

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ANATOMÍA E HISTOLOGÍA DE *Pomacea*
(Mollusca, Gasteropoda: Ampullariidae)**



JOSE FERNANDO FERREIRA BRAVO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS, Y DE LA EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES
POPAYÁN
2011**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ANATOMÍA E HISTOLOGÍA DE *Pomacea*
(Mollusca, Gasteropoda: Ampullariidae)**



JOSE FERNANDO FERREIRA BRAVO

**Tesis de grado como requisito para optar al título de Magister en Recursos
Hidrobiológicos Continentales**

Director

**GERARDO ANDRES TORRES R. MSc.
Docente Universidad del Cauca**

Asesor

**SONIA GONZALES P. MSc.
Docente Universidad del Cauca**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS, Y DE LA EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES
POPAYÁN
2011**

Nota de aceptación

Director _____
Gerardo Andrés Torres R. MSc.

Jurado _____
Jaime R. Cantera K. PhD.

Jurado _____
Nilza Velasco Palomino MSc.

Fecha de sustentación: Popayán, 28 de Enero de 2011

AGRADECIMIENTOS

- A la profesora Sonia Gonzales MSc. Docente de Histoembriología del departamento de Morfología de la Universidad del Cauca, quien con su inmenso apoyo y colaboración hizo posible la culminación de esta investigación.
- Al profesor Gerardo Andrés Torres R. MSc. Coordinador de la Unidad de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca, quien me dio la oportunidad de realizar este proyecto, aportando valiosos conocimientos para el desarrollo del mismo.
- A Patricia Mosquera, técnico de laboratorio de la Unidad de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca, quien de manera desinteresada brindó todo el apoyo técnico necesario para este trabajo.
- A Graciela Muñoz, técnico del laboratorio de Morfología de la Universidad del Cauca, quien colaboró siempre con la mejor disposición.
- A la profesora Nilza Velasco Palomino MSc. Docente de la Universidad del Cauca quien aportó sugerencias importantes dentro del trabajo.
- Al profesor Jaime R. Cantera K. PhD. Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad del Valle, quien con sus amplios conocimientos en el tema de los moluscos aportó su valiosa colaboración en esta investigación.

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	11
1. JUSTIFICACIÓN	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. MARCO DE REFERENCIA	14
3.1 ANTECEDENTES	14
3.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	15
3.3 GÉNERO	18
3.3.1 Hábitat y adaptación	18
3.3.2 Calidad del agua	19
3.3.3 Temperatura del agua	19
3.3.4 Ciclo de vida	20
3.3.5 Anatomía	21
3.3.6 Sistema circulatorio y nervioso	24
3.3.7 Predadores de Pomacea	26
4. MATERIALES Y MÉTODOS	27
5. RESULTADOS	29
5.1 REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO	29
5.1.1 Huevos	30
5.1.2 Eclosión	31

5.2. MORFOLOGÍA EXTERNA	32
5.2.1 Concha	33
5.2.2 Región cefálica	35
5.3 MORFOLOGÍA INTERNA	36
5.3.1 Sistema digestivo	36
5.3.1.1 Cavidad bucal	37
5.3.1.2 Esófago	37
5.3.1.3 Estómago	39
5.3.1.4 Glándula digestiva	40
5.3.1.5 Intestino	43
5.3.1.6 Recto	45
5.3.2 Sistema respiratorio	46
5.3.2.1 Branquia	46
5.3.2.2 Pulmón	48
5.3.3 Sistema excretor	50
5.3.3.1 Riñón	50
5.3.4 Sistema sensorial	53
5.3.4.1 Ojos	53
5.3.4.2 Tentáculos	54
5.3.4.3 Osfradio	55
5.3.5 Sistema reproductor	57
5.3.5.1 Aparato reproductor del macho	57
5.3.5.2 Aparato reproductor de la hembra	61
6. CONCLUSIONES	64
7. BIBLIOGRAFÍA	65

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1: Concha de <i>Pomacea</i> .	15
Figura 2: Tipos de aparatos radulares.	16
Figura 3: Distribución de <i>Pomacea</i> en el mundo.	17
Figura 4: Morfología de la concha de algunas familias del género <i>Pomacea</i> .	18
Figura 5: Crecimiento y reproducción alternados en <i>P. canaliculata</i> .	20
Figura 6: Anatomía externa de <i>Pomacea</i> .	21
Figura 7: Disposición de los órganos en el cuerpo.	21
Figura 8: Anatomía interna del caracol hembra adulto.	22
Figura 9: Anatomía interna del caracol macho adulto.	23
Figura 10: Diagrama del sistema circulatorio de <i>Pomacea</i> .	24
Figura 11: Distribución de los ganglios nerviosos.	25
Figura 12: Masas ovígeas de <i>Pomacea</i> .	30
Figura 13: Estadios de maduración y eclosión de <i>Pomacea</i> .	31
Figura 14: Vista panorámica de <i>Pomacea</i> .	32
Figura 15: Fotografías de la región cefálica.	35
Figura 16: Vista panorámica de un caracol macho al retirar la concha.	36
Figura 17: Fotografías de la rádula.	37
Figura 18: Cortes transversales del esófago de <i>Pomacea</i> .	38

Figura 19: Vista panorámica del estómago de <i>Pomacea</i> .	39
Figura 20: Cortes transversales del estómago.	40
Figura 21: Posición anatómica de la glándula digestiva de <i>Pomacea</i> .	41
Figura 22: Cortes transversales de la glándula digestiva.	42
Figura 23: Vista panorámica del intestino de <i>Pomacea</i> .	44
Figura 24: Cortes transversales del intestino.	44
Figura 25: Papila anal de <i>Pomacea</i> .	45
Figura 26: Vista panorámica de la branquia de <i>Pomacea</i> .	46
Figura 27: Cortes longitudinales de la branquia.	47
Figura 28: Cortes longitudinales de una lamela.	48
Figura 29: Vista panorámica del pulmón de <i>Pomacea</i> .	48
Figura 30: Cortes transversales del pulmón.	49
Figura 31: Cortes transversales del lóbulo renal posterior.	51
Figura 32: Cortes transversales del lóbulo renal anterior.	52
Figura 33: Cortes longitudinales del ojo de <i>Pomacea</i> .	54
Figura 34: Cortes transversales del tentáculo de <i>Pomacea</i> .	55
Figura 35: Fotografía del osfradio de <i>Pomacea</i> .	55
Figura 36: Cortes transversales y longitudinales del osfradio.	56
Figura 37: Vista panorámica de la gónada del macho de <i>Pomacea</i> .	57
Figura 38: Cortes transversales de la gónada del macho.	58
Figura 39: Órgano copulador del macho.	59
Figura 40: Cortes transversales del pene.	60

Figura 41: Vista panorámica de la glándula de albúmina de la hembra de *Pomacea*. 61

Figura 42: Cortes transversales de la glándula de albúmina. 62

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo fundamental la realización de una guía descriptiva de la estructura anatómica e histológica de los diferentes órganos y sistemas del caracol *Pomacea*, útil para realizar comparaciones histológicas en estudios posteriores que permitan revelar la presencia y el efecto nocivo causado por ciertos contaminantes presentes en el agua en este tipo de biota acuática.

En el momento no existen estudios detallados y completos que permitan conocer la estructura normal de los tejidos que componen cada uno de los órganos de *Pomacea*, sin embargo, se destacan autores como Estebenet & Martin, 2002 y Jackson & Jackson, 2009, que han estudiado su ecología y Takeda, 2000; Catalán, 2002; Carreon-Palau, 2003 y Koch, 2009; que han trabajado en aspectos reproductivos de la especie.

Para el muestreo se colectaron individuos de *Pomacea* en la laguna de Sonso en el Departamento del Valle del Cauca y se reprodujeron en cautiverio; los descendientes maduros se procesaron y fijaron en Glutaraldehído al 2.5% durante 24 horas. Las muestras obtenidas se procesaron para el análisis en microscopía óptica de luz mediante la técnica de inclusión en parafina y fueron coloreadas utilizando la técnica de Hematoxilina-Eosina (H-E), para microscopía óptica de alta resolución (MOAR) se procesaron las muestras mediante la técnica de inclusión en resina epóxica y se colorearon con azul de Toluidina. Se obtuvieron cortes transversales y longitudinales, de 5 a 8 micras y semifinos de 500 a 800 nm de grosor. Se realizó la toma de registros fotográficos y la descripción con base en la lectura de las imágenes de la estructura morfohistológica de los diferentes tejidos procesados.

Con este trabajo se aportan elementos anatómicos e histológicos de *Pomacea* como guía para posteriores investigaciones.

Palabras claves: *Pomacea*, bioindicador, microscopía óptica, histología.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son considerados ecosistemas estratégicos por su oferta de bienes y prestación de servicios ambientales, juegan un papel importante en el mantenimiento y regulación hídrica y además son refugios de diversidad de flora y fauna. La combinación de estas características le da a los humedales una significativa importancia para la sociedad y por lo tanto requieren de un manejo especial debido a que se encuentran expuestos al deterioro de sus procesos naturales, a la contaminación por vertimientos, a los drenajes y a la mala disposición de residuos sólidos y escombros (CVC, 2002).

Dentro de estos humedales, los gasterópodos son una parte importante de las cadenas tróficas, de los hábitos alimenticios tanto de herbívoros, carnívoros u omnívoros. Algunos de estos gasterópodos son parásitos, muchos se especializan en alimentarse de materiales poco digeribles y que son importantes en la dieta para otros animales.

Además, el caracol *Pomacea* juega un papel importante como bioindicador de alteraciones por tensores antrópicos en el medio acuático, de aquí la importancia del conocimiento de la estructura, fisiología y etología de esta especie para revelar la presencia y el efecto nocivo de ciertos contaminantes sobre este tipo de biota acuática y desarrollar planes de manejo para garantizar el uso sostenible de los recursos.

En cuanto a la ecología de *Pomacea*, se destacan los estudios realizados por Estebenet & Martin, 2002 y Jackson & Jackson, 2009. La reproducción de la especie se ha estudiado por algunos autores como Takeda, 2000; Catalán, 2002; Carreon-Palau, 2003 y Koch, 2009. Es importante resaltar que en algunos países como España *Pomacea* es considerada una plaga para los cultivos de arroz (Giralt, 2009) razón por la cual dicho estudio podría contribuir a futuras investigaciones encaminadas a su control.

En el momento no se cuenta con estudios detallados y completos que permitan conocer la estructura normal de los tejidos que componen cada uno de sus órganos, como base para comparaciones histológicas que permitan utilizar a *Pomacea* como biomarcador histopatológico en programas de monitoreo ambiental; por tal motivo el presente estudio realiza un análisis y descripción de la estructura anatómica e histológica de los diferentes órganos y sistemas de *Pomacea*, con el fin de proveer información biológica básica útil para posteriores investigaciones.

1. JUSTIFICACIÓN

El género *Pomacea* hace parte de las redes tróficas producidas en los ecosistemas acuáticos, el estudio básico de sus estructuras permitirá la utilización de este caracol en estudios de bioacumulación de contaminantes como metales pesados, como posible biomarcador histopatológico y en programas de control del caracol como plaga.

Hasta el momento no existían estudios preliminares completos que permitieran comparar el daño tisular de órganos y sistemas del caracol al estar expuesto a contaminantes.

Con esta investigación se aporta una guía general de la histología normal de *Pomacea*, como precedente para futuras investigaciones.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Analizar y describir la estructura macro y microscópica de los diferentes órganos y sistemas de *Pomacea*.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar una descripción de la anatomía macroscópica de órganos y sistemas de *Pomacea*.
- Describir la anatomía microscópica destacando las características estructurales normales de los diferentes tejidos que componen los órganos de *Pomacea*.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

En cuanto a la ecología de *Pomacea* se destacan los estudios realizados por Estebenet A. & Martin P. en el 2002 sobre el crecimiento, supervivencia y reproducción de *Pomacea canaliculata*, afirmando que a pesar de ser plagas de muchos cultivos, se deben realizar estudios sobre su potencial uso como agentes de control biológico de malezas en los ecosistemas acuáticos donde habitan.

La Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC) en el 2002 realizó un documento sobre los humedales del municipio de Santiago de Cali, reconociendo la importancia de especies como *Pomacea* para la conservación de dichos ecosistemas.

En el 2009 Jackson Douglas & Jackson Donald publican un artículo sobre *Pomacea canaliculata* presente en el norte de Chile, donde se describe la morfología, hábitat y relaciones con otros moluscos de agua dulce, así como una discusión sobre su potencial rol con relación a la zoonosis parasitaria.

Garton D. y cols. en 1984 publicaron un artículo donde se describe la morfología del osfradio del Gasteropodo *Thais haemastoma canaliculata*, utilizando microscopía electrónica. Un año más tarde Haszprunar G. realizó un estudio comparativo sobre la ultraestructura del osfradio en 51 especies de Gasteropodos Prosobranquios, revelando que existen relaciones taxonómicas al comparar los diferentes tipos celulares presentes en el osfradio; el mismo autor en 1992 publicó otro artículo sobre la ultraestructura del osfradio de *Campanile symbolicum Iredale* (Mollusca, Streptoneura), donde afirma que las características estructurales del órgano en esta especie son únicas entre los Gasteropodos reflejando un aislamiento filogenético.

Entre los artículos encontrados sobre la biología reproductiva de la especie, Takeda N. en el 2000 publica sobre el desarrollo de un pene a partir del pene vestigial en las hembras de *P. canaliculata*, basando su teoría en el hecho de que el desarrollo del órgano sexual es controlado por hormonas esteroides secretadas por la gónada.

Catalán N. y cols. en el 2002 realizaron una revisión sobre las características reproductivas, estructura del oviducto y provisión de huevos en *P. canaliculata*. Posteriormente en el 2003 Carreon-Palau y cols. realizaron un estudio sobre el desarrollo morfológico e histológico del sistema reproductor de *P. patula catemacensis* en el que se describe el sistema reproductor de la especie y se determinan las etapas de madurez gonádica en condiciones de laboratorio,

afirmando que es posible identificar el grado de madurez de los caracoles utilizando criterios anatómicos visuales.

Recientemente, Koch E. y cols. en 2009 realizaron una descripción detallada del proceso de desarrollo de *P. canaliculata* desde el estado de gástrula hasta el primer día luego de la eclosión.

Rebecchi B. y cols. publicaron en 1996 un estudio sobre la ultraestructura e histoquímica de la glándula digestiva de *Ater viviparus* (Mollusca, Gasteropoda, Prosobranchia), donde se describen las características y función de las células digestivas. Posteriormente en el 2002, Cáceres y Alarcón realizaron un estudio histológico e histoquímico del sistema digestivo de *Argopecten ventricosus*, describiendo las características histológicas y reacciones químicas de diferentes enzimas presentes a lo largo del tubo digestivo del molusco.

Finalmente, Ghesquiere S. 2001, en su página de internet titulada “Apple snails (Ampullariidae)” muestra una guía básica sobre el cuidado del caracol manzana en acuario o estanque, así como diferentes aspectos sobre ecología, anatomía y embriología de la familia Ampullariidae, con muy buenas graficas y animaciones.

Hasta el momento no se ha realizado un trabajo completo que describa la anatomía e histología de los órganos y tejidos más importantes de *Pomacea* de ahí la importancia de este trabajo, como base comparativa para futuros estudios que permitan el desarrollo de la investigación biológica de la especie.

3.2 CLASIFICACION TAXONÓMICA

Phylum: Mollusca (Cuvier, 1797)

Clase: Gasteropoda (Cuvier, 1797)

Subclase: Prosobranchia (Edwards, 1848)

Orden: Mesogastropoda (Thiele, 1925)

Superfamilia: Ampullarioidea

Familia: ampullariidae (Guilding, 1828)

Género: *Pomacea* (Perry, 1810)

Especie: *Pomacea*

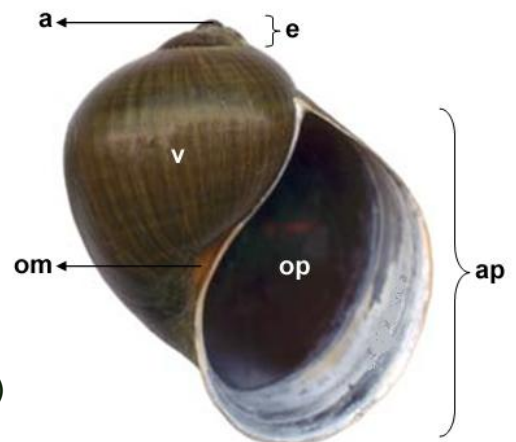


Fig. 1: Concha de *Pomacea*: a, ápice; ap, apertura; e, espira; om, ombligo; op, opérculo; v, vuelta del cuerpo. 1x. Fuente: Adaptado de Ghesquiere, 2001.

Los Prosobranquios (Prosobranchia) son una subclase de la clase Gasteropoda del Phylum Mollusca, la cual está constituida por unas 55.000 especies de caracoles que habitan en ambientes marinos, dulceacuícolas y una muy pequeña proporción han colonizado el medio terrestres, aunque la mayoría son marinos; son los más primitivos de los Gasteropodos. Se destacan entre las características de esta subclase que la cavidad del manto y los órganos que contienen se localizan en la parte anterior del cuerpo, las especies acuáticas pueden presentar una o dos branquias (ctenidios) localizados dentro de la cavidad del manto. Presentan concha que en la mayoría de ellos es espiralada (Figura 1) y poseen un opérculo (estructura que actúa como tapa de la concha). La mayor parte de los miembros de ésta subclase son dioicos.

Los Prosobranchia constituyen el grupo más diverso de la clase Gasteropoda y dominan todos los ambientes marinos e incluso ciertas familias, han colonizado los ambientes acuáticos continentales y el terrestre. Anteriormente eran considerados la última subclase en aparecer, sin embargo análisis ontogenéticos de las otras subclases han demostrado que son el grupo más basal y del cual se diversificaron las dos restantes (Opisthobranchia y Pulmonata).

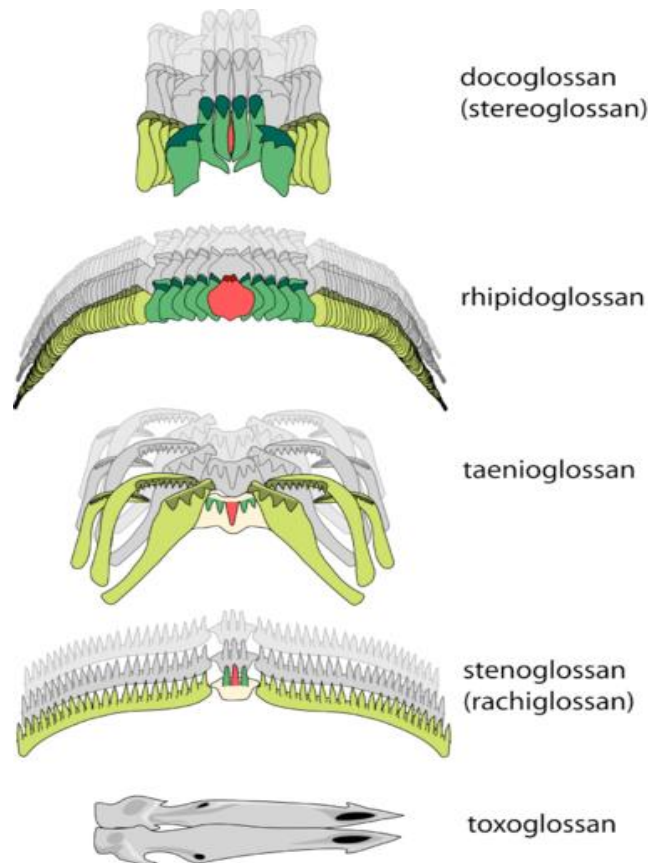


Fig. 2: Tipos de aparatos radulares (Fuente: Wikipedia, 2008)

El orden Mesogastropoda es caracterizado por presentar un sistema nervioso concentrado, sin comisura labial. Poseen un solo osfradio y el corazón presenta una sola aurícula, poseen un sola branquia monopectinada la cual está unida al manto en toda su longitud, de igual forma presentan un solo nefridio que se abre directamente por una hendidura y por el que no se evacuan los gametos.

La glándula genital posee su orificio y los machos poseen pene, el aparato radular es de tipo Tenioglossa (figura 2). Debido a la torsión de la masa intestinal y al movimiento en espiral del cuerpo, la branquia, el nefridio y el osfradio han desaparecido del lado derecho y residen en el lado izquierdo. La concha de los Mesogastropoda es por lo general frágil con textura de porcelana con la espira alta o en forma de torrecilla presentando la columela lisa y un opérculo que cierra la concha. La mayor parte de ellos habitan en ambientes marinos aunque los hay dulceacuícolas como los Ampullariidae y los Thiaridae. En su mayoría son herbívoros, aunque algunos son carnívoros e incluso parásitos.

La familia Ampullariidae (Pilidae), son moluscos gasterópodos de aguas dulces tropicales y subtropicales, bien conocidos por los habitantes de los grandes ríos Sudamericanos quienes lo utilizan como alimento para consumo humano y animal. Esta familia se divide en varios géneros: *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa* y *Pomacea* son géneros del nuevo mundo (América del Sur, Central y el Sur de EEUU), mientras que los géneros *Afropomus*, *Lanistes* and *Saulea* son originarios de África. El género *Pila* es originario de África y Asia.

Pomacea habita en una extensa área de Centro y Sur América y fue introducida en el Sur de Asia en la década de los ochenta (Figura 3). El nombre de la familia deriva de una estructura llamada “ampulla” la cual constituye un engrosamiento de la aorta anterior la cual se localiza en la cavidad pericardial y tiene como función acumular un gran volumen de sangre a elevada presión la cual es forzada hacia el corazón a partir del faldón del manto cuando el animal se retrae en su concha. Aunque ocasionalmente dejan el agua, pasan su tiempo principalmente en ella.



Fig. 3: Distribución de *Pomacea* en el mundo. (Fuente: Ghesquiere, 2001)

3.3 GÉNERO

Los miembros del género *Pomacea* son Gasteropodos dulceacuícolas de amplia distribución en el continente Americano conocidos más comúnmente como caracoles Manzana, aunque dependiendo de la región pueden ser llamados de diferentes maneras como: “Caracoles de Laguna, Apple Snails, Caracol Dorado, Caracol del Paraná, Caracol Gigante, Caracol Lunar, Churros, Churro de Agua, Sacha, Guarura, Coroba y Cuiba” Presentan una gran variedad de colores, tanto de cuerpo como en las conchas.

Existe una forma que puede ser útil, para identificar algunas familias del género *Pomacea*, basándose en la morfología de la concha (Figura 4). Es importante Ignorar el color del caracol al clasificarlo ya que existen muchas variaciones de este (en concha y cuerpo) dentro de la misma especie.

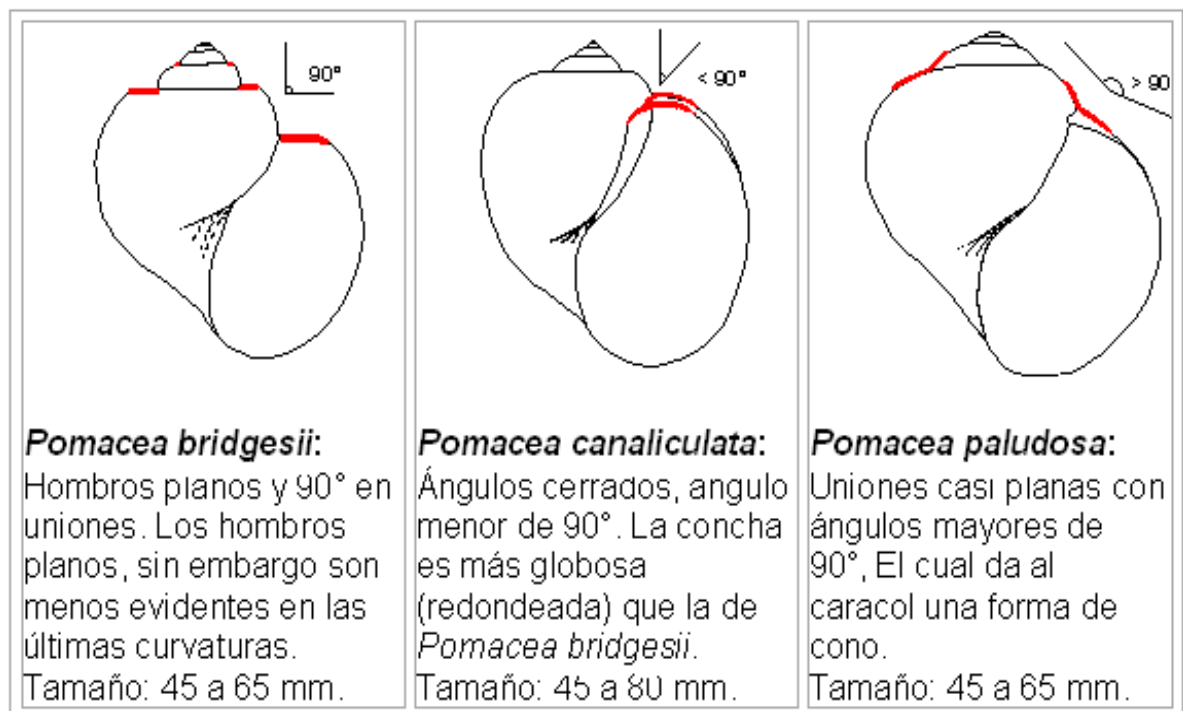


Fig. 4: Morfología de la concha de algunas familias del género *Pomacea*.
(Fuente: Ghesquiere, 2001)

3.3.1 Hábitat y adaptación

Los miembros del género *Pomacea* habitan un amplio rango de ecosistemas desde charcas, canales de riego y estanques hasta lagos y ríos. La mayoría de las especies prefieren aguas lentas con suaves corrientes y tan solo unas pocas se han adaptado a ríos con fuertes corrientes.

La combinación de pulmones y branquias refleja la adaptación a hábitats con aguas pobres en oxígeno y con alto contenido de partículas en suspensión. Esto es frecuente en el caso de charcas y aguas poco profundas, de no tener pulmones dependerían totalmente de las branquias lo cual reduciría su capacidad de supervivencia.

Otra ventaja es la de poseer un opérculo, que le permite sobrevivir periodos de sequía durante la estación seca, en estos casos se entierran bajo el sustrato y pasan el verano en estado de letargo (estivación). Cuando el ambiente le permite al caracol permanecer activo durante todo el año (sin sequía), no estivan y son activos todo el año. El opérculo también protege al caracol frente a depredadores.

Muchas especies del género *Pomacea*, tienen otra destacable característica anatómica, un sifón para respirar; éste órgano formado por un pliegue de la epidermis en el lado izquierdo del manto, es difícilmente visible cuando no esta en uso. Algunas veces el caracol necesita refrescar el aire del interior de sus pulmones, el músculo de este pliegue se contrae y el pliegue se convierte en una estructura tubular como un sifón, el cual capacita al caracol para respirar aire mientras permanece sumergido.

Permanecer sumergido es una gran ventaja, pues son bastante vulnerables en la superficie del agua frente a aves y otros predadores. Otra característica asombrosa son sus huevos aéreos, la hembra deposita sus huevos fuera del agua en el tallo de alguna planta que sobresalga, tronco, roca o cualquier otro objeto sólido; éste comportamiento que se sepa es único de la familia Ampullariidae.

3.3.2 Calidad del agua

Los caracoles del género *Pomacea*, sobreviven a duras condiciones del agua mejor que muchos otros organismos. Para su mantenimiento en acuarios, es necesario tomar las mismas precauciones que con los peces para mantener la calidad del agua en condiciones aceptables (filtración, cambios regulares de agua, etc.) Sin embargo dado que los caracoles necesitan calcio para construir su concha, necesitaran un pH neutro o alcalino (≥ 7). Si el agua es blanda (baja en calcio) la concentración puede ser aumentada usando piedra caliza, conchas marinas o material calcáreo.

3.3.3 Temperatura del agua

Dado que es un animal tropical, la temperatura del agua debería estar entre los 18 y 28°C. La actividad de estos caracoles aumenta al aumentar la temperatura del agua y son casi inactivos a los 18°C, mientras que su temperatura óptima se encuentra cerca de los 24°C. La temperatura no solo influye en el nivel de actividad, es también importante como factor que regula la velocidad del ciclo de

vida; con temperaturas altas el ciclo de vida (de nacimiento a muerte) se reduce y la reproducción se acelera.

3.3.4 Ciclo de vida

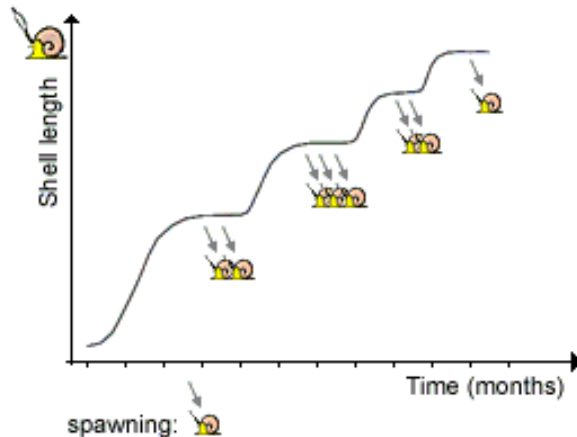


Fig. 5: Crecimiento y reproducción alternados durante el periodo de vida, en machos y hembras de *P. canaliculata*. (Fuente: Ghesquiere, 2001)

El ciclo de vida de *Pomacea* está determinado por la disponibilidad de alimento y la temperatura del agua; a temperaturas altas y abundante alimento algunas especies presentan un ciclo de vida corto de menos de tres años y se reproducen en todo el año. En condiciones donde se enfrentan a periodos de sequía y poco alimento, los caracoles presentan ciclos de vida largos y solo un periodo reproductivo en primavera y al inicio del verano (Figura 5).

No solo los factores medioambientales, el alimento y la temperatura son importantes, también las propiedades específicas de las especies, ya que algunas presentan un periodo de estivación sin importar las condiciones del medio.

El crecimiento y la reproducción son alterados a lo largo del ciclo de vida de *Pomacea*. En experimentos realizados en *P. canaliculata*, con abundante alimento y un ciclo de temperatura (día/noche) de 9 a 29 °C, se observa un crecimiento rápido en los primeros meses, luego las tasas de crecimiento decrecen hasta su completa detención (alcanzan la madurez sexual), en este momento los caracoles son sexualmente activos y sus masas ovígeas son depositadas.

Luego de uno o más desoves, inician de nuevo una alta tasa de crecimiento, hasta el inicio del próximo periodo reproductivo. La reducción del crecimiento durante los periodos reproductivos no puede atribuirse únicamente al gasto energético del proceso de apareamiento y producción de espermatozoides y huevos, debido a que este comportamiento también se presenta en caracoles originados sin una pareja (Estebenet, 2002).

En el momento del desove, los huevos son depositados uno a uno y unidos entre ellos formando un racimo sólido. Son blandos y de un color lechoso al ser depositados, pero se endurecen en pocas horas. Su color definitivo (blanco, verde, rojo, rosado a naranja intenso, dependiendo de las especies) aparece en uno o dos días. Los huevos permanecen húmedos, pero no cubiertos con agua.

3.3.5 Anatomía

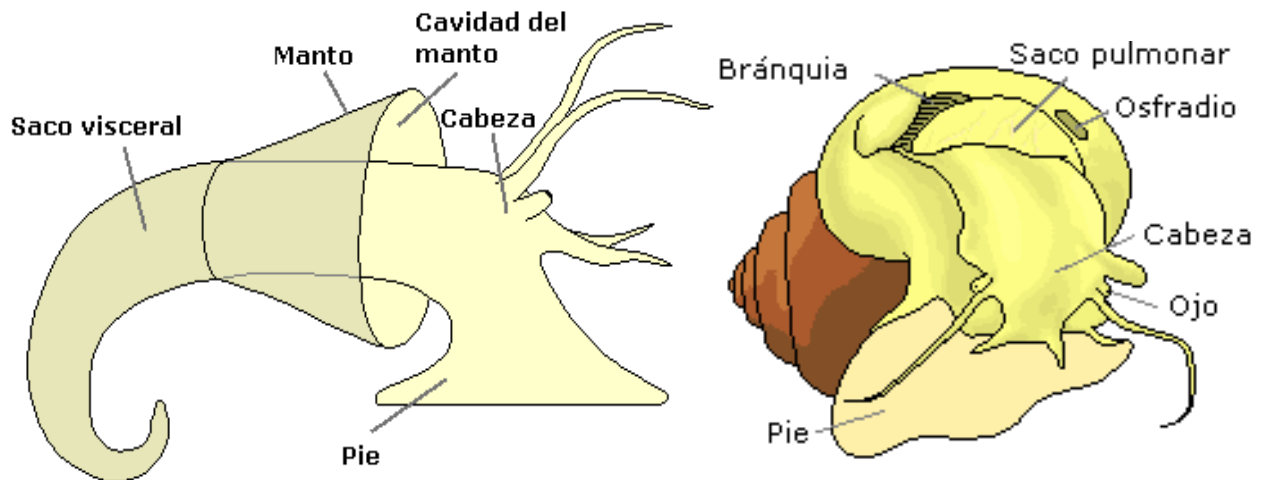


Fig. 6: Anatomía externa de *Pomacea*. (Gráfica adaptada de Ghesquiere, 2001)

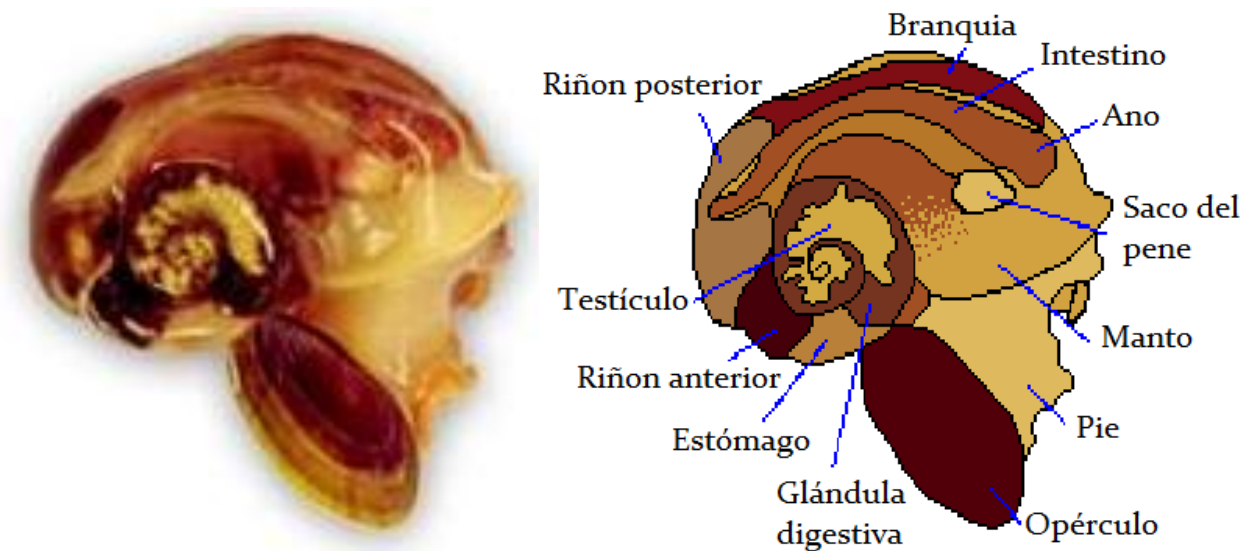


Fig. 7: Disposición de los órganos en el cuerpo. (Gráfica adaptada de Ghesquiere, 2001)

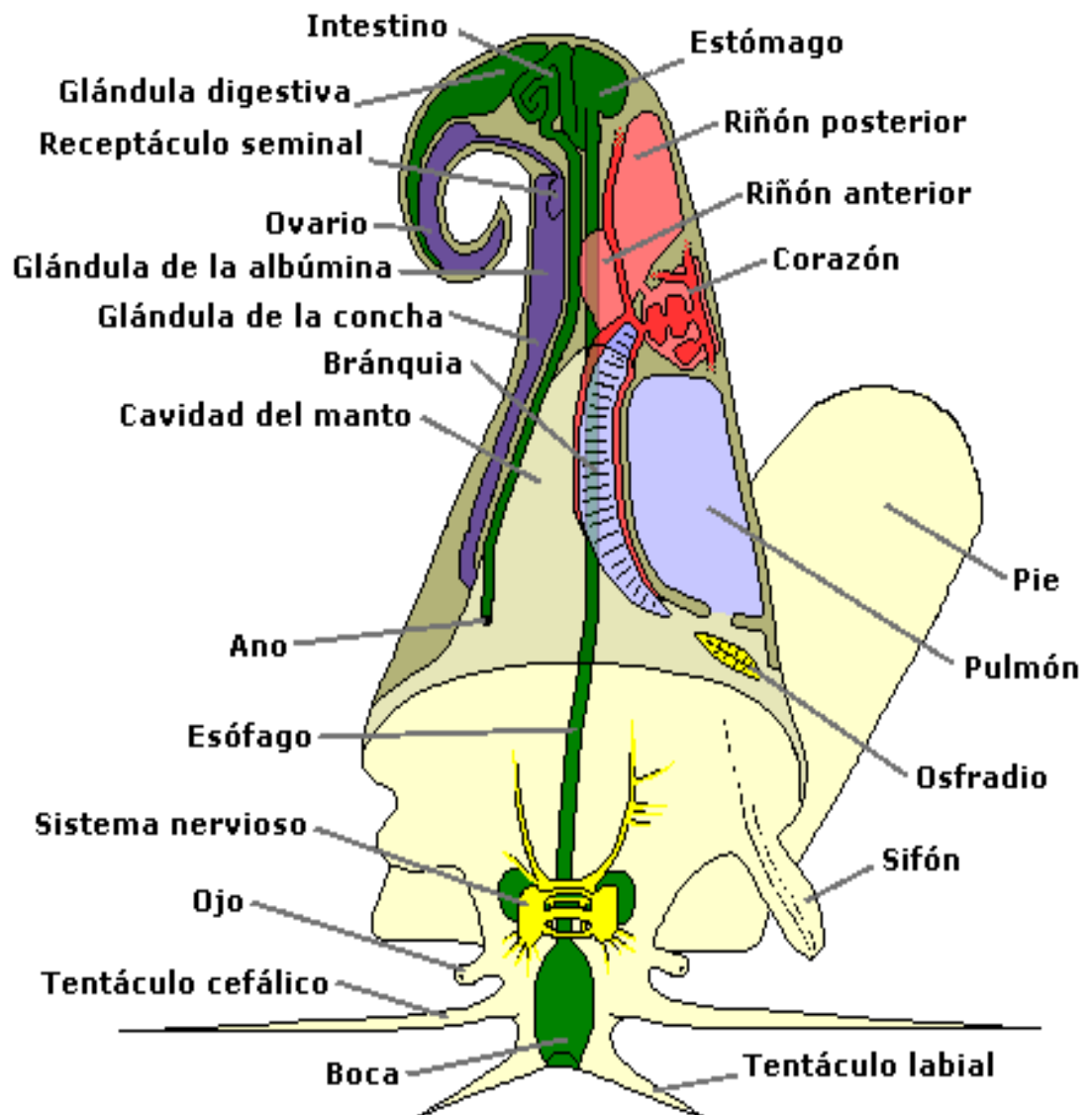


Fig. 8: Anatomía interna del caracol hembra adulta donde se observa la disposición de los órganos dentro del cuerpo del animal, son característicos los órganos encargados de la reproducción como el ovario, el receptáculo seminal y las glándulas de la albúmina y la concha, encargadas de producción de los huevos. (Gráfica adaptada de Ghesquiere, 2001)

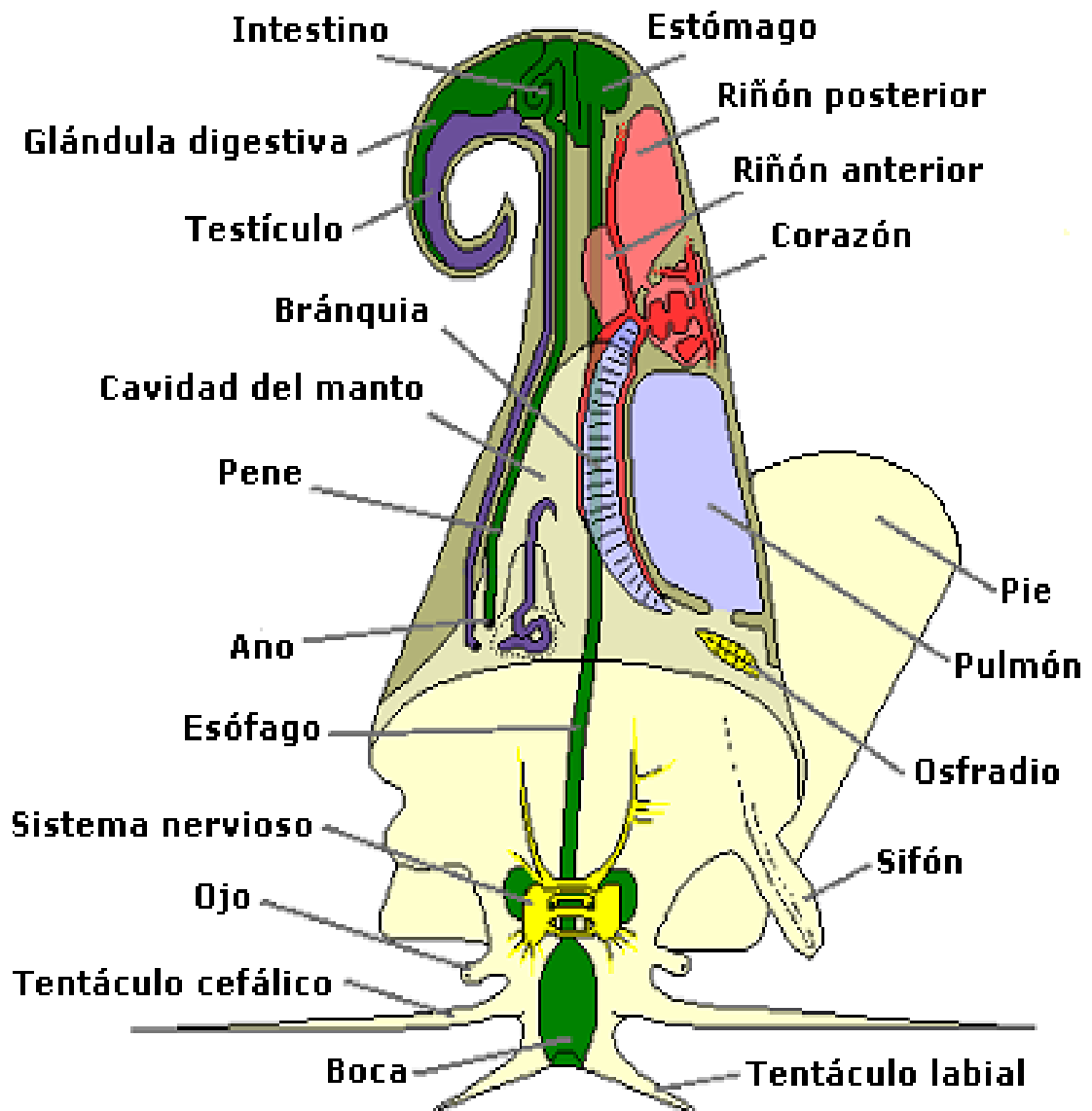


Fig. 9: Anatomía interna del caracol macho adulto donde se observa la disposición de los órganos dentro de su cuerpo, diferenciándose del caracol hembra por su sistema reproductor con un testículo, pene y órgano copulador bien diferenciados. (Gráfica Adaptada de Ghesquiere, 2001)

Las anteriores imágenes muestran una versión simplificada de la anatomía de *Pomacea*, entre las diferentes especies pueden existir ciertas diferencias relativamente pequeñas.

3.3.6 Sistema circulatorio y nervioso

Pomacea presenta un sistema circulatorio abierto con un corazón dicamerado muy desarrollado, su aurícula recibe la hemolinfa rica en oxígeno procedente del pulmón o de la branquia según sea el caso, así como hemolinfa desoxigenada procedente del riñón; el líquido circulatorio pasa de la aurícula al ventrículo que al contraerse impulsa la hemolinfa al resto del cuerpo del animal, en la vía circulatoria que va hacia la cabeza se encuentra la ampulla (Figura 10) que es un saco encargado de la regulación de la presión arterial durante la contracción del ventrículo y que también participa en la función inmune al poseer tejido vascularizado con muchos fagocitos, encargados de eliminar microorganismos del flujo hemolinfático.

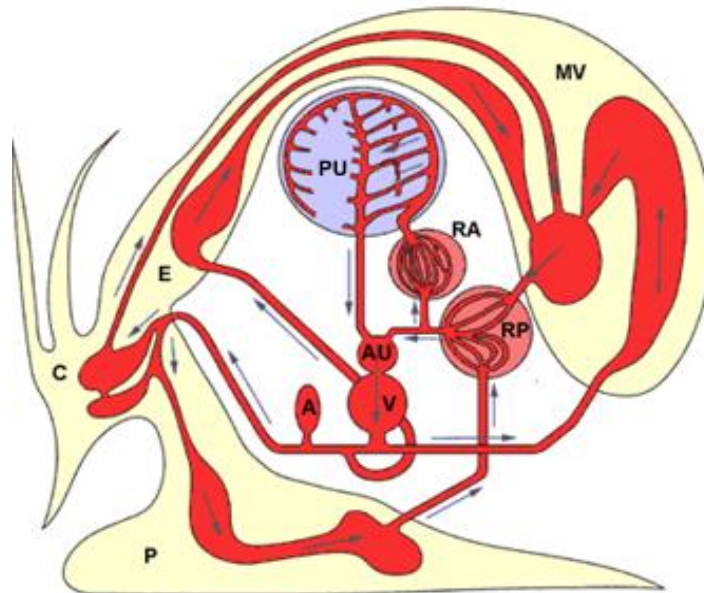


Fig. 10: Diagrama del sistema circulatorio de *Pomacea*: A, ampulla; AU, aurícula; C, cabeza; E, esófago; MV, masa visceral; P, pie; PU, pulmón; RA, riñón anterior; RP, riñón posterior; V, ventrículo; Fuente: Adaptado de Ghesquiere, 2001.

La hemolinfa oxigenada y desoxigenada no se separa como sucede en mamíferos y aves, por tal motivo éste en un sistema menos eficiente, pero que satisface muy bien las necesidades del caracol. El transporte de gases a través del sistema circulatorio de *Pomacea* es realizado por una sustancia incolora llamada hemocianina, análoga a la hemoglobina en mamíferos. Además de las funciones propias de la hemolinfa, ésta es muy importante ya que posee una función estructural sirviendo como un hidroesqueleto.

El sistema nervioso de *Pomacea* es típicamente ganglionar, a lo largo del cuerpo del animal existen 6 pares de ganglios: cerebrales, bucales, pedios, pleurales, pedales, viscerales (Figura 11).

Los ganglios cerebrales son los de mayor tamaño y se sitúan dorsalmente a uno y otro lado del animal. Por el extremo distal el ganglio cerebral se continúa en tres cordones nerviosos: el conectivo cerebro-bucal, el cerebro-pedal y el cerebro pleural. Del borde anterior de los ganglios cerebrales arrancan los nervios que van a la región bucal, llamados nervios labiales.

Algunas partes del sistema nervioso son simétricas, como los ganglios cerebrales, mientras otras, como el ganglio subintestinal, no lo son debido a la asimetría propia del cuerpo. *Pomacea* no posee un cerebro central como el de los vertebrados, los diferentes ganglios están dispersos por todo el cuerpo comunicándose por medio de nervios, en donde cada ganglio inerva órganos específicos.

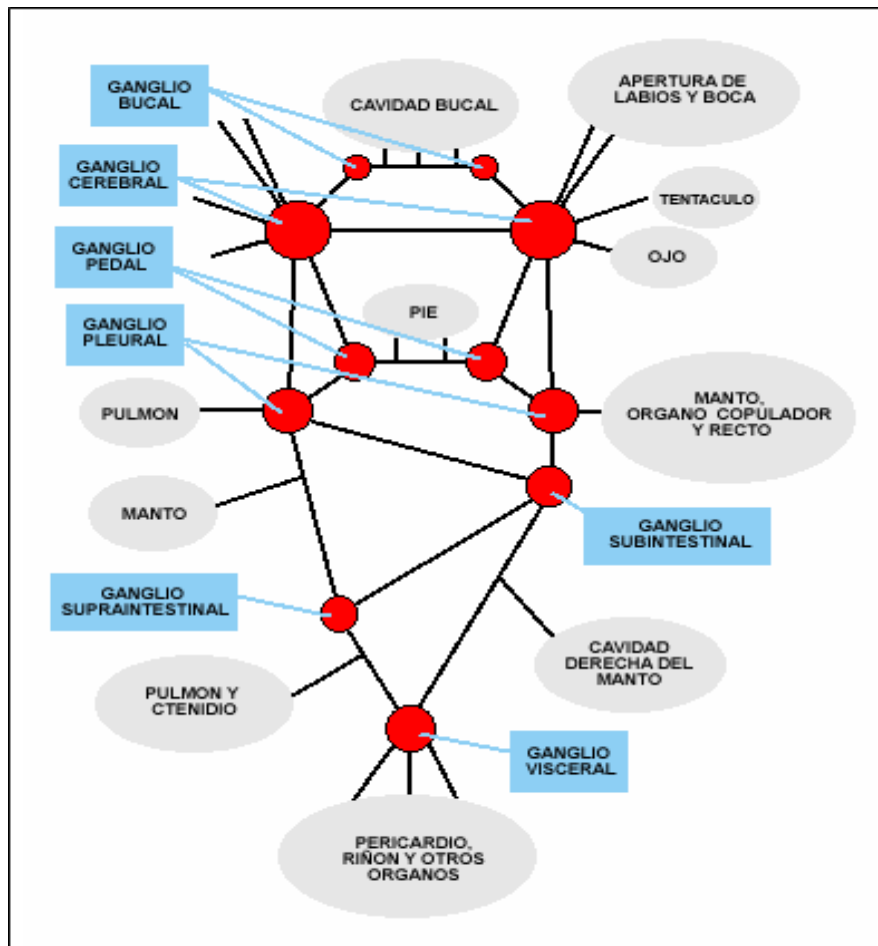


Fig. 11: Distribución de los ganglios nerviosos en *Pomacea*. Fuente: Ghesquiere, 2001.

3.3.7 Predadores de *Pomacea*

Tabla 1. Listado de los principales predadores de *Pomacea*. (Adaptada de Ghesquiere, 2001)

Insectos (En estado larval)	<i>Sciomyzidae</i> sp. <i>Odonata</i> sp. <i>Belostomidae</i> sp. <i>Dysticidae</i> sp. (mosca dragón) <i>Lampyridae</i> sp. (mosca de fuego) <i>Hydrophilidae</i> sp. <i>Solenopsis geminata</i>
Peces	<i>Lepomis macrochirus</i> (pez sol) <i>Botia</i> sp. (pez payaso) <i>Tetraodon</i> sp. <i>Bunocephalus</i> sp. y <i>Leiocassis</i> sp. (pez gato) Varios Cíclidos (<i>Pseudotropheus</i> sp., <i>Melanochromis</i> sp., <i>Cichlasoma</i> sp., <i>Aequidens</i> sp. entre otros) <i>Osphronemus</i> sp. <i>Trichogaster</i> sp. <i>Betta splendens</i> <i>Mylopharyngodon piceus</i> (carpa china)
Anfibios	<i>Lithobates pipiens</i> (rana leopardo) Varias salamandras
Reptiles	<i>Alligator</i> sp. <i>Crocodylus</i> sp. <i>Paleosuchus</i> sp. <i>Caiman</i> sp. <i>Dracaena guianensis</i> (Lagarto caimán) <i>Natrix</i> sp. <i>Sternotherus</i> sp. <i>Kinosternon</i> sp. <i>Pseudemys</i> sp. <i>Trionyx</i> sp. <i>Podocnemis</i> sp. <i>Malaclemys</i> sp. <i>Gopherus</i> sp.
Mamíferos	<i>Oryzomys palustris</i> (rata del arroz) <i>Neofiber alleni</i> (rata de agua)
Aves	<i>Rostrhamus sociabilis</i> <i>Aramus guarauna</i> <i>Anastomus lamelligenus</i>

Pomacea es un alimento común para varios animales como aves, tortugas, peces, insectos y cocodrilos, como se observa en la tabla 1, es así como estos caracoles han desarrollado varias técnicas para evitar la depredación. En algunos países son consumidos por poblaciones humanas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En la laguna de Sonso, Departamento del Valle del Cauca se recolectaron organismos de diferentes tamaños y de ambos sexos de *Pomacea*, y se trasladaron hasta el laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca, en donde se mantuvieron en cautiverio para su apareamiento con el fin de obtener descendientes sanos.

Para lograr un hábitat óptimo los organismos se colocaron en acuarios de vidrio de 50 x 30 x 40 cm de largo, ancho y alto respectivamente, con agua de pH cercano a 7.0 y con algunas plantas de buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) que se encuentran naturalmente en el medio en el que habita la especie; para mantener una temperatura del agua entre 26 y 28 °C (rango de temperatura donde se logra el máximo desarrollo y actividad reproductiva) se utilizaron lámparas infrarrojas proyectadas hacia los acuarios. Semanalmente se limpiaron los acuarios con recambios de agua y los individuos se alimentaron con repollo (*Brassica Oleracea*), zanahoria (*Daucus carota*) y especialmente con lechuga (*Lactuca sativa*), proceso que se aprovechó para la observación detallada de los ejemplares.

Al observarse ovoposiciones en las hojas de buchón, se retiraron las masas ovígeas y se colocaron en mallas sobre recipientes con agua para mantener condiciones de humedad necesarias para el desarrollo de los huevos. Al eclosionar, se transfirieron a acuarios donde fueron alimentados con lechuga macerada y en donde continuaron con su desarrollo hasta llegar a ser adultos (aproximadamente 6 meses).

Para la obtención de las muestras se eligieron 5 ejemplares adultos jóvenes de cada sexo, los cuales fueron sumergidos en agua a 70°C, quedando en condiciones apropiadas para la disección, la concha se abrió mecánicamente cortándola alrededor de la columela y hasta la base del opérculo, retirando con cuidado los fragmentos. Posteriormente se colocaron los ejemplares en cajas de Petri con solución fisiológica (solución salina al 0.9%); bajo un microscopio estereoscópico Nikon® SMZ800 se procedió con la disección de los órganos, de los cuales se realizaron biopsias que fueron fijadas en Glutaraldehído al 2.5% durante 24 horas.

Las muestras obtenidas se procesaron para el análisis en microscopia óptica de luz mediante la técnica de inclusión en parafina y fueron coloreadas utilizando la técnica de Hematoxilina-Eosina (H-E), para microscopía óptica de alta resolución (MOAR) se procesaron las muestras mediante la técnica de inclusión en resina epóxica y se colorearon con azul de Toluidina. Se obtuvieron 5 placas histológicas de cada órgano cada una de ellas con al menos 4 cortes transversales y/o

longitudinales que fueron recogidos aleatoriamente utilizando un micrótomo rotatorio LKB Bromma® y un ultramicrotomo Leica®, con el fin de obtener cortes de 5 a 8 micras y semifinos de 500 a 800 nm de grosor.

Los micropreparados se analizaron y describieron inicialmente por sistemas y posteriormente por órganos, con la ayuda de un microscopio Nikon® Eclipse 80i de alta resolución y de los cortes se tomarán fotografías con una cámara fotográfica Nikon® DS-2MV incorporada al microscopio.

5. RESULTADOS

5.1 REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO

Los individuos de *Pomacea* son ovíparos con fecundación interna; las hembras depositan sus huevos fuera del agua sobre macrófitas acuáticas o en cualquier tipo de superficie disponible en paquetes densos de huevos color rosado y de cubierta calcárea. La cópula y el desove se realizan principalmente en horas de la noche o en las primeras horas del día.

Estos caracoles pueden permanecer apareados de 12 a 20 horas pero una hembra puede aparearse hasta con cuatro machos distintos en un mismo día. Entre cópula y desove suelen transcurrir tres días, aunque hay algunas excepciones ya que si al salir del agua para desovar, la hembra encuentra alguna circunstancia estresante, como un obstáculo o una luz muy intensa, se retraen y se dejan caer al agua; algunas veces intentan de nuevo, pero lo normal es que sólo lo hagan hasta el día siguiente. En tales casos se acorta el periodo de incubación, es decir que el desarrollo del huevo comienza al interior del caracol. Las horas preferidas para el desove son las de la noche, lo normal es que suban lentamente al anochecer y en cuanto encuentran un lugar apropiado comiencen el desove que dura de una a dos horas aproximadamente.

La madurez total se alcanza aproximadamente a los seis meses de edad en ambos sexos, con tallas de entre 35 a 38 mm. Las puestas por organismo pueden ser una o dos al mes ya que pueden desovar parcialmente y tener una segunda puesta con menor número de huevos que la primera, es importante tener en cuenta que el número de desoves está en función de la temperatura, principalmente. Como en cualquier organismo, a mayor calidad del agua mejores las condiciones para su crecimiento y reproducción, a pesar de ser organismos altamente tolerantes a la calidad del agua, siempre será mejor su desarrollo en aguas de buena calidad.

Todos los *Pomacea* son dioicos, pero ningún carácter externo permite reconocer el sexo del individuo por la concha. Anatómicamente es fácil su diferenciación al observar el órgano copulador presente en el macho el cual se ubica en posición dorsolateral izquierda, y se distingue por su color naranja intenso; este parámetro de reconocimiento presenta ciertas desventajas ya que solo es útil cuando los individuos son sexualmente maduros.

5.1.1 Huevos



Fig. 12: Masas ovígeas de *Pomacea*. **A.** h, huevos adheridos al tronco de un árbol por encima del nivel de agua somera. 1x. **B.** Plantas de *Eichhornia crassipes* (Buchon de agua) sobre las cuales se observan huevos de la especie. 1x. Fuente: Cantera, 2009.

La hembra deposita sus huevos fuera del agua en el tallo de alguna planta, tronco o roca, envueltos cada uno en una cáscara calcárea, que representa una barrera efectiva para mantener el medio interno con niveles de humedad y temperatura adecuados para el desarrollo del embrión (Figura 12).

Los huevos son esféricos, presentando cierta deformación por el aplastamiento que sufren al encontrarse presionados en los paquetes. El tamaño del huevo no depende del tamaño del caracol, ya que individuos pequeños pueden desovar huevos bastante grandes, hasta de unos 3 mm de diámetro.

Al realizarse el desove, los huevos presentan una cáscara calcárea que toma consistencia al secarse formando una cascarilla delgada, sin lustre e incolora, que deja traslucir el color rosado del albumen.

La duración de su desarrollo depende de la temperatura y del número de días transcurridos entre copula y desove. El color de los huevos va cambiando durante su desarrollo, de rosados a rojos, para hacerse más blanquecinos al secarse la película de moco que los envuelve y consolidarse la cubierta calcárea, luego de un día aproximadamente según la humedad del ambiente. En los últimos días de su desarrollo se tornan de color grisáceo (Figura 13, B y C), de este modo se puede determinar por el aspecto externo de las masas ovígeas la etapa de desarrollo en la cual se encuentran los embriones.

5.1.2 Eclosión

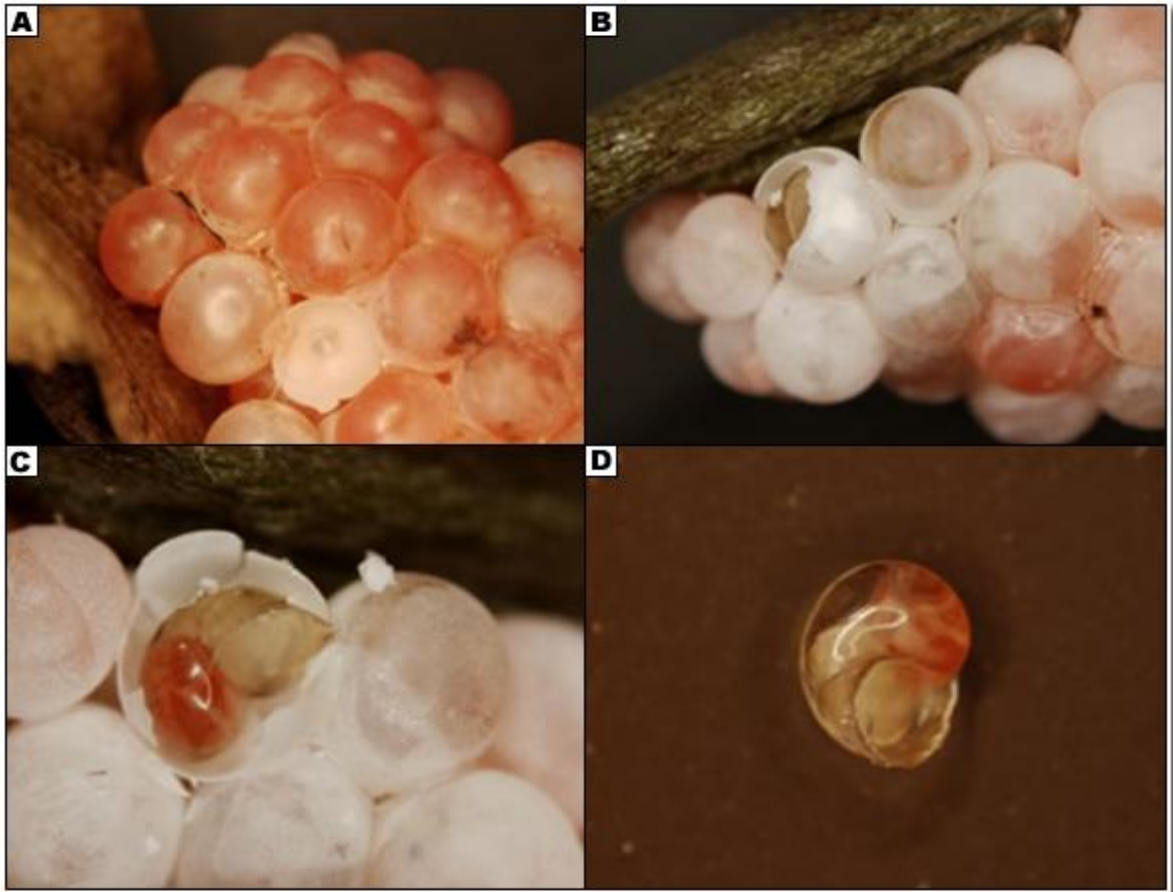


Fig.13: Estadios de maduración y eclosión de *Pomacea*: **A.** Huevos luego de 8 días de su ovoposición. 1x. **B.** Huevos luego de 60 días aproximadamente. 1x. **C.** Eclosión de *pomácea*. 1x **D.** Caracol recién eclosionado. 1x.

El embrión vive al principio a expensas del albumen fluido, luego va consumiendo el albumen denso, hasta llenar la capacidad total del huevo que queda reducido a la cascara y sus envolturas. Finalmente salen los pequeños caracoles, que se desplazan sobre el paquete de huevos para luego dejarse caer en el agua que se encuentra, en la mayoría de los casos, bajo ellos. Desde la eclosión del primer caracol hasta el último transcurren aproximadamente 24 horas.

5.2 MORFOLOGÍA EXTERNA

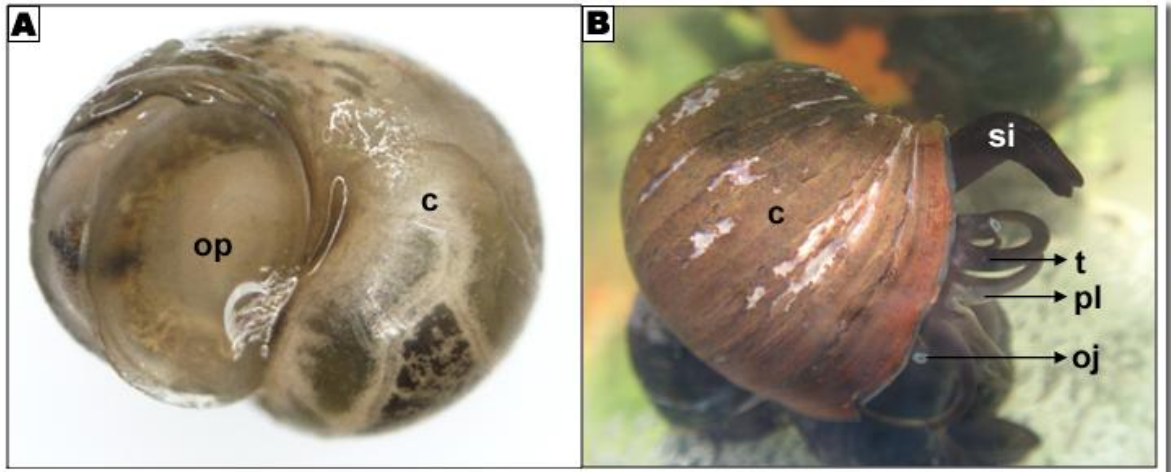


Fig. 14: Vista panorámica de *Pomacea*: **A.** Individuo 3 días luego de la eclosión. 1x. **B.** Adulto con sus órganos formados. 1x. **c**, concha; **o**, ojo; **op**, opérculo; **pl**, palpo labial; **si**, sifón inhalante; **t**, tentáculo.

Los individuos de *Pomacea* están constituidos por una concha de naturaleza calcárea que se encuentra enrollada y sirve de protección al cuerpo del animal (Figura 14). El cuerpo de *Pomacea* consta básicamente de una cabeza ventral muy desarrollada y un pie muscular ancho. Ambos conservan una simetría bilateral respecto al eje antero-posterior.

El paquete visceral y la cavidad paleal (también llamada cavidad del manto, figura 16) son asimétricos respecto al eje antes mencionado. Dicha asimetría es característica de los Gasteropodos y se debe a dos importantes fenómenos de su desarrollo: *La torsión*, que se da durante el estadio larvario, consiste en un giro de 180° de la masa visceral y la cavidad paleal, en sentido contrario a las agujas del reloj, este fenómeno produce un giro en el tubo digestivo y en el sistema nervioso, los cuales quedan cruzados en forma de 8.

Pie: Es una superficie ventral plana y alargada, que puede actuar pasivamente para asegurar la fijación, o activamente para producir movimiento. La secreción de la glándula pedal (glándula mucosa) juega un papel importante: pueden combinarse las propiedades adhesivas proporcionadas por el moco de la glándula con la succión que logra al elevar el centro de la suela.

Su típico movimiento es el reptante y se logra por actividad muscular en forma de ondas contráctiles de los músculos longitudinales del pie. Cuando el caracol se contrae dentro de la concha, la planta del pie se dobla transversalmente y la abertura de la concha es cerrada por el opérculo, que está unido firmemente a la parte posterior del pie.

Manto: Se llama así a la formación membranosa que cubre como un “capuchón” la parte posterior del animal, protegiendo los órganos internos. Termina adelante y dorsalmente en un borde libre y continúa por atrás en el saco visceral.

En el macho adulto el relieve del órgano copulador es apreciable, éste, al igual que la branquia y el saco pulmonar son órganos estrictamente formados por el manto.

Cavidad del manto: En la parte posterior, el manto forma una cámara denominada cavidad del manto o cavidad paleal, donde se aloja el saco pulmonar (en esta parte el manto se encuentra muy irrigado favoreciendo el intercambio gaseoso) y la branquia que tiene una estructura muy característica en forma de peine. Hacia la parte derecha de la cavidad del manto vienen a desembocar el recto y el oviducto. Esta cavidad presenta tres importantes funciones:

- Función respiratoria, ya que está localizada en el lugar por donde pasa la corriente del agua
- Función sensorial, percibiendo propiedades químicas de la corriente inhalante y sedimentos
- Función de eliminación de desechos, ya que aquí se ubican las aberturas anal y renal.

La cavidad del manto está separada en dos compartimentos por un tabique parietal longitudinal, la branquia y el pulmón quedan en el compartimento izquierdo (respiratorio), quedando en el del lado derecho la excreción.

5.2.1 Concha

La concha es de forma globosa dextrógira (enrollada en sentido de las agujas del reloj), la cual consiste en varias capas (figura 1). La capa más externa (periostraco) es de naturaleza orgánica y contiene los pigmentos que le dan el color a la concha, es esencial para evitar la disolución de la concha en ambientes ácidos. La capa media (ostraco) es rica en calcio, no contiene pigmentos y es de color blanco, sin embargo, los pigmentos del periostraco pueden migrar lentamente al ostraco. La capa interna (hipostraco) es lisa y también está calcificada.

La espira es corta y de vueltas convexas, la vuelta del cuerpo es grande y expandida. El tamaño de la concha puede variar desde mediano (4 a 5 cm) hasta grande (13 a 15 cm) en adultos, el espesor de la concha depende de la edad del caracol y también es influenciado por condiciones ambientales como la concentración de calcio en el agua. El crecimiento se da a medida que se agregan nuevos fragmentos en la apertura de la concha, es decir que la vuelta más joven

es la que se encuentra próxima a la abertura, mientras que la más antigua esta contigua al ápice.

El proceso del crecimiento de la concha se realiza con el material secretado por el manto en dos etapas: en la primera etapa se crea la capa externa fina y orgánica, en la segunda etapa las capas internas calcificadas se depositan sobre la capa ya existente.

El cuerpo del caracol se une a la concha por medio del músculo columelar (La columela es el eje interno de la espira, que va desde el ápice hasta el ombligo) también conocido como músculo retractor, que le permite al caracol contraerse firmemente en la concha. Si este músculo se rompe, el caracol pierde su concha y muere. El opérculo se sitúa sobre la porción dorsal posterior del pie, es córneo, transparente y frágil, ligeramente cóncavo y de tipo subconcéntrico; su función es cerrar la concha cuando el caracol se retrae, resguardándolo en condiciones adversas, como sequias o ataque de predadores.

5.2.2 Región cefálica

Comprende la porción anterior del cuerpo con la boca y los más importantes órganos sensitivos: palpos labiales, tentáculos y ojos. La boca se abre en forma de una hendidura limitada por pliegues radiales del tegumento formando el labio, a uno y otro lado se ubican dos apéndices tentaculiformes cortos llamados palpos labiales. Los tentáculos largos y extensibles, se encuentran detrás de los palpos labiales, en la base de estos hacia el lado externo se encuentra una dilatación globulosa que sostiene el ojo denominada ommatóforo.

El lóbulo nucal del lado izquierdo es muy desarrollado y forma una especie de sifón de aspiración que el animal utiliza para renovar el aire de su único pulmón. Su pared es muy contráctil y puede encapucharse hasta cerrar un tubo por aposición de sus bordes (Figura 15-C, si). Se diferencia de los verdaderos sifones por el canal abierto dorsalmente. Pomacea poseen un sifón muy largo en comparación a otros caracoles de la familia Ampullariidae, el cual cuando está completamente estirado puede alcanzar cerca de 2.5 veces la longitud del caracol.

El lóbulo nucal derecho, no alcanza el grado de diferenciación que el izquierdo, constituye un repliegue dispuesto a la salida del surco de excreción y del intestino. Este lóbulo facilita la salida de los excretos renales y las heces.

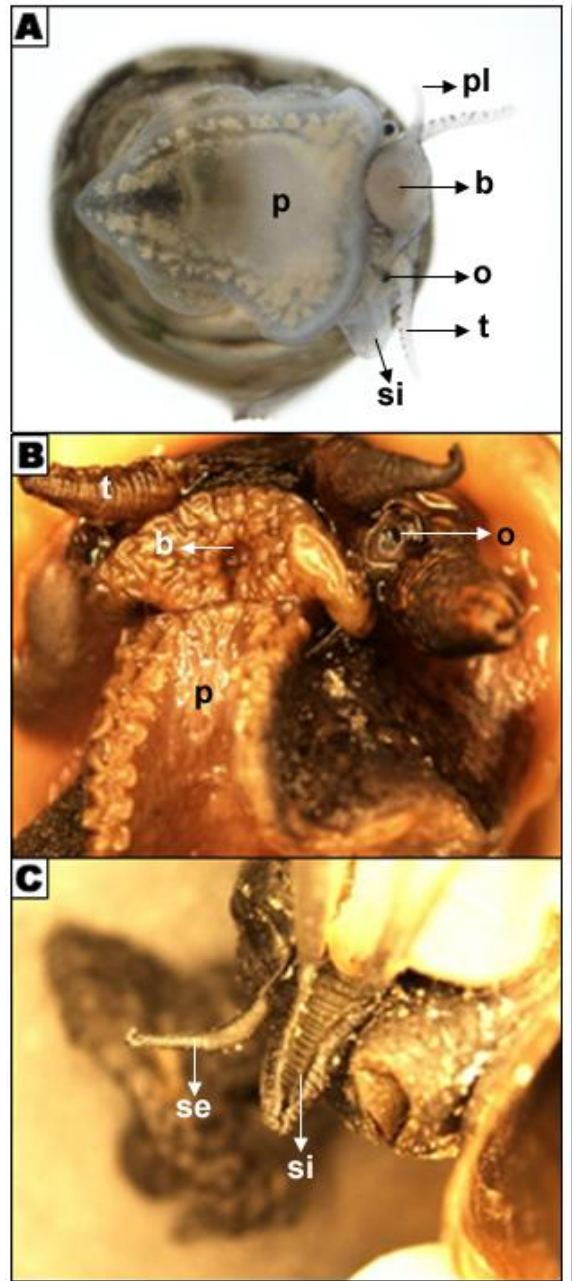


Fig. 15: Fotografías de la región cefálica. **A.** Caracol luego de 3 días de la eclosión donde se observan diferentes estructuras. 1x. **B.** Rostro de un adulto con estructuras más desarrolladas. 1x. **C.** Sifón inhalante abierto dorsalmente junto con el sifón exhalante de menor tamaño. 1x. **b**, boca; **o**, ojo; **p**, pie; **pl**, palpo labial; **se**, sifón exhalante; **si**, sifón inhalante; **t**, tentáculo.

5.3 MORFOLOGÍA INTERNA

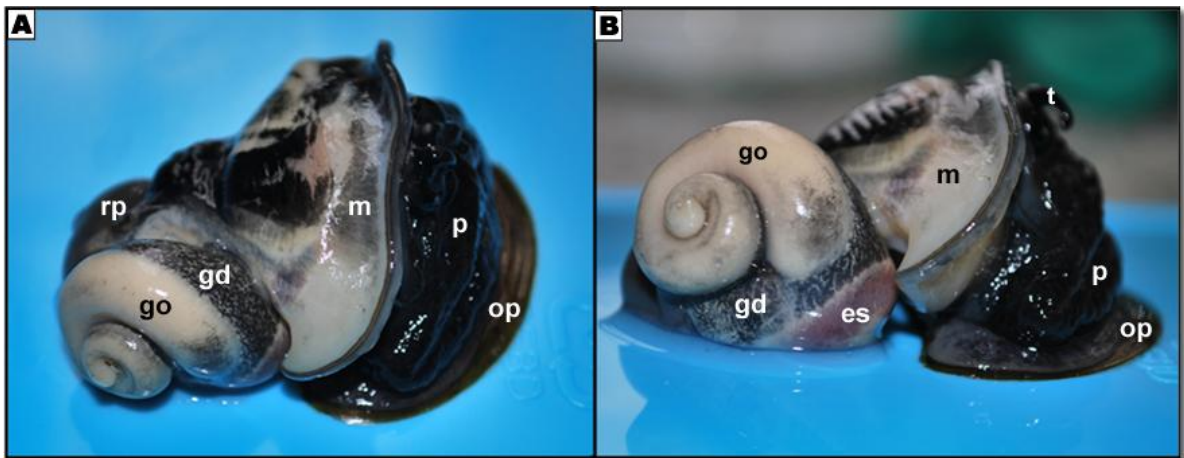


Fig.16: Vista panorámica de un caracol macho de *Pomacea* luego de retirar la concha. 1x. **es**, estómago; **gd**, glándula digestiva; **go**, gónada; **m**, manto; **op**, opérculo; **p**, pie; **rp**, riñón posterior; **t**, tentáculo.

La mayor parte del contenido del saco visceral está representado por la glándula digestiva, ubicada en la porción terminal de la espira, hacia la parte dorso lateral izquierda se observa la cara superficial del estómago como un disco de color rojo. En la faz dorsal también se encuentra el lóbulo renal posterior, luego del cual se puede observar la porción terminal del intestino.

La gónada se sitúa superficialmente en la cara interna de las últimas vueltas del espiral visceral, paralela a la glándula digestiva. La gónada femenina tiene menor desarrollo que la masculina.

5.3.1 SISTEMA DIGESTIVO

En el proceso digestivo intervienen los palpos labiales antes mencionados, la boca, el esófago, el estómago, la glándula digestiva, el intestino y el ano. El tubo digestivo es algo más dilatado en la región pilórica de lo que mide en la región esofágica. Estas dos partes son contiguas y señalan el lado anterior del estómago.

El tracto intestinal está formado por intestino anterior y posterior. El intestino anterior comprende un estómago de gruesa pared muscular que recibe productos elaborados por la glándula digestiva, llamada hepato-páncreas. El intestino posterior o recto se abre en la cavidad paleal hacia el lado derecho, para terminar en el ano.

5.3.1.1 Cavity bucal

El sistema digestivo de *Pomacea* está adaptado para digerir plantas acuáticas. En la cavidad bucal se encuentra la rádula de tipo *Tenioglossa* (Figura 2) compuesta por una serie de numerosos dientes dispuestos en filas que se reemplazan a medida que se desgastan y se encargan de desbaratar el alimento actuando como una lima. En reposo esta estructura se encuentra retraída en la cavidad bucal, pero cuando el animal empieza a comer, el cartílago se dirige hacia el exterior hasta tocar el alimento. El aparato bucal y la rádula están provistos de músculos protractores y retractores, facilitando la acción raspadora de la rádula. Este órgano raspador es común en casi todos los moluscos, excepto en Bivalvos y Scaphopodos.

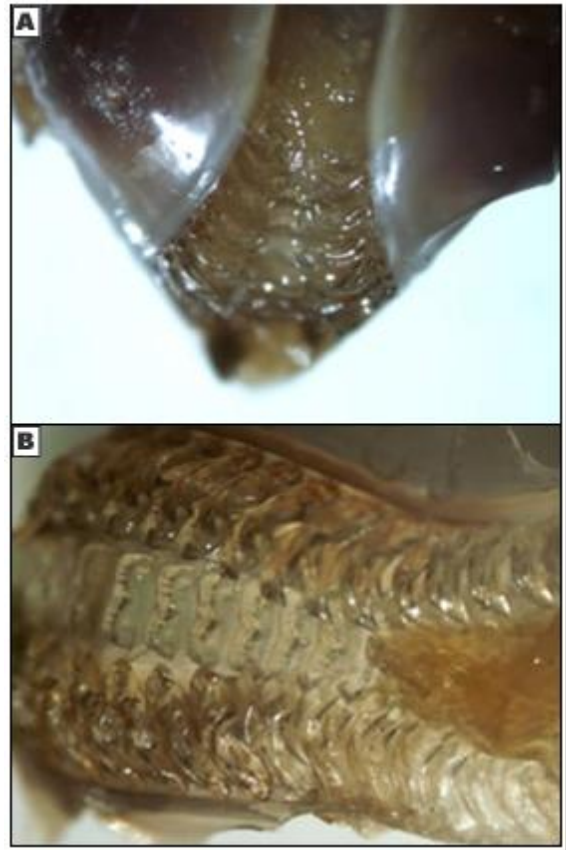


Fig. 17. **A.** Fotografía de la rádula. 1x. **B.** Estructuras que conforman la rádula dentro de la cavidad bucal. 1x.

5.4.1.2 Esófago

La cavidad bucal conduce al esófago que es un conducto corto de luz amplia, (Figura 18, A y B) se extiende dorsalmente por la línea media del manto, su pared es delgada y está conformada de adentro hacia afuera por una mucosa que presenta pliegues longitudinales, el epitelio que reviste la mucosa es cilíndrico simple cuya función es proteger la parte interna del órgano del desgaste ejercido por los alimentos que pasan a través de éste; el epitelio es sostenido por tejido conjuntivo laxo (Figura 18, C).

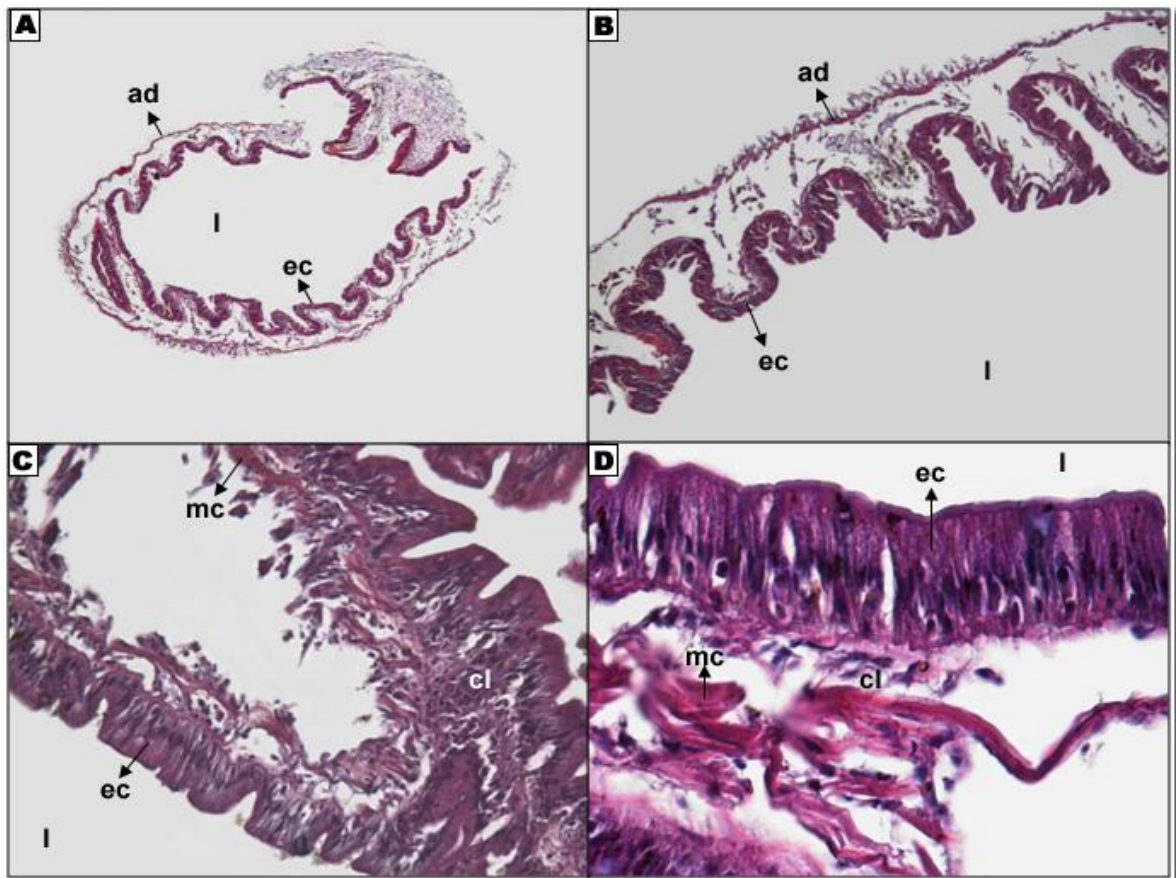


Fig. 18: Cortes transversales de esófago de *Pomacea*: **A.** Vista general donde se observa una luz muy amplia y pliegues formados externamente por epitelio cilíndrico simple. H-E, 4x. **B.** Porción de esófago con sus pliegues característicos y la capa adventicia que recubre el órgano. H-E, 10x. **C.** Pliegue del esófago. H-E, 40x. **D.** Detalle de la mucosa y tejido muscular. H-E, 100x. **ad**, capa adventicia; **cl**, tejido conectivo laxo; **ec**, epitelio cilíndrico simple; **H-E**, técnica de coloración Hematoxilina-Eosina; **l**, luz; **mc**, tejido muscular circular.

Inmediatamente después de la mucosa, se observa la capa muscular compuesta por dos capas de músculo liso, la más interna de orientación circular y la más externa de orientación longitudinal, la muscular es la encargada de producir los movimientos peristálticos que transportan el alimento hacia el estómago (Figura 18, D). Externamente se encuentra una capa adventicia que cubre todo el órgano y le permite unirse con órganos adyacentes.

5.4.1.3 Estómago

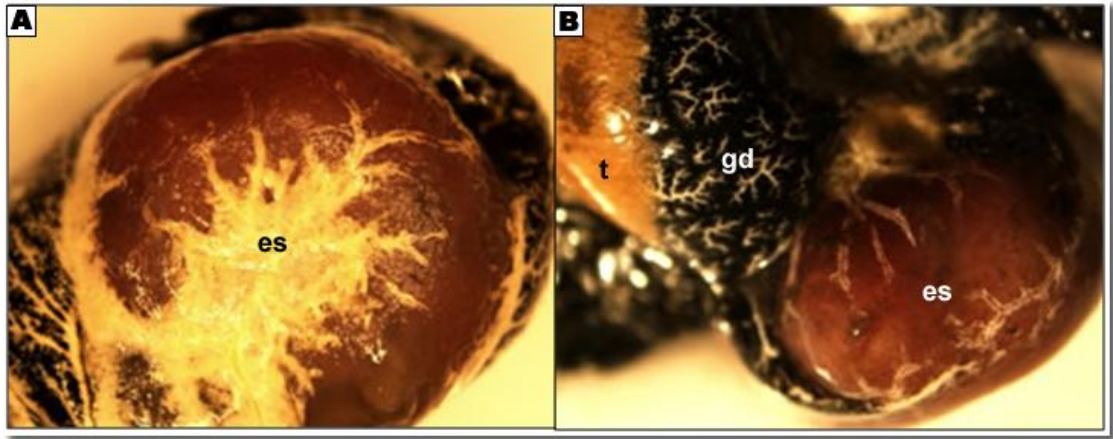


Fig. 19: A. Vista panorámica del estómago de Pomacea. 1x. B. Fotografía donde se observa el estómago adherido a la glándula digestiva y parte del testículo. 1x. es, estómago; gd, glándula digestiva; te, testículo.

El estómago es un órgano ovalado en forma de saco de color rojo intenso (Figura 19) ubicado en la parte dorso lateral izquierda y adosado a la glándula digestiva, sus paredes consisten en varias capas musculares que al moverse mezclan el alimento con moco y enzimas digestivas. El estómago resulta del desarrollo de la pared muscular del tubo Intestinal, la entrada y salida del mismo tiene lugar por adelante, por dos conductos contiguos; su cara externa es lisa y perceptible desde afuera, a través de la delgada y transparente cubierta visceral, y es aquí por donde llegan los conductos de la glándula digestiva.

Histológicamente de adentro hacia fuera, la pared del estómago está constituida por una mucosa, en la cual se observa un epitelio cilíndrico simple con especializaciones en su superficie apical el cual se invagina hacia la lámina propia generando surcos poco profundos. Dichas especializaciones pueden ser microvellosidades para aumentar superficie de absorción debido a su aspecto y teniendo en cuenta estos procesos de absorción en pequeña escala que se realizan a nivel del estomago; es prudente hacer estudios a nivel de microscopia electrónica para reconfirmar ésta hipótesis.

El epitelio contiene células muy similares entre sí encargadas de producir y secretar enzimas, además de moco necesario para proteger el epitelio gástrico de la acidez de la secreción estomacal.

Por debajo del epitelio está la lámina propia la cual es poco visible; externamente a la mucosa se observa la capa muscular, formada por 3 capas de músculo liso que se distribuyen desde el interior hacia la superficie así: una capa circular interna, una oblicua media y por último una capa longitudinal externa; a

continuación se encuentra una serosa (capa de tejido conectivo laxo recubierta por mesotelio) la cual recubre a todo el órgano (Figura 20).

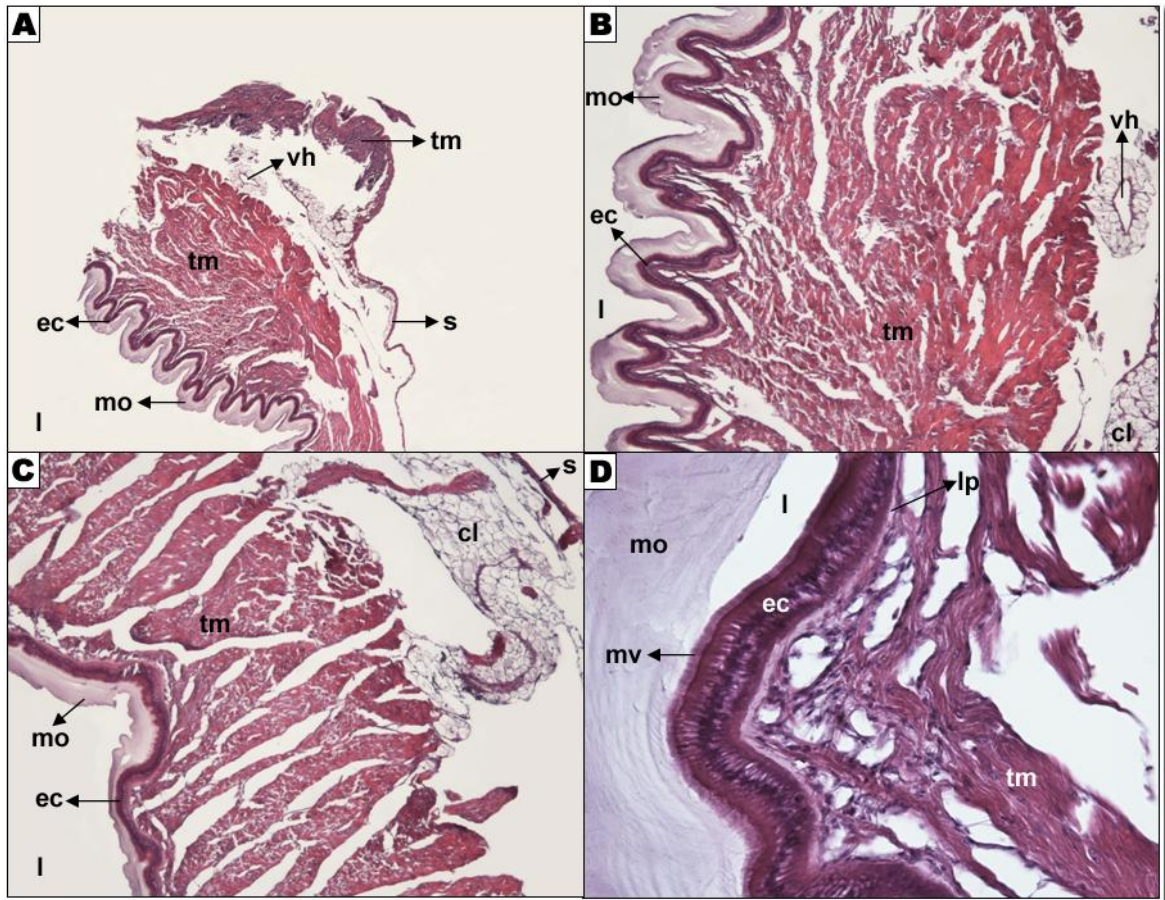


Fig. 20: Cortes transversales del estómago de *Pomacea*. **A.** Vista general donde se observan los diferentes tejidos que conforman el órgano. H-E, 4x. **B.** Invaginaciones del epitelio presentes en el interior del estómago. H-E, 10x. **C.** Distribución de los diferentes tejidos antes mencionados. H-E, 10x. **D.** Detalle del epitelio cilíndrico con sus respectivas especializaciones, posiblemente microvellosidades. H-E, 100X. **cl**, tejido conectivo laxo; **ec**, epitelio cilíndrico simple con especializaciones; **l**, luz; **lp**, lámina propia; **mo**, moco; **mv**, microvellosidades; **s**, serosa; **tm**, tejido muscular; **vh**, vaso hemolinfático.

5.4.1.4 Glándula digestiva

Este órgano forma la porción terminal del espiral visceral (Figura 21, A), ocupando desde el ápice las primeras 2 de las 3 vueltas e incluyendo el estómago en su extremo proximal; en él se distinguen dos lóbulos: el anterior; el cual encierra al estómago, y el posterior, que forma la parte terminal del espiral.

La glándula digestiva es de color pardo verdoso y representa la mayor parte de la masa visceral. Internamente es de consistencia granulosa (Figura 21, B), este órgano es visible desde los estadios más tempranos de vida, su función puede ser

comparada con la del hígado humano combinada con el páncreas (hepatopáncreas), participando en la conversión bioquímica de nutrientes y desechos y producción de enzimas digestivas; respectivamente.

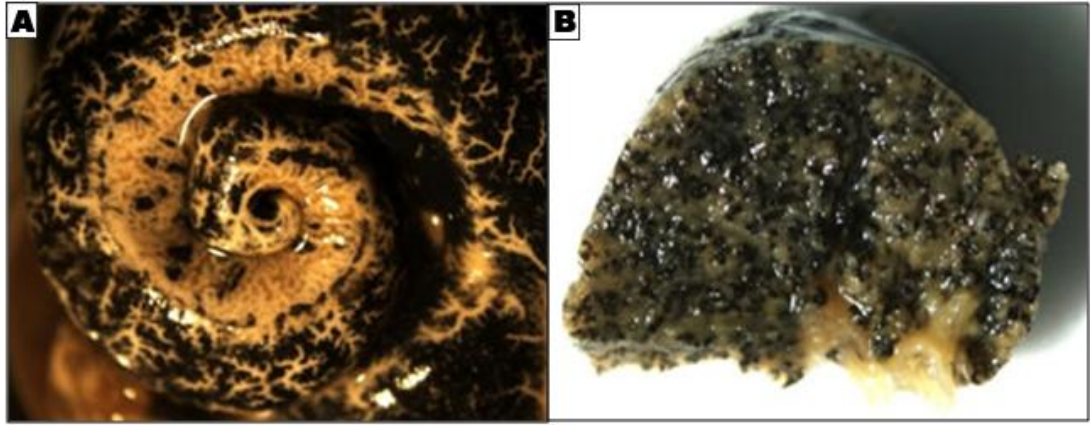


Fig. 21: A. Posición anatómica de la glándula digestiva dentro de la concha.1x. B. Corte transversal de glándula digestiva donde se observa su consistencia granulosa. 1x.

La glándula digestiva presenta un estroma y un parénquima, el estroma comprende la cápsula del órgano, la cual lo cubre, además de una matriz de tejido conectivo que alberga al parénquima y también a los vasos hemolinfáticos y fibras nerviosas; además, esta glándula posee un parénquima con numerosas células de características diferentes encargadas de la producción de proteínas de exportación las cuales se dirigen hacia los diferentes tipos de divertículos digestivos los cuales presentan numerosas ramificaciones. Estos conductos transportan el producto de secreción que producen las células parenquimatosas a través de los túbulos primarios los cuales van aumentando poco a poco su diámetro hasta desembocar en el intestino.

Es posible diferenciar los túbulos primarios de los divertículos; los túbulos primarios presentan una forma externa redondeada, con luz irregular con entrantes y salientes y de forma estrellada; La pared de estas estructuras esta compuesta por un epitelio cilíndrico simple sostenido por una lamina propia de tejido conectivo laxo, la cual se continua externamente con la muscular compuesta por músculo liso.

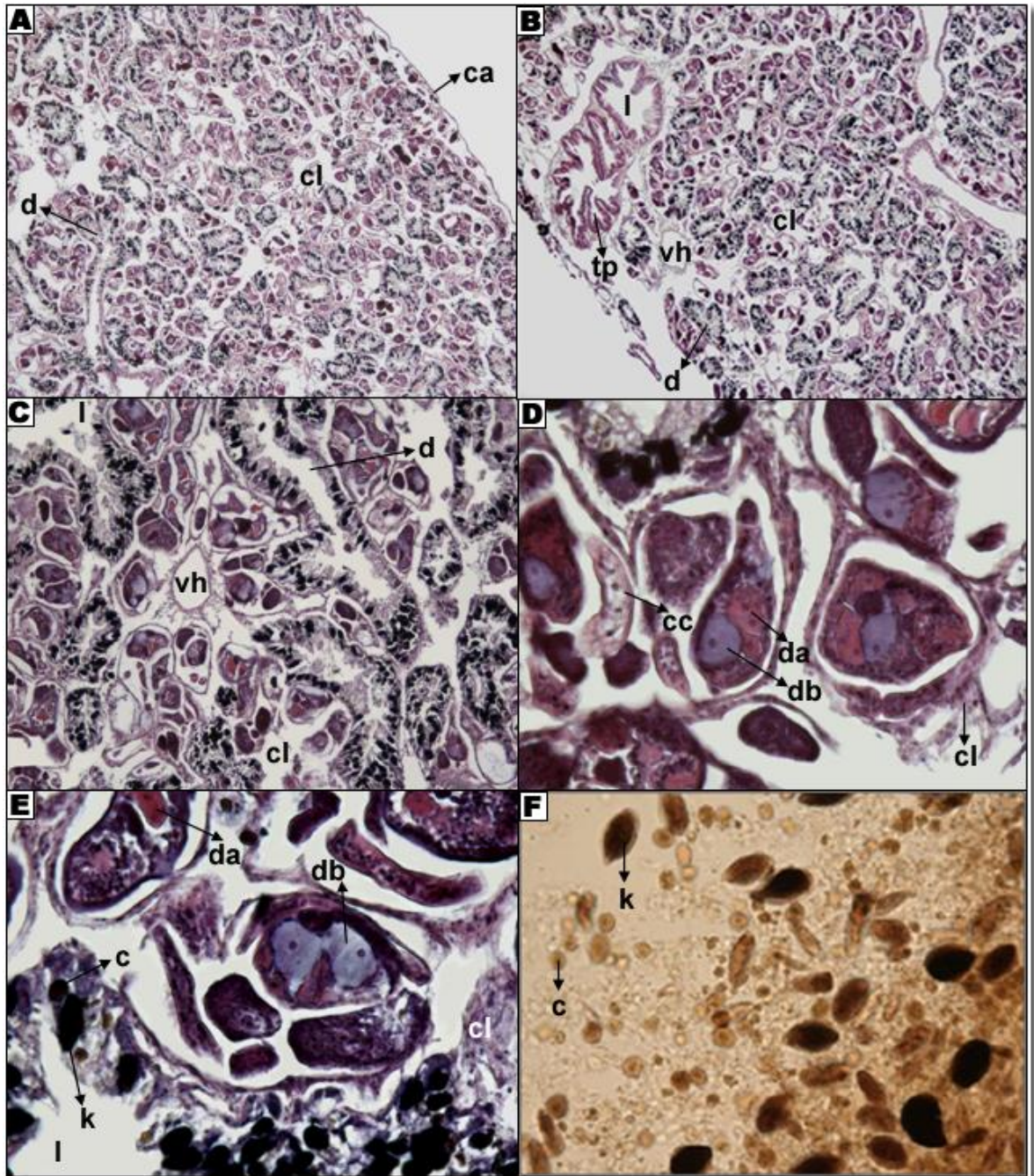


Fig. 22: Cortes transversales de glándula digestiva. **A.** Vista general de una porción de la glándula en donde se observa la cápsula que recubre el órgano. H-E, 10x. **B.** Túbulo primario y numerosos divertículos rodeados de tejido conectivo. H-E, 10x. **C.** Vaso hemolinfático al interior de la glándula. H-E, 40x. **D y E.** Células digestivas, acidófilas de color fucsia y basófilas de color azul, rodeadas de tejido conectivo. H-E, 100x. **F.** corpúsculo K y corpúsculo C, presentes en las heces fecales de *Pomacea*. 40x. **c,** corpúsculo C; **ca,** cápsula; **cc,** cúmulo celular; **cl,** tejido conectivo; **d,** divertículo digestivo; **da,** célula digestiva acidófila; **db,** célula digestiva basófila; **k,** corpúsculo K; **l,** luz; **tp,** túbulo primario; **vh,** vaso hemolinfático.

Los divertículos digestivos presentan una luz irregular y contienen numerosas partículas, tanto en su epitelio como en su luz. Dentro de los divertículos de la glándula digestiva se encuentran células digestivas (Figura 22, E y F) de forma redondeada (Corpúsculos C) y células excretoras de forma alargada (Corpúsculos K), quienes conforman del 11 al 13% del total de la masa glandular. Estos corpúsculos se excretan desde la glándula digestiva hacia sus conductos y son transportados hacia el intestino donde se mezclan con los nutrientes digestivos, pudiendo ser observados en las excretas del animal.

Entre los divertículos y los túbulos primarios se encuentra haciendo parte del parénquima de la glándula, células acidófilas y basófilas de formas irregulares las cuales su citoplasma se tiñe de fucsia o tonos azulados con la técnica de Hematoxilina-Eosina respectivamente. Estos conjuntos celulares, los túbulos y los divertículos, están sostenidos por tejido conectivo entremezclado con fibras de musculo liso, los cuales forman compartimentos expresos tipo cámara que delimitan regiones en el parénquima. Entremezclados con esta población celular se observan unos grupos celulares que se organizan apretadamente entre si formando unos cúmulos en los cuales se identifican núcleos pequeños de diversos tamaños.

Teniendo en cuenta que dentro del metabolismo de esta especie debe haber un regulador para el metabolismo de glucosacáridos, puede ser que los cúmulos celulares estén involucrados en la producción de hormonas para el control de este tipo de metabolismo. De acuerdo a la literatura revisada es muy poco lo que se puede diferir de otros autores ya que este tipo de estudio no ha sido realizado hasta el momento.

Las células digestivas sufren cambios estructurales que han sido relacionados con la digestión, lo cual sugiere que la glándula es una estructura dinámica sometida a ciclos de proliferación, crecimiento y diferenciación. Presentan apariencia y contenido diferente según la función que esté cumpliendo la glándula: síntesis y secreción de enzimas digestivas, absorción de nutrientes, almacenamiento de sustancias y excreción de los desechos de la digestión (Bidder, 1950).

5.4.1.5 Intestino

El intestino es un tubo relativamente indiferenciado; luego de la digestión del alimento realizada en el estómago, en la parte proximal del intestino se termina el proceso digestivo por acción enzimática de sustancias provenientes de la glándula digestiva y por microorganismos aquí presentes, para su posterior absorción por medio de las microvellosidades intestinales. Finalmente, en la región más distal del intestino se forma el bolo fecal que es expulsado en la cavidad paleal.

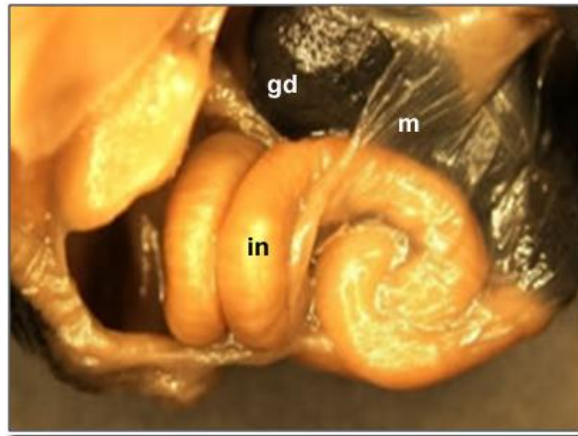


Fig. 23: Intestino (in) de *Pomacea* envuelto en el manto (m); gd, glándula digestiva. 1x.

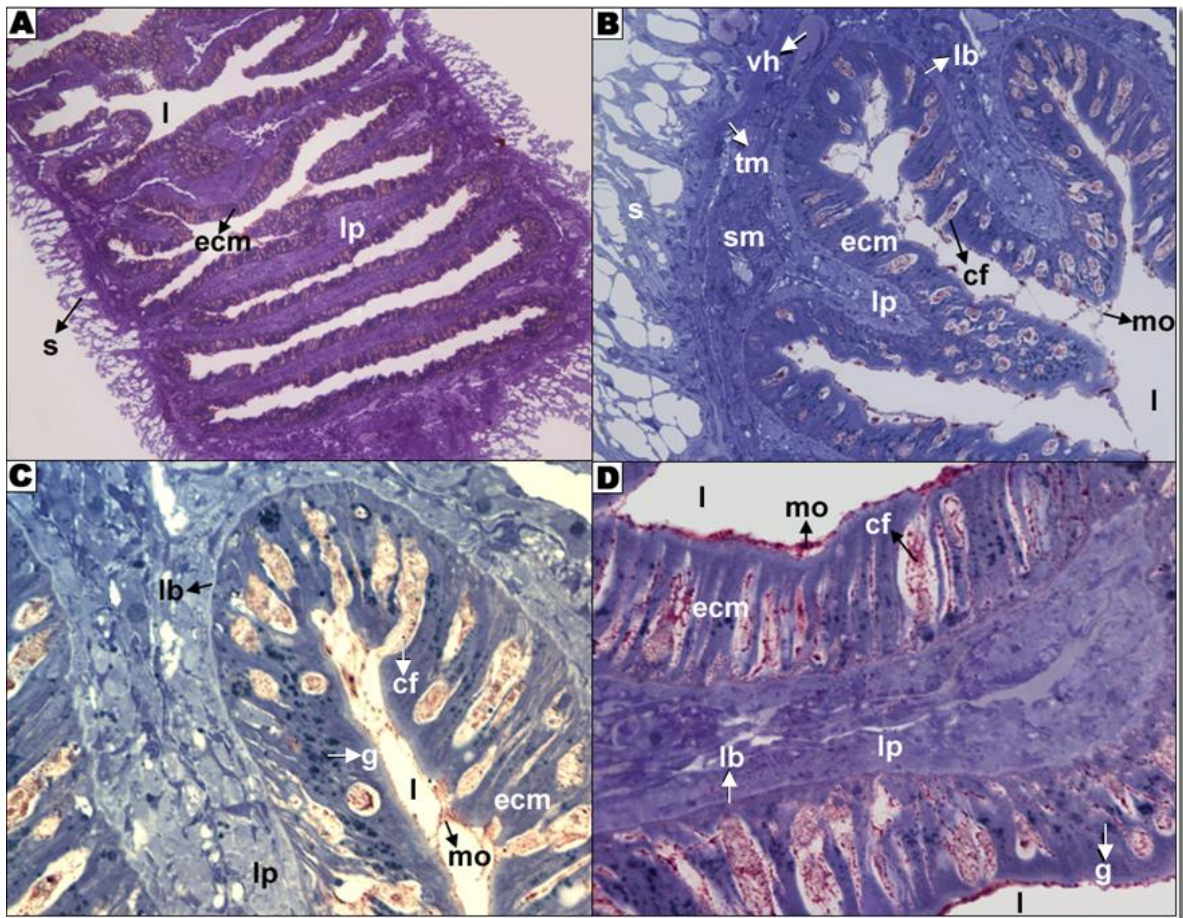


Fig.24: Cortes transversales de intestino de *Pomacea*: **A.** Vista panorámica de un corte transversal del tubo intestinal. H-E, 10x. **B.** Pliegues en el interior del intestino. H-E, 40x. **C y D.** Epitelio cilíndrico simple con microvellosidades entremezclado con células caliciformes productoras de moco. H-E, 100x. **cf**, célula caliciforme; **ecm**, epitelio cilíndrico simple con microvellocidades; **g**, gránulos; **l**, luz intestinal; **lb**, lámina basal; **lp**, lámina propia; **mo**, moco; **s**, serosa; **sm**, submucosa; **tm**, capa muscular; **vh**, vaso hemolinfático.

El intestino de la especie *Pomacea* está constituido histológicamente de adentro hacia fuera por varias capas de tejidos denominadas: mucosa, submucosa, muscular externa y serosa, muy similar al resto del tubo digestivo. Al observar la mucosa que corresponde a la capa más interna se visualiza que está formada por epitelio cilíndrico simple y una lámina propia constituida por tejido conectivo laxo (Figura 24, A y B). Esta mucosa intestinal se caracteriza porque posee pliegues digitiformes (vellocidades) que aumentan la superficie de absorción de los productos útiles de la digestión.

Las células del epitelio intestinal son en su mayoría células cilíndricas de absorción, en su citoplasma se observan gránulos que considero son nutrientes absorbidos por endocitosis (Figura 24, C y D). Entremezcladas con las células cilíndricas se encuentran abundantes células caliciformes productoras de moco, como mecanismo de protección contra la acidez del quimo proveniente del estómago y el roce producido por el flujo de sustancias dentro del intestino.

Inmediatamente después de la mucosa se encuentra una capa de tejido conectivo menos denso que el de la lámina propia, denominada submucosa, en la cual se observa tejido adiposo entremezclado con vasos hemolinfáticos de diversos calibres. Externamente a la submucosa existe una capa muscular formada por dos capas de músculo liso: una interna de distribución circular y otra externa de disposición longitudinal. Finalmente y mas externamente a la capa muscular se aprecia una capa que recubre el intestino denominada serosa.

5.4.1.6 Recto

La porción terminal del intestino hace el recorrido sin variar su calibre, termina en una papila anal libre, detrás del borde del manto y sobre el lóbulo nucal derecho que sirve de surco de excreción.

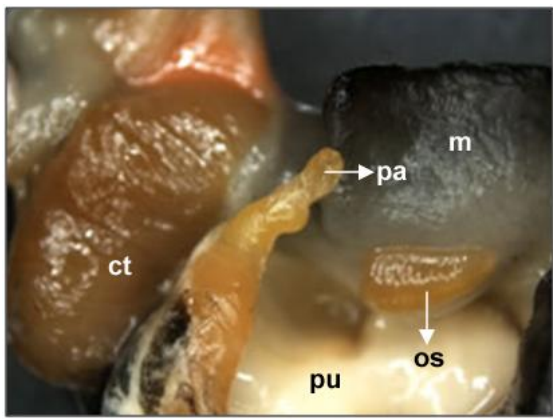


Fig. 25: Papila anal (**pa**) en la parte terminal del intestino, al lado izquierdo esta la branquia (**ct**), al lado derecho se ubica el osfradio (**os**) y el pulmón (**pu**) adheridos al manto (**m**). 1x.

5.4.2 SISTEMA RESPIRATORIO

Los órganos respiratorios se localizan en la parte dorso anterior del manto (Figura 25). Hay una única branquia, desarrollada en el lado izquierdo de la cavidad del manto. La corriente inhalante penetra por el área anterolateral izquierda de la abertura, circulando por el único osfradio y la branquia para luego atravesar el poro anal y genital, para finalmente salir como corriente exhalante por el área anterolateral derecha.

Pomacea es un anfibio ya que puede vivir tanto dentro como fuera del agua. Además de su branquia, dispone de un pulmón que puede funcionar cuando el animal está fuera del agua como cuando se mantiene dentro de ella. La combinación de pulmón y branquia refleja la adaptación de esta especie a hábitats con agua pobre en oxígeno, en condiciones particulares los sifones sirven para respirar aire mientras está sumergido a manera de snorkel.

5.4.2.1 Branquia

Pomacea posee una branquia típica funcional constituida por lamelas triangulares que se apoyan por la base en la cara interna del manto, habiéndose originado como pliegues de esa misma capa. El desplazamiento de la branquia hacia la derecha se debe a la formación del pulmón. Consiste en una hilera de filamentos que permiten el intercambio gaseoso, al realizarse un flujo constante de agua en la cavidad del manto gracias a cilios ubicados en la superficie de la piel del caracol. En éste órgano se encuentran diferentes tipos de lamelas en segmentos intercalados (Figura 27), algunas son anchas en su parte más distal, con respecto al manto en donde descansa el órgano, y se adelgazan gradualmente hacia su parte proximal. Otras son de forma englobada en la porción distal y en su parte media se engrosan y forman un borde aserrado el cual se adelgaza y elonga hacia la parte proximal. La base de las lamelas continúa con una capa muscular formada por músculo liso que se inserta en el manto, consta de una capa circular interna y una capa longitudinal externa. En ciertas regiones las lamelas se agrupan y forman pliegues para aumentar su superficie de contacto con el agua.

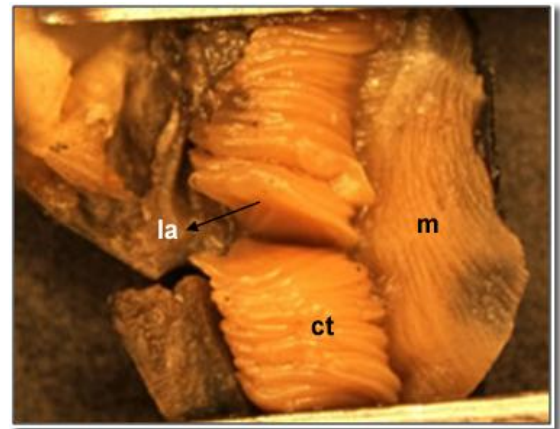


Fig. 26: Vista panorámica de la branquia (ct) en donde se observan las lamelas (la) que la conforman. m, manto. 1x.

Histológicamente desde el exterior hacia el interior, las lamelas están constituidas por una mucosa con un epitelio pseudoestratificado cilíndrico, el cual presenta como especializaciones cilios en las células que conforman la parte más distal de la lamela, mientras en el borde lateral de la estructura estas células epiteliales presentan microvellosidades. El epitelio de la parte distal es mucho más bajo que el de la superficie lateral; inmediatamente por debajo del epitelio se encuentra una lámina propia poco aparente y bajo ésta una capa muscular la cual es consistente y gruesa en la parte más distal de la lamela, mientras que en sus secciones laterales se adelgaza en toda su longitud hasta su parte proximal.

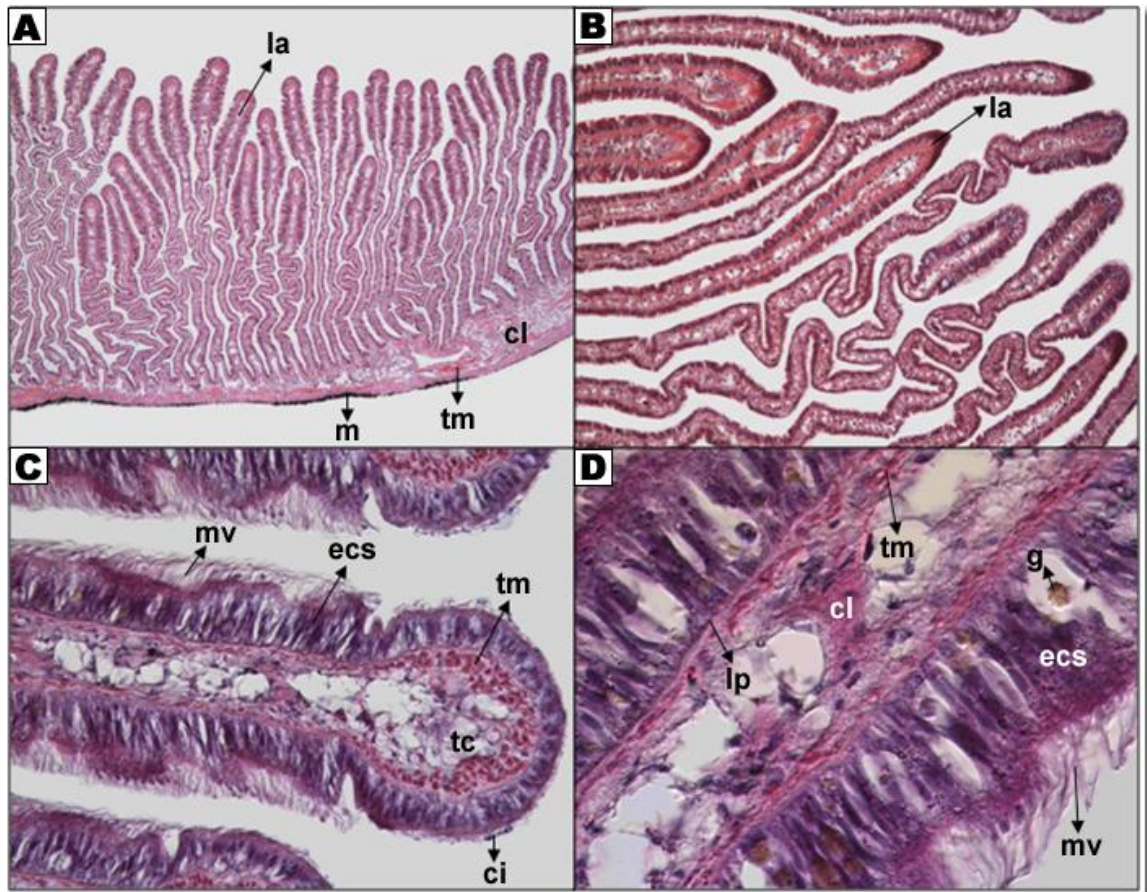


Fig.27: Cortes longitudinales de branquia de *Pomacea*: **A.** Vista general de un corte de branquia donde se observan las lamelas que la conforman, las cuales descansan sobre tejido conectivo, una capa de tejido muscular y finalmente sobre el manto. H-E, 4x. **B.** Lamelas con su característico ensanchamiento en su parte más distal. H-E, 10x. **C.** Parte distal de una lamela en donde se observa el epitelio cilíndrico pseudoestratificado con cilios en su parte más distal y microvellocidades en su parte media. H-E, 40x. **D.** Parte media de una lamela con gránulos entre el epitelio. H-E, 100x. **ci**, cilios; **cl**, tejido conectivo; **ecs**, epitelio cilíndrico pseudoestratificado; **g**, gránulos; **la**, lamelas; **lp**, lámina propia; **m**, manto; **mv**, microvellocidades; **tc**, tejido conectivo; **tm**, tejido muscular; **vh**, vaso hemolinfático.

En el centro de la lamela hay un núcleo de tejido conectivo el cual alberga unas cavidades constituidas por membranas delgadas a manera de lagunas que recorren toda la estructura, y que podrían ser vasos hemolinfáticos que traen el líquido circulatorio hasta éste órgano para realizar el intercambio gaseoso con el medio acuático.

Entre las células epiteliales se observan gránulos de color marrón los cuales parecen atravesar el epitelio y dirigirse hacia los vasos hemolinfáticos que se encuentran en el centro de la lamela.

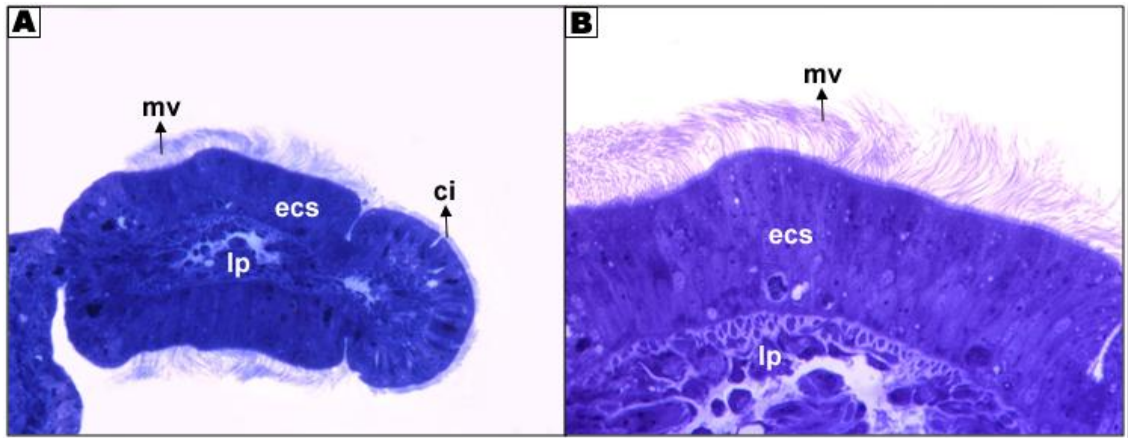


Fig. 28: Cortes longitudinales de una lamela: **A.** Epitelio cilíndrico pseudoestratificado con cilios en la parte más distal y microvellosidades en la parte intermedia. Azul de toluidina, 40x. **B.** Composición del interior de la lamela en su parte distal. Azul de toluidina, 100x. **ci**, cilios; **ecs**, epitelio cilíndrico pseudoestratificado; **lp**, lámina propia; **mv**, microvellocidades.

5.4.2.2 Pulmón

Es un órgano resultante del desdoblamiento de la pared del manto, adaptado para la respiración aérea. Su límite anterior pasa por detrás del osfradio.

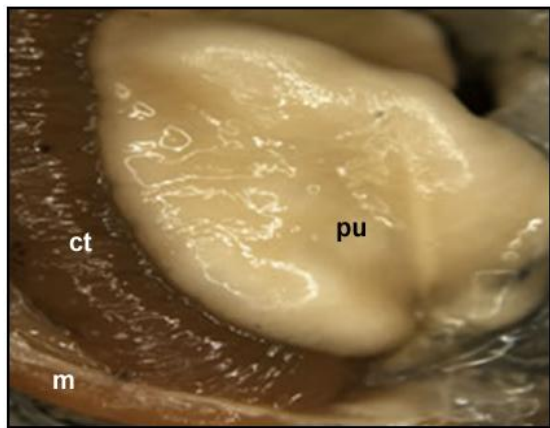


Fig. 29: Pulmón (**pu**) de *Pomacea*, al lado izquierdo se observa la branquia (**ct**), ambos órganos descansan en el manto (**m**). 1x.

El pulmón presenta dos capas que se diferencian como piso y techo pulmonar. El techo pulmonar está constituido por tejido de mallas sueltas, como una especie de filtro, y está cubierto de pigmento sobre su faz externa. El piso pulmonar está desprovisto de pigmento. Su espesor es más amplio que el del techo y mantiene un árbol circulatorio que lleva al corazón. Las contracciones de la pared del cuerpo determinan la entrada de aire como una bomba aspirante. El pulmón también es importante ya que el animal flota, en parte, por el aire que lleva en su pulmón evitando arrastrar todo su peso al moverse bajo el agua.

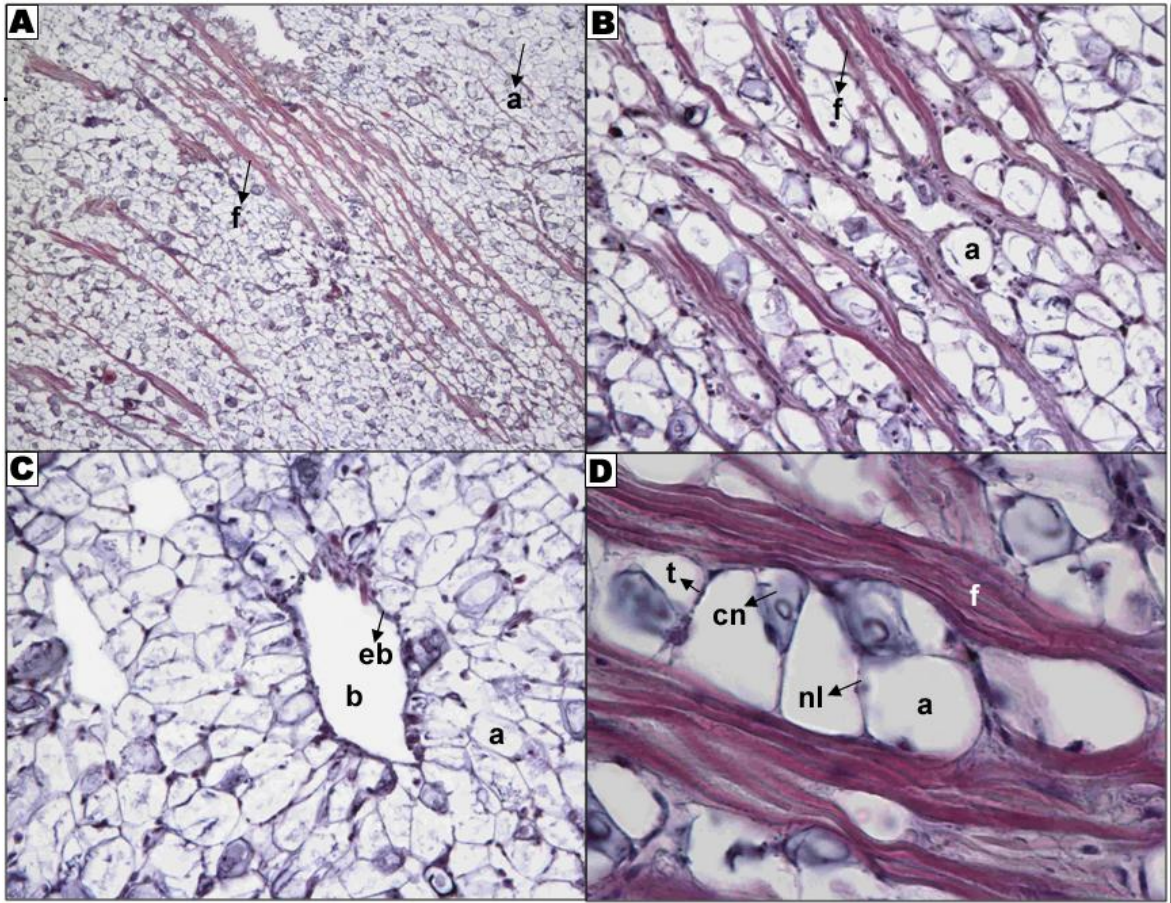


Fig.30: Cortes transversales de pulmón de *Pomacea*. **A.** Estructura de los tejidos que conforman internamente el pulmón. H-E, 10x. **B.** Fibras de músculo liso de disposición transversal entre los alveolos que conforman la mayor parte del tejido. H-E, 40x. **C.** Bronquiolo cuyas paredes están formadas por epitelio plano simple. H-E, 40x. **D.** Fibras de músculo liso alrededor de algunos alveolos. H-E, 100X. **a**, alveolos; **b**, bronquiolo; **cn**, célula intralveolar; **eb**, epitelio bronquial; **f**, fibras de músculo liso; **nl**, neumocito I; **t**, tabique interalveolar.

Histológicamente, el pulmón de *Pomacea* está recubierto por una capa serosa que envuelve y protege todo el órgano, debajo de la cual se encuentra gran cantidad de cavidades aéreas para el intercambio gaseoso (Alveolos pulmonares) entremezcladas con fibras de músculo liso de disposición transversal (Figura 30, B

y D). A mayor aumento se observan cavidades bronquiales (Bronquiolos) delimitadas por epitelio plano simple, unidas en todos sus lados a la trama elástica de tejido que contiene los espacios aéreos, es decir a los alveolos, en los que se hace el intercambio gaseoso.

El epitelio alveolar es una membrana continua, formada por dos tipos de células epiteliales, la mayor parte de estas células son neumocitos tipo I, que son células muy planas y delgadas en las cuales es muy difícil identificar su citoplasma con el microscopio óptico y que son las encargadas de facilitar la difusión de los gases por su citoplasma; El otro tipo de células presentes en el corte, son células de forma triangular con un núcleo redondo y central, su citoplasma se tiñe de lila; este tipo de células se ubican entre alvéolo y alvéolo.

Considerando que los alvéolos pulmonares se colapsan por la tensión superficial que ejerce el agua sobre una superficie, puede ser que el tipo celular presente en los pulmones entre alveolo y alveolo (figura 30, D) sea una célula especializada en la secreción de algún tipo de sustancia tensoactiva formada principalmente por fosfolípidos, la cual evita que las paredes alveolares se colapsen.

5.4.3 SISTEMA EXCRETOR

El sistema excretor está compuesto por el riñón que suele estar muy vascularizado, es muy extenso debido a los numerosos pliegues de su pared interna que descargan su contenido en la cavidad del manto.

5.4.3.1 Riñón

El riñón de *Pomacea* es un órgano en forma de laberinto con poco estroma y con abundante parénquima, sus células poseen un citoplasma abundante y claro y un núcleo denso en posición basal. Está formado por dos brotes o rudimentos renales, el anterior y el posterior, a expensas de la pared pericardial. El riñón, primitivamente derecho se ubica en la parte izquierda en el adulto luego de la torsión. En la cavidad pericardial se excreta un fluido, puede ser considerado como una orina primaria y es transportado a los riñones para su posterior filtración y reabsorción de componentes necesarios como sodio y cloro.

Lóbulo renal posterior: Es un órgano en forma de saco que cubre y encierra una parte del intestino anterior, en el cual se abre una doble comunicación: por un lado se comunica con el pericardio y por el otro con la cámara renal anterior. La vena renal eferente sube por el borde izquierdo y va directo al corazón. Este lóbulo recibe la orina primaria proveniente de la cavidad pericardial, su función es la excreción del ácido úrico proveniente del metabolismo del organismo en donde sus células excretorias secretan ácido úrico y otras sustancias en la luz del compartimento en el cual la orina primaria fluye hacia el lóbulo renal anterior.

En cortes histológicos transversales se observa que su estructura interna se asemeja a la corteza renal del ser humano (Figura 31). Este órgano está recubierto por una cápsula de tejido conectivo, bajo la cual se ubica un tejido que se tiñe con mucha intensidad y que está formado por corpúsculos renales, y cortes de túbulos renales y capilares hemolinfáticos de disposición transversal, oblicua y longitudinal, todo lo anterior entremezclado con tejido conectivo y tejido muscular.

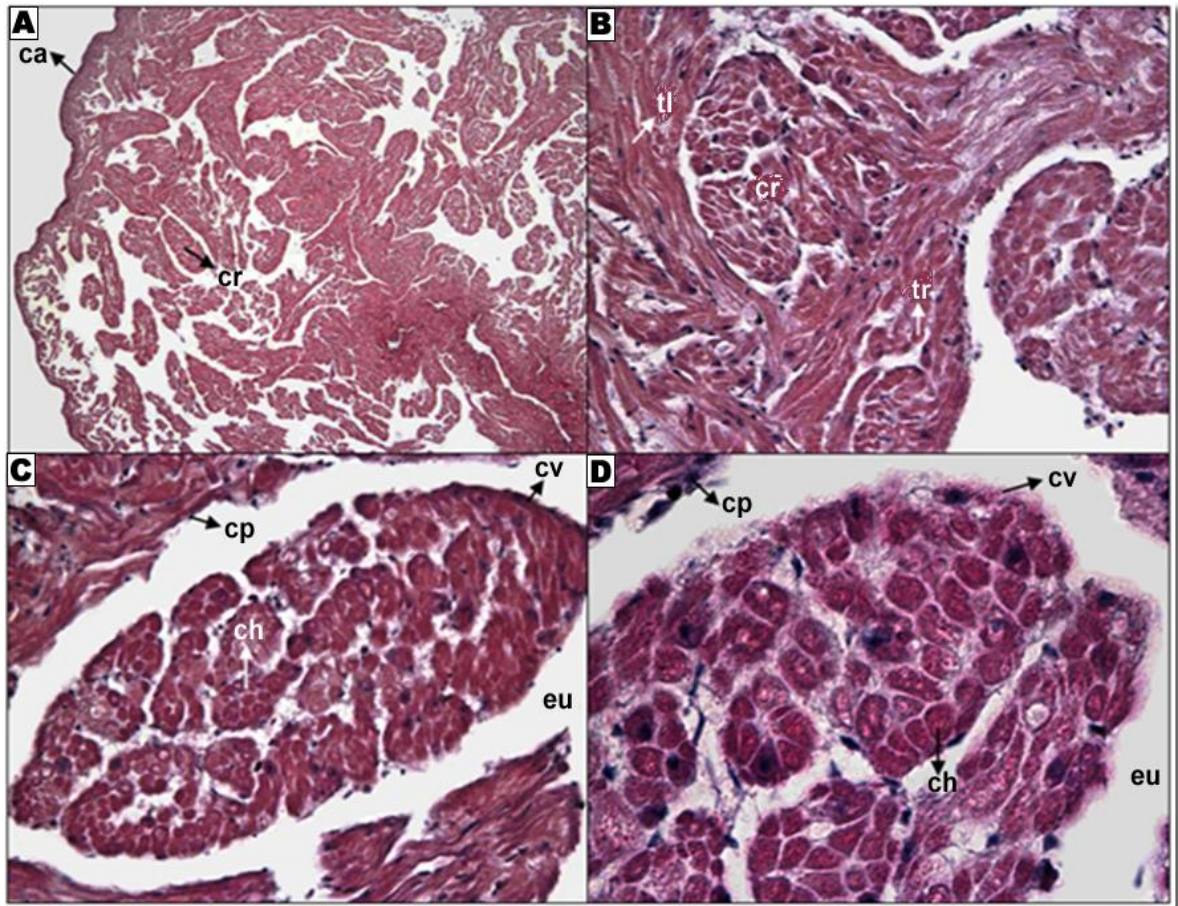


Fig. 31: Cortes transversales del lóbulo renal posterior de *Pomacea*. **A.** Vista general del órgano donde se observa la cápsula que lo envuelve y bajo ésta gran cantidad de corpúsculos renales rodeados de diferentes tejidos. H-E, 4x. **B.** Túbulos renales en cortes de disposición longitudinal y transversal. H-E, 10X. **C.** Corpúsculo renal en donde se diferencia la capa visceral y la capa parietal. H-E, 40x. **D.** Parte de un corpúsculo renal donde se observan los capilares hemolinfáticos. H-E, 100X. **ca**, cápsula; **ch**, capilares hemolinfáticos; **cp**, capa parietal de la cápsula; **cr**, corpúsculo renal; **cv**, capa visceral de la cápsula; **eu**, espacio de ultrafiltrado; **tl**, túbulos longitudinales; **tr**, túbulos transversales.

A mayor aumento se observan corpúsculos renales de forma redondeada y consistencia granulosa, que corresponden a extremos proximales de las nefronas, que son ciegos y están asociados a manojos de capilares hemolinfáticos en donde se realiza la filtración de la hemolinfa. Los corpúsculos renales están formados por

la cápsula y el manojo de capilares dentro de esta, pudiéndose diferenciar en la cápsula del corpúsculo una capa parietal (externa) y una capa visceral (interna) y un espacio libre entre ellas que recoge el ultrafiltrado de la hemolinfa.

Formando el estroma del riñón se encuentra tejido conectivo compuesto por fibras elásticas y colágenas entremezcladas con algunas fibras de musculo liso; todas ellas se empaquetan apretadamente formando una especie de fascículos dentro del órgano, entremezclados con ellos se encuentran vasos hemolinfáticos.

Lóbulo renal anterior: Se ubica detrás de la branquia atravesando el eje longitudinal del cuerpo, su principal función es la osmorregulación del organismo.

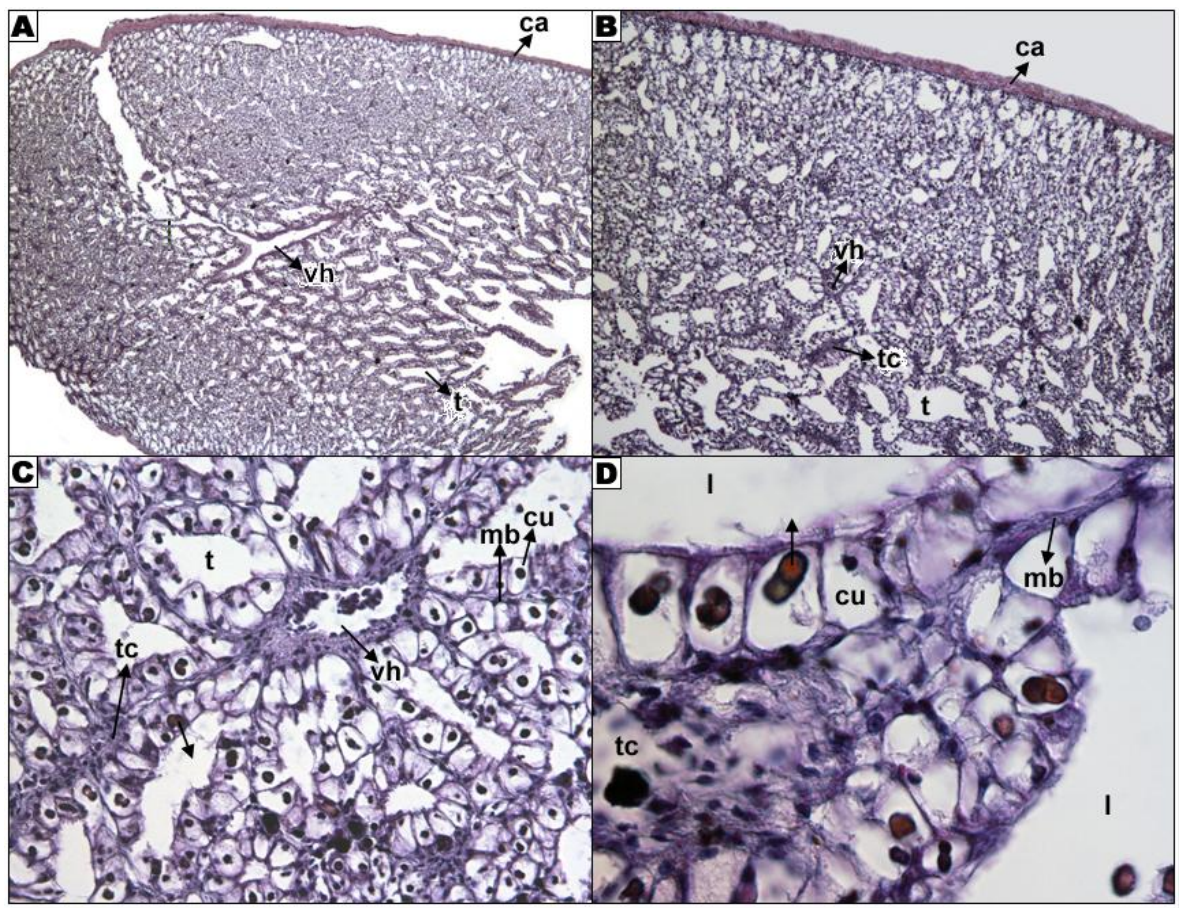


Fig. 32: Cortes transversales del lóbulo renal anterior de *Pomacea*. **A.** Vista general del lóbulo renal. H-E, 4x. **B.** Lóbulo renal donde se aprecia la cápsula que lo recubre y bajo ésta gran cantidad de túbulos colectores. H-E, 10x. **C.** Vaso hemolinfático unido a túbulos colectores por medio de tejido conectivo. H-E, 40x. **D.** Células cúbicas del epitelio de un tubo colector donde se observan células de diferente tinción. H-E, 100x. **ca**, cápsula; **cu**, célula cúbica; **l**, luz del tubo colector; **mb**, membrana basal; **t**, túbulo colector; **tc**, tejido conectivo; **vh**, vaso hemolinfático.

En cortes histológicos transversales se puede apreciar que su estructura se asemeja mucho a la médula renal del ser humano (Figura 32). El órgano está recubierto por una cápsula de tejido conectivo denso, bajo la cual se ubica gran cantidad de túbulos renales los cuales están compuestos por un epitelio cubico simple y su lamina basal, entre túbulo y túbulo se encuentra tejido conectivo laxo formando el intersticio renal que le da sostén a los túbulos y en donde se ubican los vasos hemolinfáticos; la función de estos es recoger la orina y finalmente eliminarla del organismo.

5.4.4 SISTEMA SENSORIAL

Los órganos sensoriales están compuestos por los ojos, los tentáculos y el osfradio.

5.4.4.1 Ojos

Los ojos de *Pomacea* dada su estructura, no proporcionan una visión detallada y funcionan como sensores que dan al caracol una orientación hacia las fuentes de luz; su visión es en escala de grises debido a que la retina no contiene los fotorreceptores específicos para el color. Este tipo de visión está mejor adaptada a distinguir zonas iluminadas y oscuras en su medio ambiente, dado el tamaño del ojo con relación al tamaño del cuerpo.

La anatomía del ojo de *pomacea sp.* es muy sencilla y consiste en varias estructuras asociadas al tejido conectivo del órgano: la córnea, el lente, la retina y el nervio óptico.

En cortes histológicos de menor aumento se puede observar, desde la parte anterior hacia la parte posterior del ojo, la esclerótica en la que se fijan los músculos de la órbita que permiten el movimiento del globo ocular en todas las direcciones; la cornea que es transparente, está compuesta por un epitelio estratificado plano, el cual permite a los rayos luminosos ingresen al ojo, inmediatamente posterior a la cornea se aprecia la cámara anterior del ojo y en la parte posterior a ella se aprecia un lente (cristalino) que hace que los rayos de luz que entran al ojo incidan sobre la retina.

Rodeando al cristalino en su región posterolateral se encuentra el humor vítreo. Recubriendo la superficie interna del ojo, excepto por detrás de la córnea se encuentra la retina; se observa como una membrana delgada que contiene varias capas; esta estructura está formada por receptores nerviosos (neuronas bipolares), sus axones y células gliales; de cada neurona emerge su axón el cual se reúne junto con los demás axones proveniente de otras neuronas y se dirigen hacia la parte posterior del ojo para formar el nervio óptico el cual hace relevo a nivel del ganglio cerebral.

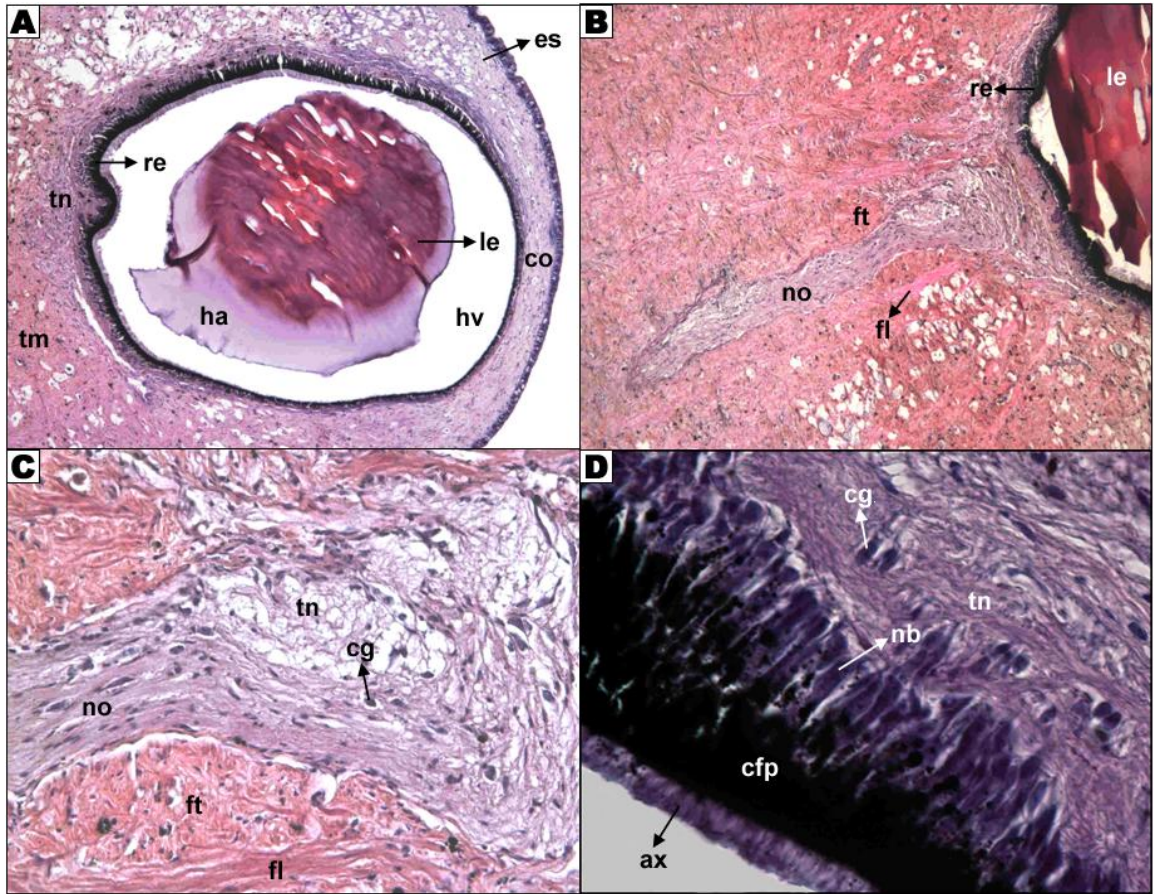


Fig. 33: Cortes longitudinales de ojo de *Pomacea*. **A.** Vista general. H-E, 4x. **B.** Nervio óptico rodeado de tejido muscular. H-E, 10x. **C.** Porción del nervio óptico cercano a la retina, en donde se observa la diferencia entre el tejido nervioso y el tejido muscular que lo envuelve. H-E, 40X. **D.** Retina con las diferentes capas que la conforman. H-E, 100x. **ax**, axones; **cfp**, células fotorreceptoras pigmentadas; **cg**, célula glial; **co**, cornea; **es**, esclerótica; **fl**, fibras musculares longitudinales; **ft**, fibras musculares transversales; **ha**, humor acuoso; **hv**, humor vítreo; **le**, lente; **nb**, neurona bipolar; **no**, nervio óptico; **re**, retina; **tm**, tejido muscular; **tn**, tejido nervioso.

5.4.4.2 Tentáculos

El par de tentáculos son muy largos y extensibles, llevando en la base del lado externo, una dilatación globulosa que sostiene el ojo denominada ommatóforo. Histológicamente en un corte transversal, se observa un epitelio seudoestratificado cilíndrico ciliado que cubre al órgano, debajo del cual se encuentra una delgada lámina propia, por debajo de ésta se observa gran cantidad de tejido conectivo entrelazado con fibras de tejido muscular de disposición longitudinal, hacia la periferia del órgano y debajo de la lámina propia se observan vasos hemolinfáticos de distribución organizada alrededor del corte; contrastando con los tejidos antes descritos se aprecia un nervio (Figura 34, A) el cual recorre todo el órgano longitudinalmente y provee a éste la sensibilidad necesaria para detectar su entorno.

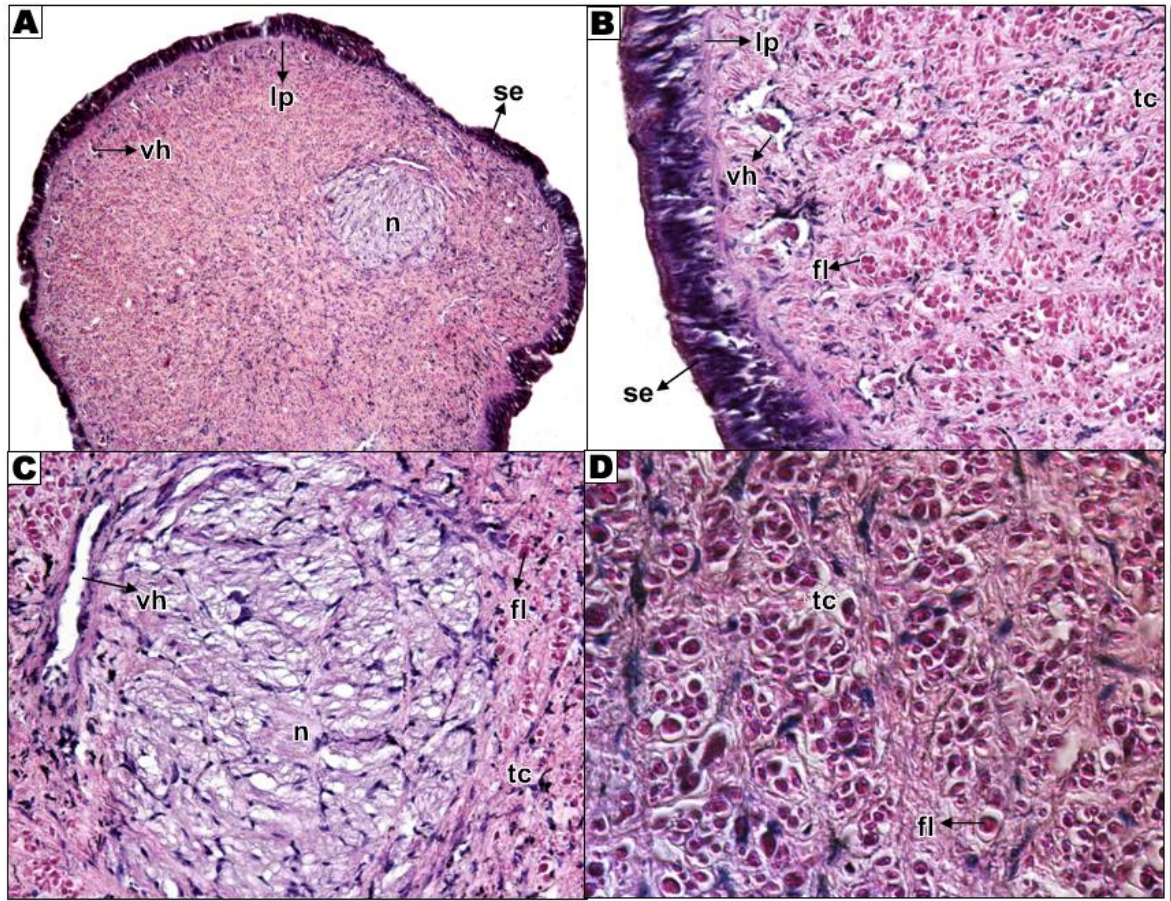


Fig. 34: Cortes transversales de tentáculo de Pomacea. **A.** Panorámica donde se aprecia el nervio que recorre el tentáculo longitudinalmente. H-E, 10x. **B.** Epitelio pseudoestratificado cilíndrico ciliado que conforma la serosa que recubre el órgano. H-E, 40x. **C.** Acercamiento del nervio ubicado al interior del tentáculo. H-E, 40x. **D.** Tejido conectivo entremezclado con fibras musculares dispuestas longitudinalmente. H-E, 100x. **fl**, fibras de tejido muscular de disposición longitudinal; **lp**, lámina propia; **n**, nervio; **se**, serosa; **tc**, tejido conectivo; **vh**, vaso hemolinfático.

5.4.4.3 Osfradio

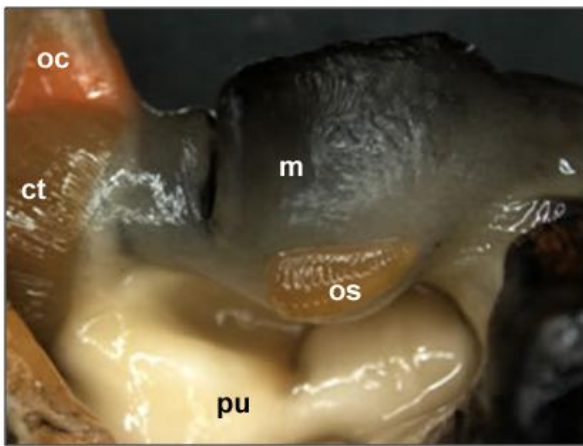


Fig. 35: Fotografía en la que se diferencia el osfradio (**os**), ubicado por debajo del manto (**m**) y detrás de este se localiza el pulmón (**pu**), hacia la izquierda del pulmón se visualiza parte de la branquia (**ct**), encima del cual se observa la base del órgano copulador (**oc**). 1x.

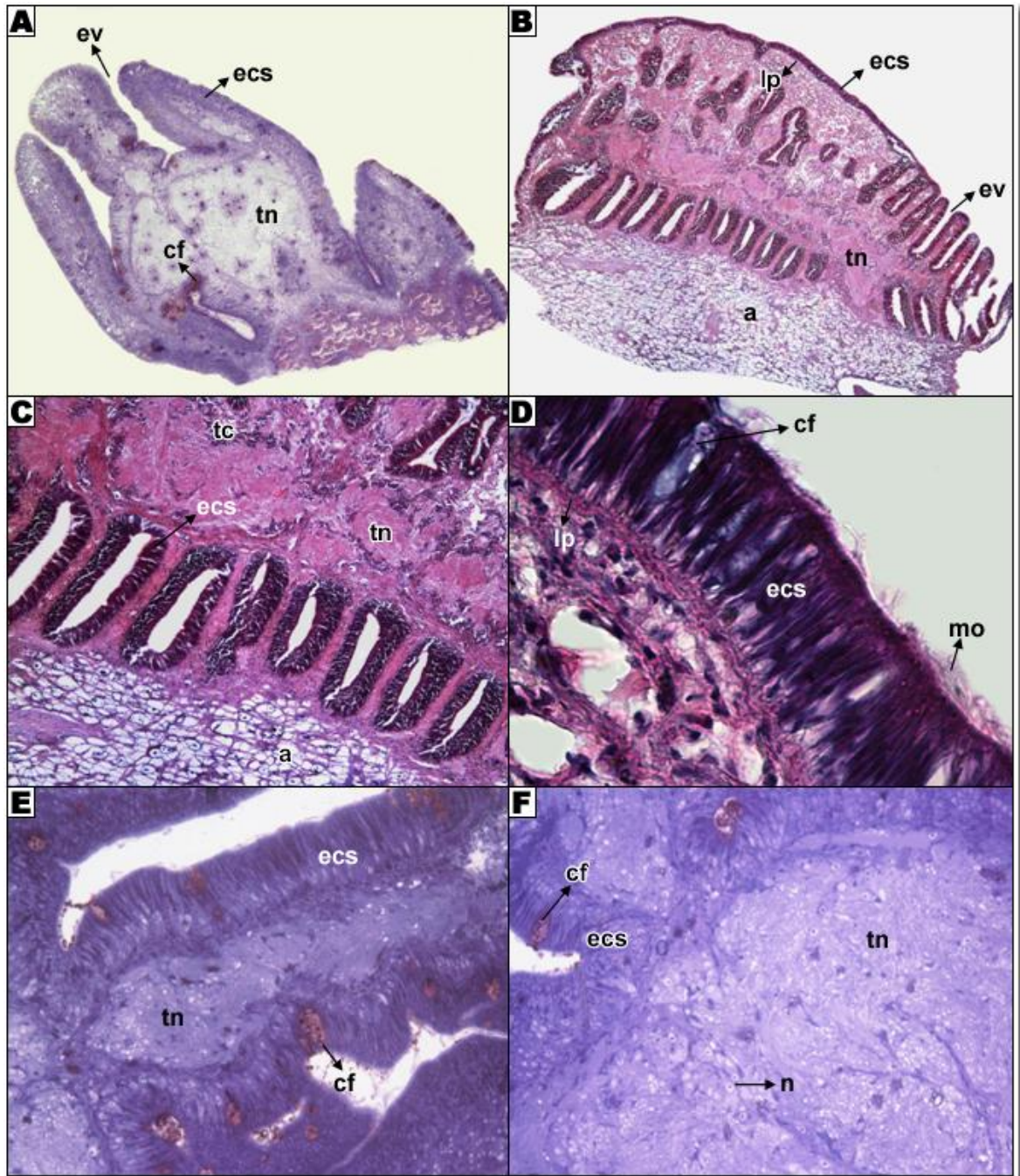


Fig. 36: **A.** Corte transversal de osradio de *Pomacea*. Azul de toluidina, 4x. **B.** Corte longitudinal de osradio en donde se observan las diferentes evaginaciones que forma el epitelio cilíndrico pseudoestratificado. H-E, 4x. **C.** Corte longitudinal donde se observan aferencias neuronales provenientes de la región superficial del órgano. H-E, 10x. **D.** Epitelio cilíndrico pseudoestratificado alrededor del órgano. H-E, 100x. **E.** y **F.** Cortes transversales donde se aprecia el epitelio cilíndrico pseudoestratificado con células caliciformes entre el epitelio, debajo del cual se ubica abundante tejido nervioso. Azul de toluidina, 40x. **a**, alveolos pulmonares; **cf**, célula caliciforme; **ecs**, epitelio cilíndrico pseudoestratificado; **ev**, evaginaciones; **lp**, lámina propia; **mo**, moco; **n**, neurona; **tc**, tejido conectivo; **tn**, tejido nervioso.

Es una estructura quimiorreceptora, localizada por debajo de la cavidad del manto en posición dorso lateral izquierda, la cual permite al caracol percibir sustancias químicas en el agua a manera de olfato, es muy importante en la búsqueda de alimento.

El osfradio es un órgano de forma piriforme en cuya superficie ventral presenta evaginaciones digitiformes que se proyectan hacia el medio que los rodea. A menor aumento de afuera hacia adentro se identifica un capa de epitelio pseudoestratificado cilíndrico entre el cual se entremezclan receptores sensoriales (Neuronas Bipolares), seguida de tejido conectivo que constituye una delgada lamina propia y hacia su base se aprecia abundante tejido conectivo entremezclado con tejido nervioso.

A mayor aumento se aprecia que los axones de dichas neuronas parten hacia el tejido conectivo subyacente para formar ramilletes de axones (Fascículos) que se dirigen hacia la base del órgano para posteriormente viajar hacia el ganglio cerebral. También se observan entremezcladas con las células epiteliales y las neuronas, células caliciformes productoras de mucina que considero participan en la protección del epitelio que cubre el órgano y a su vez facilita la captación y dilución de moléculas odoríferas (Figura 36).

5.4.5 SISTEMA REPRODUCTOR

Los representantes del género pomácea son dioicos, su fecundación es interna y es difícil diferenciar los sexos a simple vista. Sólo se desarrolla una gónada situada superficialmente en la cara interna de las últimas vueltas de la glándula digestiva. Generalmente la gónada femenina alcanza un menor desarrollo que el testículo.

5.4.5.1 Aparato reproductor del macho

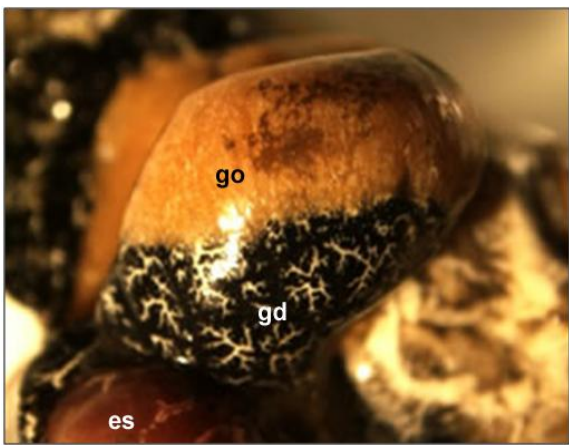


Fig. 37: Gónada del macho (**go**) junto a la glándula digestiva (**gd**); Estómago (**es**). 1x.

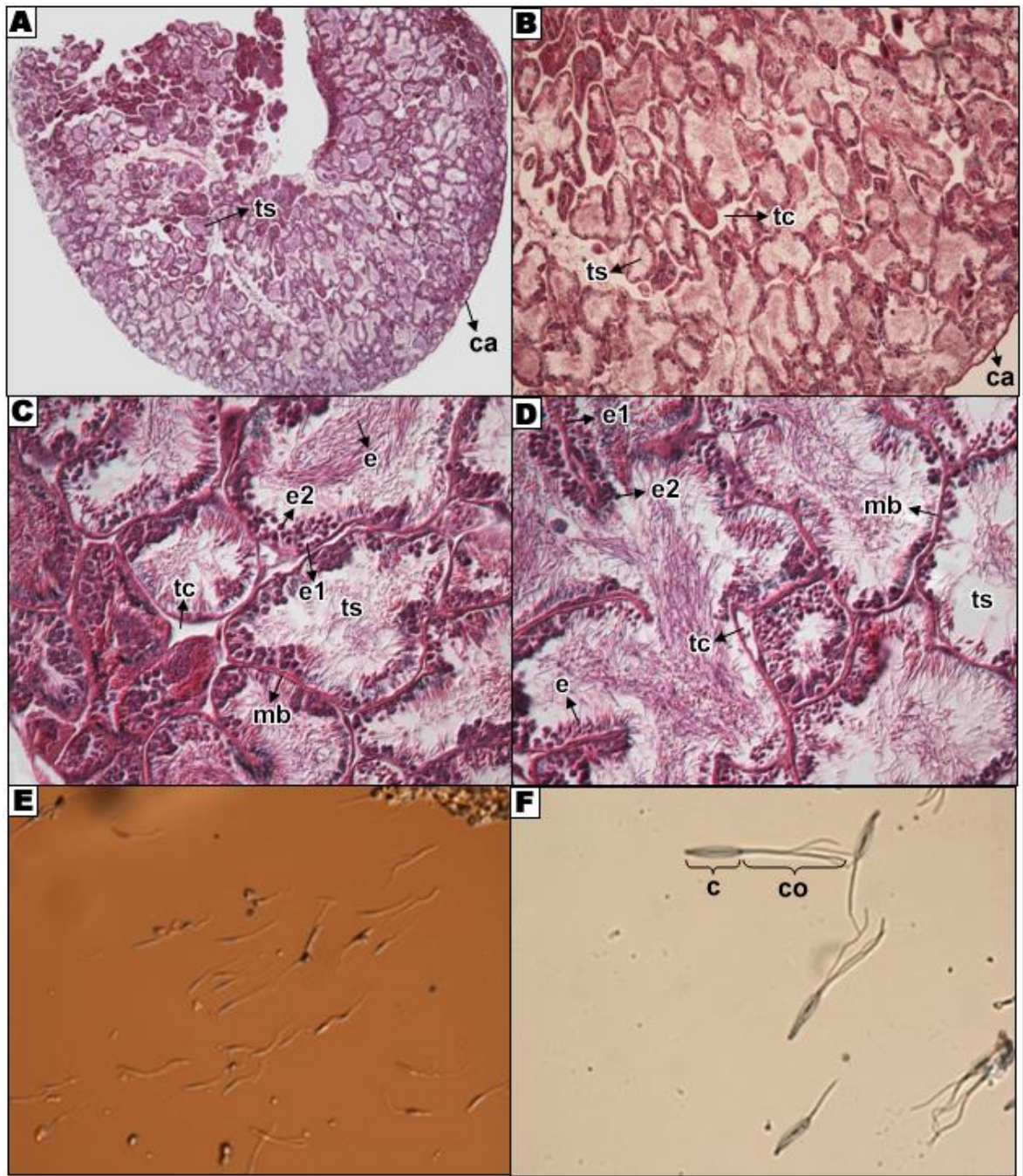


Fig. 38: Corte transversal de la gónada del macho de *Pomacea*. **A.** Corte donde se observa la cápsula que recubre el órgano y los túbulos seminíferos que se forman al interior. H-E, 4x. **B.** Tejido conectivo laxo alrededor de los túbulos seminíferos. H-E, 10x. **C.** y **D.** Diferentes estadios de la espermatogénesis al interior de los túbulos. H-E, 40x. **E.** Espermatozoides. Azul de toluidina, 10x. **F.** Espermatozoides con sus partes características. Azul de toluidina, 100X. **c,** cabeza; **ca,** cápsula; **co,** cola; **e,** espermatozoides; **e1,** espermatogonias; **e2,** espermatocitos; **l,** luz del conducto seminífero; **mb,** membrana basal; **tc,** tejido conectivo laxo; **ts,** túbulo seminífero.

La gónada del macho, al igual que la de la hembra, se desarrolla desde el ápice de la espira sobre la cara interna de la glándula digestiva (Figura 37), alcanzando un mayor desarrollo que la gónada de la hembra. Dentro de ésta se originan un gran número de canales que recogen los espermatozoides encauzándolos hacia fuera, al alcanzar la altura del pericardio el conducto seminal desemboca en un órgano llamado vesícula seminal y como continuación directa de ésta está la próstata.

La gónada de un caracol macho maduro sexualmente, es una glándula de forma alargada que se encuentra ubicada al final de la espira y sigue en espiral a la glándula digestiva en la mayoría de su trayecto. Macroscópicamente se identifica por su color naranja brillante (Figura 37).

En un corte transversal del órgano se observa de afuera hacia adentro: una capa de tejido conectivo denominada cápsula; la cual protege al órgano, de ésta se desprenden tabiques de tejido conectivo que se invaginan dentro del testículo. Inmediatamente por debajo de la cápsula se observan túbulos seminíferos los cuales están constituidos por un epitelio especializado, que origina por diferentes estadios de maduración, los espermatozoides. En el túbulo en un corte transversal se observa en su luz los espermatozoides diferenciados. Entre túbulo y túbulo hay tejido conectivo laxo que corresponde al intersticio testicular.

Órganos de copulación: resultan de la transformación de repliegues de la membrana paleal interna. Se puede distinguir: la vaina del pene, el saco del pene y el pene propiamente dicho.

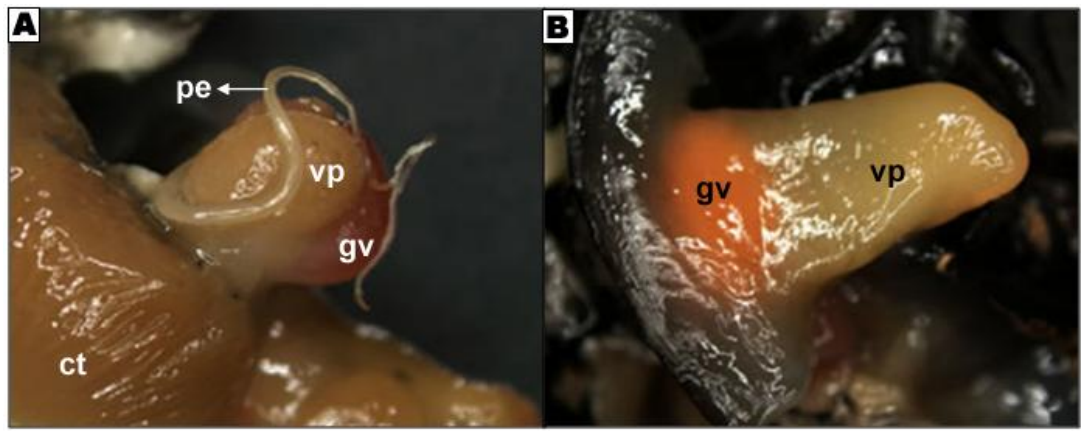


Fig. 39: Órgano copulador de Pomacea. A. Pene ubicado sobre la vaina en estado de relajación, junto a la glándula de la vaina. 1x. B. Vaina en estado de erección dentro de la cual se ubica el pene. 1x. ct, branquia; gv, glándula de la vaina; pe, pene; vp, vaina del pene.

La vaina del pene es una estructura eréctil que en su base incluye una glándula de color anaranjado-rojizo encargada de secretar moco durante la copulación junto con posibles elementos hormonales. La función de la vaina es servir como medio de conducción del pene hasta la papila genital de la hembra para facilitar su penetración.

El saco del pene es una bolsa con una pared delgada y elástica, el pene en estado de reposo se recoge y pliega, formando un ovillo dentro del saco; para salir de este, se encarrilla en una pestaña que orienta su desplazamiento por un compartimiento periférico hasta el surco de la vaina. En posición de reposo del órgano copulador, su base queda adelante y el extremo adelgazado hacia atrás, todo oculto en la cavidad paleal. En la unión sexual el órgano se da vuelta y es echado hacia fuera.

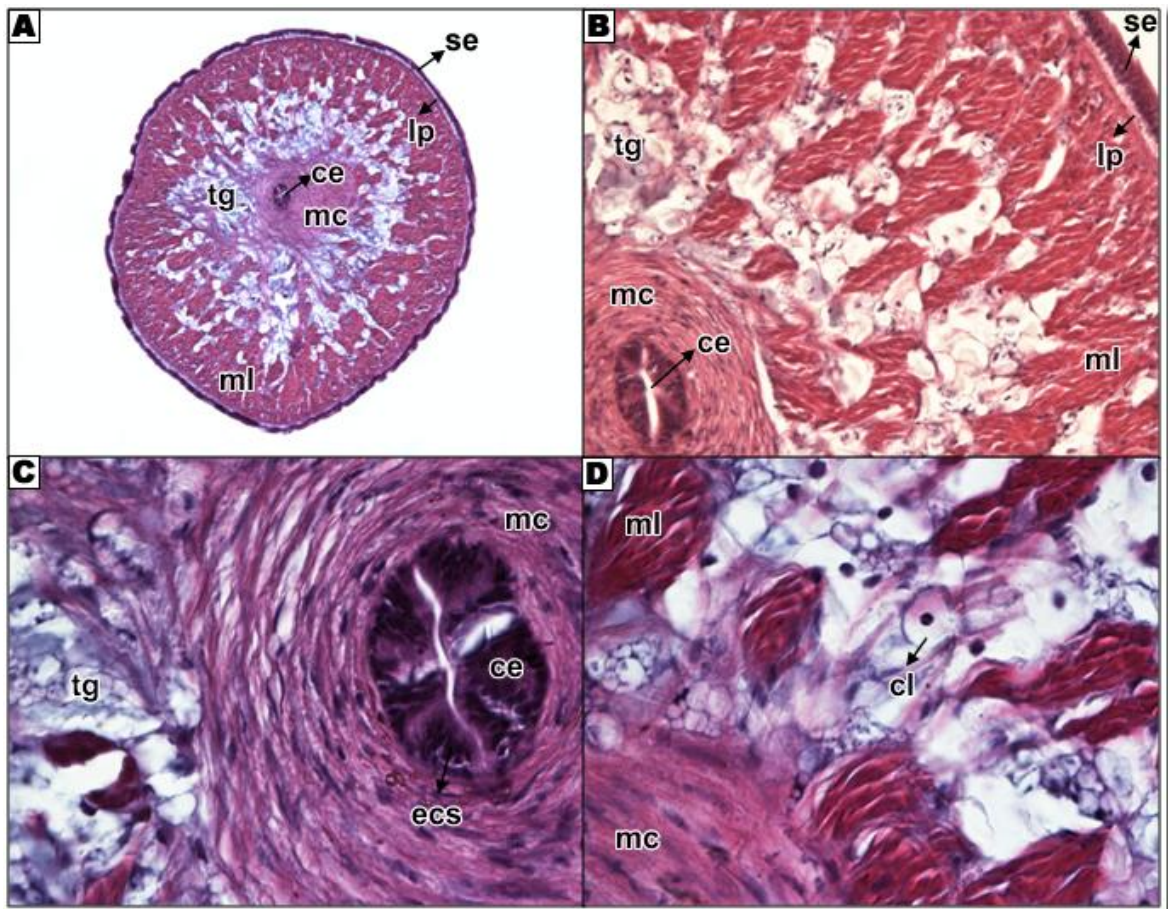


Fig. 40: Cortes transversales del pene de *Pomacea*. **A.** Corte en donde se observa la serosa que recubre el órgano y al interior de éste el conducto eyaculador. H-E, 4x. **B.** Tejido muscular y glandular entremezclado en el interior del pene. H-E, 10x. **C.** Distribución del tejido muscular en forma circular alrededor del conducto eyaculador. H-E, 40x. **D.** Distribución del tejido muscular longitudinal entremezclado con células clara. H-E, 100x. **ce**, conducto eyaculador; **cl**, célula clara; **ecs**, epitelio cilíndrico pseudoestratificado; **lp**, lámina propia; **mc**, tejido muscular circular; **ml**, tejido muscular longitudinal; **se**, serosa; **tg**, tejido glandular.

El pene de pomácea es un órgano tubular de forma alargada que se ubica en la parte dorso anterior izquierda del animal junto a la branquia. Histológicamente desde afuera hacia adentro está formado por un epitelio cilíndrico simple el cual descansa sobre una delgada lamina propia y que continua con una gruesa capa de musculo liso dispuesto en forma longitudinal que disminuye gradualmente hasta observarse gran cantidad de tejido de tinción pálida (células clara) constituido por células de núcleo redondo y central, este tejido se continúa con una gruesa capa de musculo en forma circular el cual rodea al conducto seminal, la cual está compuesta por un epitelio pseudoestratificado cilíndrico que descansa sobre una lamina propia.

Las células de tinción clara (figura 40, D) entremezcladas con los fascículos de musculo pueden corresponder a cúmulos glandulares secretores de mucinas encargados de mantener lubricado al conducto seminal. Entre las fibras musculares pueden existir cavidades hemolinfáticas que se llenan de líquido circulatorio para permitir la erección y conducción del pene por el órgano copulador, que es bastante largo y delgado en comparación al tamaño del organismo, a manera de cuerpos cavernosos en el ser humano.

5.4.5.2 Aparato reproductor de la hembra

La gónada de la hembra se desarrolla desde el ápice mismo de la espira sobre la cara interna de la glándula digestiva, existe una serie de ramas tubulares que se suceden a lo largo de la espira que desembocan en un canal colector y representa al oviducto.

El oviducto es un tubo muy delgado que llega hasta el receptáculo seminal. El útero es el órgano más voluminoso del aparato sexual femenino el cual se desarrolla alrededor del oviducto, en ejemplares no maduros tiene forma de pera y en las hembras adultas el órgano adquiere dimensiones más grandes.

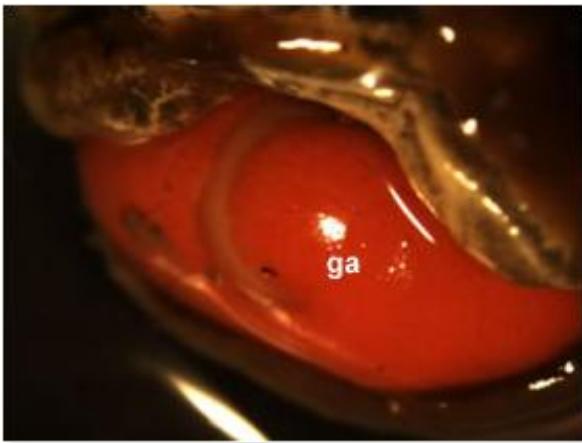


Fig. 41: Glándula de albúmina (**ga**), mostrando su color naranja característico. 1x.

La vagina es la porción terminal del oviducto y de la vía sexual, se ubica a la derecha del recto; el poro genital se abre en una papila genital situada en la cara interna del manto a la derecha del ano.

La glándula de albúmina tiene forma ovoide y posee un color naranja brillante (Figura 41), constituye la estructura más evidente del sistema reproductor de la hembra, su función es secretar albúmina, carbonato de calcio y proteínas útiles para la formación de los huevos

La glándula de albumina actúa como reservorio para los huevos, presenta una coloración naranja intensa y se ubica en la parte superolateral izquierda del caracol, inmediatamente por debajo del manto.

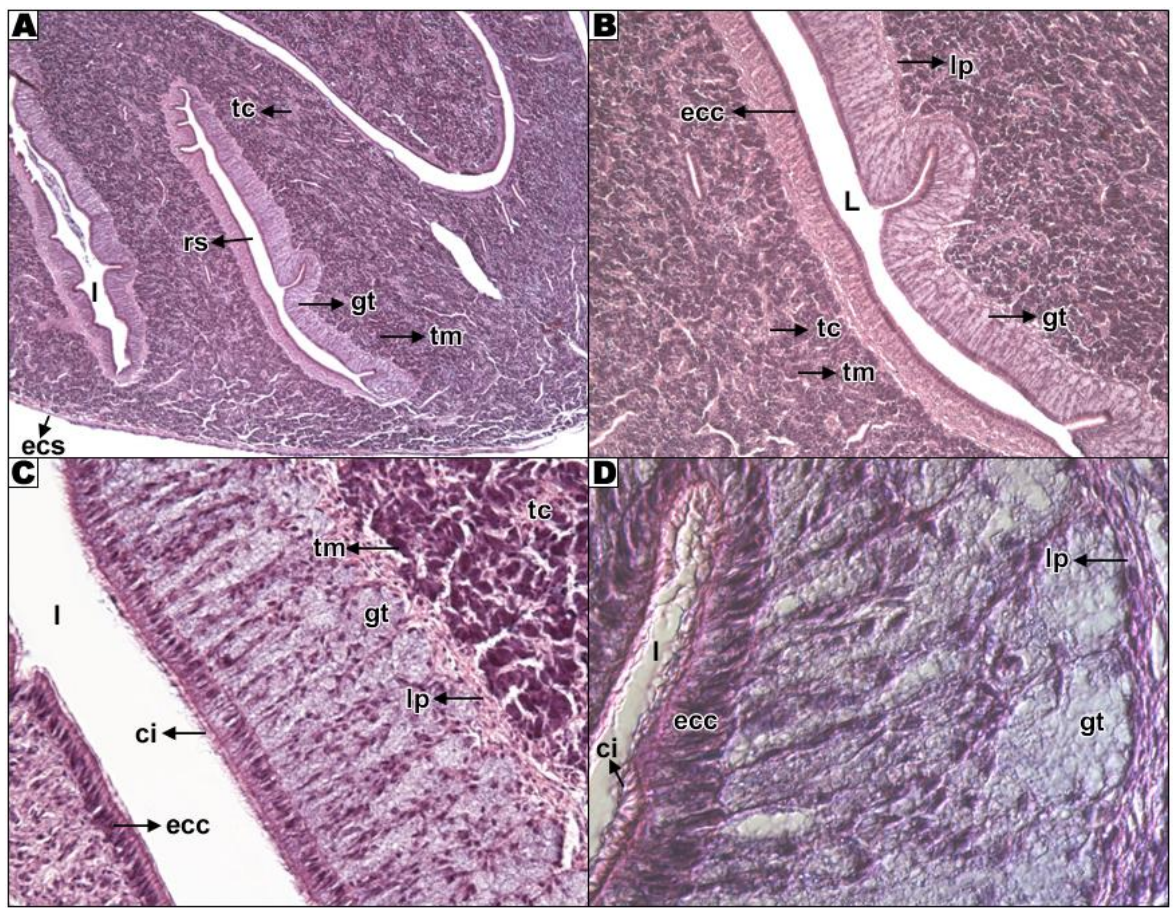


Fig. 42: Cortes transversales de glándula de albumina de *Pomacea*. **A.** Vista general de la glándula recubierta por una capa de tejido epitelial cilíndrico pseudoestratificado y formación de receptáculos seminíferos. H-E, 4x. **B.** Receptáculo seminífero. H-E, 10x. **C.** Acercamiento de una sección del receptáculo donde se observa abundante tejido glandular. H-E, 40x. **D.** Glándulas tubulares alrededor del epitelio cilíndrico simple ciliado que conforma los receptáculos seminíferos. H-E, 100X. **ci**, cilios; **ecc**, epitelio cilíndrico simple ciliado; **ecs**, epitelio cilíndrico simple; **gt**, glándula tubular; **I**, luz; **lp**, lámina propia; **rs**, receptáculo seminífero; **tc**, tejido conectivo; **tm**, tejido muscular; **tg**, tejido glandular tubular.

Este órgano es compacto, cubierto por una capa de tejido epitelial cilíndrico pseudoestratificado, Inmediatamente por debajo de éste se encuentra una delgada capa de tejido conectivo entremezclado con músculo liso formando una estructura compacta que se invagina dentro del órgano como pequeños tabiques. Inmediatamente por debajo de ésta se encuentra tejido conectivo muy vascularizado el cual forma una masa compacta acompañada de fibras musculares albergando los receptáculos seminíferos en diferentes grados de desarrollo los cuales se presentan como cavidades de formas irregulares; estos receptáculos están constituidos por un epitelio cilíndrico simple ciliado que facilitan el arrastre de los huevos hacia la bursa copulatrix, el cual se invagina dentro de la lámina propia para formar glándulas tubulares simples que se tiñen de color claro las que considero producen albúmina.

Tanto el epitelio de revestimiento como las glándulas descansan sobre tejido conectivo (lámina propia) entremezclado con músculo liso, inmediatamente por debajo del conectivo, se aprecia una capa de músculo liso de distribución circular que envía ramificaciones hacia el tejido conectivo circundante permitiendo la contracción del receptáculo para la liberación de los huevos (Figura 42).

6. CONCLUSIONES

- Los resultados representan un avance en cuanto a la anatomía e histología del género *Pomacea* como herramienta para utilizar estos organismos en programas de monitoreo ambiental y estudios de control del caracol como plaga.
- La combinación de las técnicas de microscopía óptica y de alta resolución permitieron identificar estructuras y tejidos fundamentales como el epitelial, conectivo y muscular con gran claridad; y tejidos especializados como el epitelio ciliado en órganos característicos de *Pomacea* como el osfradio.
- El estudio anatómico e histológico de las estructuras reproductivas sirve como base para evaluar a través de bioensayos, los efectos de diferentes contaminantes presentes en el agua sobre el ciclo reproductivo de *Pomacea*.
- Órganos como el osfradio y la branquia presentan epitelios ciliados de gran área superficial en contacto con el medio acuático los cuales pueden ser objeto de estudio como biomarcadores histopatológicos, dado que son el blanco en procesos de bioacumulación y lesión causada por contaminantes como metales pesados.

7. BIBLIOGRAFIA

- CÁCERES, C & ALARCÓN, F. J. Estudios histológico e histoquímico del sistema digestivo de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* (Sowerby, 1842). En: Boletín instituto Español de Oceanografía, 18 (1-4), 2002. p. 289-292.
- CARREON-PALAU, *et al.* Desarrollo morfológico e histológico del sistema reproductor de *Pomacea patula catemacensis* (Baker 1922) (Mollusca, Caenogastropoda: Ampullariidae). En: Revista chilena de historia natural. dic. 2003, vol.76, no.4. p.665-680.
- CATALÁN N. *et al.* Oviductal structure and provision of egg envelopes in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda, Prosobranchia, Ampullariidae). Minireview. En: Biocell. 26(1), 2002. p. 91-100.
- CAZZANIGA, N. J. Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). En: Biocell, 26(1), 2002. p. 71-81.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, Humedales del Municipio de Santiago de Cali. "Experiencia de trabajo", 2002.
- ESTEBENET A. & MARTIN P. *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): Life-history Traits and their Plasticity. En: Biocell, 26(1), 2002. p. 83-89.
- GARTON D. *et al.* Fine Structure and Vital Staining of Osphradium of the Southern Oyster Drill, *Thais haemastoma canaliculata* (Gray) (Prosobranchia: Muricidae). En: Biological Bulletin, Vol. 167, No. 2, 1984. p. 310-321.
- GHESQUIERE, Stijn. The apple snail (Ampullariidae) Website. *Apple snails*. [Documento electrónico]. En: <http://www.applesnail.net/> [Consulta: 2009-05-10].
- GONZALES, Sonia & GUTIERREZ A. Atlas interactivo de histología. Universidad del Cauca. 2007.
- HASZPRUNAR G. The Fine Morphology of the Osphradial Sense Organs of the Mollusca. I. Gastropoda, Prosobranchia. En: Philosophical Transactions

of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Vol. 307, No. 1133, 1985. p. 457-496.

- _____. Ultrastructure of the Osphradium of the Tertiary Relict Snail, *Campanile symbolicum* Iredale (Mollusca, Streptoneura). En: Philosophical Transactions: Biological Sciences, Vol. 337, No. 1282, 1992. p. 457-469.
- JACKSON Douglas y JACKSON Donald. Registro de *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (ampullariidae), molusco exótico para el norte de Chile. *Gayana (Concepc.)*. vol.73, n.1, 2009. p. 40-44.
- KOCH E. et al. Development beyond the gastrula stage and digestive organogenesis in the apple-snail *Pomacea canaliculata* (Architaenioglossa, Ampullariidae). En: Biocell (*Mendoza*). vol.33, n.1, 2009, p. 49-65.
- REBECCHI B. et al. The digestive gland of *Viviparus ater* (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia): an ultrastructural and histochemical study. En: Tissue & Cell, 28 (6), 1996. p. 731-739.
- TAKEDA N. Development of a Penis from the Vestigial Penis in the Female Apple Snail, *Pomacea canaliculata*. En: Biological Bulletin, Vol. 199, No. 3, 2000. p. 316-320.