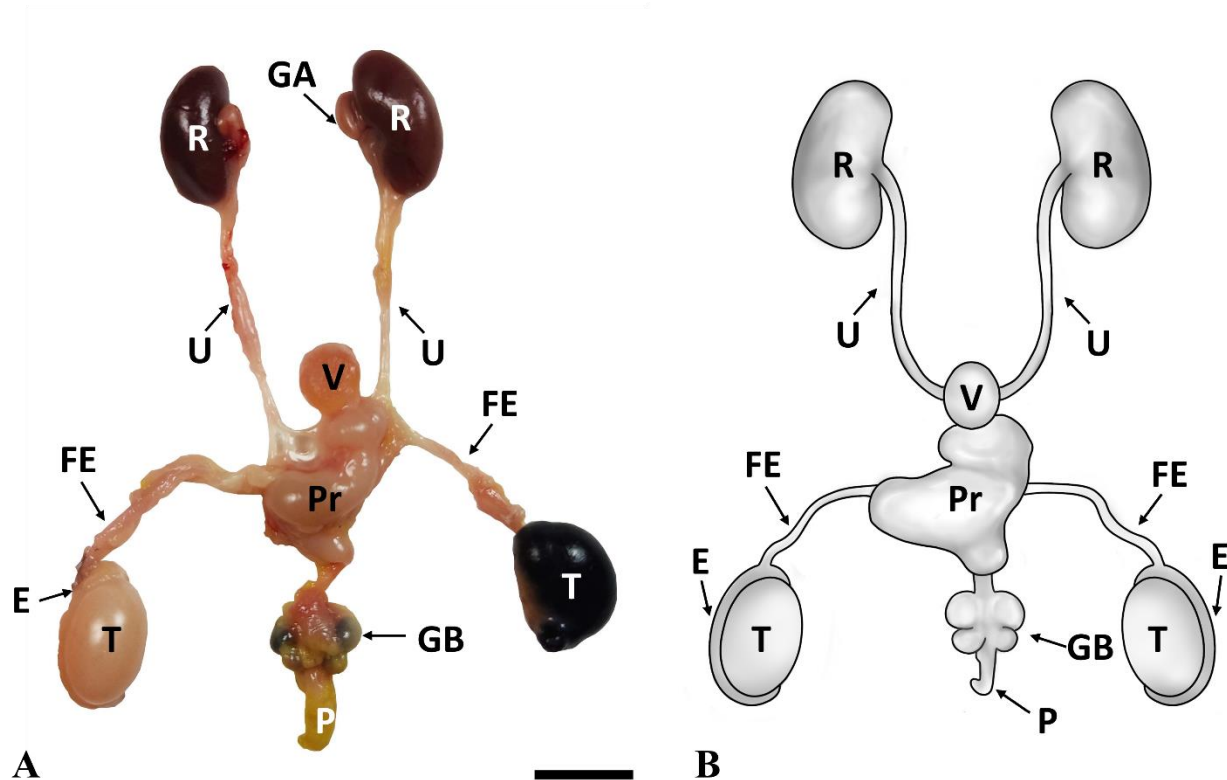
Parte del sistema digestivo e hígado de una hembra de Marmosa robinsoni



Nota. Partes del sistema digestivo (A). Estómago (Es). Duodeno (Du). Yeyuno (Ye). Ileon (il). Ciego (Ci). Colon (Co). Recto (Re). Ano (An). Hígado (B). Lóbulo izquierdo (Li). Lóbulo derecho (Ld). Lóbulo central (Lc). La barra de escala establecida en las imágenes es de 10 mm.

4.2.1. Descripción macroscópica macho

El sistema urogenital masculino mide alrededor de 5,5 cm (medido de forma extendida desde los riñones hasta el ápice del pene), está ubicado en la cavidad abdominal inferior y está compuesto por: riñones, glándulas adrenales, uréteres, vejiga, funículo espermático, testículos, próstata, glándulas bulbouretrales y pene (Figura 5).

Figura 5*Sistema urogenital masculino Marmosa robinsoni*

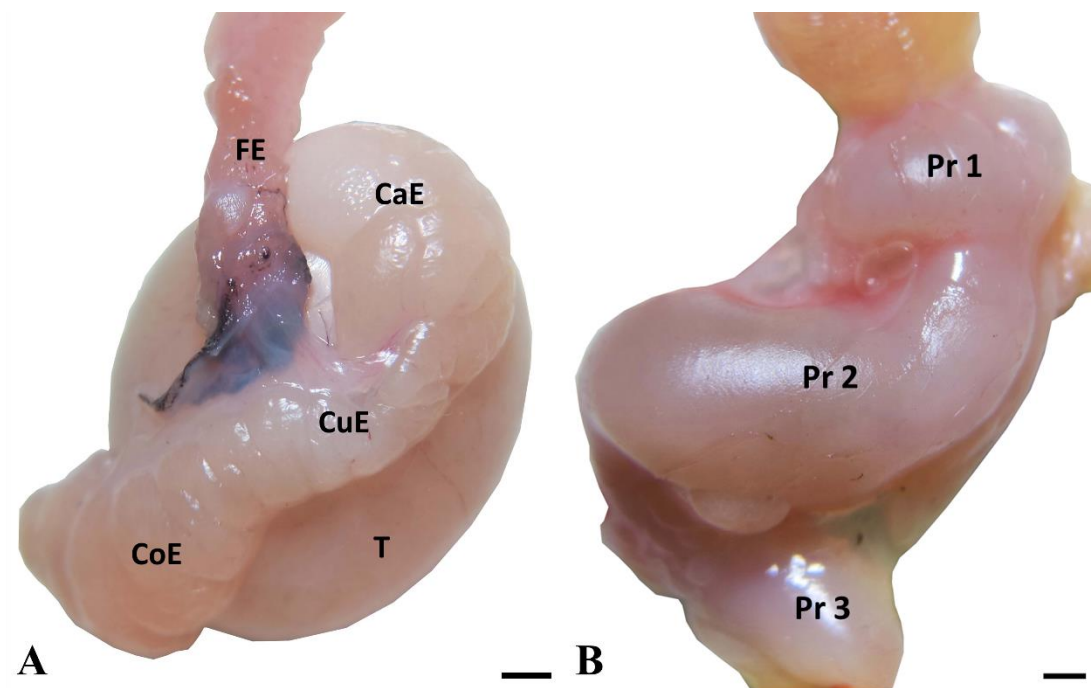
Nota. Sistema extraído (A) e ilustración a partir de este (B). Riñones (R). Glándulas adrenales (GA). Uréteres (U). Vejiga (V). Funículo espermático (FE). Próstata (Pr). Testículos (T). Epidídimo (E). Glándulas bulbouretrales (GB). Pene (P). El testículo de la izquierda se presenta sin la túnica albugínea por lo que permite percibir el epidídimo rodeando el testículo mientras que el de la derecha aún presenta esta capa y le da un color oscuro. La barra de escala establecida en la imagen es de 10 mm. Ilustración hecha por Lina Serrano.

El pene está posicionado dentro de la cavidad inguinal, se encuentra en una posición posterior a los testículos escrotales y es en donde culmina la uretra. Los testículos presentan forma ovalada y al retirar la túnica albugínea, se descubre una tonalidad blanquecina y al epidídimo

adherido de forma lateral a este órgano (Figura 6A). El epidídimo está dividido en tres secciones: cabeza, cuerpo y cola. Al finalizar la cola del epidídimo, inicia el conducto deferente que entra a la cavidad abdominal rodeado del funículo espermático, continúa lateral a los uréteres y culmina en la pared dorsal de la uretra prostática. La próstata se presenta rodeando a la uretra en 3 segmentos, el primero de ellos está seguido a la vejiga y es el que presenta el menor tamaño, el segundo exhibe el mayor tamaño de la próstata y cuenta con una forma curva, por último, el tercero es estrecho y se extiende hasta la uretra membranosa (Figura 6B).

Figura 6

Testículo y próstata Marmosa robinsoni

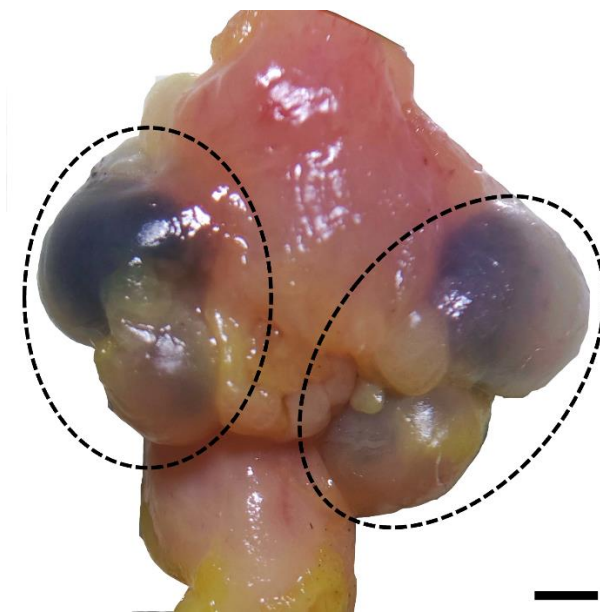


Nota. Testículo rodeado de epidídimo (A): testículo (T). Cabeza de epidídimo (CaE). Cuerpo de epidídimo (CuE). Cola de epidídimo (CoE). Funículo espermático (FE). Segmentos prostáticos (B): segmento 1 (Pr 1). Segmento 2 (Pr2). Segmento 3 (Pr 3). La barra de escala establecida en las imágenes es de 1 mm.

Las glándulas bulbouretrales en *M. robinsoni* están situadas en la región perineal y tienen salida en el inicio de la uretra peneana. Presentan forma circular y están dispuestas en dos pares a la derecha y dos a la izquierda, las glándulas superiores presentan un mayor tamaño que el de las glándulas inferiores (Figura 7).

Figura 7

Glándulas bulbouretrales



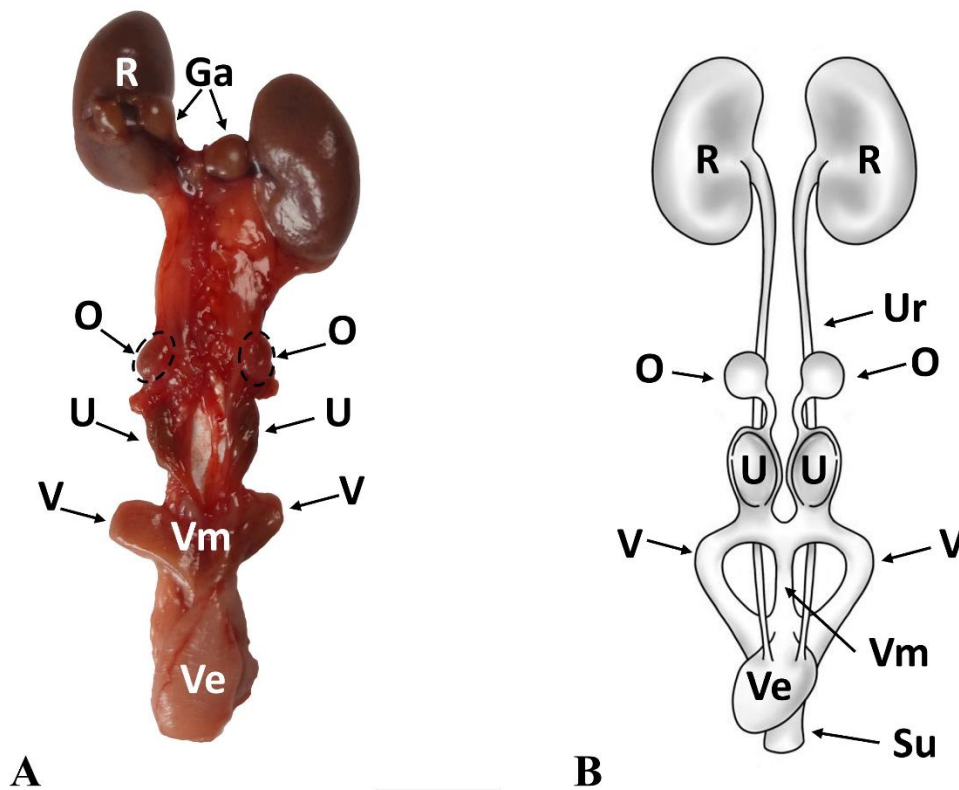
Nota. Par izquierdo y derecho de glándulas bulbouretrales señaladas con línea punteada. La barra de escala establecida en la imagen es de 1 mm.

4.2.2. Descripción macroscópica hembra

El sistema urogenital femenino mide alrededor de 5,5 cm, está ubicado en la cavidad abdominal inferior y está compuesto por: riñones, glándulas adrenales, ovarios, úteros, vaginas y vejiga (Figura 8).

Figura 8

Sistema urogenital femenino Marmosa robinsoni

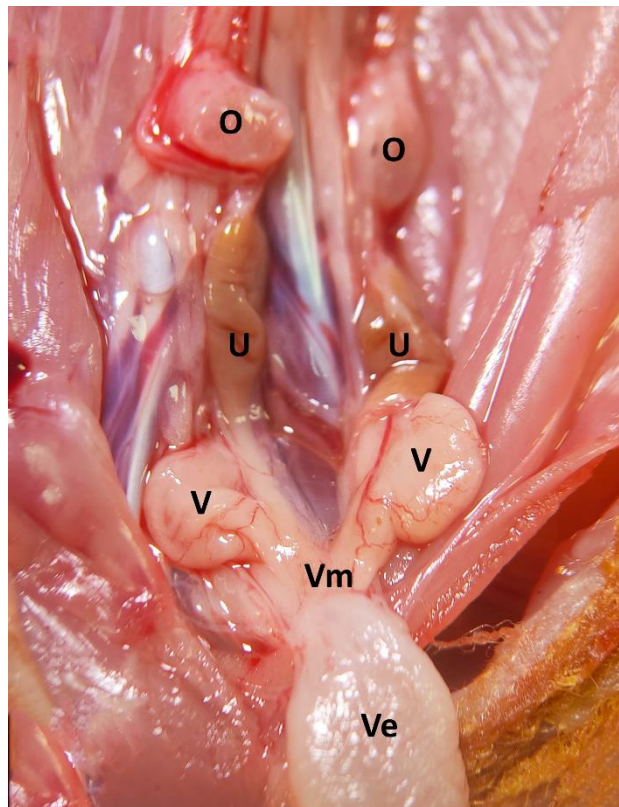


Nota. Sistema extraído (A) e ilustración a partir de este (B). Riñones (R). Glándulas adrenales (GA). Ovarios (O). Úteros (U). Vaginas laterales (V). Vagina medial (Vm). Vejiga (Ve). Uréteres (Ur). Seno urogenital (Su). La barra de escala establecida en la imagen es de 10 mm. Ilustración hecha por Lina Serrano.

En *M. robinsoni*, los ovarios son dobles, ovoides y de coloración blanquecina, miden alrededor de 3 mm de largo y 2 mm de ancho, se encuentran ubicados distalmente a los riñones y por encima de los úteros; estos últimos son dobles, paralelos y de tonalidad café (más oscura que ovarios), cada uno cuenta con su propio cérvix que desembocan en el seno vaginal, que a su vez se fracciona en dos vaginas laterales para la subida de espermia y una vagina medial como canal de parto. Finalmente, las vaginas desembocan en el seno urogenital (Figura 9).

Figura 9

Partes del sistema reproductor femenino en Marmosa robinsoni.



Nota. Ovarios (O). Úteros (U). Vaginas laterales (V). Vagina medial (Vm). Vejiga (Ve).

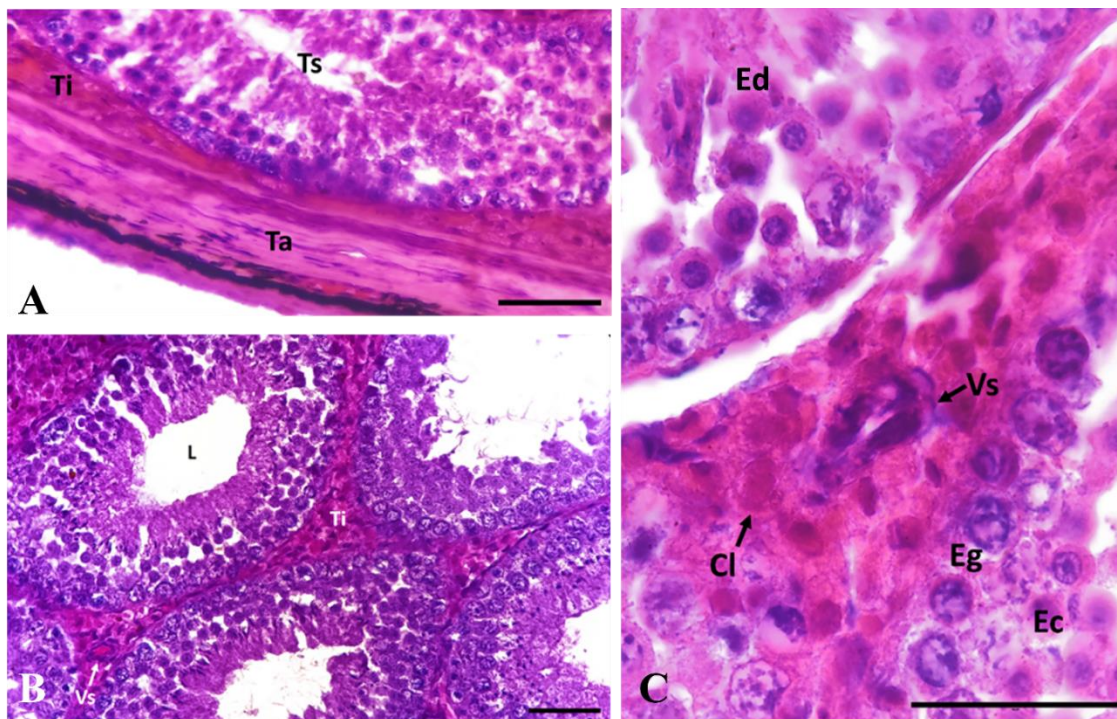
4.3 Descripción microscópica

4.3.1 Descripción microscópica del tracto masculino

4.3.1.1 Testículos. Circundando los túbulos seminíferos y limitando el órgano, se encuentra la túnica albugínea, una capa de tejido conjuntivo regular denso (Figura 10A). Los testículos están conformados por túbulos seminíferos, lugar donde se da la espermatogénesis en el sentido centrípeto, con los espermatozoides hacia el lumen de los túbulos (Figura 10B). Estos túbulos se encuentran embebidos en tejido intersticial, esto es tejido conjuntivo laxo con células de Leydig, capilares sanguíneos, vasos y fibras nerviosas. Las células de Leydig son las responsables de la producción de testosterona, tienen forma ovoide o irregular con un núcleo denso esférico y se pueden encontrar aisladas o en grupos en el tejido intersticial (Figura 10C).

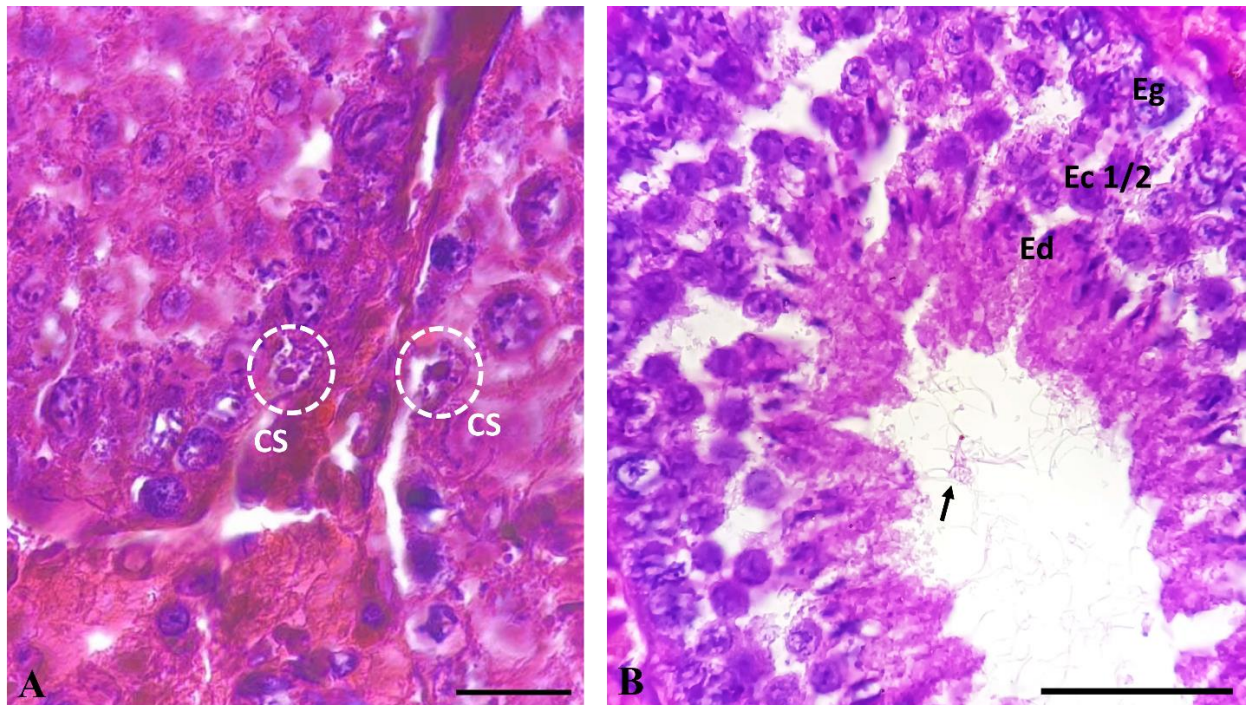
Figura 10

Detalles testículos



Nota. Túnica albugínea alrededor de túbulo seminífero (A): túnica albugínea (Ta). Tejido intersticial (Ti). Túbulo seminífero (Ts). Túbulos seminíferos en testículo (B): Cortex (C). Lumen (L). Tejido intersticial (Ti). Vaso sanguíneo (Vs). Acercamiento en tejido intersticial (C): células de Leydig (Cl). Vaso sanguíneo (Vs). Espermatogonias (Eg). Espermatocitos (Ec). Espermátidas (Ed). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 μm .

En el interior de los túbulos seminíferos se encuentran las células de Sertoli, que se encargan del soporte y nutrición de las células germinales masculinas además de determinar las condiciones internas del túbulo por su actividad hormonal; estas son células somáticas irregulares que se encuentran en la en la periferia de los túbulos (Figura 11A). Allí es en donde se ubican las células germinales y se da la espermatogénesis iniciando con la proliferación de las espermatogonias desde la periferia hasta el centro del túbulo en dirección radial. Las espermatogonias son esféricas y presentan un núcleo denso aún diploide, ellas por mitosis producen los espermatocitos primarios que presentan un menor tamaño que las espermatogonias; los espermatocitos primarios se dividen por meiosis a espermatocitos secundarios (más pequeños que espermatocitos primarios). Seguidamente, se da una segunda división meiótica que forma las espermátidas, estas son células más pequeñas que los espermatocitos secundarios, esféricas de núcleo denso y haploide. Por último, las espermátidas por medio del proceso de la espermiogénesis se transforman en los espermatozoides que se ubican al borde luminal (Figura 11B).

Figura 11*Células de Sertoli y germinales masculinas en túbulo seminífero*

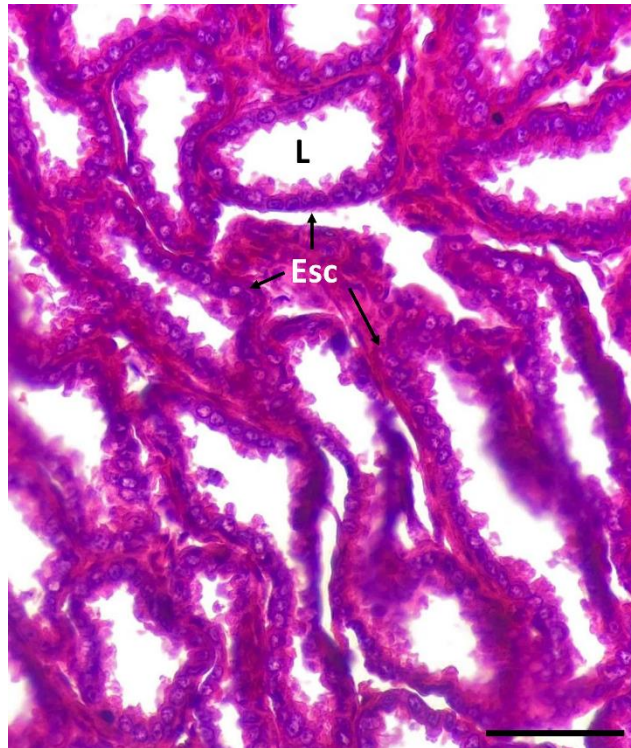
Nota. Células de Sertoli en túbulo (A): células de Sertoli (CS) en círculo punteado. Células germinales (B): Espermatogonias (Eg). Espermatocitos primarios y secundarios (Ec 1/2). Espermátidas (Ed). Espermatozoides (Flecha). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 µm.

4.3.1.2 Epidídimo. El epidídimo es un conducto contorneado que rodea a los testículos y almacena los espermatozoides producidos en ellos, antes de ser transportados al conducto deferente y a la uretra prostática. La morfología de su epitelio puede variar a lo largo de su superficie luminal, se encuentra epitelio cúbico simple, columnar simple o pseudoestratificado. Está compuesto por los conductos epididimarios y conectados a ellos se encuentran los conductos eferentes y la red testicular o *rete testis*.

La *rete testis* es una trama de canales interconectados que se encargan de transportar de manera rápida los espermatozoides producidos en los túbulos seminíferos hasta la región superior del epidídimo a través de los ductos eferentes. Se trata de una serie de ductos revestidos por epitelio simple cúbico (Figura 12).

Figura 12

Rete testis en Marmosa robinsoni.

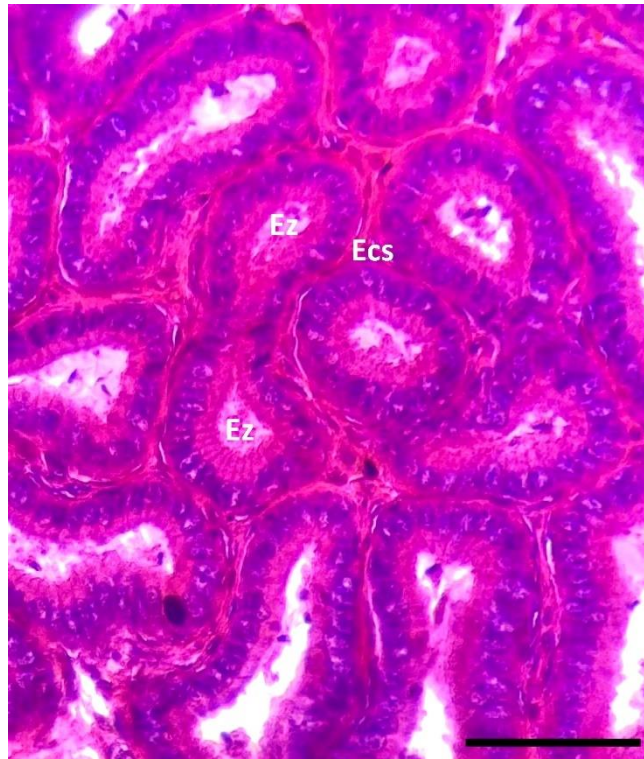


Nota: Epitelio simple cúbico (Esc) revistiendo el lumen de la *rete testis* (L) en *M. robinsoni*. La barra de escala establecida en la imagen es de 100 μm .

Los conductos eferentes están conectados a la red testicular y presentan un epitelio notablemente más alto, un epitelio columnar simple y un conjuntivo subyacente más grueso; en su lumen se observa una sustancia rosada donde se aprecian espermatozoides (Figura 13).

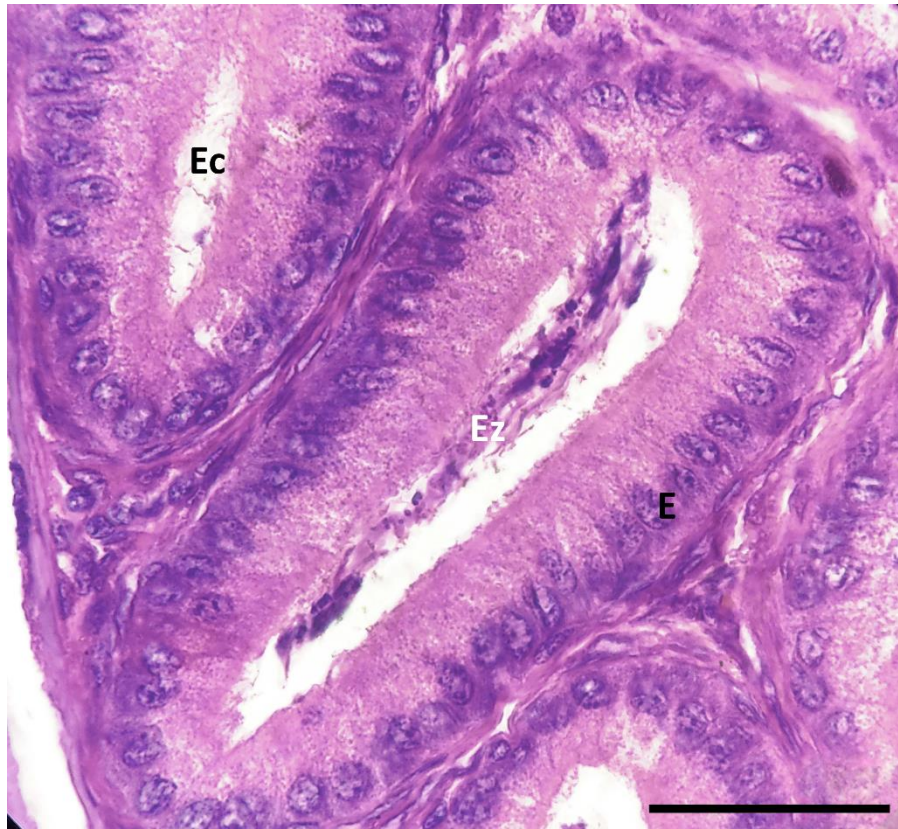
Figura 13

Conductos eferentes en Marmosa robinsoni.



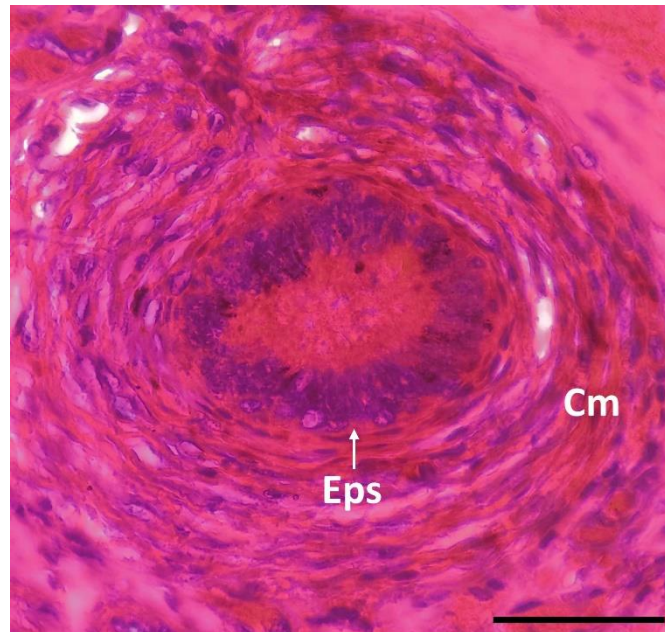
Nota: Conductos eferentes con espermatozoides en su lumen (Ez) y epitelio columnar simple (Ecs). La barra de escala establecida en la imagen es de 100 μ m.

Los conductos epididimarios están contenidos en tejido conjuntivo laxo y rodeados de músculo liso. Están constituidos por epitelio columnar (Figura 14A) en sus paredes y en su lumen almacenan espermatozoides, presentan además estereocilios evidentes.

Figura 14*Conducto epididimario*

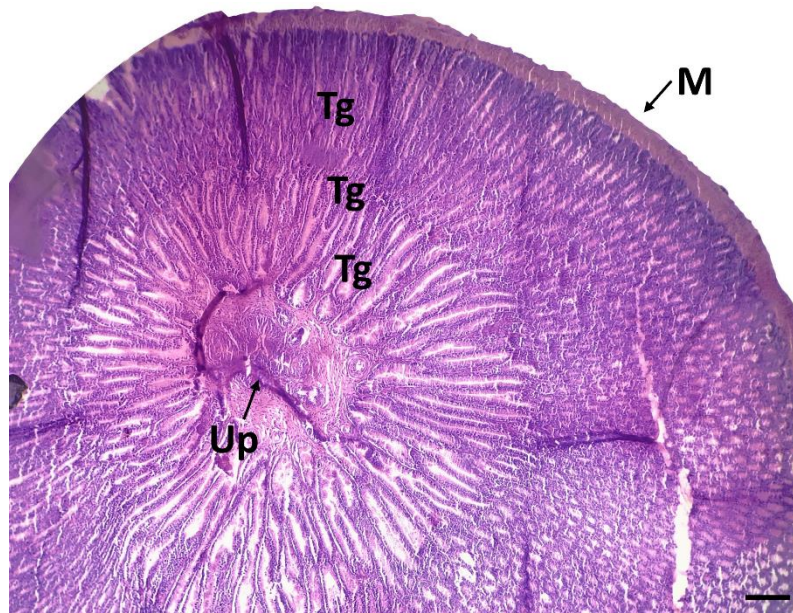
Nota. Conductos epididimarios: Estereocilios (Ec). Espermatozoides (Ez). Epitelio columnar simple (E). Tejido conjuntivo laxo (Tcl). La barra de escala establecida en la imagen es de 50 μm .

4.3.1.3 Conductos deferentes. Se encuentran en el interior del funículo espermático y se encargan de transportar los espermatozoides producidos en los testículos y almacenados en el epidídimo hasta la uretra prostática donde se mezclan con otros líquidos, para formar el semen, y finalmente ser expulsados durante la eyaculación. El conducto deferente consiste en un epitelio luminal pseudoestratificado envuelto por una capa gruesa de músculo liso (Figura 15).

Figura 15*Acercamiento conducto deferente*

Nota. Capa muscular (Cm). Epitelio pseudoestratificado (Eps). La barra de escala establecida en la imagen es de 50 μm .

4.3.1.4 Próstata. Consta de tejido glandular dispuesto de forma radial alrededor de la uretra rodeado de una capa de tejido conjuntivo denso y músculo liso. Los túbulos glandulares se componen de células secretoras separadas de la matriz extracelular por una lámina basal, que, junto con el tejido conjuntivo subyacente, forman la membrana basal. Se encuentran soportados por tejido conjuntivo laxo y se organizan de forma transversal en la corteza del tejido y a medida que se acercan a la uretra prostática, se acomodan longitudinalmente (Figura 16).

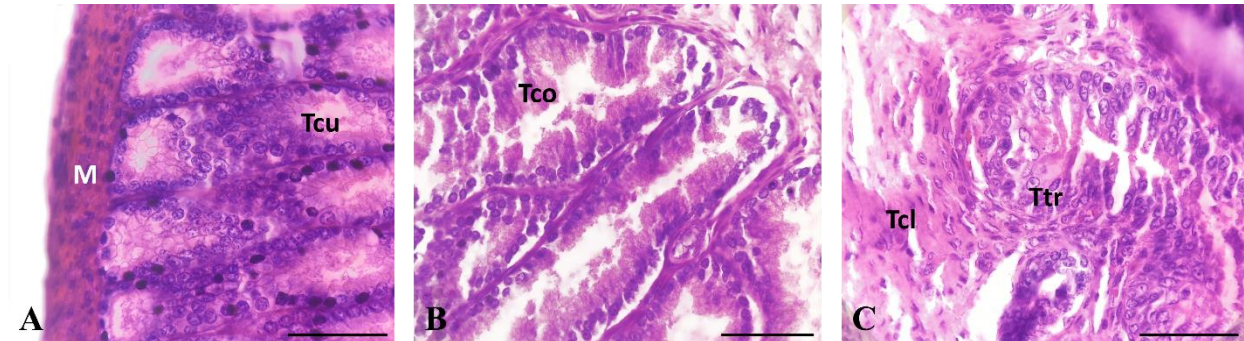
Figura 16*Tejido glandular en próstata*

Nota. Disposición de túbulos glandulares en próstata. Tejido glandular (Tg). Capa muscular (M). Uretra prostática (Up). La barra de escala establecida en la imagen es de 100 μ m.

Los túbulos del córtex presentan un tejido columnar simple (Figura 17A) y a medida que avanzan hacia la médula, presentan un epitelio columnar (Figura 17B) que termina en epitelio de transición en la uretra prostática (Figura 17C).

Figura 17

Transición de túbulos glandulares en la próstata.

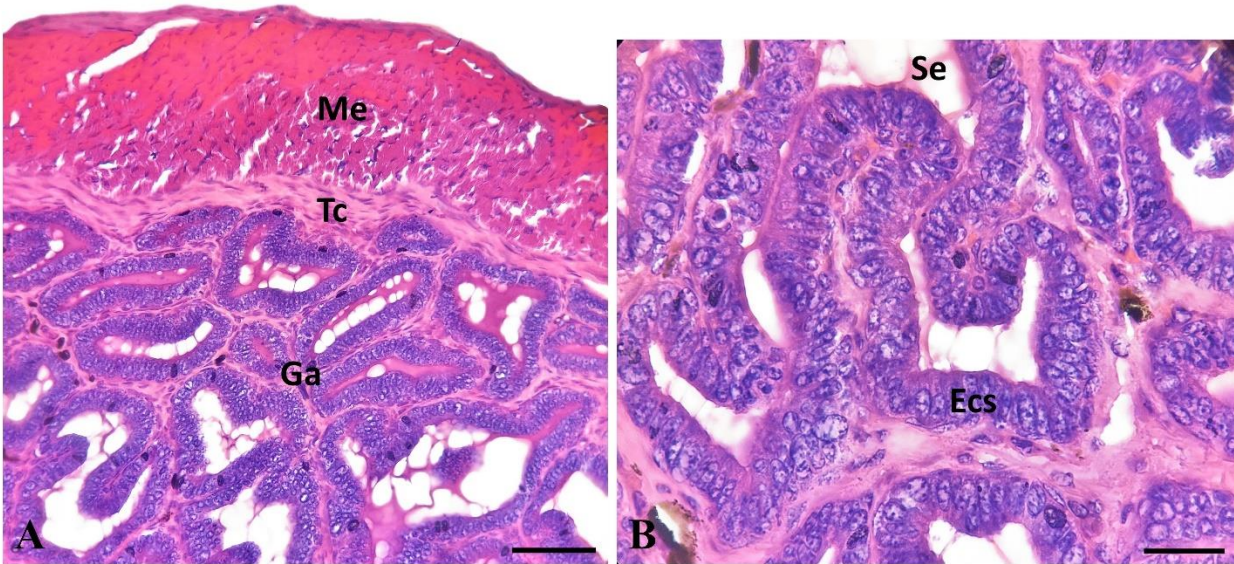


Nota. Túbulos glandulares en la región cortical de la glándula (transversales) (A): capa muscular (M). Tejido conjuntivo denso (Tcd). Tejido cúbico simple (Tcu). Túbulos glandulares hacia la región medular de la glándula (longitudinales) (B): tejido columnar simple (Tco). Uretra prostática (C): tejido conjuntivo laxo (Tcl). Tejido de transición (Ttr). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 μ m.

4.3.1.5 Glándulas bulbouretrales. Están conformadas por glándulas acinares simples rodeadas externamente por una gruesa capa de músculo estriado y otra de tejido conjuntivo denso que da soporte a la estructura (Figura 18A). Los acinos presentan un tejido columnar simple y en ocasiones de transición, con un lumen prominente y a menudo distorsionado por la evaginación de estos sacos contorneados; en este espacio es en donde se observan secreciones de tipo exocrino (Figura 18B).

Figura 18

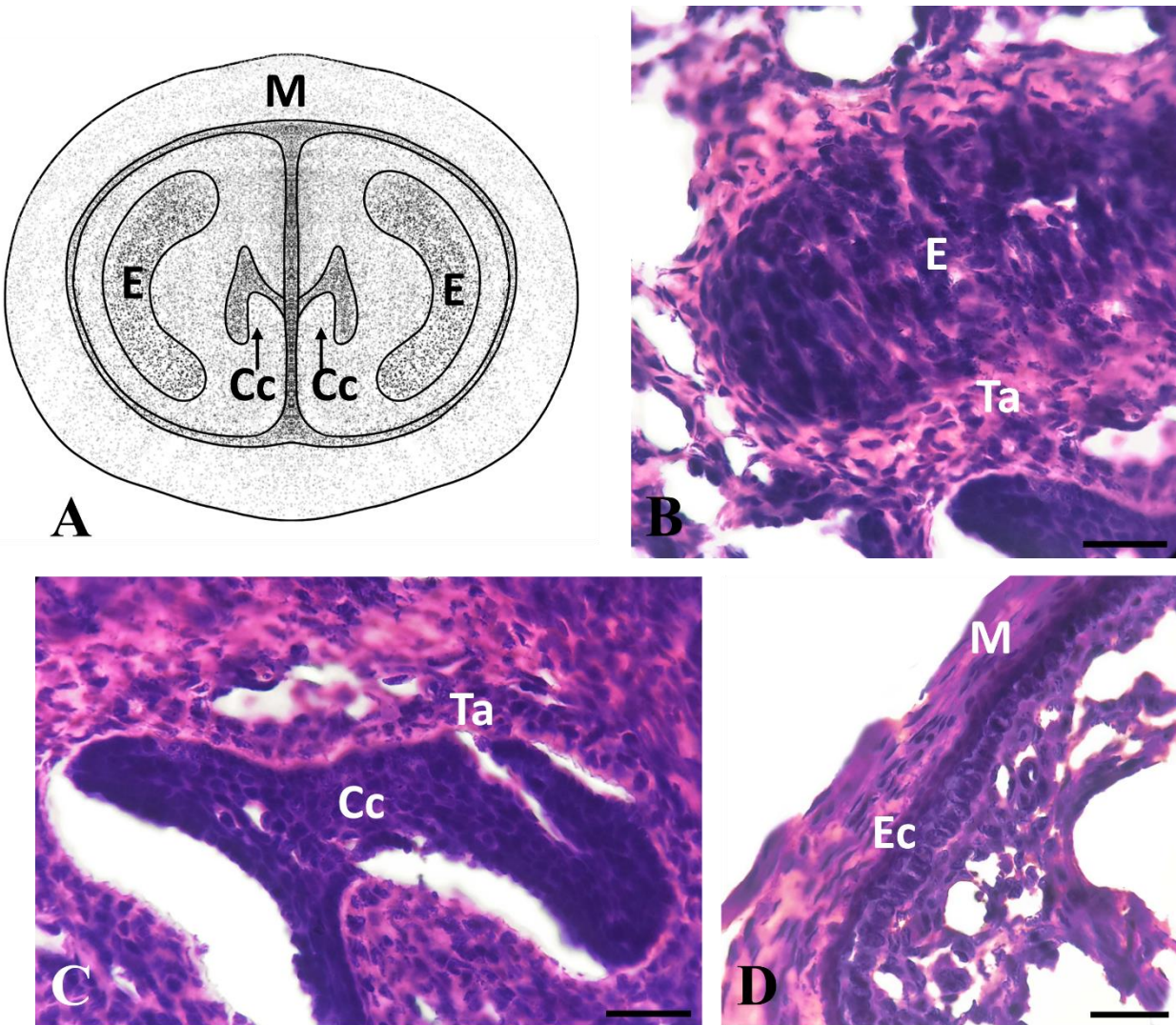
Glándulas bulbouretrales en Marmosa robinsoni.



Nota. Corteza y parte de la médula (A): músculo estriado (Me). Tejido conjuntivo (Tc).

Glándulas acinares (Ga). Acercamiento de médula (B): secreciones (S). Epitelio columnar simple (Ecs). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 y 25 μm en A y B respectivamente.

4.3.1.6 Pene. Es el órgano encargado de la copulación y micción. Contiene el cuerpo cavernoso y esponjoso formados por tejido eréctil (Figura 19B y C), esto es un conjunto de nervios, arterias, fibras de músculo y vasos sanguíneos; ambos cuerpos están rodeados por tejido conjuntivo denso formando una túnica albugínea alrededor de cada uno (Figura 19A). El cuerpo esponjoso contiene la uretra en un corte más basal. Alrededor de estos cuerpos, se observa un epitelio cúbico simple y más externamente una capa de músculo liso (Figura 19D).

Figura 19*Acercamiento de pene en Marmosa robinsoni*

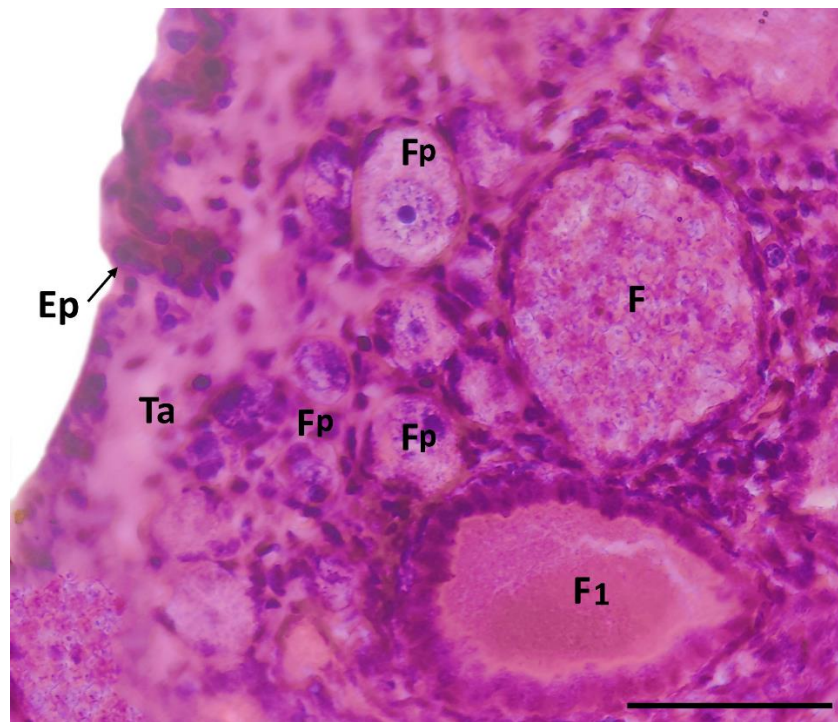
Nota. Ilustración de pene (A): cuerpo cavernoso (Cc). Cuerpo esponjoso (E). Capa muscular (M). Acercamiento de cuerpo esponjoso (B) y cuerpo cavernoso (C) con tejido eréctil en su interior y rodeados por la túnica albugínea (Ta). Acercamiento de la zona periférica del pene (D): epitelio cúbico simple (Ec) circundante y capa muscular exterior (M). La barra de escala establecida en las imágenes es de 25 μm en B, C y D. Ilustración hecha por Lina Serrano.

4.3.2 Descripción microscópica del tracto femenino

4.3.2.1 Ovarios. Presentan forma circular y plana, constan de epitelio plano ya sea simple o estratificado recubriendo la parte externa seguido inmediatamente por una túnica albugínea. En la región de la corteza del órgano se da la maduración folicular por lo que se observan folículos en diferentes estadios de crecimiento (foliculogénesis) (Figura 20), estos contienen un oocito, células del cúmulo o células de la granulosa, teca y fluido.

Figura 20

Folículos en ovario

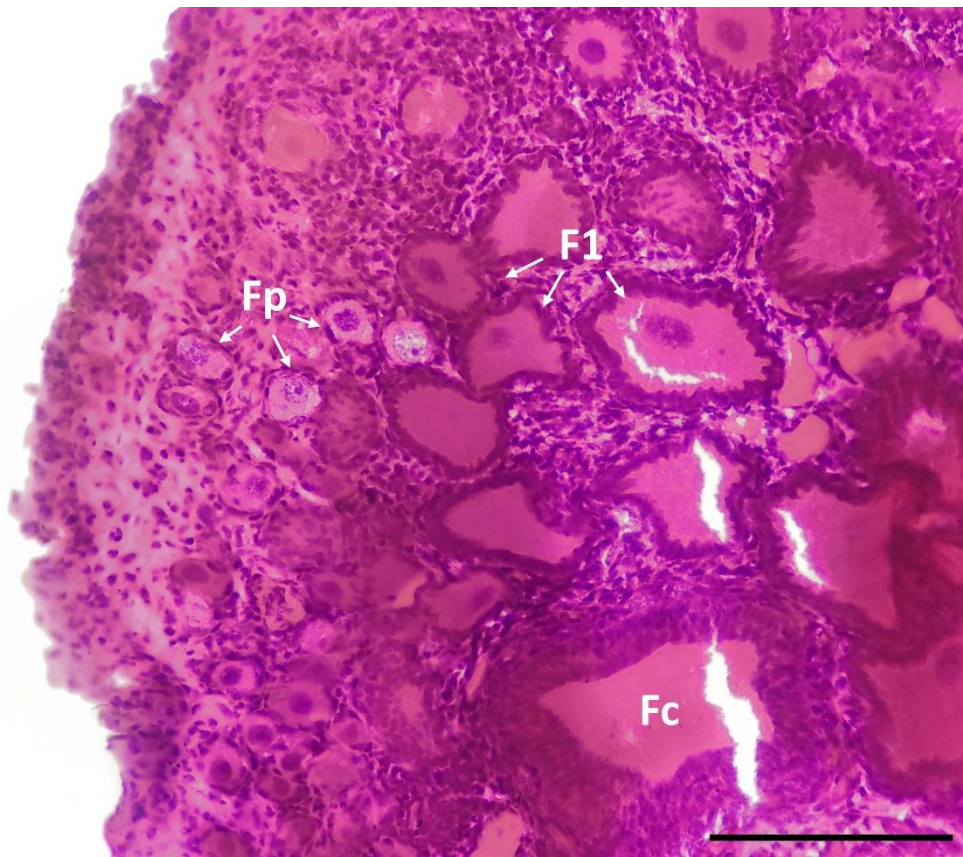


Nota. Epitelio simple plano recubriendo ovario (Ep). Crecimiento folicular: folículos en diferentes estadios de desarrollo, folículos primordiales (Fp), folículos primarios (F1) y folículo en etapa intermedia entre primordial y primario (F). La barra de escala establecida en la imagen es de 25 μm .

Los folículos se encuentran embebidos en tejido conjuntivo laxo: en la región cortical se observan folículos primordiales, primarios y folículos en crecimiento (aumento de capas foliculares) (Figura 21).

Figura 21

Zona cortical del ovario en donde se da la foliculogénesis



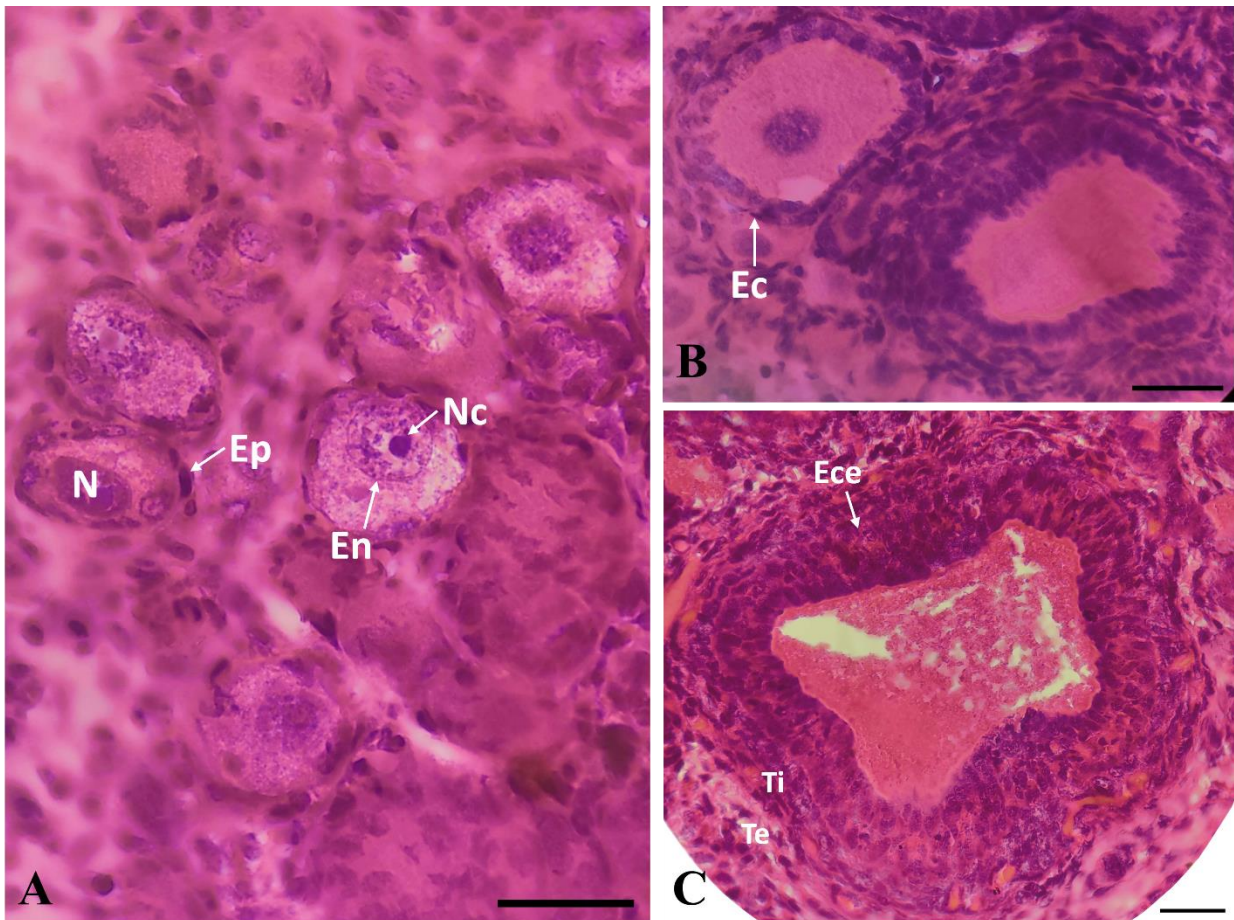
Nota. Zona cortical (Cr) del ovario. Se observan folículos primordiales (Fp), primarios (F1) y folículos en crecimiento (Fc) . La barra de escala establecida en la imagen es de 50 μ m.

Los folículos primordiales se distinguen por presentar un epitelio plano simple (células de la granulosa) rodeando el oocito y por encontrarse cerca de la túnica albugínea. Presentan un

núcleo redondo y periférico, un único nucleolo notorio y una envoltura nuclear rodeándolos (Figura 22A). Cuando el oocito inicia su fase de crecimiento, el epitelio simple plano de la granulosa se convierte en epitelio cúbico simple, convirtiéndose así en folículos primarios y aumentando su tamaño (Figura 22B). De esta manera, a medida que va creciendo el oocito, van aumentando el número de capas del epitelio folicular, formando folículos de 2 y 3 capas, formándose además dos capas tecaes a partir de las células del tejido conjuntivo que circundan el folículo: una interna de tejido conectivo con vasos sanguíneos y una externa con un tejido conectivo más laxo (Figura 22C).

Figura 22

Folículos ováricos en diferentes estadios de crecimiento en Marmosa robinsoni.



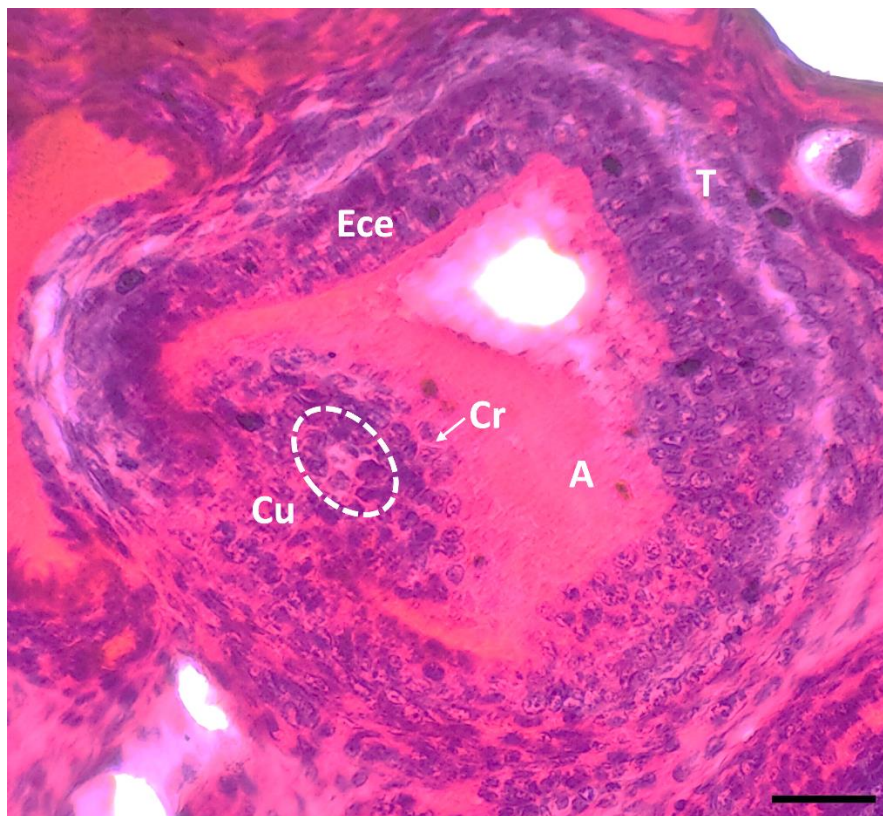
Nota. Folículos primordiales (A): células del epitelio folicular formando un epitelio plano simple (Ep). En el interior del oocito se observa un núcleo (N), un nucleolo (Nc) y a su alrededor una envoltura nuclear (En). Folículos primarios (B): las células del epitelio folicular forman un epitelio cúbico simple (Ep). Folículo en crecimiento (C): aumento de capas de células foliculares, se presenta un epitelio cúbico estratificado (Ece) y dos capas tecales: una interna (Ti) y una externa (Te). Aunque no sea posible su observación debido al punto donde se efectuó el corte, el ovocito

se encuentra en el interior de cada uno de los folículos. La barra de escala establecida en las imágenes es de 25 μm .

En el folículo de Graaf se observa un antro folicular en expansión que desplaza el oocito hacia la periferia folicular, de esta forma, este último termina rodeado por las células de la granulosa que forman una corona radiata, las células del cúmulo ubicadas en su base y varias capas de células foliculares en el borde del folículo. Por último, se encuentran las células de la teca formando la capa más externa de este conjunto (Figura 23).

Figura 23

Folículo de Graaf



Nota. Folículo de Graaf que muestra el oocito (dentro de la línea punteada) rodeado por las células de la granulosa que forman la corona radiata (Cr) y células del cúmulo (Cu), estos dentro del antro

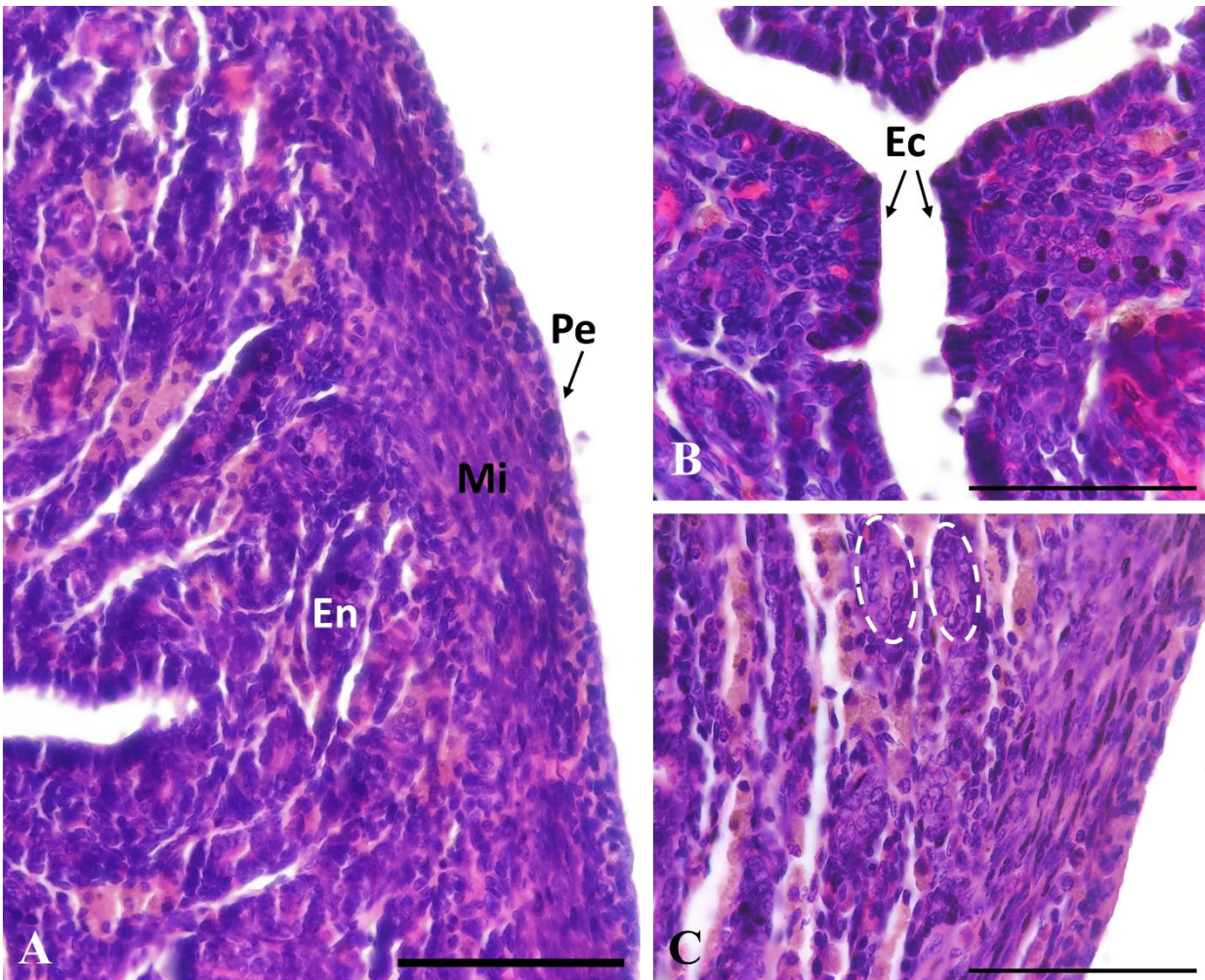
folicular (A). Las células de la granulosa más externas en el folículo, forman un epitelio cúbico estratificado (Ece) que rodea la agrupación anteriormente nombrada y en el exterior se observan las células de la teca (T). La barra de escala establecida en la imagen es de 25 μ m.

Cabe resaltar que en las hembras analizadas en el presente estudio, no se observó la presencia de cuerpos lúteos.

4.3.2.2 Útero. Son órganos pareados de forma tubular constituidos por tres capas: endometrio, miometrio y perimetrio (Figura 24A). La capa más interna, el endometrio, está constituido por epitelio columnar simple en los pliegues de la mucosa (Figura 25B) y su estroma cuenta con numerosas glándulas endometriales asociadas al tejido conjuntivo subyacente y rodeadas por epitelio cúbico simple (Figura 24C). Seguido al endometrio se encuentra el miometrio conformado por músculo liso y en la parte más externa se encuentra el perimetrio.

Figura 24

Partes del útero en Marmosa robinsoni

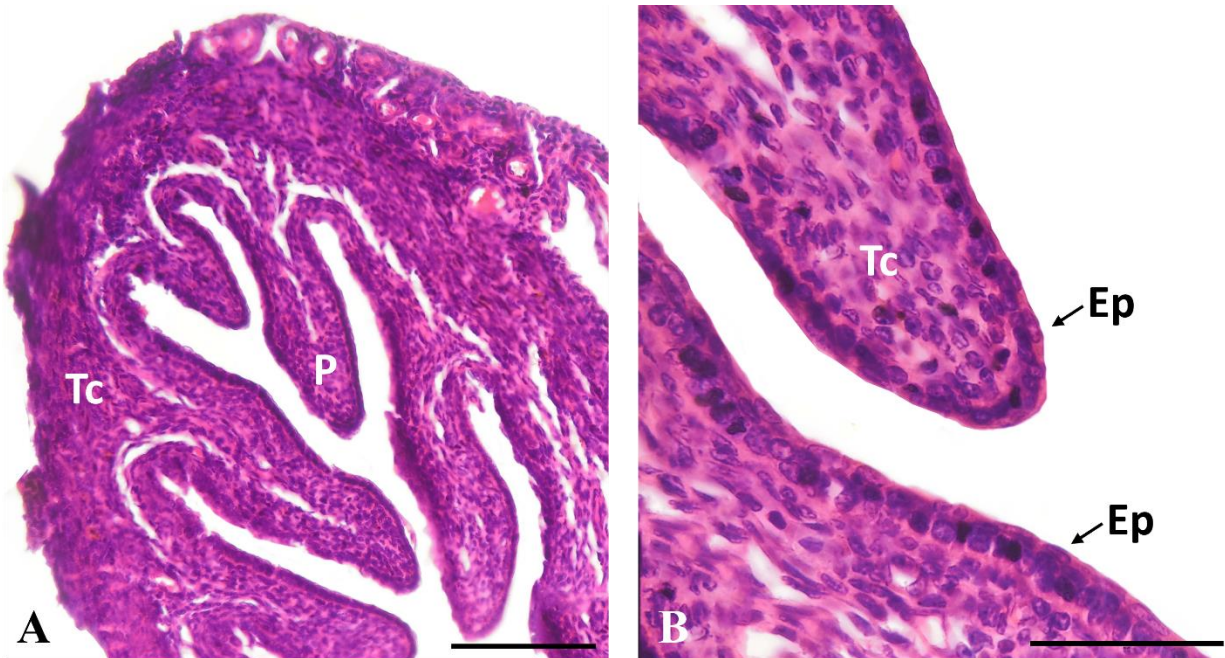


Nota. Capas del útero en *M. robinsoni* (A): Endometrio (En). Miometrio (Mi). Perimetrio (Pe). Epitelio en endometrio (B): Epitelio columnar simple (Ep). Glándulas endometriales (C): glándulas en endometrio compuesto por epitelio cúbico simple (líneas punteadas). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50, 25 y 25 μm respectivamente.

4.3.2.3 Vagina. Las vaginas laterales presentan una gran cantidad de pliegues revestidos de epitelio plano estratificado hacia el lumen y soportado por tejido conjuntivo denso (Figura 25A y B).

Figura 25

Detalles de vagina lateral en Marmosa robinsoni

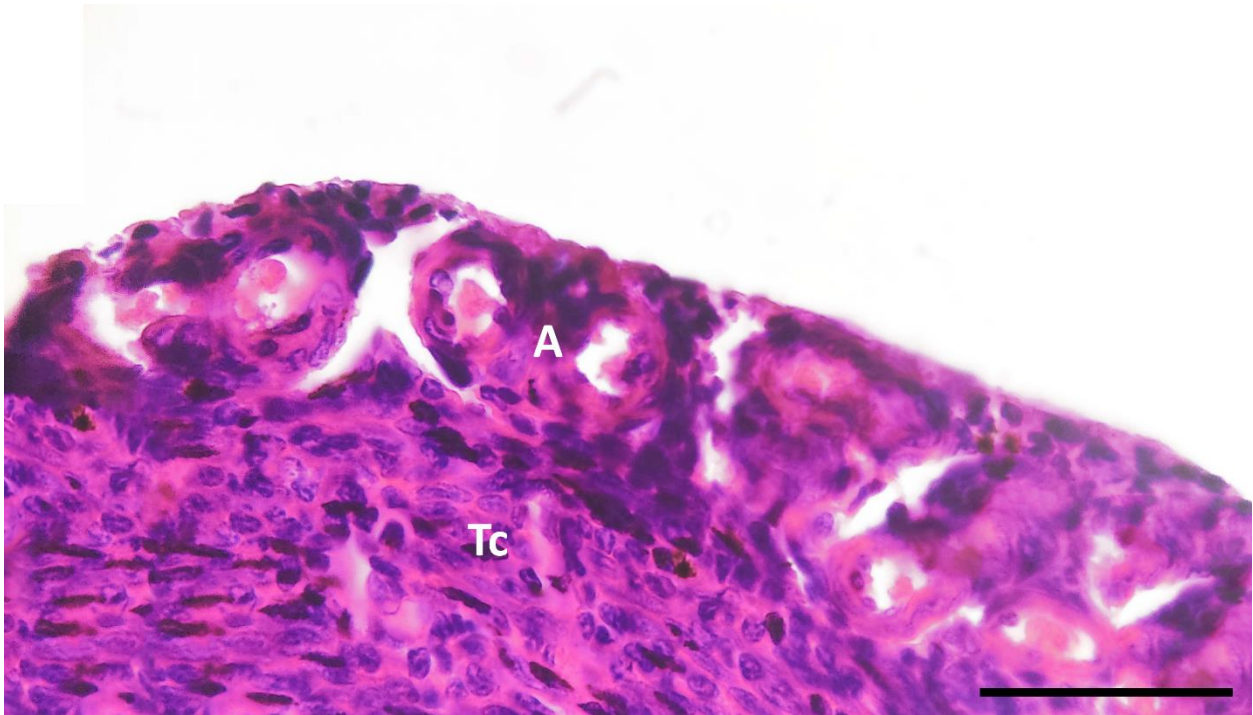


Nota. Pliegues en vagina (A): Tejido conjuntivo denso (Tc). Pliegue (P). Acercamiento de epitelio en vagina (B): epitelio plano estratificado (Ep). Tejido conjuntivo denso (Tc). La barra de escala establecida en las imágenes es de 100 μ m en A y 50 μ m en B.

En la periferia del órgano, se ubican numerosas arteriolas inmersas en tejido conjuntivo (Figura 26).

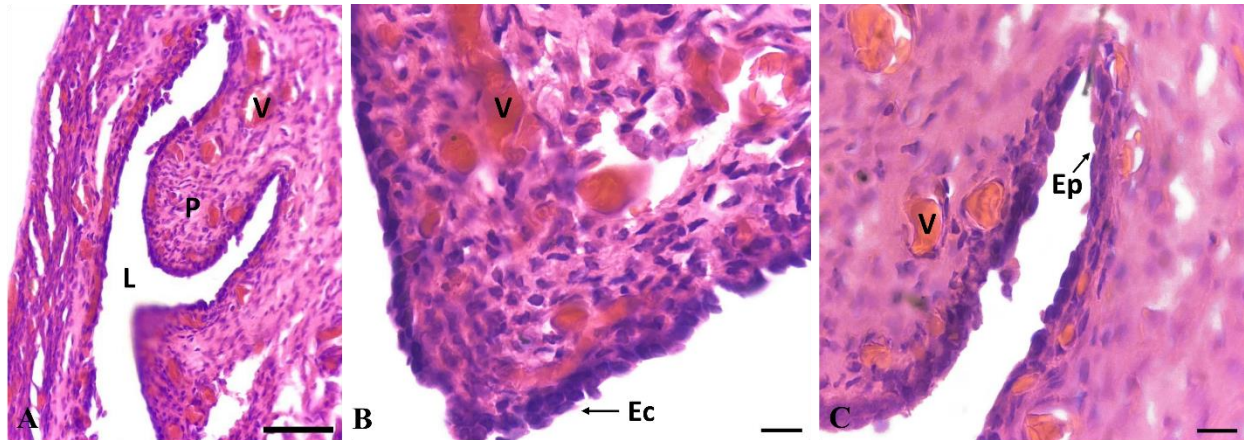
Figura 26

Acercamiento vagina lateral.



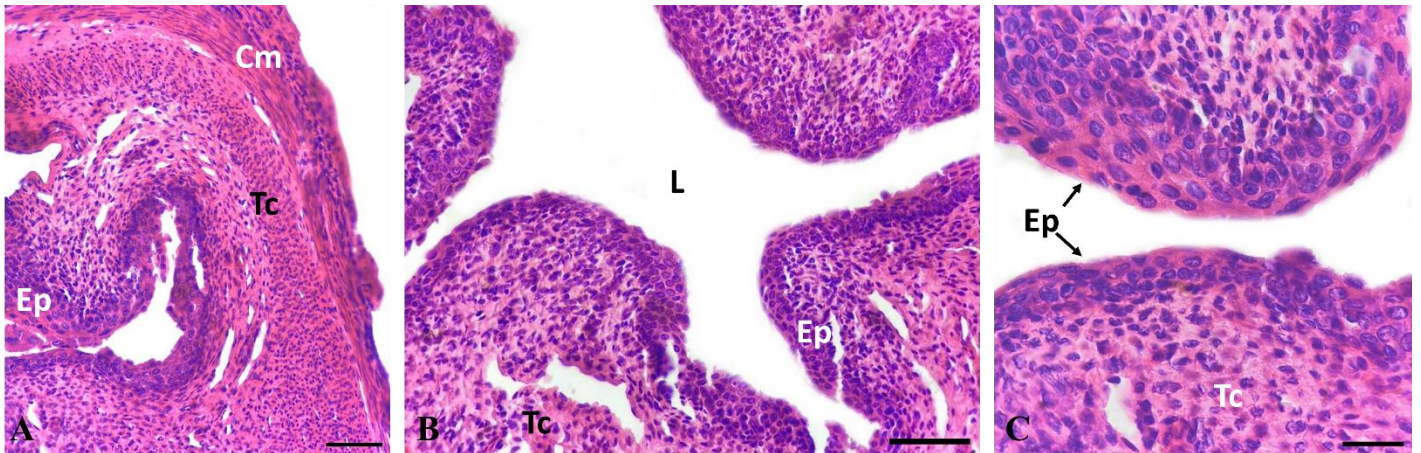
Nota. Arterioles en vagina (A). Tejido conjuntivo denso (Tc). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 μ m.

Asimismo, la vagina medial presenta una menor cantidad de pliegues revestidos por epitelio estratificado (Figura 27A) que varía entre cúbico y plano, estos dan a un lumen y están soportados por tejido conjuntivo denso; se observa además que es un tejido altamente vascularizado, esto es, con una alta presencia de riego sanguíneo (Figura 27B y C).

Figura 27*Vagina medial en Marmosa robinsoni*

Nota. Detalles de vagina medial (A): pliegues (P). Vascularización (V). Lumen (L). Acercamiento de epitelios (B y C): epitelio estratificado cúbico (Ec). Epitelio estratificado plano (Ep). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 μm en A y 25 μm en B y C.

4.3.2.4 Seno urogenital. Es el lugar donde desembocan las vaginas, consta de una túnica de músculo liso en su parte más externa precediendo una gruesa capa de tejido conjuntivo denso revestida por un epitelio plano estratificado formando pliegues que dan a un lumen (Figura 28 A, B y C).

Figura 28*Seno urogenital en Marmosa robinsoni*

Nota. Detalles del seno urogenital (A): capa muscular en la región más externa (Cm). Tejido conjuntivo denso (Tc). Epitelio plano estratificado (Ep). Acercamiento de pliegues (B): lumen (L). Epitelio plano estratificado (Et). Tejido conjuntivo denso (Tc). Aumento epitelio (C): epitelio plano estratificado (Et). Tejido conjuntivo denso (Tc). La barra de escala establecida en las imágenes es de 50 μm en A y B y 25 μm en C.

5. Discusión

El presente estudio representa el primer acercamiento a la descripción morfológica e histológica del sistema reproductivo de *Marmosa robinsoni* y de su gametogénesis; a pesar de que se encuentra disponible su información ecológica, comportamental y distribucional, este trabajo muestra el primer avance de esta índole en dicha especie poco estudiada y ubicada en un grupo igualmente desconocido. Por esta razón, las comparaciones con otros individuos incluyen distancias filogenéticas relativamente considerables.

Los estudios de microscopía óptica realizados en el presente análisis constataron que la descripción macroscópica y microscópica del sistema reproductivo, incluyendo órganos, ductos y además foliculogénesis y espermatogénesis, en *M. robinsoni*, concuerdan con estudios similares hechos en otros didélfidos. (Barbour, 1981 en *Lasiorhinus latifrons*; Costa et al., 2015 en *Metachirus nudicaudatus*; Cruz & Selwood, 1993 en *Antechinus stuartii*; Cesario y Matheus, 2008 en *Didelphis albiventris*; De Barros et al., 2013 en *Didelphis sp*; Fleming y Harder, 1983 en *Didelphis virginiana*; Khamas, 2014 en *Macropus giganteus giganteus*; Lima et al., 2013 en *Gracilinanus microtarsus*; Lyne y Hollis, 1983 en *Isoodon macrourus* y *Perameles nasuta*; Gonçalves et al., 2009 en *Didelphis sp*; Nelsen y Maxwell, s.f. en *Didelphis virginiana*; Richings et al., 2006 en *Macropus eugenii*; Schimming et al., 2018 en *Didelphis albiventris*)

5.1 Morfología e histología masculina

El aparato reproductor masculino de *M. robinsoni*, es similar al de *Gracilinanus microtarsus* (Lima et al., 2013) y de *Didelphis sp*. (De Barros et al., 2013). A pesar de haber correspondencia en cuanto a posicionamiento y conformación de cada uno de los órganos y ductos, el pene descrito para *G. microtarsus* y *Didelphis sp*. se presenta como bífido, en contraposición a lo descrito en el presente estudio para *M. robinsoni* en donde se encontró un pene simple. Una de las posibles explicaciones para este caso, está planteada por Hershkovitz, quien afirma que en especies de marsupiales como *Gracilinanus agilis*, y en géneros como *Marmosops*, *Micoureus*, *Thylamys* y *Metachirus*, el glande es inicialmente simple en individuos juveniles y a medida que estos maduran, gradualmente pasan a una condición bífida (Dixson, 2021). Debido a los cortes histológicos y la espermatogénesis en estado avanzado que se observó para los individuos en estudio de *M. robinsoni*, se concluye que se trataba de especímenes en condición adulta; por lo que la otra hipótesis de este mismo autor encaja más adecuadamente en la explicación de tal

fenómeno: el tipo de glande de una sola cabeza representa una condición primitiva en los marsupiales (plesiomorfía), por lo que algunos grupos carecen de pene bífido, tal es el caso de *Marmosa mexicana* y de grupos como las zarigüeyas, canguros y walabíes.

Aún es desconocida la razón de la evolución bífida de los penes marsupiales, se podría inferir que una disposición bifurcada y compatible con las vaginas laterales durante el apareamiento aportaría una mejor recepción de espermatozoides; pero estudios hechos en walabies, marsupiales con pene no bífido, desmentirían esta declaración, ya que en este caso los espermatozoides viajaban de igual forma por las vaginas laterales (Dixson, 2021). Se vuelve necesario entonces, una mayor consideración y estudio al hecho de la correspondencia o falta de ella en los genitales marsupiales de ambos sexos.

Asimismo, también se observan diferencias en la disposición de las glándulas bulbouretrales de *M. robinsoni* en comparación con otros marsupiales como *Didelphis sp.* (De Barros et al., 2013) y *Gracilinus microtarsus* (Lima et al., 2013); en *M. robinsoni* se observan 2 pares de estas glándulas, mientras que, en los marsupiales anteriormente nombrados, se describen 3 pares. Rodger y Hughes (1973), describen las glándulas accesorias masculinas de 8 especies de marsupiales australianos (*Macropus eugenii*, *Potovous tridactyls*, *Sminthopsis crassicaudata*, *Antechinus stuartii*, *Pseudocheirus peregrinus*, *Trichosurus vulpecula*, *Isoodon macrourus*, and *Perameles nasuta*), detallando la presencia de 1 a 3 pares de glándulas bulbouretrales; asimismo Nogueira et al. (2004), compara la información disponible sobre 22 especies de didélfidos sudamericanos y resalta la presencia de 2 a 3 pares de glándulas. Al notar la falta de correspondencia en estos datos, se deduce entonces, que la cantidad de pares de glándulas dispuestas en el sistema reproductivo masculino es un factor propio de cada especie.

En cuanto a la morfología testicular, se destaca para *M. robinsoni* una túnica albugínea de color oscuro que le concede una tonalidad azulosa a los testículos aun estando recubiertos por el escroto. Lima et al. (2013) describe la misma coloración para *Gracilinanus microtarsus* y De Barros et al. (2013), realiza una comparación en este ámbito para individuos jóvenes y adultos de *Didelphis sp.*, resaltando que la coloración oscura es un atributo propio de individuos adultos. Adicionalmente, Nogueira et al. (2004), presenta una recopilación de datos en la que se comparan 22 especies de didélfidos sudamericanos, de las cuales 21 especies presentaron esta coloración distintiva en su túnica albugínea. Biggers (1966), sugiere que esta pigmentación testicular está relacionada con la regulación de la temperatura en esta zona debido a que una tonalidad oscura absorbe la radiación incidente sobre ella, pero debido a las diferencias en las condiciones climáticas que experimenta cada especie, no parece haber una correlación clara entre estos factores; se sugiere entonces, una investigación más extensa en este ámbito. En contraposición a esto y a partir de la descripción morfológica de sus sistemas reproductivos, mamíferos como *Oryctolagus cuniculus* (Smok y Adaro, 2009) y *Cuniculus paca* (Borges et al., 2013) presentan una túnica albugínea sin un color contrastante. Se infiere entonces, que esta coloración distintiva es un atributo propio de marsupiales y no de otros mamíferos.

Por otro lado, la estructura histológica testicular y de los ductos sigue el patrón reportado para otros mamíferos.

5.2 Morfología e histología femenina

Al observar la disección hecha a las hembras de *Marmosa robinsoni*, resalta internamente (recubriendo los órganos) una capa de grasa mamaria con una tonalidad oscura. Esto podría estar relacionado con el planteamiento de Martin et al., (2011), quienes explican que la piel de los mamíferos está compuesta por tres capas, de las cuales la más interna es el estrato subcutáneo, esto

es una capa de grasa que sirve como protección para evitar la pérdida de calor. Como se observa para *M. robinsoni*, esta coloración de la piel solo está situada en la zona mamaria y no se presenta en otra parte del cuerpo o los individuos masculinos; esto sugiere la necesidad de estudios más específicos que determinen las cualidades de esta zona y su utilidad para los marsupiales.

El aparato reproductor femenino de *M. robinsoni* es similar al descrito para *Didelphis sp.* (Gonçalves et al., 2009) y al de *Didelphis virginiana* y *Monodelphis domestica* (Harder et al., 1993) en donde hay correspondencia en la presencia de dos vaginas laterales y una medial que funciona como canal de parto, se presentan además dos úteros y cuellos uterinos separados; todo esto por la posición medial de los uréteres a través de las dos vaginas laterales. Lo anterior está en contraposición a lo que ocurre con el patrón presentado en los demás mamíferos en los que se presenta una única vagina, un solo útero y un cuello uterino, así, la organización y conformación de los conductos urogenitales marsupiales representan la mayor diferencia entre metaterios y euterios.

En cuanto a la histología de la vagina medial, lo observado en el presente estudio para *M. robinsoni*: un epitelio estratificado que varía entre cúbico y plano, no está en concordancia con lo descrito por Schimming et al. (2018) para *Didelphis albiventris*, quien describe la presencia de un epitelio simple columnar en esta zona; por otro lado, Nelsen y Maxwell (1942) exponen un epitelio simple o estratificado cúbico, lo cual representa una mayor correspondencia con el presente análisis.

Bradshaw y Bradshaw (2011) plantea que el momento de la formación del cuerpo lúteo en marsupiales, a diferencia de lo que ocurre en euterios, no siempre se produce rápidamente después de la ovulación. Para especies de gestación cortas (de 11 a 15 días), en general, el cuerpo lúteo alcanza su tamaño máximo durante de la primera semana después de la ovulación en

contraposición para lo registrado en especies con una gestación más larga, caracterizados por un cuerpo lúteo de desarrollo lento y de estadía más prolongada. La falta de observación de cuerpos lúteos en *Marmosa robinsoni*, al ser una especie de gestación corta (14 días), podría estar explicada por la vida corta que presenta esta estructura en especies de esta naturaleza.

La foliculogénesis sigue el patrón reportado para mamíferos en general y para marsupiales como *Didelphis albiventris* (Cesario y Matheus, 2008) *Isoodon macrourus* y *Perameles nasuta* (Lyne y Hollis, 1983). De la misma forma, la histología ovárica y de demás ductos y órganos sigue el modelo reportado para otros mamíferos.

6. Conclusiones

Se logró la primera descripción tanto macroscópica como microscópica de órganos y tractos del sistema reproductivo de *Marmosa robinsoni* a través de la disección e histotecnica realizada a partir de los ejemplares obtenidos; esto permitió establecer similitudes y diferencias entre miembros de su propio grupo de metaterios así como con mamíferos euterios. Se estableció además, que la prominencia en atributos como mamas y testículos, funcionan como caracteres de morfología externa indicadores de actividad reproductiva.

Este estudio representa un avance en el conocimiento y entendimiento del particular sistema reproductivo que caracteriza a los marsupiales, un grupo con una gran diversidad en el continente americano, pero realmente poco estudiado. Con este tipo de aproximaciones a la complejidad de su sistema, se pretende fomentar futuras investigaciones en este campo que aún presenta interesantes interrogantes y un ámbito con numerosas posibilidades por desentrañar tanto a nivel taxonómico, morfológico, comportamental y ecológico.

Referencias Bibliográficas

- Archibald, D. J. (2001). Eutheria (Placental Mammals) [Eutheria (mamíferos placentarios)].
Enciclopedia de ciencias biológicas.
<https://biology.sdsu.edu/faculty/archibald/Archibald01Eutheria.pdf>
- Barbour, R. A. (1981). Histology and Histochemistry of the Accessory Reproductive Glands in the Male Hairy-nosed Wombat (*Lasiorhinus latifrons*) [Histología e histoquímica de las glándulas reproductivas accesorias en el wombat macho de nariz peluda (*Lasiorhinus latifrons*)]. *Histochemistry*, 72, 133-148. <https://doi.org/10.1007/BF00496788>.
- Biggers, J. D. (1966). Reproduction in male marsupials [Reproducción en marsupiales macho].
Comparative biology of reproduction in mammals 251-280. Academic Press, New York.
- Borges, E. M., Branco, É., Lima, A. R., Leal, L. M., Martins, L. L., Reis, A. C. G., Cruz, C., Machado, M. R. F., y Miglino, M. A. (2013). Morfologia e topografia dos órgãos genitais masculinos externos da paca (*Cuniculus paca* Linnaeus, 1766) [Morfología y topografía de los genitales masculinos externos de la paca (*Cuniculus paca* Linnaeus, 1766)].
Biotemas, 26(4). <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n4p209>
- Bradshaw, F. J., y Bradshaw, D. (2011). Progesterone and reproduction in marsupials: A review [Progesterona y reproducción en marsupiales: una revisión]. *General and Comparative Endocrinology*, 170, (1), 18–40. Academic Press Inc.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2010.07.015>
- Cadena, J. (2016). Descripción histológica del sistema reproductor de la hembra de chucha común (*Didelphis marsupialis*) [Tesis de pregrado, Universidad de los Llanos].
<https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/406>.

- Ceballos, G., Ortega, B., Sühling, S., Domínguez, Y. y Zarza, H. (2002). Mamíferos de Venezuela en G. Ceballos y J.A. Simonetti (Eds.), *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - CONABIO. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 85, 567-582. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2004\)085%3C0368:DYCDLM%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2004)085%3C0368:DYCDLM%3E2.0.CO;2)
- Costa, S.F., Nogueira, J.C., Soares, B.A., Ambrósio, N.A., Chaves, A.S., de Melo, L.Q., y Zangeronimo, M.G. (2015). Morfologia do escroto, do testículo e das vias espermáticas de *Metachirus nudicaudatus* (Geoffroy, 1803), Didelphidae-Marsupialia [Morfología del escroto, testículo y vías espermáticas de *Metachirus nudicaudatus* (Geoffroy, 1803)]. *Investigación veterinaria brasileña*, 35(suppl 1), 69–83. doi:10.1590/s0100-736x2015001300012.
- Cruz, Y. P., y Selwood, L. (1993). Uterine histology of the dasyurid marsupial, *Antechinus Stuartii*: relationship with differentiation of the embryo [Histología uterina del marsupial dasyurido *Antechinus Stuartii*: relación con la diferenciación del embrión]. *Revista de reproducción y fertilidad*. 99, 237-242. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0990237>.
- Cuartas-Calle, C. y Muñoz, J. (2003). Marsupiales, cenoléstidos e insectívoros de Colombia. *Editorial Universidad de Antioquia*.
- Dalva Cesario, M., y Michelin Matheus, S. M. (2008). Structural and Ultrastructural Aspects of Folliculogenesis in *Didelphis albiventris*, the South-American Opossum [Aspectos Estructurales y Ultraestructurales de la Foliculogénesis de *Didelphis albiventris*, la Zarigüena Sudamericana]. *Revista internacional de morfología*, 26(1),113-109. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022008000100019>.

- De Barros, M. A., Panattoni Martins, J. F., Samoto, V. Y., Oliveira, V. C., Gonçalves, N., Celina, C. A., Vidane, A., Carvalho, A. F., Ambrósio, C. E., & Miglino, M. A. (2013). Marsupial morphology of reproduction: South america opossum male model [Morfología de la reproducción marsupial: modelo masculino de la zarigüeya sudamericana]. *Investigación y técnica de microscopía*, 76(4), 388-397. <https://doi.org/10.1002/jemt.22178>
- Díaz-Nieto, J. F., y Voss, R. S. (2016). A Revision of the Didelphid Marsupial Genus *Marmosa* Part 1[Una revisión del género Marsupial didelfido *Marmosa* Parte 1]. *Boletín del Museo Americano de Historia Natural*, 402.
- Dixson, A. F. (2021). Phallic Structure and Function [Estructura y función fálica]. *Mammalian Sexuality*. 111-154. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781108550758.009>
- Fleming, M. W., y Harder, J. D. (1983). Luteal and follicular populations in the ovary of the opossum (*Didelphis virginiana*) after ovulation [Poblaciones lúteas y foliculares en el ovario de la zarigüeya (*Didelphis virginiana*) tras la ovulación]. *Revista de reproducción y fertilidad* 67, 29-34. 10.1530/jrf.0.0670029.
- Fortoul, T. I. (2013). *Histología y biología celular*, 2e. McGraw-Hill
- Gonçalves, N. N., Maçanares, C. A. F., Miglino, M. A., Samoto, V. Y., Martins, D. D. S., Ambrósio, C. E., Ferraz, R. H. dos S., y Carvalho, A. F. (2009). Aspectos morfológicos dos órgãos genitais femininos do gambá (*Didelphis sp.*) [Aspectos morfológicos de los órganos genitales de la zarigüeya hembra (*Didelphis sp.*)]. *Revista Brasileira de Investigación Veterinaria y Ciencia Animal*, 46(4), 332.
<https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2009.26782>

- Gutiérrez, E. E., Anderson, R. P., Voss, R. S., Ochoa-G., J., Aguilera, M., y Jansa, S. A. (2014). Phylogeography of *Marmosa robinsoni*: Insights into the biogeography of dry forests in northern South America [Filogeografía de *Marmosa robinsoni*: conocimientos sobre la biogeografía de los bosques secos en el norte de Sudamérica]. *Revista de mastozoología*, 95(6), 1175-1188. <https://doi.org/10.1644/14-MAMM-A-069>
- Hall, R. (1962). Collecting and Preparing Study Specimens of Vertebrates [Recolección y preparación para estudio de muestras de vertebrados]. *Universidad de Kansas*. <http://museum2.utep.edu/mammalogy/vertebratespecimens.pdf>
- Harder, J. D., Stonerook, M. J., y Pondy, J. (1993). Gestation and Placentation in Two New World Opossums: *Didelphis virginiana* and *Monodelphis domestica* [Gestación y placentación en dos zarigüeyas del Nuevo Mundo: *Didelphis virginiana* y *Monodelphis domestica*]. *Revista de zoología experimental*, 266(5), 463-79. <https://doi.org/10.1002/jez.1402660511>
- Heymann, E. W. (2021). Opossums. An adaptive radiation of New World marsupials, by Robert S. Voss y Sharon A. Jansa [Una radiación adaptativa de los marsupiales del Nuevo Mundo, por Robert S. Voss y Sharon A. Jansa]. *Primates*, 62(5), 857–859. <https://doi.org/10.1007/s10329-021-00931-9>
- Khamas, W., Al-Tikriti, M., Albayati, M., Tkalcic, S. y Eng, C. (2014). Histological Description of the Testis, Epididymis and Ductus Deferens of the Northern Great Grey Kangaroo (*Macropus giganteus giganteus*) [Descripción histológica del testículo, epidídimo y conducto deferente del gran canguro gris del norte (*Macropus giganteus giganteus*)]. *Revista de Citología e Histología*, 5 (6) 1-6. doi:10.4172/2157-7099.1000287.

- Lima, J. M. do N., Santos, A. C., Viana, D. C., Bertassoli, B. M., Lobo, L. M., Oliveira, V. C., Briani, D. C., Costa, G. M., Assis-Neto, A. C., Ambrósio, C. E., Carvalho, A. F., y Mançanares, C. A. F. (2013). Morphological study of the male genital organs of *Gracilinanus microtarsus* [Estudio morfológico de los órganos genitales masculinos de *Gracilinanus microtarsus*]. *Revista Brasileira de Investigación Veterinaria y Ciencia Animal*, 50(6), 447-456. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.v50i6p447-456>
- Luna, L. G., Armed Forces Institute of Pathology (U.S.), y Armed Forces Institute of Pathology (U.S.). (1968). Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology [Manual de métodos de tinción histológica del Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas]. New York: Blakiston Division, McGraw-Hill.
- Lyne, A. G., y Hollis, D. E. (1983). Observations on Graafian Follicles and Their Oocytes During Lactation and After the Removal of Pouch Young in the Marsupials *Isoodon macrourus* and *Perameles nasuta* [Observaciones sobre los folículos de Graaf y sus ovocitos durante la lactancia y después de la extracción de la bolsa juvenil en los marsupiales *Isoodon macrourus* y *Perameles nasuta*]. *Revista americana de anatomía*, 166,41-61. <https://doi.org/10.1002/aja.1001660104>
- Martin, R., Pine, R. y DeBlase, A. (2001). *A Manual of Mammalogy: With Keys to Families of the World* [Un manual de mastozoología: con claves para las familias del mundo] (3ra ed). Waveland Pr Inc.
- Mills, J., Childs, J., Ksiazek, T., y Peters, C. J. (1998). Métodos para trampeo y muestreo de pequeños mamíferos para estudios virológicos. *Centros Para El Control y Prevención de Enfermedades de Los Estados Unidos de América*, 64.

MINAM. (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM, 84.

Miranda-Urbina, D., y Portflitt, M. (2013). Protocolo para la obtención de datos. Disponible online en: <http://redvaramientosaves.blogspot.com/>, junio 2014, 55-83.

Morales-Jiménez, A.L., Sánchez, F., Poveda, K., y Cadena, A. (2004). Mamíferos terrestres y voladores de Colombia: guía de campo. *Universidad Nacional de Colombia*. ISBN 958-33-6773-7.

Nelsen, O. E., y Maxwell, N. (1942). The structure and function of the urogenital region in the female opossum compared with the same region in other marsupials [La estructura y función de la región urogenital en la zarigüeya hembra en comparación con la misma región en otros marsupiales]. *Revista de morfología*.
<https://doi.org/10.1002/jmor.1050710304>

Marsupials, D., Nogueira, J. C., Carlos, A., Castro, S., Vieira, E., Câmara, C., Garzon, B., y Câmara, O. (2004). Morphology of the male genital system of *Chironectes Minimus* and comparison to other Didelphid Marsupials [Morfología del sistema genital masculino de *Chironectes Minimus* y comparación con otros marsupiales didelfidos]. *Journal of Mammalogy* (Vol. 85, Número 5). <https://www.jstor.org/stable/1383814>

Noguera-Urbano, E. A., Colmenares-Pinzón, J. E., Villota, J., Rodríguez-Bolaños, A., y Ramírez-Chaves, H. E. (2019). The shrews (Cryptotis) of Colombia: What do we know about them? [Las musarañas (Cryptotis) de Colombia: ¿Qué sabemos de ellas?] *Therya*, 10(2), 131-147. <https://doi.org/10.12933/therya-19-760>

O'Connell, M. A. (1983). *Marmosa robinsoni*. *Especies mamíferas*, (203), 1-6.
<https://doi.org/10.2307/3504031>.

- Padilla-Rivera, O. (2018). Abundancia de *Marmosa xerophila* y *Marmosa robinsoni* (Didelphimorphia: Didelphidae) en la mina El Cerrejón, La Guajira, Colombia. *Notas de mamíferos*, 5, 1-2. <https://doi.org/10.47603/manovol5n1.26-30>
- Patiño, J. (2022). Riqueza y variación morfológica de los géneros *Marmosa* y *Marmosops* (Didelphidae) en valles interandinos de Colombia [Tesis de pregrado, Universidad de Caldas].
<https://repositorio.ucaldas.edu.co/bitstream/handle/ucaldas/18118/Trabajo%20de%20grado%20%28repositorio%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez-Hernández, R. (2016). *Marmosa robinsoni*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Recuperado el 03 de agosto de 2023 de
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T40506A22174162>.
- Real Academia Española (RAE). (s.f.). marsupio. <https://dle.rae.es/marsupio>
- Rangel, J.O., Rivera, A., Rincón, H., Arellano, J.E., Carvajal, S., Ávila, M., Estupiñán, J.P., Álvarez, M., Ardila, F., García, C. y García, J. (2012). Bosque del Agüil (Agucahica Cesar) Biodiversidad, Educación ambiental y Conservación. En: J.O. Rangel-Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica. Publicación Especial No. 4. Grupo de Biodiversidad y Conservación, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia-CORPOCESAR.
- Reig O. (1968). The chromosomes of the didelphiid marsupial *Marmosa robinsoni* Bangs [Los cromosomas de los marsupiales didelfidos *Marmosa robinsoni* Bangs]. *Experientia*, 24(2):185-6. <https://doi.org/10.1007/bf02146978>.

- Renfree, M., y Shaw, G. (2001). Reproduction in Monotremes and Marsupials [Reproducción en monotremas y marsupiales]. *Enciclopedia de ciencias biológicas*.
doi:10.1038/npg.els.0001856.
- Richings, N. M., Shaw, G., Temple-Smith, P. D., y Renfree, M. B. (2006). Growth and histology of ovarian follicles after cold storage in the tammar wallaby [Crecimiento e histología de los folículos ováricos después del almacenamiento en frío en el ualabí tammar].
Reproducción, Fertilidad y Desarrollo, 18(6), 677-688. <https://doi.org/10.1071/RD06007>
- Rodger, J. C., y Hughes, R. L. (1973). Studies of the accessory glands of male marsupials [Estudio de las glándulas accesorias de marsupiales macho]. *Australian Journal of Zoology* 21(3), 303-320. doi:10.1071/zo9730303
- Romero-Almaraz, M., Sánchez-Hernández, C., García-Estrada, C., y Owen, R. (2007).
Mamíferos pequeños manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio.
- Ross, M. y Pawlina, W. (2008). Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular.
Editorial médica Panamericana.
- Rossi, R.V., Voss, R.S., and Lunde, D.P. (2010). A revision of the didelphid marsupial genus *Marmosa*. Part 1. The species in Tate's "Mexicana" and "Mitis" sections and other closely related forms [Una revisión del género de marsupiales didelfidos *Marmosa*. Parte 1. Las especies de las secciones "Mexicana" y "Mitis" de Tate y otras formas estrechamente relacionadas]. *Boletín del museo americano de historia natural*. 334: 1-83.
doi:10.1206/334.1
- Rueda, M. C., Ramírez, G., y Osorio, J. (2013). Aproximación a la biología de la zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*). *Boletín Científico. Museo de Historia Natural*, 17(2), 141–153. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v1cu7n2/v17n2a13.pdf>

- Schimming, B. C., Cesario, M. D., y Matheus, S. M. M. (2018). Morphology of the vaginal complex in the white-eared opossum (*Didelphis albiventris*): Gross anatomy and light microscopy [Morfología del complejo vaginal en la zarigüeya de orejas blancas (*Didelphis albiventris*): anatomía macroscópica y microscopía óptica]. *Revista de Medicina Veterinaria Serie C: Anatomía Histología Embriología*, 47(6), 566-572. <https://doi.org/10.1111/ahe.12398>
- Serrano, C. (s.f.). Gametogénesis. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/gametogenesis-es>
- Sikes, R. S. (2016). Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education [Directrices de la Sociedad Estadounidense de mastozoólogos para el uso de mamíferos salvajes en investigación y educación]. *Revista de mastozoología*, 97(3), 663–688. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>
- Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF) (2022). *Marmosa robinsoni* Bangs, 1898. Recuperado el 20 de julio de 2023 de <https://www.gbif.org/es/species/2439862>.
- Smok, M., y Adaro, L. (2009). Descripción morfológica de testículos y estructuras asociadas de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131025/Descripci%C3%B3n-morfol%C3%B3gica-de-test%C3%ADculos-y-estructuras-asociadas-de-conejo-%28Oryctolagus-cuniculus%29.pdf?sequence=1>.
- Ciudad Universitaria Virtual de San Isidoro. (S.f.) Hipótesis metabólica para la altricialidad humana. <https://www.cuvsu.com/2014/05/hipotesis-metabolica-para-la.html>
- Voss, R. y Jansa, S. (2009). Phylogenetic Relationships and Classification of Didelphid Marsupials, an Extant Radiation of New World Metatherian Mammals [Relaciones

filogenéticas y clasificación de los marsupiales didelfidos, una radiación existente de mamíferos metaterianos del nuevo mundo]. *Boletín del Museo Americano de Historia Natural*, (322), 1-177.

<https://digitallibrary.amnh.org/bitstream/handle/2246/5975/B322.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Apéndices

Apéndice A. Individuos capturados ajenos al objeto de estudio.



Apéndice B. Medidas de longitud total de individuos capturados.

# de colección	Género	Estadio	Longitud total (mm)
UIS-MHN-M-2170	Hembra	Adulto	282
UIS-MHN-M-2171	Hembra	Adulto	294
UIS-MHN-M-2172	Hembra	Adulto	293
UIS-MHN-M-2199	Macho	Adulto	262
UIS-MHN-M-2200	Hembra	Adulto	285
UIS-MHN-M-2201	Macho	Adulto	257
UIS-MHN-M-2207	Hembra	Juvenil	248
UIS-MHN-M-2208	Macho	Adulto	283