



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**

**“Atlas de anatomía de los aparatos respiratorio, digestivo  
y urogenital de la rata Wistar”**

**TESIS**

Para obtener el título de  
Médico Veterinario Zootecnista

**PRESENTA**

JUAN CRISPIN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

**ASESOR**

Dr. Carlos Ignacio Soto Zárate

**COASESOR**

M en C. Crisóforo Mercado Márquez

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

2018.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Atlas de anatomía de los aparatos respiratorio, digestivo y urogenital de la rata wistar

Que presenta el pasante: JUAN CRISPIN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Con número de cuenta: 40401415-3 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de noviembre de 2018.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Carlos Ignacio Soto Zárate	
<b>VOCAL</b>	M. en C. Javier Froylan Lazcano Reyes	
<b>SECRETARIO</b>	M. en C. Elizabeth Miranda Hernández	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.V.Z. Miriam Hernández Mendoza	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M.V.Z. Guadalupe Diosadara Cerero Garduño	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm\*

## AGRADECIMIENTOS

La culminación de esta tesis de licenciatura de medicina veterinaria es el resultado, no de un esfuerzo personal, más bien de un trabajo en conjunto de varias personas que de manera directa e indirecta se involucraron dentro de este trabajo y sin las cuales no hubiese sido posible la realización de dicho material.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio 4 “Morfología Veterinaria y Biología Celular” de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES Cuautitlán UNAM con el apoyo de los proyectos PAPIME 205717 y PIAPI 1829.

Agradeciendo primeramente al creador por darme la fuerza, salud y voluntad durante estos años de vida, poniéndome en el tiempo y lugar correcto en esa gran institución que me abrió las puertas y la cual me siento muy orgulloso de permanecer a FES Cuautitlán UNAM a quien en un futuro poderle devolver un poco de lo mucho que me ha dado.

Muy especialmente a mi asesor de tesis Dr. Carlos Ignacio Soto Zárate por todo el gran apoyo brindado en todo momento, su paciencia y su acertada orientación y conocimiento para el buen desarrollo de este trabajo.

A mi coasesor M en C. Crisóforo Mercado Márquez por su amabilidad e interés en este trabajo de principio a fin y su valiosa ayuda para obtener el material biológico que se requería para el estudio anatómico, realizado mediante disecciones y para la toma de fotografías que se encuentran en este trabajo incluidas.

Al Dr. José Luis Nieto Bordes quien aportó de forma voluntaria sus ideas y conocimientos de anatomía fue parte fundamental para obtener fotografías de órganos y sistemas insuflados.

De mis compañeras y amigas con las que me toco compartir el laboratorio 4 de la UIM que siempre me estuvieron motivando moralmente para terminar esta tesis, gracias Samantha Jardon y Samantha Márquez.

Gracias a mis tíos Alberto Hernández y Atanasio Hernández quienes fueron mis mayores promotores económicos a lo largo de mi carrera.

Padrino Julio Cesar Fierro (q. e. p. d.) sé que esperabas algún día poder ver esta tesis y para la cual me ayudaste gracias por todo.

A la persona que más quiero mi madre Claudia Hernández gracias por todos tus consejos, ayuda, motivaciones en fin no tengo con que agradecerte lo que has hecho por mí, esta tesis te la dedico a ti con todo mi amor.

## ÍNDICE GENERAL

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Objetivos	5
4. Materiales y métodos	6
5. Resultados	7
5.1. Aparato respiratorio	7
5.1.1. Introducción	7
5.1.2. Nariz	8
5.1.3. Senos paranasales	10
5.1.4. Faringe	10
5.1.5. Laringe	11
5.1.6. Tráquea	13
5.1.7. Pulmones	14
5.1.8. Árbol bronquial	16
5.2. Aparato Digestivo	21
5.2.1. Introducción	21
5.2.2. Cavidad oral	22
5.2.3. Lengua	23
5.2.4. Dientes	24
5.2.5. Faringe	25
5.2.6. Esófago	26
5.2.7. Estómago	27
5.2.8. Intestino delgado	29
5.2.8.1. Duodeno	29
5.2.8.2. Yeyuno	30
5.2.8.3. Íleon	30
5.2.9. Intestino grueso	31
5.2.9.1. Ciego	31
5.2.9.2. Colon	32
5.2.9.3. Recto	33

5.2.10. Canal anal	33
5.2.11. Glándulas Anexas	35
5.2.11.1 Glándulas Salivales	35
5.2.11.2. Hígado	36
5.2.11.3. Páncreas	39
5.3. Aparato Urogenital	41
5.3.1. Introducción	41
5.3.2. Riñones	41
5.3.3. Uréter	44
5.3.4. Vejiga urinaria	46
5.3.5. Uretra	48
5.3.6. Uretra femenina	49
5.4. Sistema reproductor	50
5.4.1. Introducción	50
5.4.2. Órganos reproductores de la hembra	51
5.4.2.1. Ovarios	51
5.4.2.2. Tuba uterina	52
5.4.2.3. Útero	53
5.4.2.4. Ligamentos que fijan al ovario, tuba uterina y útero	53
5.4.2.5. Vagina	54
5.4.2.6. Vestíbulo vaginal	55
5.4.2.7. Vulva	56
5.4.2.8. Clítoris	56
5.4.2.9. Glándulas mamarias	56
5.4.3. Órganos reproductores del macho	57
5.4.3.1. Testículos	57
5.4.3.1.1. Túnica albugínea	58
5.4.3.1.2. Parénquima testicular	58
5.4.3.2. Epidídimo	59
5.4.3.3. Escroto	60
5.4.3.4. Ducto deferente	62

5.4.2.5. Cordón espermático	63
5.4.2.6. Uretra masculina	63
5.4.2.6. Pene	64
6. Discusión	65
7. Conclusiones	67
8. Bibliografía	69
9. Anexos	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista interna de la cavidad nasal de la rata	10
Figura 2. Vista ventral de laringe y tráquea	12
Figura 3. Vista lateral izquierda de laringe y tráquea	12
Figura 4. Vista ventral de cavidad torácica y abdominal	14
Figura 5. Vista ventral de los pulmones	16
Figura 6. Vista ventral de pulmones y corazón	17
Figura 7. Vista ventral de pulmones insuflados y corazón	18
Figura 8. Vista Lateral derecha de pulmones y corazón	18
Figura 9. Vista dorsal de pulmones y tráquea	19
Figura 10. Vista Lateral derecha de los pulmones insuflados	19
Figura 11. Vista ventral de los pulmones insuflados <i>in situ</i>	20
Figura 12. Vista ventral de aparato respiratorio y digestivo insuflados <i>in situ</i>	20
Figura 13. Vista ventral de la cabeza de la rata	22
Figura 14. Corte longitudinal de la cabeza de la rata	23
Figura 15. Vista ventral superficial de la región cervical de la rata	25
Figura 16. Vista ventral de la región cervical de la rata	26
Figura 17. Superficie parietal del estómago	28
Figura 18. Vista interna del estómago	29
Figura 19. Órganos digestivos	31
Figura 20. Porciones intestinales	32
Figura 21. Vista ventral de la cavidad abdominal	33

Figura 22. Vista ventral de la cavidad abdominal con aparato digestivo insuflado	34
Figura 23. Vista ventral de la cavidad abdominal con aparato digestivo insuflado	34
Figura 24. Vista ventral de la cavidad abdominal con aparato digestivo insuflado	35
Figura 25. Superficie parietal del hígado	38
Figura 26. Superficie parietal del hígado	39
Figura 27. Vista ventral del páncreas	40
Figura 28. Vista ventral de los riñones <i>in situ</i> .	43
Figura 29. Corte longitudinal de riñón	44
Figura 30. Vista <i>in situ</i> de los órganos dorsales del abdomen	45
Figura 31. Vista <i>in situ</i> de los órganos dorsales de la cavidad abdominal	47
Figura 32. Vista ventral de la vejiga y próstata	48
Figura 33. Vista ventral de órganos contenidos en la cavidad pélvica	49
Figura 34. Vista ventral del aparato reproductor de la rata hembra	52
Figura 35. Vista ventral de la cavidad abdominal	54
Figura 36. Vista ventral del aparato reproductor de la rata hembra	55
Figura 37. Vista lateral izquierda de los órganos genitales externos del macho	57
Figura 38. Vista medial del testículo izquierdo	58
Figura 39. Testículo y epidídimo	59
Figura 40. Vista ventral del pene	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros biológicos básicos de la rata	71
Tabla 2. Valores reproductivos para la rata	72
Tabla 3. Valores para la función cardiovascular	73
Tabla 4. Valores para la función respiratoria	74
Tabla 5. Química clínica y rangos hematológicos para ratas	75
Tabla 6. Espacio mínimo para ratas de laboratorio mantenidos en jaula o caja	76
Tabla 7. Composición bromatológica requerida para un alimento de ratas de laboratorio	77
Tabla 8. Características del microambiente dentro de un bioterio para rata	78



## RESUMEN

En la actualidad, la rata de laboratorio es una parte fundamental para la investigación biomédica. Se estima que al año se utilizan 15 millones en los Estados Unidos, 11 millones en Europa, cinco millones en Japón, dos millones en Canadá y casi un millón en Australia. La rata Wistar pertenece al género *Rattus*, el cual es un género de roedores miomorfos de la familia *Muridae*. Son roedores de mediano tamaño que no sobrepasan los 500 g de peso y los 30 cm de longitud, más una cola de similar longitud. Esta rata proviene de una línea albina de la rata parda, desarrollada en el Instituto Wistar de Anatomía y Biología en Filadelfia en 1906. Hoy por hoy, la mitad de las ratas de laboratorio existentes derivan de la población original de ratas Wistar generada por el fisiólogo Henry Donaldson, el administrador Milton J. Greenman y el genetista y embriólogo Helen Dean King. Como parte importante de todo proceso de experimentación resulta fundamental la elección de la especie animal sobre la cual se pretende trabajar. En la actualidad, las especies más utilizadas por su relativa facilidad para criar, alojar y mantener son ratas y ratones. Este trabajo contiene la descripción de los aparatos respiratorio, digestivo y urogenital (órganos urinarios, órganos reproductores; macho y hembra) de la rata Wistar, junto con fotos editadas en las que se señalan las estructuras mencionadas en el texto, lo cual facilitará la comprensión de la información contenida. Otro aporte fundamental de este trabajo es la revisión que se hizo de la nomenclatura utilizada la cual se apega a los lineamientos contemplados en la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (2012). Finalmente, es importante mencionar que los procedimientos realizados con los animales utilizados en este trabajo se ajustaron a los requerimientos que en la materia determina la norma oficial mexicana (NOM-062-ZOO-1999; Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio).

## INTRODUCCIÓN

El roedor fue animal de experimentación desde mucho antes; ya en el siglo XVIII el descubridor del oxígeno Joseph Priestley (1733-1804) lo utilizó en sus experiencias que dieron lugar a la célebre teoría del flogisto y el químico Lavoissier para sus estudios sobre la respiración. En Europa durante los siglos XVIII y XIX, en tiempos de hambruna, las ratas fueron utilizadas como fuente de alimentación. A principios del siglo XIX, se ocuparon como cebo durante las peleas de perros terrier, de ahí surgió la necesidad de criar a la rata, principalmente a la albina, la cual había sido muy útil en la comprobación de las leyes de la herencia establecidas por Mendel en vegetales. Formalmente, el primer uso del roedor como animal de experimentación data del año 1664, cuando Robert Hooke lo uso para estudiar las propiedades del aire.<sup>1</sup>

La rata de laboratorio es una parte fundamental para la investigación biomédica, en la actualidad, es difícil evaluar el número de animales empleados en experimentos por año. Una estimación sugiere que se utilizan 15 millones en los Estados Unidos, 11 millones en Europa, cinco millones en Japón, dos millones en Canadá y menos de un millón en Australia.<sup>20</sup>

El uso de la rata en la investigación científica moderna comenzó en 1828, cuando se llevaron a las ratas albinas a los laboratorios para realizar estudios fisiológicos. Antes de 1850 ya existían criaderos de ratas albinas para estudios de fisiología, anatomía y nutrición. Los primeros informes provienen de Francia donde Philpeaux en 1856 las utilizaba para practicar la suprarrenalectomía, en Inglaterra Savory en 1863 determinaba el valor nutritivo de las proteínas en ratas negras, pardas y blancas.<sup>1</sup>

Los estudios neuroanatómicos de Henry Donaldson en la Universidad de Chicago a principios de la década de 1890 representaron el primer uso experimental conocido de ratas en los Estados Unidos.<sup>19</sup>

El orden Rodentia representa el grupo de mamíferos más grande y diverso, comprende aproximadamente el 40% de todas las especies de mamíferos. La rata Wistar pertenece al género *Rattus*, el cual es un género de roedores miomorfos de la familia *Muridae*. Son roedores de mediano tamaño que no sobrepasan los 500 g de peso y los 30 cm de longitud, más una cola de similar longitud. Los miembros torácicos son cortos y con cuatro dedos (el pulgar, rudimentario) y los miembros pelvianos, son más largos y con cinco dedos.<sup>19</sup>

La rata Wistar proviene de una línea albina de la rata parda, fue desarrollada en el Instituto Wistar de Anatomía y Biología en Filadelfia en 1906, este instituto fue uno de los primeros en dedicarse a la cría de esta especie para fines de investigación biomédica y se trata de la primera rata empleada como organismo modelo (anteriormente se trabajaba con el ratón). Hoy por hoy, la mitad de las ratas de laboratorio existentes derivan de la población original de ratas wistar generada por el fisiólogo Henry Donaldson, el administrador Milton J. Greenman y el genetista y embriólogo Helen Dean King.<sup>10, 20</sup>

Como parte importante de todo proceso de experimentación resulta fundamental la elección de la especie animal sobre la cual se pretende trabajar el modelo de estudio. Y es que, en la actualidad, de las especies más utilizadas por su relativa facilidad para criar, alojar y mantener son ratas y ratones.<sup>2</sup> Estos tienen ventajas y desventajas, igual que cualquier otra especie, pero el uso tan intenso que han tenido en la investigación está perfectamente documentado lo que resulta favorable al momento de utilizarlos.

En los últimos 80 años, las ratas han sido utilizadas en investigaciones en casi todos los aspectos de la investigación biomédica y conductual.<sup>10</sup> En abril de 2009, la base de datos bibliográfica PubMed arrojaba más de 1.000.000 de trabajos científicos realizados con este animal.

Debido a sus muchas similitudes fisiológicas con el ser humano, la rata ha venido utilizándose desde hace muchos años como sujeto de estudio en los laboratorios de ciencias biomédicas. Así, en ellas se suelen probar medicamentos que luego serán usados como tratamiento en algunas enfermedades humanas, como; desórdenes metabólicos (metabolismo de los lípidos, diabetes mellitus), enfermedades cardiovasculares, desórdenes neurológicos (epilepsia y Parkinson), desórdenes neuroconductuales, trasplante de órganos, enfermedades autoinmunes (artritis), encefalomiелitis, susceptibilidad al cáncer, enfermedades renales, etc. Además de que ofrece una serie de ventajas para desarrollar nuevos agentes terapéuticos,<sup>10</sup> <sup>19</sup> también se utilizan para estudiar teratología, oncología, gerontología, investigación dental, parasitología, experimentos inmunogénicos,<sup>18</sup> estudiar las respuestas a los agentes ambientales, experimentos relacionados con genética, sueño y muchos otros temas de salud. También han resultado muy útiles en los estudios psicológicos acerca del aprendizaje y otros procesos mentales. Por ejemplo, en un estudio del año 2007 se encontró que las ratas poseen

metacognición, habilidad mental que hasta entonces sólo se había documentado en seres humanos y en algunas especies de primates.<sup>19</sup>

El tamaño de la rata, en contraste con el otro animal experimental comúnmente utilizado, el ratón de laboratorio, lo hace ideal para ciertas manipulaciones fisiológicas.

Existen seis períodos de desarrollo reconocidos en las ratas. Estos incluyen el neonatal (0-7 días), infantil (8-20 días), juvenil (21-32 días), peripuberal (33-55 días en machos; 33-37 días en hembras) y pubertad tardía (56-70 días en machos; 38-46 días en las hembras).<sup>17</sup>

A pesar de este uso tan intensivo, no existen trabajos completos y detallados de la anatomía e histología de este animal que es fundamental dentro de las especies que se estudian en medicina veterinaria y zootecnia y en medicina humana. Este trabajo contiene la descripción de los siguientes aparatos de la rata Wistar: respiratorio, digestivo, urogenital (órganos urinarios, órganos reproductores; macho y hembra), junto con fotos editadas en las que se señalarán las estructuras mencionadas en el texto, lo cual facilitará la comprensión de la información contenida.

Es importante mencionar que los procedimientos realizados con los animales utilizados en este trabajo se ajustaron a los requerimientos que en la materia determina la norma oficial mexicana (NOM-062-ZOO-1999; Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio).<sup>2, 16</sup>

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Describir los órganos que conforman los aparatos respiratorio, digestivo y urogenital de la rata Wistar y señalar los nombres correctos de acuerdo con la Nómina Anatómica Veterinaria.

### **Objetivos Particulares:**

- a. Describir los órganos que conforman a los aparatos respiratorio, digestivo, urinario y reproductor (macho y hembra).
  
- b. Determinar el nombre correcto de los órganos y sus porciones más representativas.
  
- c. Señalar brevemente la anatomofisiología de los órganos revisados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Con el fin de desarrollar este trabajo de tesis se realizaron los siguientes pasos:

1. Se hizo una búsqueda exhaustiva en las principales bases de datos hemerográficas (ScienceDirect, Pubmed, Medline, Willey) en la que se abarcó; artículos, resúmenes, libros especializados y notas.
2. En este estudio se utilizaron 10 cadáveres de ratas adultas (5 hembras y 5 machos) de entre 300 a 370 gramos.
3. Se realizaron una serie de disecciones con el fin de documentar y verificar la información recabada.
4. Las fotografías que complementan este trabajo se obtuvieron en el Laboratorio de Necropsias de la Unidad de Aislamiento y bioterio de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES Cuautitlán.
5. Finalmente se organizó el material obtenido y se elaboró el trabajo escrito.

# RESULTADOS

## Aparato Respiratorio

### Introducción

El aparato respiratorio comienza en la nariz, que sirve como puerta de entrada para el aire que se inspira. Este complejo órgano es importante no sólo para el olfato y la fonación, sino también es un acondicionador de aire y un defensor de las vías respiratorias inferiores al filtrar, humidificar y calentar el aire inhalado antes de que penetre en los pulmones<sup>10</sup>, posibilita el intercambio de gases entre la sangre y el aire,<sup>11</sup> y participa en el equilibrio ácido-básico.<sup>10</sup> Se entiende por respiración no solamente el transporte de gases hacia las células y desde ellas, sino también, los procesos químicos de oxidación que con ayuda del oxígeno tienen lugar en las células (respiración celular). La respiración, como se usa generalmente el término, incluye dos procesos: respiración externa, la absorción de oxígeno (O<sub>2</sub>) y la eliminación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del organismo como un todo, y la respiración interna, la cual se refiere a la utilización de oxígeno y producción de dióxido de carbono en las células, así como los intercambios gaseosos entre las células y su medio.<sup>4</sup>

Los pulmones son los dos órganos más grandes del aparato respiratorio; su forma es de pirámide triangular y se asemejan a dos grandes esponjas que ocupan la mayor parte de la cavidad torácica. El pulmón izquierdo es ligeramente menor que el derecho porque comparte la mitad izquierda del tórax con el corazón. El pulmón derecho está compuesto por tres lóbulos; craneal, intermedio, caudal y accesorio. El pulmón izquierdo está formado por un lóbulo único.<sup>21</sup>

La tráquea es un tubo largo reforzado con anillos cartilagosos y es la más grande de las vías respiratorias; comienza en la laringe y acaba bifurcándose en dos vías aéreas de menor calibre (bronquios) que conducen a los pulmones<sup>10</sup>. Los bronquios se dividen sucesivamente en gran número de vías aéreas cada vez de menor tamaño (bronquiolos), siendo las ramas terminales las más finas. En el extremo de cada bronquiolo se encuentran docenas de cavidades llenas de aire, con forma de diminutas burbujas, semejantes a racimos de uvas (alvéolos pulmonares).

La pleura es una doble capa de membrana serosa que facilita el movimiento de los pulmones en cada inspiración y espiración. Envuelve a los dos pulmones y, al plegarse sobre sí misma, tapiza la superficie interna de las paredes torácicas. Normalmente, el espacio entre las dos capas lubricadas de la pleura es mínimo y durante los movimientos respiratorios se desplazan fácilmente una sobre la otra.<sup>14</sup>

Los órganos de la respiración ubicados en la región de la cabeza es decir, la nariz, senos paranasales y la nasofaringe, se conocen con el nombre genérico de vía aérea superior, por su parte, la vía aérea inferior está compuesta por; laringe, tráquea y pulmones. Desde el punto de vista clínico la cavidad oral se considera parte de la vía aérea superior.<sup>11</sup>

La rata tiene una frecuencia respiratoria de 70 – 115 respiraciones por minuto.<sup>20</sup>

### **Nariz**

No se observa una nariz proyectada del resto de la cara en forma prominente, ya que está incluida dentro del esqueleto de la cara y se extiende a partir del nivel transversal de los ojos a la extremidad rostral de la cabeza.<sup>5</sup>

El concepto de nariz incluye no sólo la nariz externa con su punta o vértice sino también la cavidad nasal y los senos paranasales. La nariz está limitada en su región dorsal por los huesos nasales, lateralmente por el maxilar y en su región ventral por los procesos palatinos del hueso incisivo y maxilar y por el hueso palatino.<sup>11</sup>

La cavidad nasal ocupa la mayor parte de la cara, está cerrada caudalmente por la lámina cribosa del hueso etmoides<sup>10</sup>, ventralmente se continúa con la parte respiratoria de la faringe (nasofaringe). El tabique nasal divide internamente a la nariz en dos fosas nasales; derecha e izquierda, este tabique tiene un componente óseo formado por los huesos vómer y etmoides, aunque en su mayor parte está compuesto por cartílago hialino<sup>19</sup>. El tabique nasal, representa la continuación rostral de la *cresta galli* del etmoides y tiende a osificarse con la edad en dirección caudal.<sup>5</sup>

Cada fosa nasal, puede ser dividida en porciones; vestíbulo, porción respiratoria y porción olfatoria. La cavidad nasal de la rata se distingue por presentar un vestíbulo grande y amplio, así como una porción olfatoria que abarca el tercio caudal de la cavidad nasal (Figura 1).



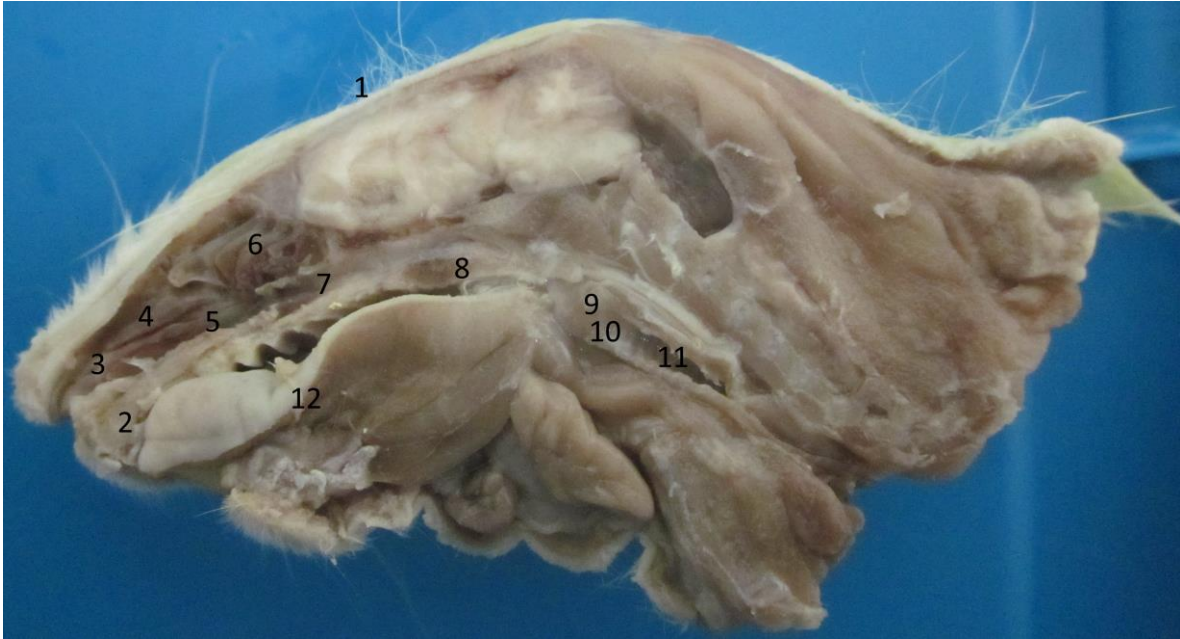
Dentro de la cavidad nasal se encuentran las conchas nasales, que son frágiles láminas óseas enrolladas en sí mismas y recubiertas por una mucosa engrosada por plexos vasculares que se proyectan desde las paredes dorsal y lateral hacia el interior de la cavidad nasal.<sup>8</sup>

Hay dos conchas nasales principales; la dorsal que es un poco más corta y es una estructura lisa que abarca la parte media de la cavidad nasal, y la ventral, un poco más larga aunque prácticamente del mismo tamaño. Su forma y disposición es muy similar a la dorsal, pero se localiza más cerca del piso de la cavidad nasal.<sup>10, 18</sup>

Las conchas etmoidales son proyecciones óseas que se proyectan rostralmente dentro de la cavidad nasal a partir del hueso etmoides. En conjunto se suelen denominar como laberinto etmoidal. En el caso particular de la rata tienen un gran desarrollo, de tal manera que abarcan el tercio caudal de la cavidad nasal. Las presiones evolutivas en estos roedores asociadas principalmente con la función olfativa y la dentición son las que han definido la forma de sus cornetes así como el tipo y la distribución de células que recubren estas estructuras.<sup>10</sup>

El espacio contenido entre estas estructuras y las paredes de la cavidad nasal se denominan meatos, existen tres meatos mayores; dorsal, medio y ventral, que se comunican a lo largo del tabique nasal por medio de un estrecho espacio llamado meato nasal común.<sup>9</sup>

1. Meato nasal dorsal. Espacio que queda entre la concha nasal dorsal y el techo de la cavidad nasal, tiene comunicación con el laberinto etmoidal.
2. Meato nasal medio. Queda entre la concha nasal dorsal y nasal ventral. Es el más estrecho y comunica de manera indirecta con el seno paranasal maxilar.
3. Meato nasal ventral. Es tan grande como el meato dorsal, se localiza entre la concha nasal ventral y el piso de la cavidad nasal, comunica con la faringe a través de las coanas.
4. Meato nasal común. Pequeño espacio que queda entre las conchas nasales y el tabique nasal se encarga de comunicar a los meatos entre sí.<sup>21</sup>



**Figura 1. Vista interna de la cavidad nasal de la rata. 1. Hueso nasal, 2. Hueso incisivo, 3. Vestíbulo nasal, 4. Concha nasal dorsal, 5. Concha nasal ventral, 6. Conchas etmoidales, 7. Paladar duro, 8. Paladar blando, 9. Cartílago epiglótico, 10. Cartílago tiroideos, 11. Tráquea, 12. Lengua.**

### **Senos Paranasales**

Son espacios llenos de aire que se encuentran relacionados con algunos huesos de la cabeza, son recubiertos por una mucosa y están en comunicación con la cavidad nasal. En el caso específico de la rata sólo se menciona la presencia del seno maxilar localizado en el hueso correspondiente de la cara.<sup>23</sup> (figura 1).

### **Faringe**

Es un órgano músculomembranoso, mide aproximadamente 2.2 cm de longitud,<sup>10</sup> está ubicado en el sitio de unión de los tractos respiratorio y digestivo, por una parte, entre la cavidad oral y el esófago, y por otra, entre las coanas y la laringe. Su límite dorsal está constituido por la base del cráneo y las dos primeras vértebras cervicales, el ventral por la laringe y el lateral por los músculos pterigoideos, la rama de la mandíbula y el hueso hioides.<sup>11</sup>

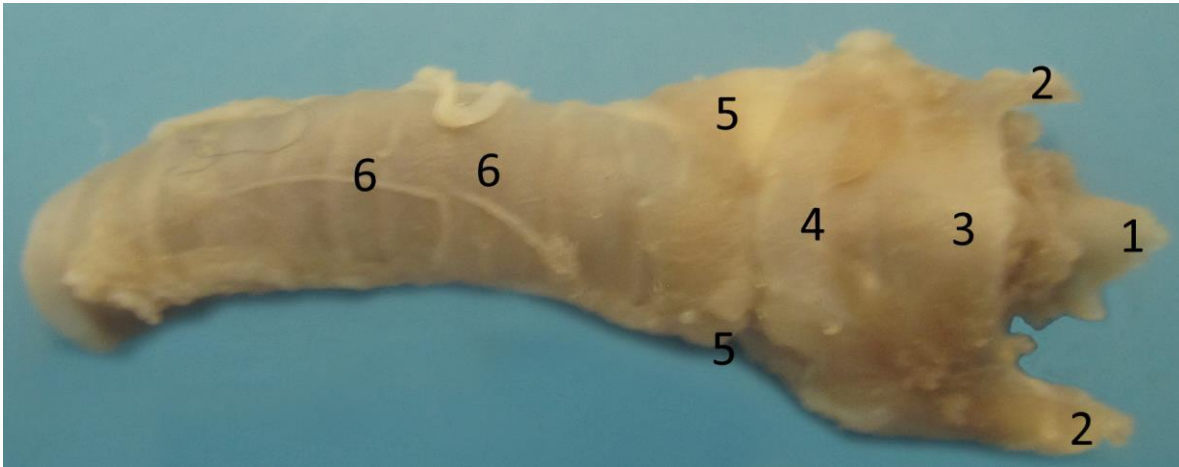
La faringe se divide en tres regiones:

1. **Nasofaringe**, es parte del conducto respiratorio y se extiende desde las coanas hasta el orificio intrafaríngeo. Se localiza dorsalmente al paladar blando y, en las paredes laterales se encuentran los orificios de los tubos auditivos.
2. **Orofaringe**, es parte de las vías digestivas, se localiza ventralmente al paladar blando, y se extiende desde los arcos palatoglosos hasta la base de la epiglotis. Su abertura craneal (limitada por el paladar blando, arcos palatoglosos y raíz de la lengua) es la entrada faríngea.
3. **Laringofaringe**, es un área común tanto para los conductos respiratorios como digestivo. Es la continuación caudal de la orofaringe y se extiende desde la base de la epiglotis hasta el cartílago aritenoides. La parte rostral de la laringe se proyecta dentro de la laringofaringe.<sup>21</sup> (figura 1).

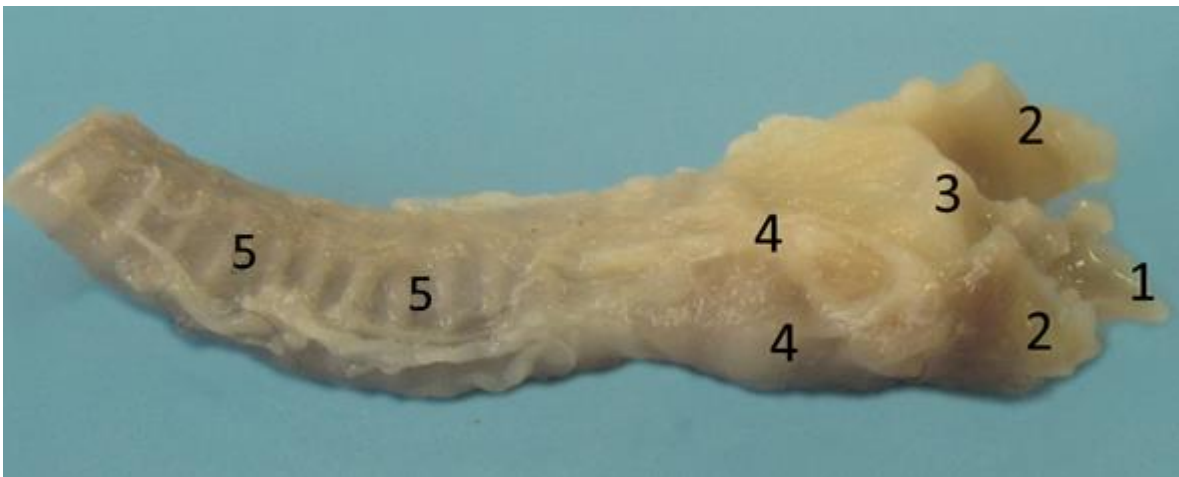
## **Laringe**

Es un órgano cartilaginoso hueco de forma tubular<sup>22</sup> revestido con una mucosa,<sup>21</sup> mide aproximadamente 0.4 cm de longitud,<sup>10</sup> se forma a partir de un simple esfínter muscular que se encuentra en el suelo de la faringe,<sup>5</sup> comunica a la faringe con la tráquea. Las paredes de la laringe están formadas por los cartílagos de la laringe los que por medio de ligamentos y músculos están unidos entre sí. En conjunto, la laringe se encuentra unida rostralmente con la porción tirohioides del hueso hioides y caudalmente con la tráquea.<sup>11</sup> Su apertura rostral, la entrada de la laringe, es cerrada pasivamente durante la deglución por la epiglotis.<sup>21</sup>

Debido a su conexión con la lengua y con el aparato hioideo, la laringe cambia su posición cuando el animal deglute. Funciona como una válvula evitando el paso de alimento a las vías respiratorias inferiores al momento de la deglución, también es el órgano de la fonación.<sup>23</sup> (Figura 2 y 3).



**Figura 2. Vista ventral de laringe y tráquea.** 1. Epiglotis, 2. Inicio del tirohioides, 3. Cartílago tiroides, 4. Cartílago cricoides, 5. Glándula tiroides, 6. Anillos traqueales.



**Figura 3. Vista lateral izquierda de laringe y tráquea.** 1. Epiglotis, 2. Inicio del tirohioides, 3. Cartílago aritenoides, 4. Cartílago cricoides, 5. Anillos traqueales.

Las estructuras laríngeas posteriores a la epiglotis están definidas por una canasta cartilaginosa formada por; un cartílago par (aritenoides) y dos cartílagos impares (tiroides y cricoides).

El ingreso a la cavidad de la laringe tiene lugar por la entrada de la laringe formada por la epiglotis, el pliegue ariepiglótico y el cartílago aritenoides, después de la entrada se encuentra el amplio vestíbulo de la laringe. En la mitad de la laringe la cavidad se estrecha por la glotis

y caudal a ella se vuelve a ampliar para formar la cavidad infraglótica que se continúa con la tráquea.<sup>11</sup>

Cricoides, tiroides y aritenoides son cartílagos de tipo hialino que pueden osificarse. Mientras que el cartílago epiglotis está compuesto de cartílago elástico. El epiglótico puede estar parcialmente o en su totalidad reemplazado por tejido adiposo.<sup>5</sup>

### **Tráquea**

Es un tubo flexible, cartilaginoso y membranoso que se extiende desde la laringe, recorre todo el cuello y la cavidad mediastínica craneal, hasta el mediastino medio, donde se bifurca a la altura de la base del corazón y de la quinta vertebra torácica en dos bronquios principales; derecho e izquierdo.<sup>5</sup>

En la región del cuello, se localiza ventralmente al esófago.<sup>5</sup> Junto con los bronquios forma un sistema tubular continuo que conduce el aire desde la laringe hasta los pulmones. Tienen una estructura similar y en conjunto se denominan árbol traqueobronquial.<sup>21</sup>

La tráquea está compuesta por una serie de 24 anillos de cartílago hialino abiertos en la parte dorsal (tienen forma de C), están unidos entre sí por ligamentos y en su extremo dorsal los cartílagos traqueales están unidos con músculo liso.<sup>5</sup> La tráquea tiene un diámetro de 0.16 – 0.77 cm.<sup>19</sup> (Figura 4).



**Figura 4. Vista ventral de cavidad torácica y abdominal. 1. Glándula sublingual monostomática, 2. Glándula mandibular, 3. Glándula parótida, 4. Cartílago tiroides, 5. Tráquea, 6. Timo, 7. Corazón, 8. Pulmón derecho lóbulo medio, 9. Pulmón derecho lóbulo caudal, 10. Pulmón izquierdo, 11. Diafragma.**

### **Pulmones**

Son los órganos de la respiración, en los que la sangre se oxigena y donde se eliminan los productos gaseosos del metabolismo tisular, principalmente dióxido de carbono. Los pulmones están localizados dentro de la cavidad torácica y cada pulmón puede moverse libremente ya que está invaginado en un saco pleural y unido solamente por su base y el ligamento pulmonar.<sup>5</sup>

El pulmón izquierdo de la ratona no está lobulado y el pulmón derecho es más grande que el izquierdo, por la presencia del corazón, y está formado por cuatro lóbulos; craneal, medio, caudal y accesorio.<sup>19</sup>

## **Descripción anatómica**

Para facilitar la comprensión del pulmón se describe como una pirámide triangular, de tal manera que se considera que posee; un Ápice, el cual se localiza hacia la entrada torácica, y una Base, que es la parte ancha y cóncava, que se orienta caudalmente para relacionarse con el diafragma.<sup>10</sup> (figuras 7, 9 y 10).

También se reconocen dos superficies;

Superficie costal, que es la cara convexa que se relaciona con las costillas.

Superficie mediastínica, tiene forma irregular ya que es modelada por el contenido del espacio mediastínico. La superficie mediastínica de ambos pulmones se ve marcada por la presencia del corazón, dando lugar a lo que se conoce como impresión cardiaca.

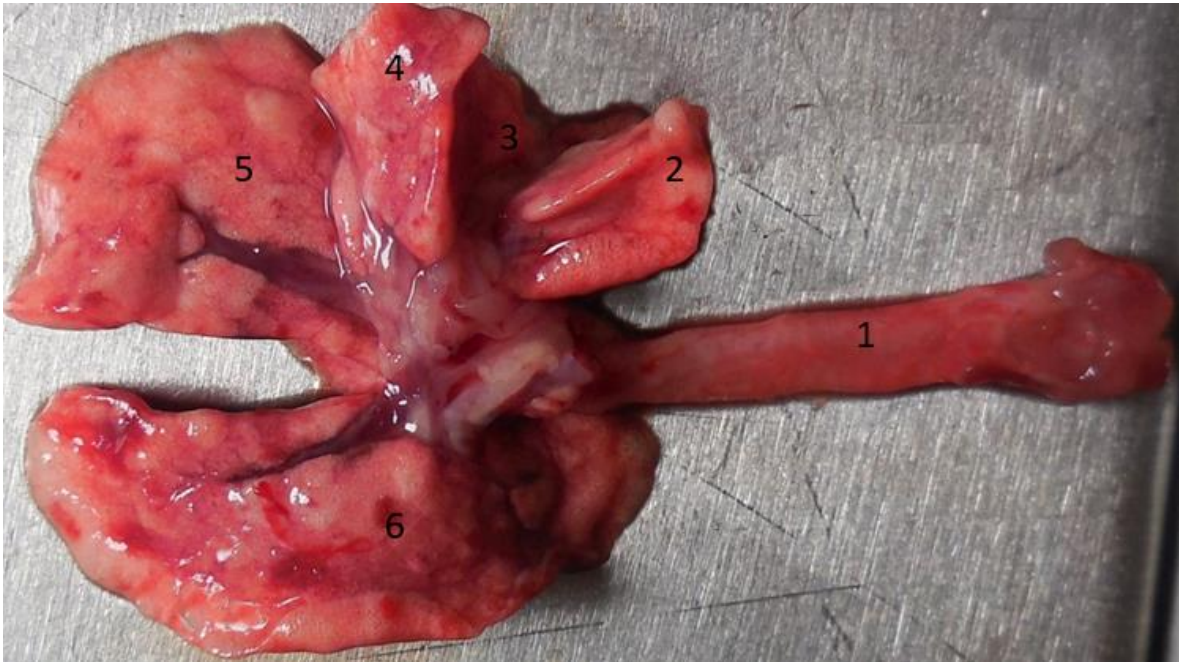
Asimismo se pueden distinguir tres bordes;

Borde dorsal, que es ancho y redondeado, ocupa el espacio localizado entre las vértebras torácicas y las costillas.

Borde ventral, es el borde agudo y delgado que se localiza en el receso costomediastínico. Se ve interrumpido por la presencia del corazón conformando la incisura cardiaca.

Borde basal, es la continuación caudodorsal del borde ventral que se va a localizar en el receso costodiafragmático.<sup>21</sup> (Figura 5).





**Figura 5. Vista ventral de los pulmones.** 1. Tráquea, 2. Pulmón derecho lóbulo craneal, 3. Pulmón derecho lóbulo medio, 4. Pulmón derecho lóbulo accesorio, 5. Pulmón derecho lóbulo caudal, 6. Pulmón izquierdo unilobulado.

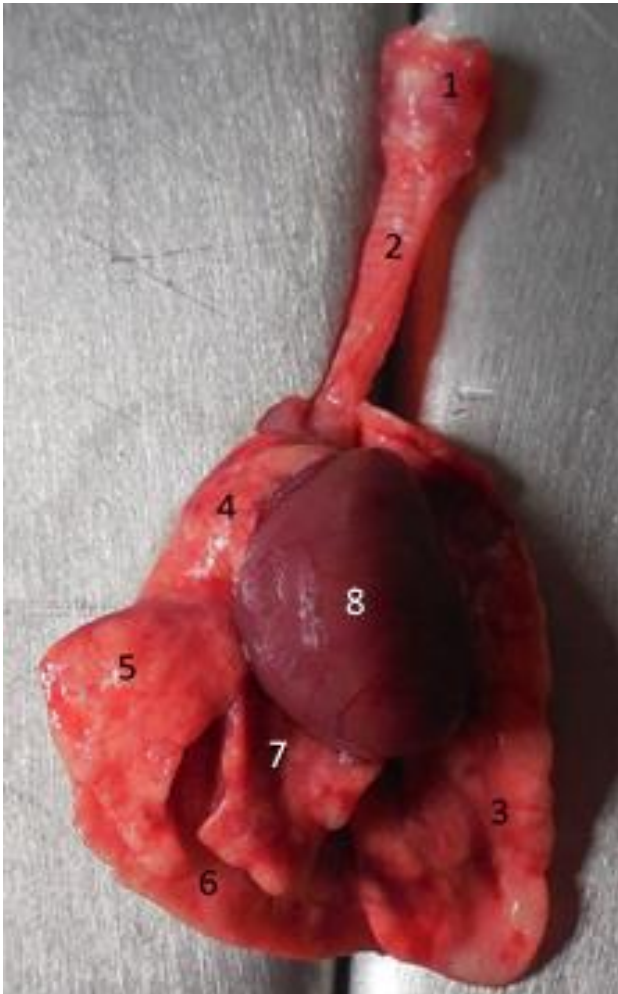
### **Árbol bronquial**

El árbol bronquial se continúa, después de la bifurcación de la tráquea, con los bronquios principales, cortos y de amplio calibre. Estos se dividen en la proximidad de la raíz pulmonar en los respectivos bronquios lobulares de los pulmones derecho e izquierdo. De los bronquios lobulares se originan los bronquios segmentarios que ventilan un territorio funcional circunscripto, el segmento pulmonar. Los segmentos pulmonares están ordenados en forma de conos; su vértice se localiza hacia el hilio pulmonar y su base por debajo de la superficie del pulmón.<sup>22</sup>

A continuación se dividen los bronquios subsegmentarios en bronquiolos, en los que no se encuentran elementos de sostén cartilaginoso ni glándulas. Los bronquiolos verdaderos son los últimos segmentos del sistema de conducción del aire que no tienen alveolos pulmonares en su pared, se dividen para formar los bronquiolos terminales estos se diferencian en la ramificación del árbol bronquial distintos segmentos, a saber, los bronquiolos respiratorios, los conductos alveolares y los alveolos pulmonares.<sup>8, 11</sup>

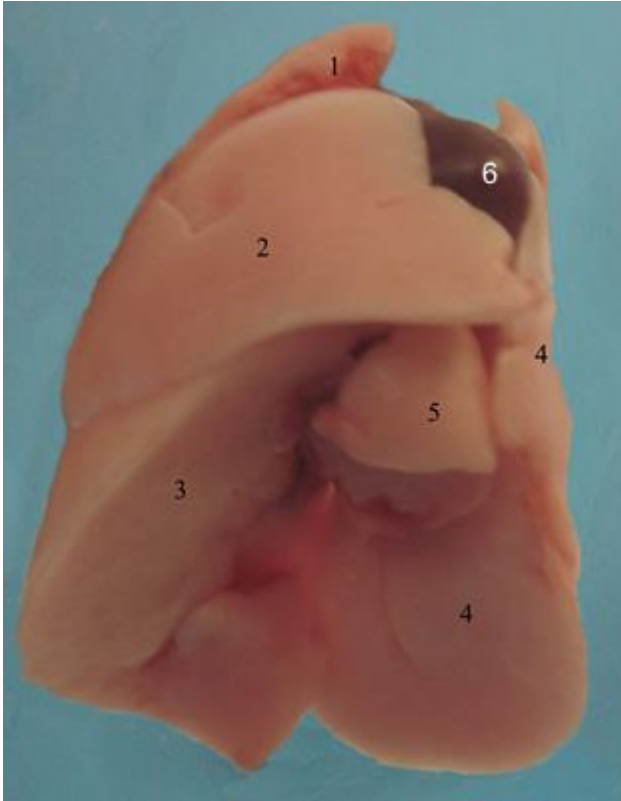


En la inspiración los bronquios y bronquiolos se dilatan y aumentan en longitud, asimismo se dilatan los conductos alveolares y aumentan su tamaño, con lo cual los alveolos llegan a tener una forma más bien de platillo que de copa.<sup>5</sup>



**Figura 6. Vista ventral de pulmones y corazón.**

1. Laringe.
2. Tráquea.
3. Pulmón izquierdo.
4. Pulmón derecho, lóbulo craneal.
5. Pulmón derecho, lóbulo medio.
6. Pulmón derecho, lóbulo caudal.
7. Pulmón derecho, lóbulo accesorio.
8. Corazón.

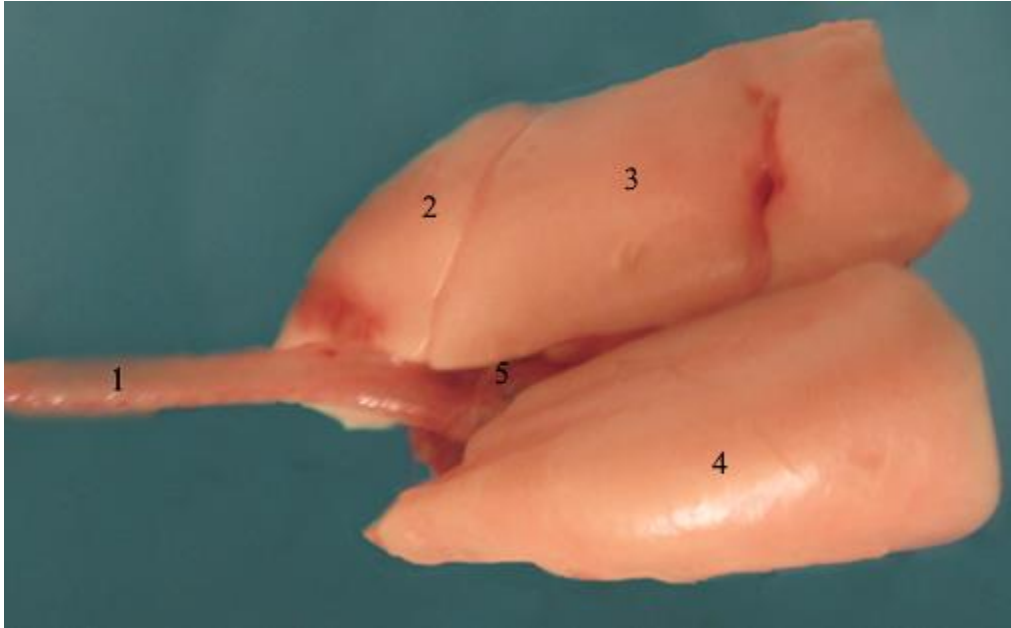


**Figura 7. Vista ventral de pulmones insuflados y corazón.**

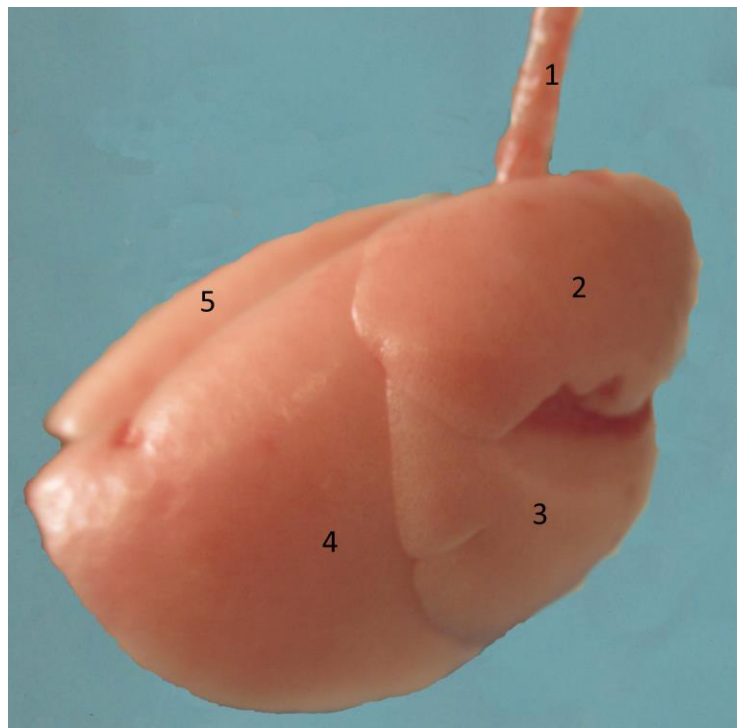
1. Pulmón derecho, lóbulo craneal.
2. Pulmón derecho, lóbulo medio.
3. Pulmón derecho, lóbulo caudal.
4. Pulmón izquierdo.
5. Pulmón derecho, lóbulo accesorio.
6. Corazón.



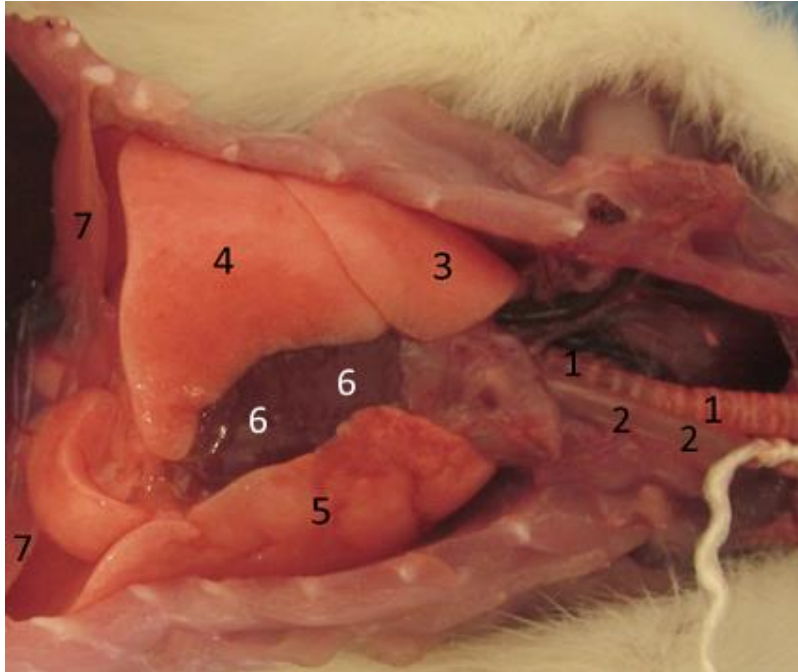
**Figura 8. Vista Lateral derecha de pulmones y corazón. 1. Tráquea, 2. Pulmón derecho lóbulo craneal, 3. Pulmón derecho lóbulo medio, 4. Pulmón derecho lóbulo caudal, 5. Corazón.**



**Figura 9. Vista dorsal de pulmones y tráquea. 1. Tráquea, 2. Pulmón derecho lóbulo craneal, 3. Pulmón derecho lóbulo caudal, 4. Pulmón izquierdo unilobulado. 5. Bronquios.**



**Figura 10. Vista Lateral derecha de los pulmones insuflados. 1. Tráquea, 2. Pulmón derecho lóbulo craneal, 3. Pulmón derecho lóbulo medio, 4. Pulmón derecho lóbulo caudal, 5. Pulmón izquierdo unilobulado.**



**Figura 11. Vista ventral de los pulmones insuflados *in situ*.** 1. Tráquea 2. Esófago, 3. Pulmón derecho lóbulo medio, 4. Pulmón derecho lóbulo Caudal, 5. Pulmón izquierdo unilobulado, 6. Corazón, 7. Diafragma.



**Figura 12. Vista ventral de aparato respiratorio y digestivo insuflados *in situ*.** 1. Tráquea, 2. Esófago, 3. Pulmón derecho lóbulo medio, 4. Pulmón derecho lóbulo Caudal, 5. Pulmón izquierdo unilobulado, 6. Corazón, 7. Diafragma.

## Aparato Digestivo

### Introducción

La rata es uno de los animales más populares que se utilizan para estudiar la fisiología de la digestión, se alimenta principalmente durante la noche y es coprófaga. Lo que significa que una parte de los alimentos que consume y sus metabolitos que salen en las heces son ingeridos.<sup>10</sup>

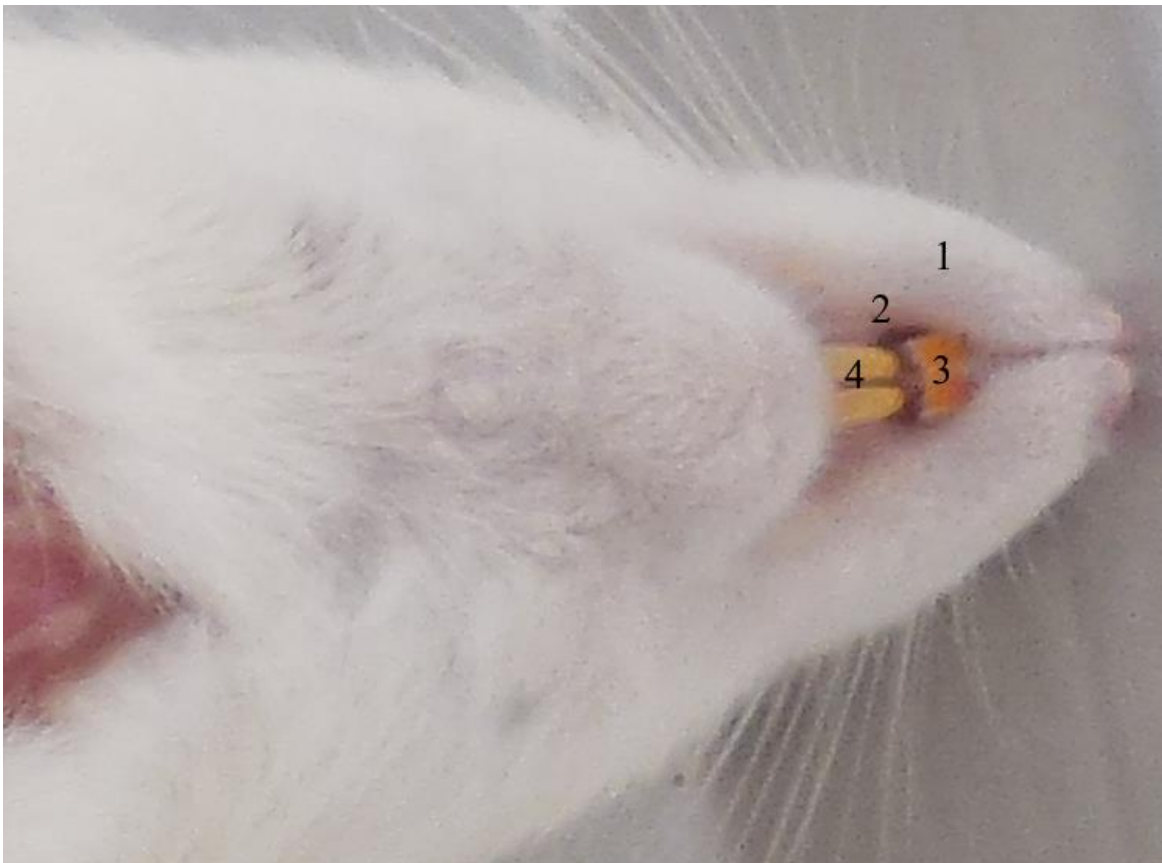
El aparato digestivo está formado de órganos capacitados en la recepción, reducción mecánica, digestión química, absorción del alimento y de la bebida, y con la eliminación de los residuos no absorbidos,<sup>19</sup> tienen la función de preparar los alimentos para que puedan ser utilizados para la producción de energía y para el crecimiento y renovación celular y tisular.<sup>10</sup> Las partes del tubo digestivo a donde llega la comida o sus residuos son, en orden; cavidad oral, esófago, estómago, duodeno, yeyuno, íleon, ciego, colon, recto y ano,<sup>4</sup> cabe destacar que en la rata el estómago tiene dos porciones; glandular y no glandular.<sup>16</sup> En el aparato digestivo también se incluyen las glándulas anexas, entre ellas; glándulas salivales, hígado y páncreas que vierten sus secreciones dentro del tubo digestivo.<sup>11</sup>

El tracto gastrointestinal proporciona al organismo, incluyendo al propio tubo digestivo, nutrientes, electrolitos y agua. Para suministrar al cuerpo esas sustancias, el tracto gastrointestinal lleva a cabo cinco funciones: motilidad, secreción, digestión, absorción y almacenamiento, el aparato digestivo orquesta y controla estas cinco funciones por medio de dos sistemas; intrínseco y extrínseco. Cada uno de estos sistemas tiene dos componentes: nervios y secreciones endocrinas. Los elementos del sistema intrínseco están situados entre las diferentes capas del tubo digestivo, mientras que los del control extrínseco residen fuera de las paredes del tracto.<sup>9</sup>

El sistema de control intrínseco tiene dos componentes: el sistema nervioso enteral (SNE) y las hormonas digestivas gastrina, péptido inhibitor gástrico (PIG), colecistocinina (CCC), secretina y motilina. La inervación extrínseca la realizan los nervios; vago y esplácnico mayor y comprende una sola hormona, la aldosterona.<sup>1,4</sup>

### **Cavidad oral**

La cavidad oral está limitada por; labios, paladar duro, un piso y caudalmente, está el istmo de las fauces que comunica a la cavidad oral con la orofaringe, la abertura entre los labios se considera comúnmente como boca<sup>8</sup>, los labios, recubiertos por un epitelio externo que contiene abundante pelo, poseen numerosas vibrisas que son pelos táctiles grandes.<sup>23</sup> Los labios superior e inferior, limitan la hendidura bucal que abre dentro de la cavidad oral.<sup>9</sup> Estos pueden estar unidos a las encías por medio del frenillo labial el cual es un repliegue de la mucosa localizado en relación con la línea mediana.<sup>9</sup> El labio inferior oculta la mayor parte de los dientes incisivos.<sup>8</sup> (Figura 13).



**Figura 13. Vista ventral de la cabeza de la rata. 1. Labio maxilar parte externa, 2. Labio maxilar parte interna, 3. Dientes incisivos superiores, 4. Dientes incisivos inferiores.**



La cavidad oral puede ser dividida en dos porciones; vestíbulo y cavidad oral. El vestíbulo es el espacio que queda entre los dientes y los labios o bien entre los dientes y las mejillas. Mientras que la cavidad oral es el espacio que se encuentra por dentro de los arcos dentarios superior e inferior y se halla limitada dorsalmente por el paladar duro, lateralmente por los dientes, ventralmente por la lengua y el suelo de la cavidad oral.<sup>11</sup>

### Lengua

Está situada en el suelo de la boca entre las ramas de la mandíbula y está anclada a la mandíbula y al aparato hioideo por los músculos extrínsecos de la lengua. Su parte caudal o raíz está unida al hueso hioides, mientras que su parte rostral está libre y discurre ventral y rostralmente. Se pueden distinguir las superficies dorsal y ventral, y sus principales porciones son; ápice (extremo rostral), cuerpo (parte media) y raíz (parte caudal).<sup>5</sup> (Figura 14).



**Figura 14. Corte longitudinal de la cabeza de la rata. 1. Incisivo superior, 2. Incisivo inferior, 3. Lengua, 4. Paladar duro, 5. Paladar blando, 6. Cavidad faríngea (orofaríngea).**

## Dientes

Las ratas tienen una dentición especializada, especialmente adaptada para su forma de vida. Como herbívoras, los incisivos que están en la parte frontal de la boca están designados para roer granos, hierba y semillas, los molares están designados para moler y pulverizar los alimentos más ásperos y así poder ser ingeridos más fácilmente.<sup>22</sup>

Los dientes de las ratas se disponen en dos arcos dentales (superior e inferior) y son los principales órganos de la masticación, el diente está formado por una corona que es visible, sus raíces son abiertas. Las protrusiones individuales de la corona se denominan cúspides.<sup>9</sup>

Hay dos pares de dientes incisivos, los cuales son largos, anchos y curvados, tienen el extremo terminado en un borde afilado similar a un cincel que el animal utiliza para roer, el par del maxilar superior son más cortos y amarillentos que el par del maxilar inferior.<sup>20</sup>

Esta especie carece de dientes caninos por ello al espacio que hay entre incisivos y molares se le conoce como diastema.<sup>5</sup> El arco superior está innervado por ramas del nervio maxilar mientras que al arco inferior llegan ramas del nervio alveolar inferior, rama del nervio mandibular.<sup>23</sup>

Cada diente posee cuatro superficies: oclusal, vestibular, lingual y de contacto. La superficie oclusal mira hacia el arco dental opuesto y es la superficie de masticación. La superficie vestibular se sitúa junto a los labios o mejillas y pueden clasificarse como labial o bucal, la superficie lingual es la opuesta a la vestibular y queda adyacente a la lengua, y la superficie de contacto es la que se encuentra en aposición a los dientes adyacentes del mismo arco.<sup>21</sup>

Formula dental: 2 (Incisivos 1/1, Caninos 0/0, Premolares 0/0, Molares 3/3) = 16.<sup>19</sup>

Los dientes incisivos son monofiodontos y de crecimiento continuo, de tal forma que se desgastan por abrasión, en caso de existir una mala oclusión no pueden desgastarse de modo normal y crecerán desproporcionadamente.<sup>19</sup> Su dentición es la misma durante toda su vida (monofiodonta).<sup>21</sup>





**Figura 15. Vista ventral superficial de la región cervical de la rata. 1. Glándula parótida, 2. Glándula sublingual monostomática, 3. Glándula mandibular. 4. Linfonodos cervicales.**

### **Faringe**

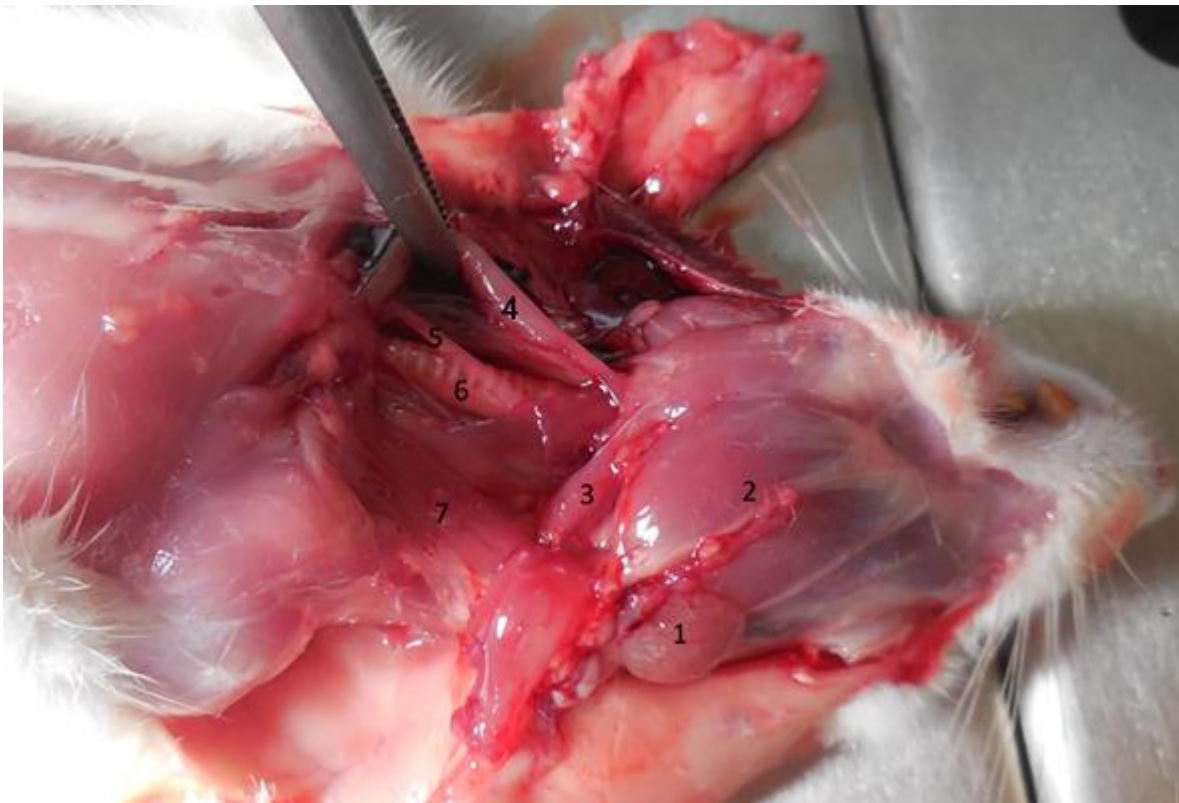
La faringe es el órgano que conecta a la cavidad oral con el esófago y a la cavidad nasal con la laringe y se divide en tres regiones; nasofaringe, orofaringe y laringofaringe.<sup>22</sup>

La faringe es la abertura común para los tractos respiratorio y digestivo. Su función fisiológica principal es garantizar que en el tracto respiratorio sólo entre aire y en el tracto digestivo sólo entre comida y agua.<sup>4</sup>

Este órgano ya se describió en su totalidad en el apartado de aparato respiratorio.

## Esófago

Su función es transportar la comida hacia el estómago<sup>10</sup> mediante movimientos de propulsión conocidos como peristaltismo<sup>9</sup>. Es un tubo musculomembranoso que se extiende desde la faringe hasta el estómago.<sup>4</sup> Comienza caudalmente a la faringe a nivel de los ángulos mandibulares, transcurre por el cuello, dorsalmente a la tráquea se lateraliza hacia la izquierda y conforma a la porción cervical que es la más larga. En su trayecto por el tórax, parte torácica, se ubica dorsalmente al corazón y finalmente atraviesa el diafragma por el hiato esofágico. Finalmente, la porción abdominal que se ubica dorsalmente hacia la izquierda del plano mediano y termina en el cardias. Las ratas no pueden regurgitar, ni vomitar, tienen una barrera gastroesofágica potente, que hace que el reflujo sea casi imposible en condiciones normales. Con el fin de vomitar, la rata debe superar esta barrera.<sup>20</sup> (Figura 16).



**Figura 16. Vista ventral de la región cervical de la rata. 1. Glándula parótida, 2. Músculo masetero, 3. Músculo digástrico 4. Músculo esternohioideo. 5. Músculo esternotiroideo, 6. Tráquea, 7. Músculo esternocéfálico.**

## **Estómago.**

Las ratas son omnívoras y tienen un estómago compuesto. Es un órgano hueco que representa la primera dilatación del aparato digestivo,<sup>7</sup> tiene la forma de la letra J, es responsable de almacenar grandes cantidades de comida,<sup>22</sup> está localizado transversalmente de izquierda a derecha en la parte craneal de la cavidad abdominal. La mayor parte de la superficie parietal y parte de la visceral están cubiertas por el hígado. El esófago entra en la parte media de la curvatura menor.<sup>10</sup>

## **Descripción anatómica**

Para su descripción presenta; dos superficies (parietal y visceral), dos curvaturas (curvatura mayor y curvatura menor)<sup>8</sup> y dos extremos (derecho e izquierdo).

## **Externamente**

Se pueden reconocer:

- Parte cardial, se relaciona con el sitio de entrada del esófago, aquí encontramos el orificio cardial que es el orificio de comunicación con el esófago.
- Fondo, es la parte amplia y redondeada que se localiza en el extremo izquierdo de este órgano, aquí encontramos un saco ciego. (Figura 17).
- Cuerpo, representa a la parte media de este órgano.
- Parte pilórica, porción que se estrecha para unirse al duodeno y consta de un antro pilórico que es la porción inicial de la parte pilórica en forma de cono y por el canal pilórico que es la continuación cilíndrica de la parte pilórica.<sup>21</sup>
- Píloro, contiene un anillo muscular cuya contracción cierra el tubo digestivo, cerrando la comunicación entre el estómago y el duodeno, y regula de esta manera el paso del alimento del estómago al intestino.<sup>7</sup>
- Orificio pilórico es el pasaje al duodeno.<sup>7</sup>

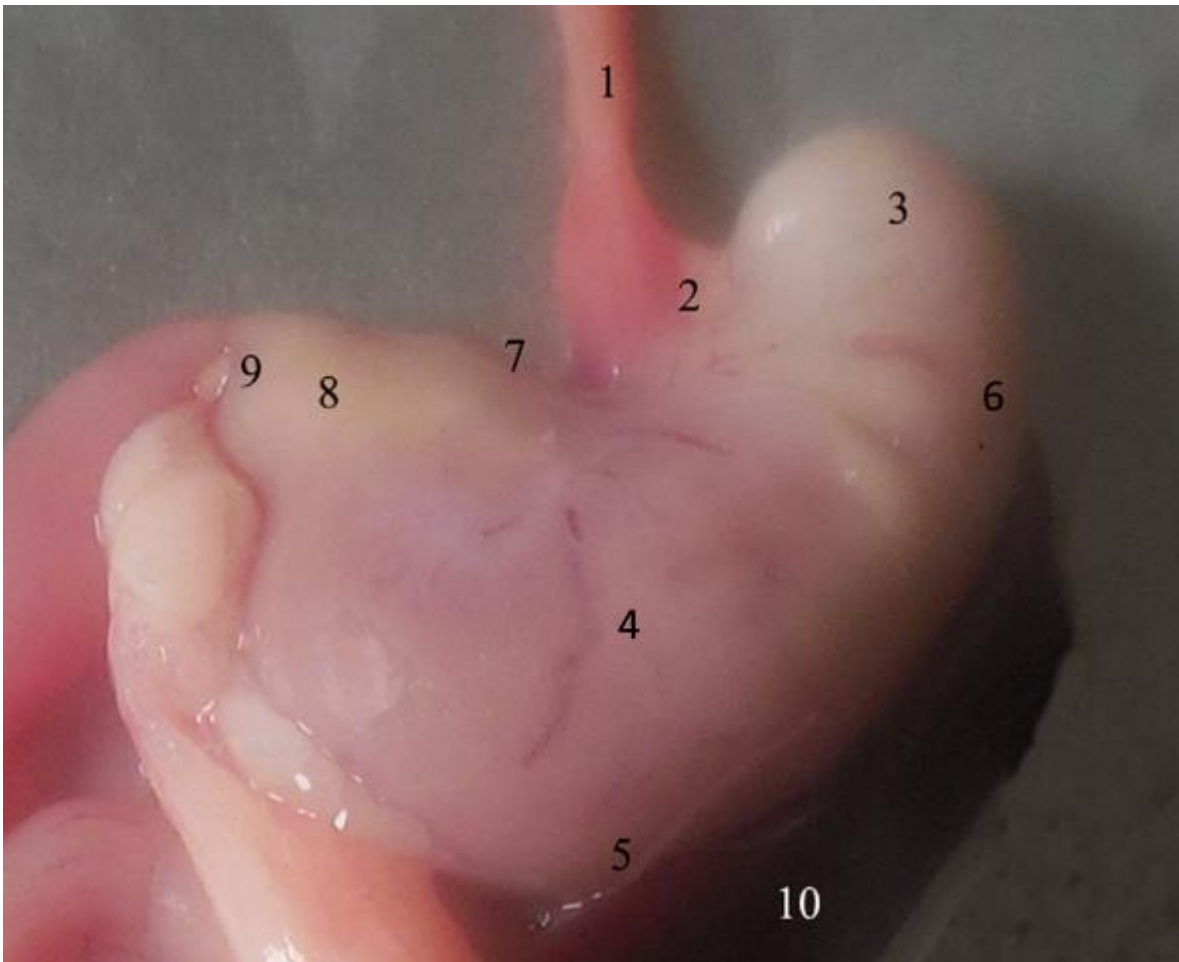
## **Internamente**

La mucosa estomacal está dividida en dos regiones distintas que son visibles externamente; región no glandular y región glandular.

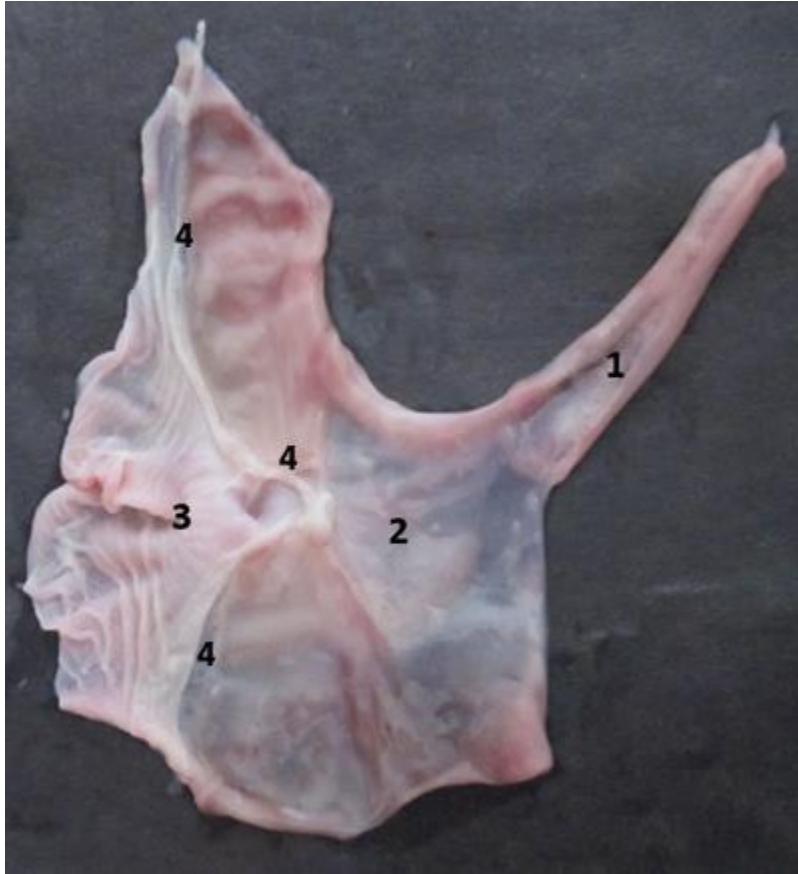
La región no glandular representa aproximadamente dos tercios del órgano y se encuentra a la izquierda de la **cresta limitante**, que se extiende de forma circunferencial de la curvatura mayor a la curvatura menor del estómago, justo por debajo del esófago. En el esófago, la cresta limitante adopta la forma de U, ya que casi rodea al orificio cardial.<sup>23</sup>

La región no glandular del estómago muestra como revestimiento epitelial un epitelio escamoso estratificado queratinizado, similar al del esófago.<sup>21</sup>

La región glandular se subdivide en; región de las glándulas cardiales, de las glándulas propias, donde la mucosa está plegada y la de las glándulas pilóricas con una mucosa relativamente suave.<sup>23</sup> (Figura 18).



**Figura 17. Superficie parietal del estómago.** 1. Esófago, 2. Cardias, 3. Saco ciego, 4. Cuerpo, 5. Curvatura mayor, 6. Fondo, 7. Curvatura menor, 8. Parte pilórica, 9. Píloro, 10. Bazo.



**Figura 18. Vista interna del estómago. 1. Esófago, 2. Región aglandular, 3. Región glandular, 4. Cresta limitante.**

### **Intestinos**

Son la porción que inicia caudalmente a la salida del estómago y termina en el ano. Se suelen distinguir dos grandes porciones; el intestino delgado (porción ubicada entre el píloro y el ciego) y el intestino grueso (parte que se extiende desde el ciego hasta el ano).<sup>11</sup> El intestino delgado tiene una longitud aproximada de 107 cm a los 5 meses y hasta 122 cm en la edad adulta, se divide en tres porciones que son.<sup>10</sup>

### **Duodeno**

Se extiende desde el píloro hasta el yeyuno. El duodeno se encuentra en el lado derecho de la cavidad abdominal y mide 10 cm de largo.<sup>2</sup> Su disposición puede asemejarse a una U y, por lo tanto, se pueden distinguir las siguientes partes.<sup>8</sup>

- Parte craneal. Porción que se extiende cranealmente a partir del píloro.

- Parte descendente. Porción del duodeno que transita caudalmente sobre la derecha de la raíz del mesenterio, se dirige hacia el riñón derecho, gira hacia la línea mediana (flexura duodenal caudal) y luego gira para continuar cranealmente. En esta parte encontramos la papila duodenal, una área elevada donde desembocan los conductos provenientes del hígado y del páncreas.<sup>21</sup>
- Parte ascendente. Esta porción transita cranealmente al lado izquierdo de la raíz del mesenterio.
- Flexura duodenoyeyunal. Porción que gira caudalmente para continuar con el yeyuno.<sup>21</sup>

### **Yeyuno**

El yeyuno es la porción más larga del intestino delgado y en ella se lleva a cabo la absorción de los nutrientes. Es la porción libre que se va a localizar en todos aquellos espacios que dejan el resto de los órganos contenidos en la cavidad abdominal.<sup>23</sup> El yeyuno mide 100 cm de largo.<sup>19</sup>

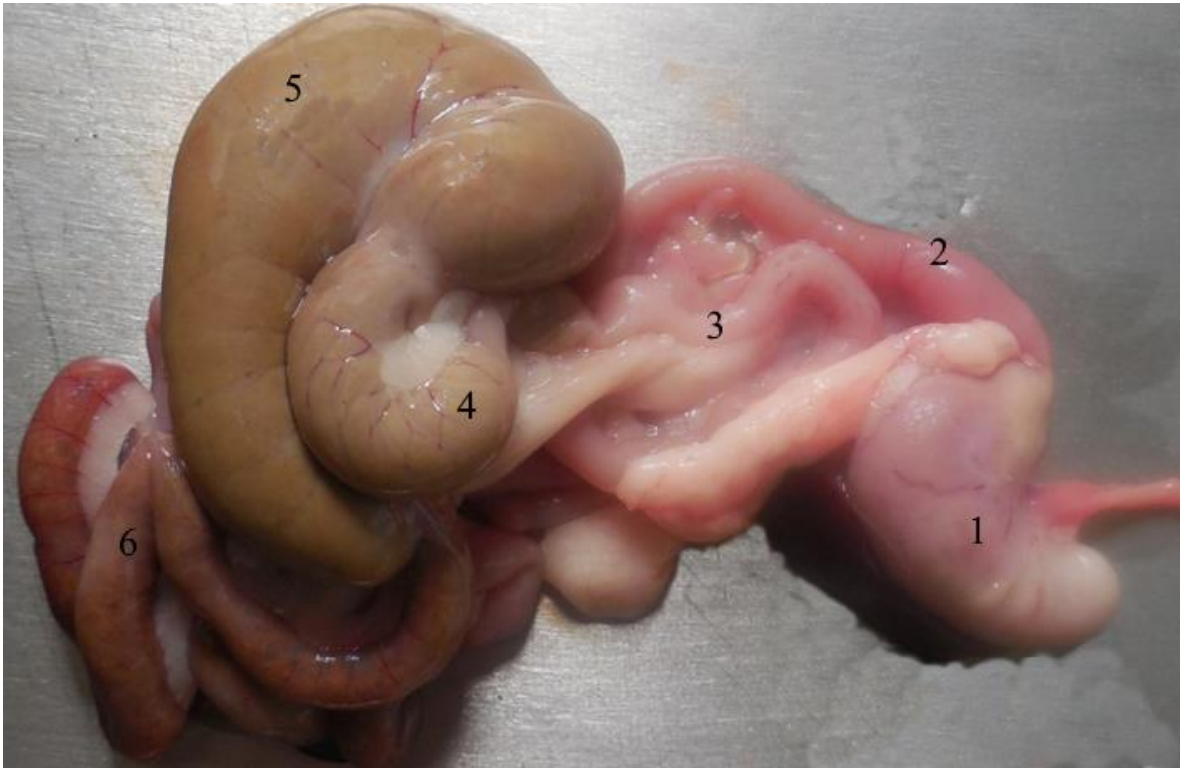
Las flexuras que conforman a este órgano se conocen como asas yeyunales.<sup>8</sup>

### **Ileon**

Es el segmento más corto del intestino delgado, se conecta con la base del ciego cerca de donde comienza el colon.<sup>5</sup> El íleon mide 3 cm de largo.<sup>19</sup>

Tanto en yeyuno como en ileon se reconocen dos bordes; mesentérico (relacionado con el mesenterio) y antimesentérico (no relacionado o contrario al mesenterio). (Figura 19).





**Figura 19. Órganos digestivos. 1. Estómago, 2. Duodeno, 3. Yeyuno, 4. Ileon, 5. Ciego, 6. Colon.**

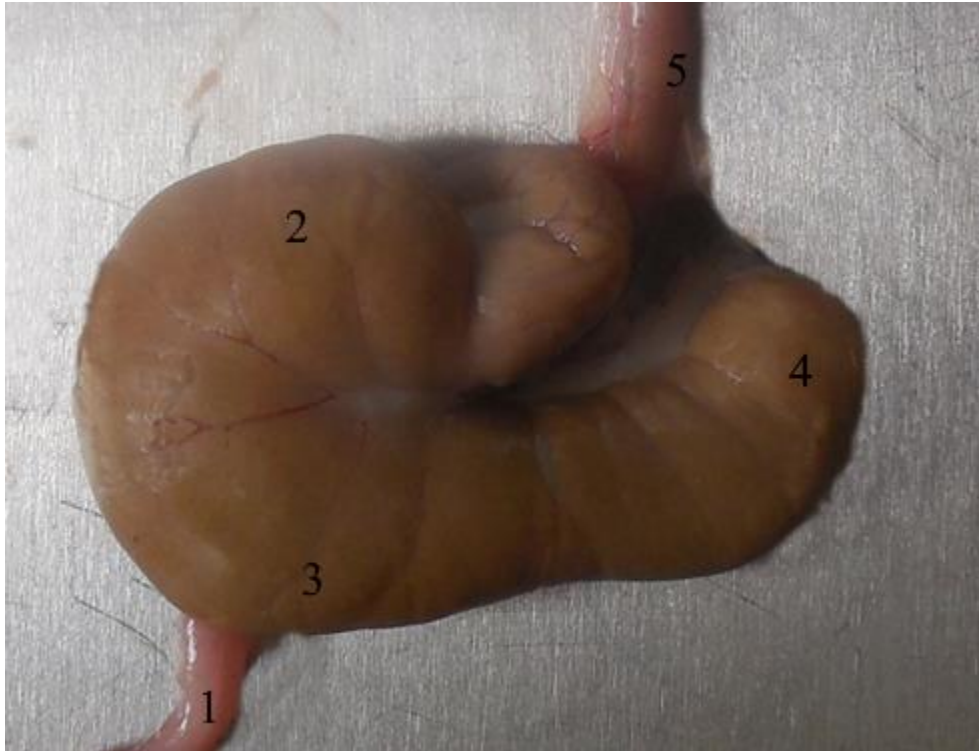
### **Intestino grueso**

Es la porción final del tubo digestivo, se extiende desde la terminación del íleon hasta el ano.<sup>7</sup> Se divide en ciego, colon y recto. La longitud de colon y recto es de aproximadamente 15 cm.<sup>22</sup>

### **Ciego**

El ciego tiene la disposición de una bolsa en forma de coma, con un área linfoide prominente que se encuentra en la cara lateral del ápice,<sup>21</sup> es un saco ciego inmediatamente distal a donde termina el íleon, está limitado por la válvula ileocecal.<sup>17</sup> Se localiza en la parte derecha de la cavidad abdominal, pero a veces puede mostrar una considerable variación en su posición.<sup>10</sup> Es la segunda dilatación del tubo digestivo con las siguientes porciones; base, es la parte ancha inicial que se une al íleon y al colon, cuerpo (parte media) y ápice (extremo ciego y libre)<sup>22</sup>. El ciego representa una tercera parte de lo largo del intestino grueso.<sup>17</sup>

Presenta dos orificios; orificio ileal (ileocecal), es la comunicación entre el ileon y la base del ciego y cecocólico (comunicación entre el ciego y el colon).<sup>21</sup> (Figura 20)



**Figura 20. Porciones intestinales.** 1. Ileon, 2. Base del ciego, 3. Cuerpo del ciego, 4. Ápice del ciego, 5. Colon ascendente.

### **Colon**

Comienza en el orificio cecocólico y termina en el recto a la entrada de la pelvis.<sup>5</sup>El colon es el primer responsable de la absorción del agua, sodio y electrolitos, y produce las heces fecales.<sup>4</sup>

El colon se divide en tres regiones de acuerdo con la posición que adquieren dentro del cuerpo; colon ascendente, colon transverso y colon descendente.<sup>22</sup> El colon ascendente es la porción inicial, presenta una parte en forma de asa y otra recta. Flexura cólica derecha, es la unión del colon ascendente con el colon transverso. Colon transverso, es la porción del colon que transita de derecha a izquierda, cranealmente a la raíz del mesenterio. Flexura cólica



izquierda, es la unión del colon transverso con el colon descendente, y colon descendente que es el que conecta al colon transverso con el recto.<sup>21</sup>

### **Recto**

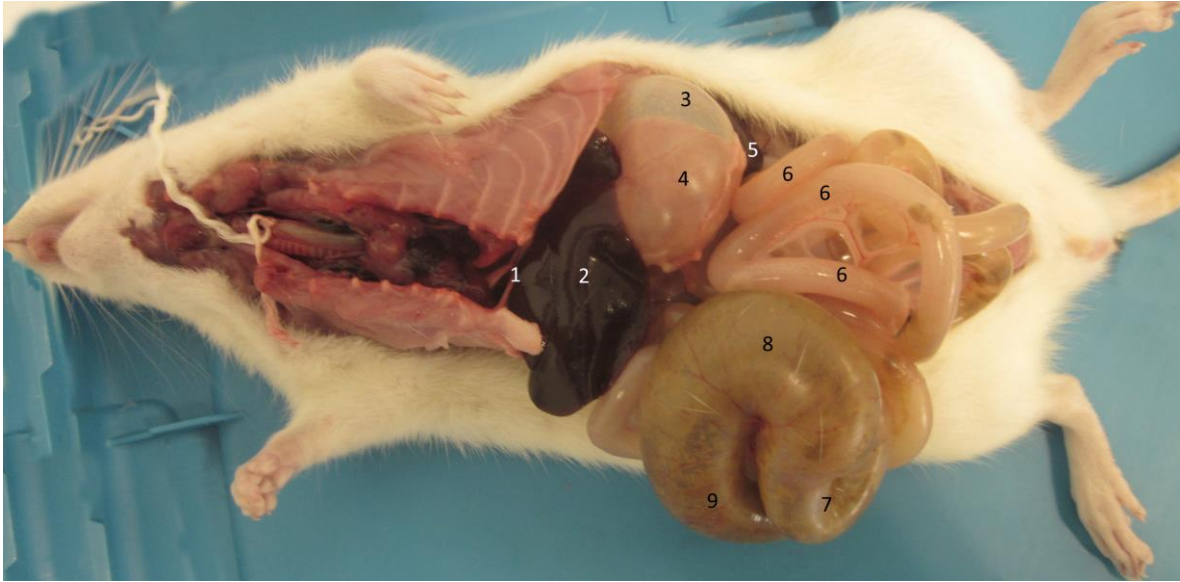
Recto es la región del tracto gastrointestinal que se encuentra dentro de la cavidad pélvica.<sup>2</sup> Está en el extremo terminal del colon,<sup>17</sup> es el sitio final de reabsorción de agua, deshidratación y almacenamiento de las heces fecales antes de su eliminación.<sup>3</sup>

### **Canal anal**

Es la porción terminal corta del tubo digestivo y su abertura externa es el ano.<sup>9</sup> Así, el ano es la parte terminal del tubo digestivo y se sitúa por debajo del origen de la cola, está cubierto externamente por un tegumento que es delgado, carente de pelos y tiene una gran cantidad de glándulas sebáceas y sudoríparas.<sup>5</sup> (Figura 21).



**Figura 21. Vista ventral de la cavidad abdominal.** Hígado: 1. Lóbulo lateral derecho, 2. Lóbulo medial izquierdo, 3. Lóbulo lateral izquierdo, 4. Estómago, 5. Bazo, 6. Diafragma, 7. Ciego, 8. Asas intestinales.



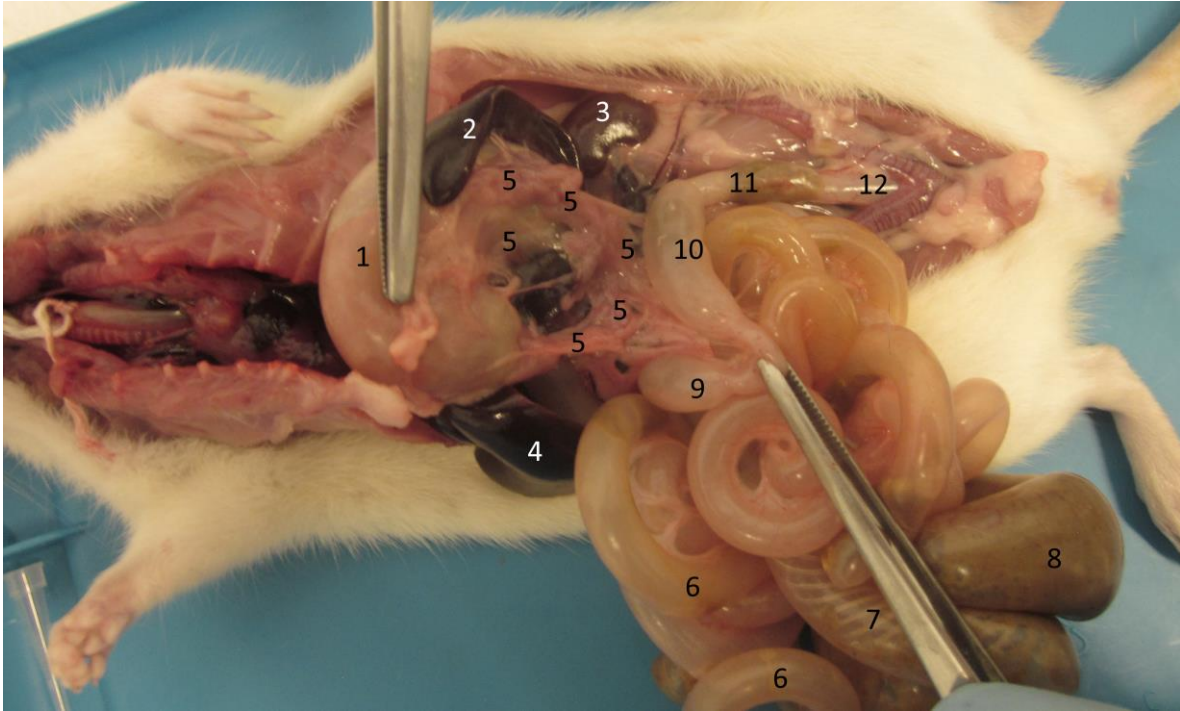
**Figura 22. Vista ventral de la cavidad abdominal con aparato digestivo insuflado.**

1. Diafragma, 2. Hígado, 3. Estómago región aglandular, 4. Estómago región glandular, 5. Bazo, 6. Yeyuno, 7. Base del ciego, 8. Cuerpo del Ciego, 9. Ápice del ciego.



**Figura 23. Vista ventral de la cavidad abdominal con aparato digestivo insuflado.**

1. Diafragma, 2. Hígado, 3. Estómago región aglandular, 4. Estómago región glandular, 5. Bazo, 6. Yeyuno, 7. Ciego, 8. Colon ascendente, 9. Colon transverso, 10. Colon descendente.



**Figura 24. Vista ventral de la cavidad abdominal con aparato digestivo insuflado. 1. Estómago, 2. Bazo, 3. Riñón Izquierdo, 4. Hígado, 5. Páncreas, 6. Yeyuno, 7. Íleon, 8. Ciego, 9. Colon ascendente, 10. Colon transverso, 11. Colon descendente, 12. Recto.**

## **Glándulas Anexas**

### **Glándulas Salivales**

Las ratas tienen tres pares de glándulas salivales, que están compuestas por células acinares y con numerosos ductos.<sup>10</sup>

La glándula parótida, recibe este nombre por su proximidad con la oreja,<sup>5</sup> segrega un producto seroso y tiene de 3 a 4 lóbulos que se localizan ventralmente a la oreja, el ducto parotídeo corre a lo largo del músculo masetero y va hacia la boca, transporta enzimas digestivas que en cavidad oral se mezclan con la comida.<sup>22</sup>

La glándula mandibular, que contribuye a la producción de saliva se encuentra ventral a la parótida, entre las ramas de la mandíbula y la entrada al tórax, la secreción que produce es mixta (serosa y mucosa).<sup>10</sup>

La sublingual, es la glándula salival más pequeña,<sup>2</sup> produce una secreción mucosa, que viaja a través del ducto sublingual a lo largo de la superficie ventral del cuello hacia la boca.<sup>18</sup>

Sólo se reconoce la presencia de la glándula sublingual monostomática.<sup>23</sup>

## **Hígado**

Es la glándula mayor del cuerpo, es un órgano de color rojo oscuro, su consistencia es friable.<sup>3</sup> Está cubierto por una delicada cápsula de tejido conectivo.<sup>10</sup>

Se encuentra situado oblicuamente sobre la superficie abdominal del diafragma, se mantiene en esta posición mediante la presión de las otras vísceras y por su estrecha unión al diafragma.<sup>5</sup>

En una rata de 250 gramos el peso del hígado es de 10 gramos, su volumen de 19.6 mL y el flujo biliar es de 250 ml diarios.<sup>18</sup> Las ratas no tienen vesícula biliar.<sup>12</sup>

## **Descripción anatómica**

La superficie craneal del hígado entra en contacto con el diafragma (superficie diafragmática), la superficie caudal, con múltiples vísceras (superficie visceral) como el estómago, bazo, duodeno, yeyuno, colon y riñón derecho.

Presenta cuatro bordes; dorsal, ventral, derecho e izquierdo.<sup>10</sup>

## **Conductos hepáticos**

La rata no tiene vesícula biliar, y el conducto colédoco está formado por afluentes de los diversos lóbulos del hígado.<sup>23</sup>

La bilis de cada lóbulo hepático sale por los conductos biliares, estos conductos forman los conductos biliares comunes (der e izq) en el área portal. Estos forman al colédoco que entra en el duodeno descendente aproximadamente a 25 mm de distancia del esfínter pilórico<sup>3</sup> y recibe varios (2-8) conductos pancreáticos.<sup>10</sup>

## **Lobulación**

En la búsqueda bibliográfica que se realizó, se encontraron diferencias en el número y la nomenclatura de los lóbulos hepáticos, adicionalmente a que hay una cierta inconsistencia en su división, esto es; encontramos hígados con una lobulación distinta, estando la principal inconsistencia en el lóbulo papilar. De cualquier forma, se puede señalar que la nomenclatura enlistada es la más adecuada y común. (Figuras 25, 26 y 27).

Lóbulo lateral izquierdo

Lóbulo medial izquierdo

Lóbulo medial derecho

Lóbulo lateral derecho

Lóbulo caudado. Se localiza caudal al lóbulo lateral derecho.

Lóbulo papilar parte preentricular.

Lóbulo papilar parte retroentricular.<sup>10, 12, 18, 22</sup>

### **Ligamentos**

El peritoneo se continua del hígado hacia el diafragma en forma de ligamentos hepáticos, que no llevan ninguna estructura de conducción, sino que cumplen con una función mecánica de sostén, se diferencian tres ligamentos; ligamento triangular derecho, triangular izquierdo y coronario.<sup>11</sup>

El hígado de la rata abarca toda la región subdiafragmática y se encuentra dentro del mesogastrio ventral que como órgano primario arrastra estructuras de conducción, así pueden diferenciarse cuatro ligamentos; falciforme, hepatorenal, hepatogástrico y hepatoduodenal. El ligamento falciforme, sin grasa y transparente se extiende desde la cara parietal del hígado hasta el diafragma sobre el plano mediano llegando hasta el proceso xifoides y en algunos animales se continua hasta el ombligo con grasa dependiendo del estado corporal del animal; es decir que el ligamento falciforme completo es inconstante.

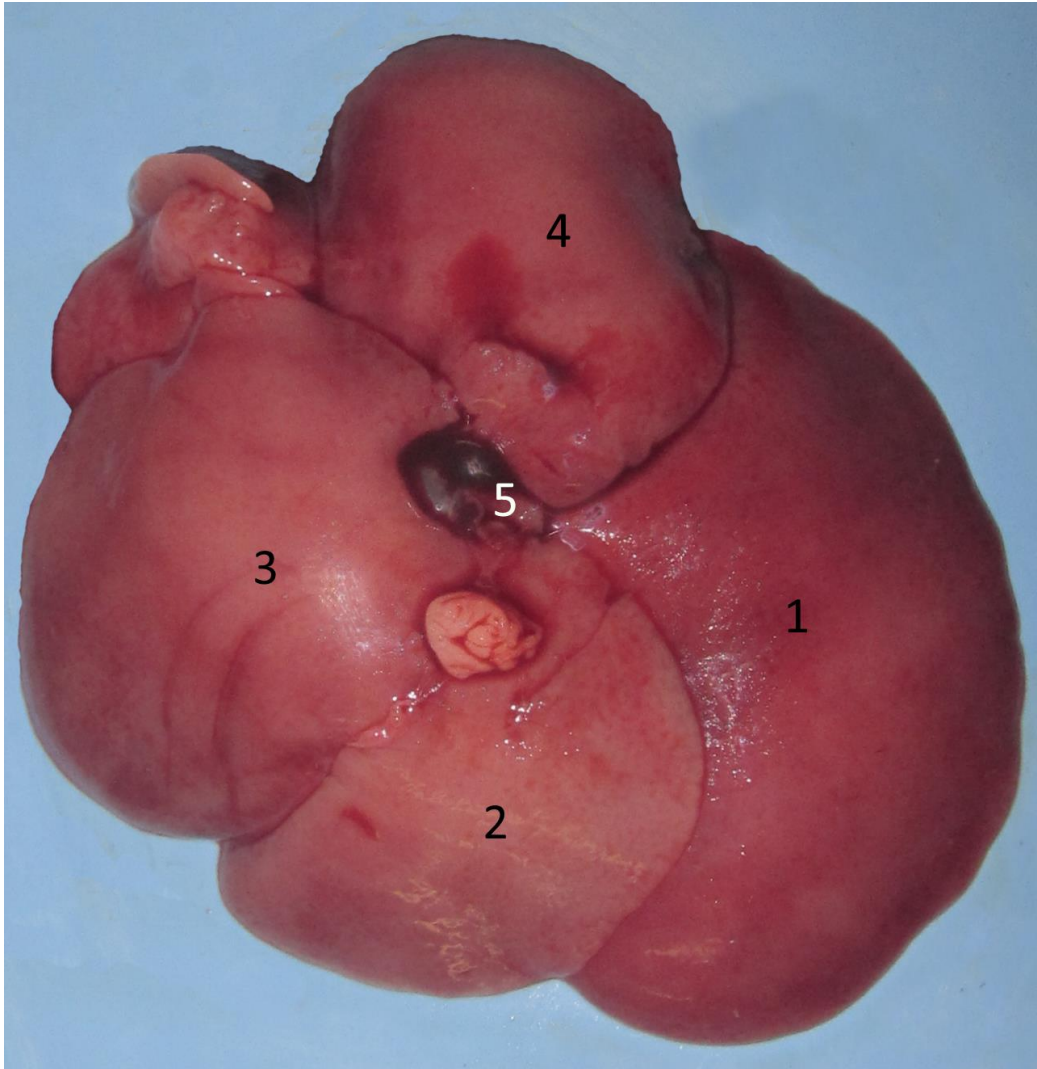
Hacia lo dorsal se observa el ligamento triangular derecho que se extiende desde la pared abdominal dorsalmente hasta el lóbulo lateral derecho. Sobre el lado izquierdo se aprecia el ligamento triangular izquierdo también proveniente de la pared dorsal, bien desarrollado, fija al lóbulo lateral izquierdo del hígado.

El ligamento hepatorenal se extiende desde el lóbulo caudado hasta una ubicación dorsal de la pared abdominal, medialmente al riñón derecho insertándose sobre la hoja derecha del mesoduodeno o sobre la hoja derecha del mesocolon descendente.

El ligamento coronario es relativamente pequeño. En la cara visceral, sobre el hilio, se inserta el omento menor que presenta una parte izquierda fija a la curvatura menor del estómago a la cual se le denomina ligamento hepatogástrico y una parte derecha fija al duodeno y que denominamos ligamento hepatoduodenal; el cual presenta grasa. Por esta misma cara se encuentra un ligamento que se extiende desde el lóbulo lateral izquierdo hasta la hoja



superficial del omento menor y termina sobre el borde de la curvatura menor del estómago al cual se denomina ligamento hepato-omental.<sup>12</sup>



**Figura 25. Superficie parietal del hígado. 1. Lóbulo lateral izquierdo, 2. Lóbulo medial izquierdo, 3. Lóbulo medial derecho, 4. Lóbulo lateral derecho, 5. Vena cava caudal.**



**Figura 26. Superficie parietal del hígado.** 1. Lóbulo lateral izquierdo, 2. Lóbulo medial izquierdo, 3. Lóbulo medial derecho, 4. Lóbulo lateral derecho, 5. Lóbulo papilar parte preventricular, 6. Lóbulo papilar parte retroventricular, 7. Lóbulo caudado.

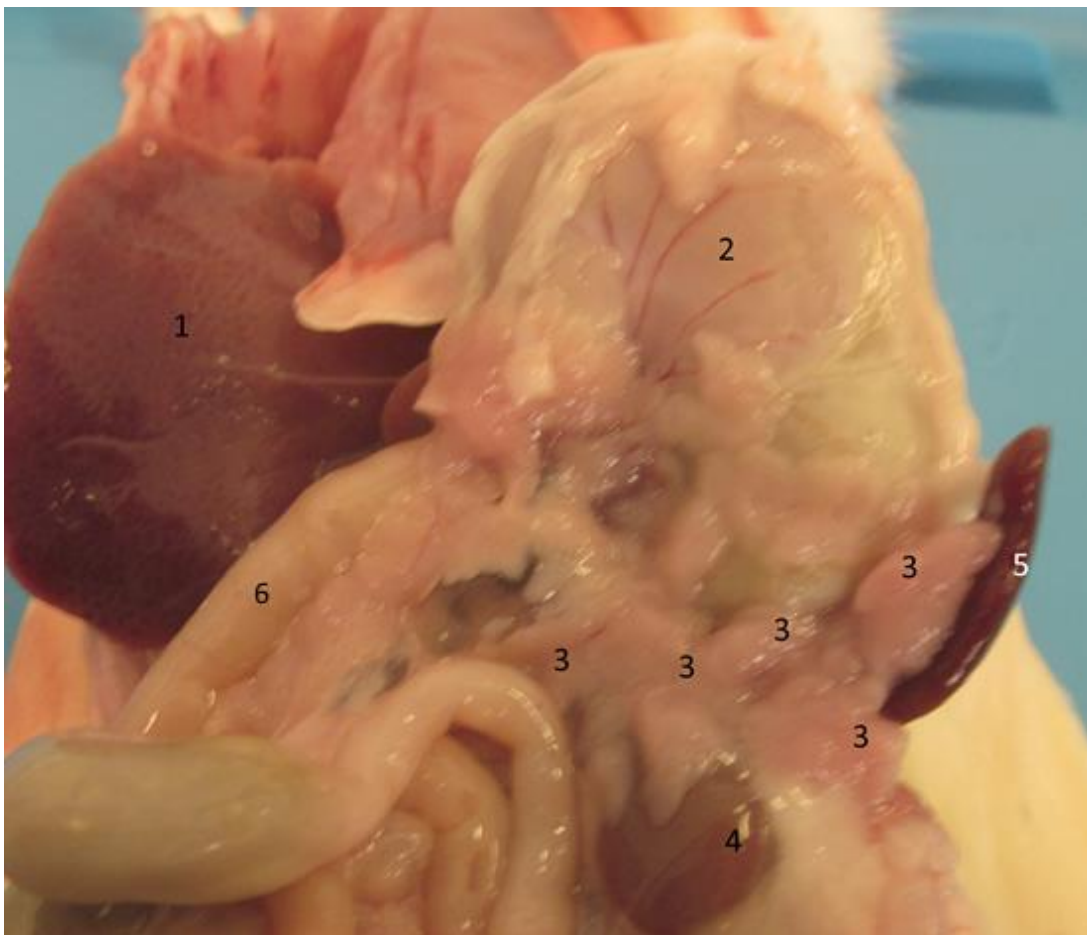
### **Páncreas**

El páncreas es una glándula anficrina, que se localiza en estrecha asociación con el duodeno, morfológicamente es un órgano grande, relativamente plano, de color blanco a rosado que se desarrolla a partir del crecimiento del intestino anterior primitivo.<sup>23</sup>

En la rata, el páncreas es de forma difusa e irregular, se divide en muchos lóbulos grandes y pequeños, y algunos de estos lóbulos se fusionan entre sí.<sup>17</sup> Está conformado por; cuerpo, lóbulo derecho y lóbulo izquierdo. El cuerpo y el lóbulo derecho se encuentran en el mesoduodeno y al principio del mesoyeyuno. El lóbulo izquierdo se extiende a lo largo de la superficie visceral del estómago hacia la superficie visceral del bazo (en la parte dorsal del omento mayor)<sup>10</sup>.

El conducto pancreático recorre toda la longitud del órgano y las enzimas transportadas a través de él eventualmente se vacían en un conducto común con el conducto colédoco. Aunque este no es siempre el caso y pueden poseer aberturas separadas.<sup>17</sup>

El páncreas se desarrolla mediante una evaginación del intestino primitivo como dos yemas primordiales (dorsal y ventral) que permanecen conectadas entre sí por los ductos secretorios. Dado que el primordio dorsal o el ventral pueden sufrir regresión durante el desarrollo, en algunas especies se desarrollará a partir de uno solo de los primordios y tendrá sólo un ducto, cuando la regresión no ocurre, ambos ductos permanecen. El ducto del primordio ventral es el ducto pancreático que termina en la papila duodenal mayor. El ducto del primordio dorsal es el ducto pancreático accesorio mismo que termina en la papila duodenal menor.<sup>21</sup> (figura 28).



**Figura 27. Vista ventral del páncreas. 1. Hígado, 2. Estómago, 3. Páncreas, 4. Riñón Izquierdo, 5. Bazo, 6. Duodeno descendente.**



## **Aparato Urogenital**

### **Introducción**

Los órganos reproductores (macho y hembra) y los urinarios están estrechamente asociados en su origen embriológico, estructura y función, y por lo tanto se denominan colectivamente como aparato urogenital.<sup>8</sup>

La principal función de los órganos urinarios es la eliminación de los productos de deshecho del metabolismo que el cuerpo produce, asimismo mantiene el balance homeostático entre los niveles de fluidos, electrolitos, azúcares, hormonas y proteínas en el cuerpo,<sup>22</sup> participa en la regulación del número de eritrocitos vía la eritropoyetina y mediante el sistema renina-angiotensina-aldosterona, regula la concentración de calcio y fosfatos.<sup>4</sup>

Los órganos urinarios son la subdivisión del aparato urogenital que se encarga de la formación, transporte, almacén y excreción de la orina. Los principales órganos que comprende este aparato son los; riñones, uréteres, vejiga y uretra.<sup>7</sup>

### **Riñones**

Los riñones son un órgano par, que se localizan retroperitonealmente, bilateralmente en la parte dorsal de la cavidad abdominal,<sup>22</sup> a ambos lados de la columna vertebral. Se extienden desde la región lumbar craneal hasta la parte intratorácica de la cavidad abdominal, por debajo de las últimas costillas. Los riñones están situados profundamente detrás del peritoneo (retroperitonealmente) y cubiertos parcial o completamente por una cápsula de grasa (cuyo grosor depende del estado nutricional del animal).<sup>5</sup> Durante el movimiento del diafragma con cada respiración se desplazan aproximadamente la mitad de la longitud de una vértebra.<sup>10</sup>

Los riñones son órganos de color marrón rojizo,<sup>23</sup> son largos y tienen forma de frijol con la zona convexa hacia la parte lateral del cuerpo y la cóncava hacia la parte medial, el riñón derecho se encuentra más cranealmente que el izquierdo,<sup>8</sup> la superficie del órgano es siempre lisa.<sup>10</sup> En una rata de 250 g el peso de su riñón es aproximadamente de 2 g con un volumen de 3.7 mL.<sup>19</sup>

## **Anatomía externa**

Cápsula fibrosa. Los riñones están cubiertos por una cápsula de tejido conectivo, formada por una red fibrosa de colágeno con una pequeña cantidad de fibras elásticas. La cápsula se introduce en el hilio y recubre el seno renal y puede ser separada con mucha facilidad del riñón.<sup>22</sup>

Cápsula adiposa. Cada riñón está rodeado por una gran cantidad de tejido adiposo que de manera general recibe el nombre de cápsula adiposa.

En la parte craneomedial de cada riñón se encuentran las glándulas adrenales embebidas en esta grasa.

Debido a su forma (alubia) y a la posición que mantiene en el organismo, el riñón presenta para su descripción:

Extremos: Craneal y caudal.

Superficies: Dorsal y ventral.

Bordes: Lateral y medial.<sup>10, 21</sup>

En el borde medial encontramos el hilio renal, que es la porción deprimida a través de la cual pasa la arteria renal, la cual suministra sangre a los riñones, la vena renal que es la encargada de drenar la sangre, plexo nervioso, vasos linfáticos y el uréter. El hilio conduce al seno renal donde se aloja la pelvis renal, la cual recibe la orina de los conductos colectores y la conduce a los uréteres para llevarla hasta la vejiga urinaria<sup>21</sup>. (Figura 29).

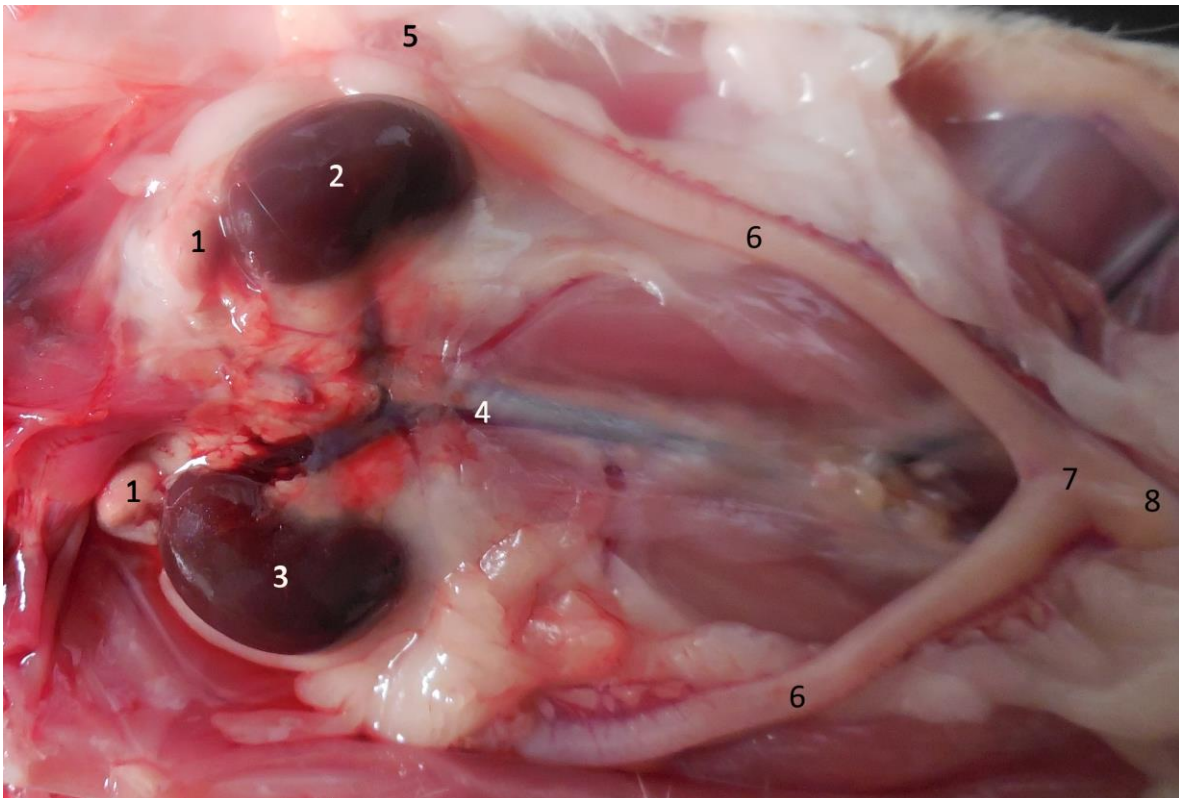
## **Anatomía interna**

Cada riñón está formado por; corteza, médula con su papila y el seno renal.<sup>10</sup>

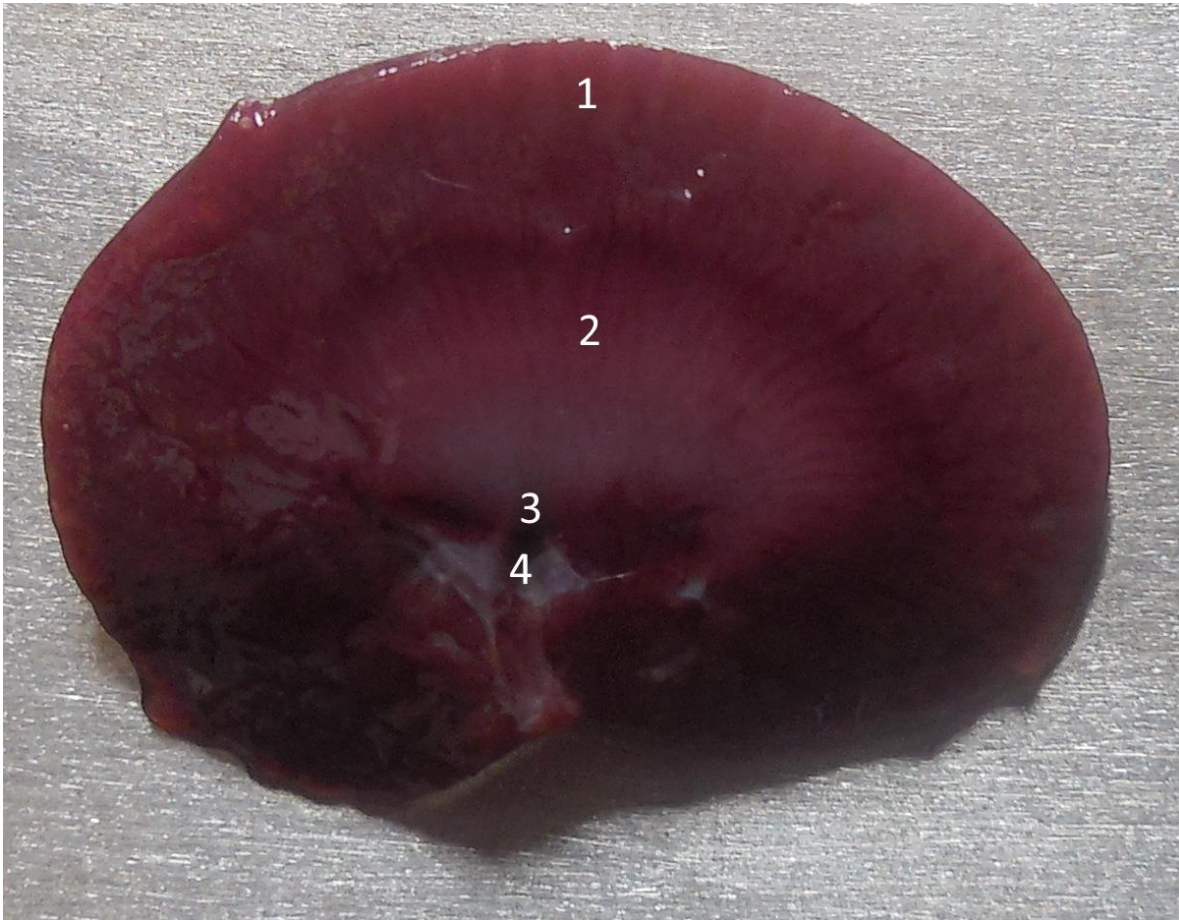
La corteza es de color rojizo oscuro debido a la gran cantidad de vasos sanguíneos que contiene,<sup>11</sup> dentro de la corteza se encuentran los glomérulos, el túbulo contorneado proximal y distal, la mácula densa, el túbulo de conexión, el conducto colector inicial, las arterias interlobulares y las redes capilares aferentes y eferentes, formando el laberinto cortical.<sup>10</sup>

La médula está compuesta de túbulos proximales, intermedios, distales y colectores, sobre todo los túbulos colectores y conductos colectores, estos de mayor calibre, se proyectan dentro del seno renal mediante una papila, que es el vértice de las pirámides renales fusionadas, con la punta dirigida hacia el hilio y la base en contacto con la corteza. En la rata

cada riñón tiene una pirámide.<sup>5</sup> Los túbulos colectores se adentran como conductos papilares revestidos por un epitelio cilíndrico simple columnar. Los conductos papilares forman la papila, que es el vértice de la pirámide, tanto en la pirámide como en la cresta renal se abren los agujeros papilares por donde se libera el filtrado renal para caer, finalmente, en la pelvis renal dentro del seno renal.<sup>23</sup> (Figura 30).



**Figura 28. Vista ventral de los riñones *in situ*.** 1. Glándulas Adrenales, 2. Riñón izquierdo, 3. Riñón derecho, 4. Vena cava caudal, 5. Ovarios, 6. Cuernos uterinos, 7. Cuerpo del útero, 8. Cérvix.



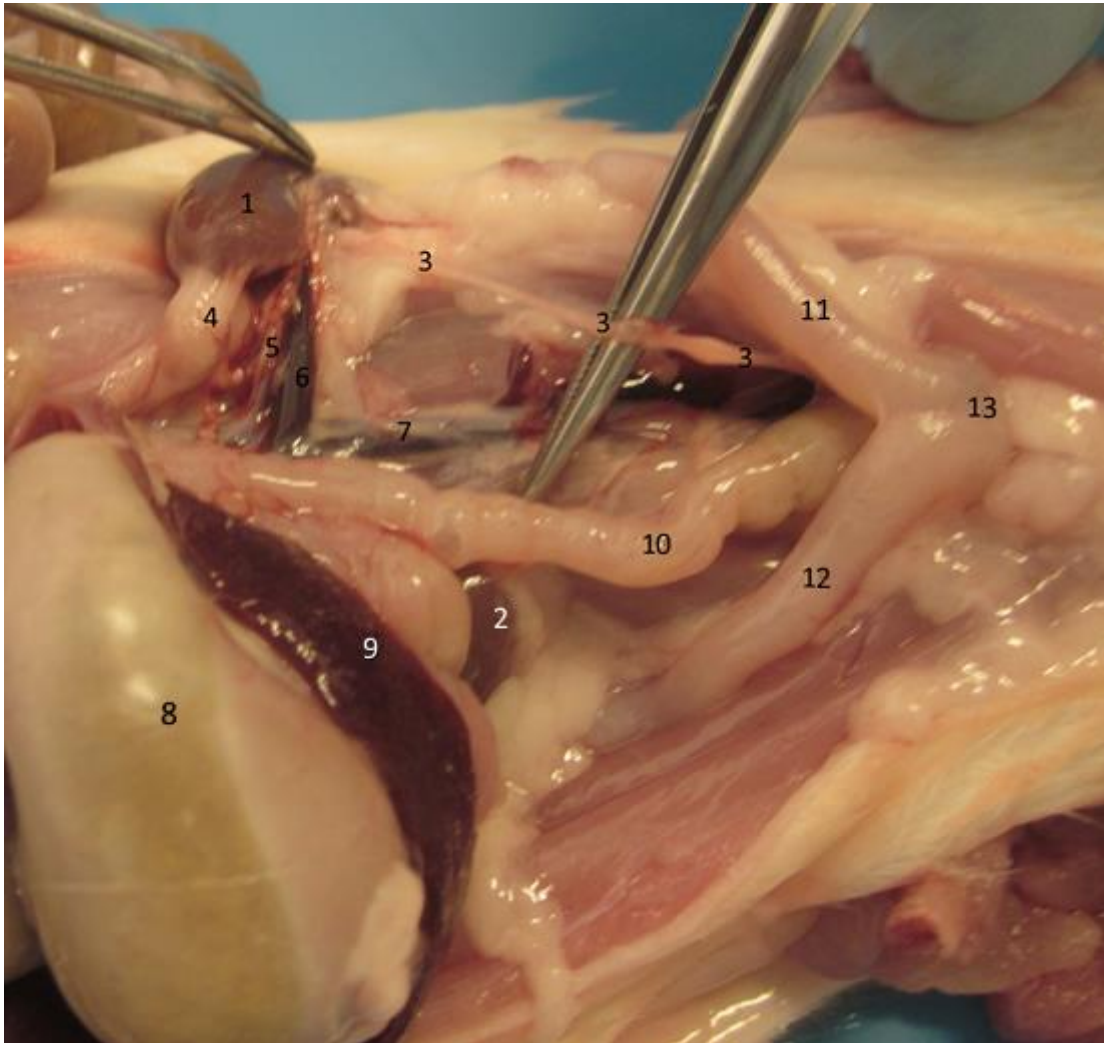
**Figura 29. Corte longitudinal de riñón. 1. Corteza, 2. Médula, 3. Papila, 4. Pelvis renal.**

### **Uréter**

Los uréteres son dos conductos estrechos, cada uréter transita desde el hilio renal hasta la vejiga y penetra por la pared dorsal de la misma en ángulo oblicuo cerca de su cuello.<sup>9</sup> La disposición del uréter al cruzar la pared vesical es característica, cruza las tunicas adventicia y muscular en forma oblicua, después de recorrer un pequeño trecho entre las tunicas muscular y mucosa, finalmente perfora a ésta última terminando en los orificios uretéricos. De esta manera se evita el reflujo de la orina hacia el uréter en caso de que aumente la presión en la vejiga.<sup>11</sup>

### Características anatómicas:

De acuerdo con las regiones por las que transita se pueden distinguir dos porciones; parte abdominal (cuando recorre la cavidad abdominal, es la porción más larga) y parte pélvica (porción corta que recorre la cavidad pélvica).<sup>10,23</sup>



**Figura 30. Vista *in situ* de los órganos dorsales del abdomen. 1. Riñón izquierdo, 2. Riñón derecho, 3. Uréter, 4. Glándula adrenal izquierda, 5. Arteria renal izquierda, 6. Vena renal izquierda, 7. Vena cava caudal, 8. Estómago, 9. Bazo, 10. Colon descendente, 11. Cuerno uterino izquierdo, 12. Cuerno uterino derecho, 13. Cuerpo del útero. Las asas intestinales fueron removidas para permitir la visualización de estos órganos.**

## **Vejiga urinaria**

La vejiga es un saco ovalado unido a la superficie dorsal de la parte ventral de la glándula prostática.<sup>8</sup> Tiene la función de almacenar la orina. Cuando está contraída y vacía es pequeña y de forma esférica.<sup>11</sup> Es considerado un órgano de considerable distensibilidad y movilidad, de modo que no tiene un tamaño ni posición, ni relaciones constantes, cuando está vacía es pequeña y globular, si está contraída entonces se destaca por el gran espesor de sus paredes y su luz pequeña, la vejiga se localiza casi enteramente dentro de la cavidad pélvica. Cuando está llena sin embargo, la pared vesical es delgada y la vejiga se extiende cranealmente por una considerable distancia a través de la apertura craneal de la pelvis sobre el piso de la cavidad abdominal.<sup>21</sup> (Figura 31).

## **Anatomía externa**

Ápice. Es la parte craneal redondeada y libre.

Cuerpo. Es la parte media y más grande, en ella encontramos dos superficies; dorsal y ventral.

Cuello. Es la porción estrecha mediante la cual se une a la uretra.<sup>10</sup> (figura 33).

## **Ligamentos**

Ligamento mediano. Pliegue peritoneal ventral e impar que une la superficie ventral de la vejiga con la línea alba.

Ligamentos laterales. Pliegue peritoneal par, que sostiene a la vejiga lateralmente y contiene a los ligamentos redondos.

Ligamentos redondos. Es el remanente vestigial prevesical de las arterias umbilicales derecha e izquierda.<sup>21</sup>

## **Anatomía interna**

Columnas uretéricas. Son elevaciones estrechas y cortas que representan el recorrido que hacen los ureteres internamente entre la mucosa y la submucosa.

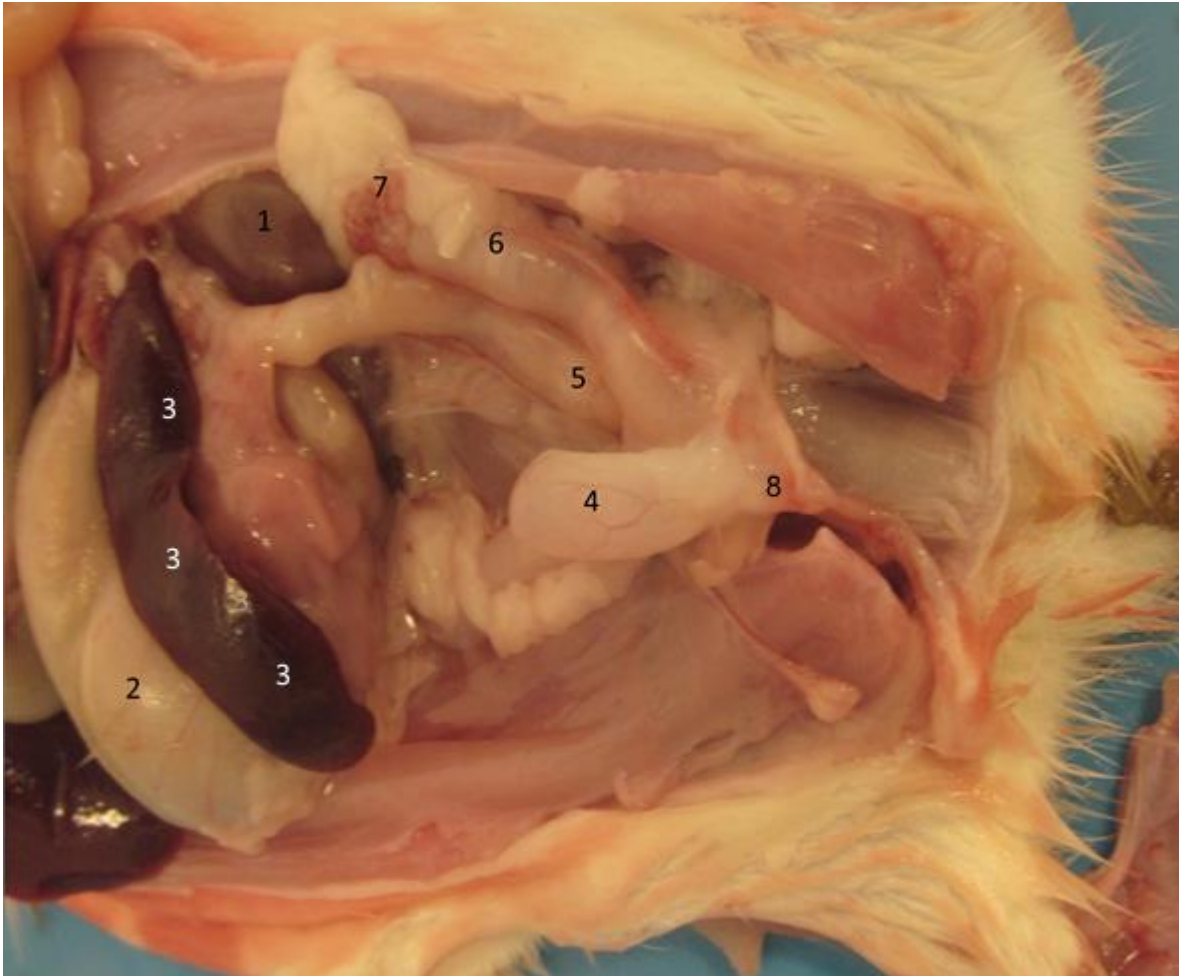
Orificios uretéricos (derecho e izquierdo). Son la abertura de cada uréter dentro de la vejiga urinaria cerca del cuello.

Pliegues uretéricos. Son pliegues que se disponen entre los orificios uretéricos y el orificio uretral interno.

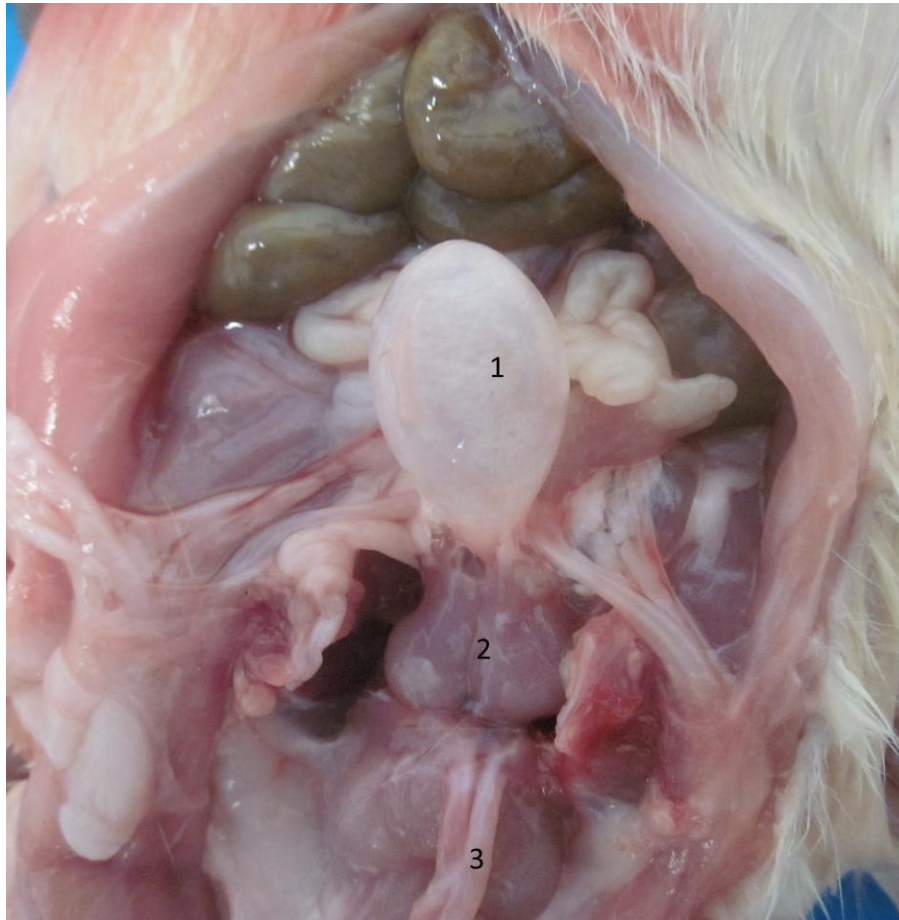


Orificio uretral interno. Comunica a la vejiga urinaria con la uretra.

Trígono vesical. Es el área triangular lisa que se localiza entre los dos orificios uretéricos y el orificio uretral interno.<sup>10</sup> (Figura 31).



**Figura 31. Vista *in situ* de los órganos dorsales de la cavidad abdominal. 1. Riñón izquierdo, 2. Estómago, 3. Bazo, 4. Vejiga urinaria, 5. Colon descendente, 6. Cuerno uterino izquierdo, 7. Ovario izquierdo. 8. Uretra. Las asas intestinales fueron removidas para permitir la visualización de estos órganos.**



**Figura 32. Vista ventral de la vejiga y próstata. 1. Vejiga urinaria, 2. Próstata ventral, 3. Cuerpo del pene.** La vejiga fue insuflada con PBS con el fin de apreciar mejor su posición y tamaño.

### **Uretra**

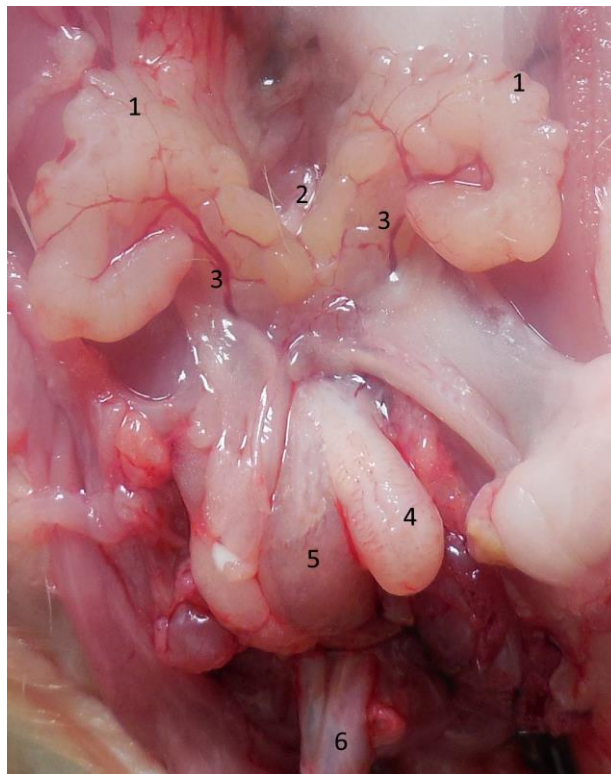
Funciona al momento de eliminar la orina almacenada en la vejiga. Es un tubo musculomembranoso que va del cuello de la vejiga a la superficie externa del cuerpo. La pared de la uretra tiene las mismas capas básicas que las de la vejiga urinaria, además está rodeada por el músculo uretral (músculo estriado esquelético) que permite un control voluntario de la micción.<sup>23</sup> En las hembras la uretra pertenece exclusivamente al aparato urinario, mientras que en los machos funciona como vía urinaria y seminal.<sup>10</sup>



## Uretra femenina

En la hembra, la uretra se abre independientemente de la vagina y ventralmente a ella. El orificio uretral externo se encuentra dorsalmente al clítoris en una protrusión cutánea en forma de cono común, que también recibe las aberturas de la glándula clitoriana emparejada ('glándula prepuccial femenina'). El orificio uretral externo termina en el inicio del vestíbulo vaginal.<sup>23</sup>

La uretra masculina será descrita con los órganos reproductores del macho.



**Figura 33. Vista ventral de órganos contenidos en la cavidad pélvica. 1. Vesículas seminales, 2. Glándula ampular, 3. Glándula coagulante, 4. Vejiga urinaria, 5. Próstata ventral, 6. Cuerpo del pene.**

## **Sistema reproductor**

### **Introducción**

Su principal función es la producción de células haploides especializadas en la transmisión de la información genética, los gametos masculinos se denominan espermatozoides y los femeninos óvulos, la fusión de ambos es la fecundación que da lugar a una célula diploide denominada cigoto, la cual por divisiones mitóticas y diferenciación celular dará lugar a un nuevo organismo completo, lo que permite la continuidad de la especie.

Los órganos del sistema reproductor de la hembra están especializados para producir óvulos, transportarlos al sitio de fertilización, proporcionar un entorno favorable para el desarrollo de los embriones y mover la descendencia fuera del cuerpo en el momento adecuado. Estos órganos también se encargan de suministrar alimento a las crías después del nacimiento y producir las hormonas sexuales femeninas. El tipo de placenta de la rata es hemocorial discoidal.<sup>2</sup> Los órganos principales de este aparato en la rata hembra son; ovarios, tuba uterina, útero, vagina, vestíbulo vaginal y glándulas mamarias.<sup>10</sup>

Para distinguir entre hembra y macho, hay que observar que los machos tienen una distancia anogenital mayor que las hembras.<sup>18</sup> Los machos maduros son más fáciles de identificar por el largo saco escrotal presente cerca del ano. El aparato reproductor del macho está compuesto por un par de gónadas en posición extracorporal, los testículos, que se conectan con el órgano copulador o pene. Cada testículo está cubierto por una piel suave, el escroto, debajo del cual se encuentran las envolturas vaginales (túnica vaginal externa, cavidad vaginal y túnica vaginal interna) derivadas del peritoneo parietal y visceral, respectivamente. Los testículos tienen una fuerte túnica conectiva llamada albugínea que emite tabiques al interior de la gónada. Generalmente en la región central los tabiques se juntan en el centro gonadal o mesorquio. Entre los tabiques, el intersticio es un tejido conectivo más laxo que contiene algunas células especializadas en la producción de hormonas masculinas.<sup>3</sup>

## **Órganos reproductores de la hembra**

### **Ovarios**

Glándulas anéfitricas esenciales de la reproducción, son los órganos donde se forman los ovocitos. Los ovarios son órganos pares que están unidos al útero mediante el mesovario, un componente del ligamento ancho del útero. Los ovarios son de consistencia firme, contornos redondeados y, en general, de forma elíptica. Se ubican caudalmente a los riñones y están rodeados por una bolsa ovárica transparente.

Para su estudio presentan dos superficies, medial y lateral; dos bordes, libre y mesovárico (por ser el sitio en donde se fija el ligamento mesovario, que será descrito más adelante) y dos extremos, tubárico (se relaciona con la tuba uterina) y uterino (está relacionado con el cuerno uterino). Los vasos y nervios alcanzan al ovario transitando por el mesovario, de ahí que el borde mesovárico constituya el hilio ovárico.<sup>10, 23</sup>

Estructuralmente, se considera que el ovario está conformado por una zona parenquimatosa (cortical) y una zona vascular. La zona medular es rica en vasos y nervios, también se conoce como zona vascular. La zona parenquimatosa está ocupada por los folículos ováricos primarios, que representan las estructuras a partir de las cuales se van a desarrollar los ovocitos. Al madurar se denominan folículos terciarios o vesiculosos (hacen prominencia en la superficie del ovario) y se observan como vesículas llenas de una sustancia acuosa y clara, el líquido folicular.

En hembras polítopas, como la rata, cuando existe la presencia de una gran cantidad de folículos ováricos o cuerpos lúteos, los ovarios tienen el aspecto de una mora.<sup>13</sup> (Figura 34).



**Figura 34. Vista ventral del aparato reproductor de la rata hembra.** 1. Uretra, 2. Vejiga urinaria, 3. Cuerpo del útero, 4. Cuerno del útero derecho, 5. Cuerno del útero izquierdo, 6. Ovario izquierdo, 7. Ovario derecho.

### **Tuba uterina**

Órganos tubulares, más o menos flexuosos, que sirven como conductos excretorios de los ovarios, pues captan y conducen los ovocitos desde los ovarios hasta el útero. La tuba uterina se sitúa discurriendo por el ligamento mesosalpinx, iniciando en un extremo libre relacionado con el ovario y desembocando en el cuerno uterino. La tuba uterina es el lugar donde se produce la fecundación, además de transportar el óvulo fecundado (zigoto) hasta el útero, en cuya pared se implantará.<sup>5</sup>

Para su estudio la tuba uterina se divide en tres porciones: infundíbulo, ampolla e istmo.<sup>10</sup> El infundíbulo, corresponde al extremo libre de la tuba uterina o extremo abdominal, se presenta como un ensanchamiento del mismo a manera de embudo. El borde del infundíbulo se encuentra festoneado formando las fimbrias, algunas de las cuales se adhieren al ovario. El infundíbulo es la porción de la tuba uterina que capta al ovocito al momento de la ovulación y tiene como misión transportarlo hacia la luz de este órgano. Al fondo se ubica el orificio tubo abdominal, que marca la entrada a la tuba uterina.<sup>13</sup>

La ampolla forma la parte media de este órgano y caudalmente va reduciendo su calibre para constituir el istmo, el cual corresponde a la porción caudal de la tuba uterina y la comunica con el cuerno uterino por medio del orificio tubo uterino. <sup>6</sup>

## **Útero**

Al útero llegan ambas tubas uterinas, es un órgano tubular muscular hueco, localizado entre las tubas uterinas y la vagina que es con la cual se continúa hacia el exterior. El útero es el sitio en donde se lleva a cabo la gestación. En la rata está constituido por; dos cuernos, dos cuerpos y dos cuellos, derecho e izquierdo.

En los cuernos uterinos se observan dos bordes; libre y mesométrico, en donde se fija el ligamento mesometrio (que se describirá al final de este apartado). <sup>24</sup>

El cuerpo dúplex, presenta dos superficies (dorsal y ventral) y dos bordes (derecho e izquierdo), en los cuales se fija el ligamento mesometrio.

Encontramos dos cuellos, uno para cada cuerpo del útero, que se localizan en la parte caudal del útero y lo relacionan con la vagina. El lumen del cuello se denomina canal cervical. Se comunica con la cavidad uterina por medio del orificio uterino interno y con la cavidad vaginal por el orificio uterino externo. El cuello uterino está en la cavidad pélvica, entre el recto y la vejiga urinaria. <sup>6</sup>

## **Ligamentos que fijan al ovario, tuba uterina y útero**

Los ovarios, tubas uterinas y la mayor parte del útero se encuentran dentro de la cavidad abdominal sostenidos por dos pliegues peritoneales que se fijan en las paredes laterales de las cavidades abdominal y pélvica, son el ligamento ancho del útero, derecho e izquierdo. Este ligamento está constituido por tres porciones; el ligamento mesovario que es el más craneal y se fija al ovario, el ligamento mesosalpinx que se fija a la tuba uterina y el ligamento mesometrio, que forma la parte caudal y la más grande del ligamento ancho del útero y se fija al cuerpo y cuerno uterino.

Además del mesovario, el ovario también se fija mediante el ligamento propio del ovario, que constituye una banda de músculo liso que va del extremo uterino del ovario al cuerno del útero. Junto con el ligamento mesosalpinx y el ligamento propio del ovario forman la bolsa ovárica.

Los cuernos uterinos están unidos, en su inicio, por medio del ligamento intercornual. <sup>10,22,24</sup>

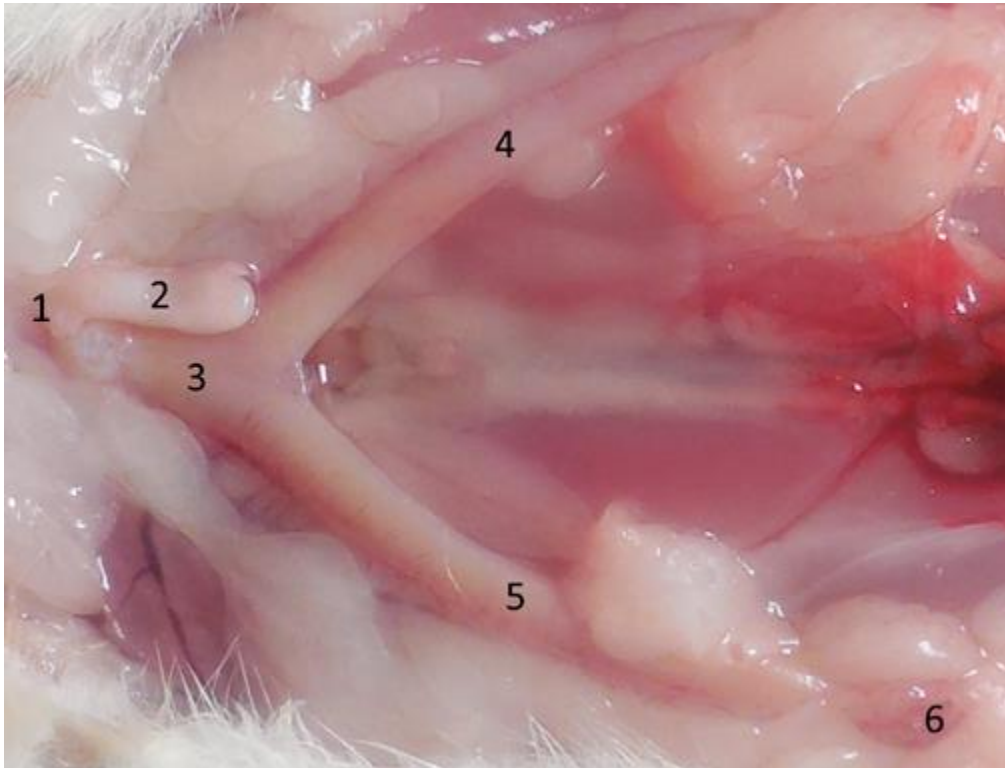
### **Vagina**

Órgano tubular que se extiende desde el cuello del útero hasta el vestíbulo vaginal. La vagina, el vestíbulo vaginal y los genitales externos forman los órganos copuladores de la hembra.

La vagina está ubicada en la cavidad pélvica; dorsal a la vejiga urinaria y uretra, y ventral al recto. <sup>8</sup> (Figura 35).



**Figura 35. Vista ventral de la cavidad abdominal. 1. Estómago, 2. Bazo, 3. Riñón izquierdo, 4. Colon descendente, 5. Ovario izquierdo, 6. Cuerno del útero derecho sin incidir, 7. Cuerno del útero izquierdo incidido, 8. Útero doble, 9. Canal cervical del útero izquierdo abierto, 10. Vagina.**



**Figura 36. Vista ventral del aparato reproductor de la rata hembra. 1. Uretra, 2. Vejiga urinaria, 3. Cuerpo del útero, 4. Cuerno del útero derecho, 5. Cuerno del útero izquierdo. 6. Ovario izquierdo**

### **Vestíbulo vaginal**

Segmento terminal del tracto genital, se presenta como la continuación caudal de la vagina abriéndose al exterior en la vulva. Se sitúa en la cavidad pélvica, ventralmente al recto.

En la parte craneoventral de este órgano se localiza el orificio uretral externo, sitio en donde desemboca la uretra. En la pared ventral también se pueden localizar una serie de orificios dispuestos en dos líneas de pequeñas papilas con dirección convergente, corresponden a la desembocadura de los conductos de las glándulas vestibulares menores, situadas en la túnica mucosa del vestíbulo. <sup>6</sup>

### **Genitales externos**

Los órganos genitales externos son; vulva, clítoris y las glándulas mamarias. <sup>19</sup>

## **Vulva**

Corresponde al extremo caudal y externo de los órganos copuladores de la hembra y se sitúa en la región perineal, ventral al ano. Está formada por dos labios vulvares (derecho e izquierdo) unidos dorsal y ventralmente para formar las comisuras vulvares (dorsal y ventral). En medio de ambos labios se forma la hendidura vulvar.<sup>10, 23</sup>

## **Clítoris**

En la comisura ventral de la vulva se localiza la fosa del clítoris en donde se sitúa el clítoris, órgano homólogo al pene del macho en la hembra.<sup>10</sup>

## **Glándulas mamarias**

Son glándulas exocrinas cutáneas modificadas, que se relacionan funcionalmente con los órganos genitales femeninos durante la reproducción. Cada glándula está constituida por un cuerpo y una papila o pezón, que forma el ápice de la glándula. El cuerpo, cuya base está relacionada con la pared corporal, está constituido por la masa glandular y se encuentra dividido en lóbulos y lobulillos. De cada lóbulo parten los conductos lactíferos que desembocan en el seno lactífero, que constituye un espacio en la parte ventral del cuerpo glandular a nivel del pezón, por lo que presenta dos porciones, glandular y papilar. De la porción papilar del seno lactífero parte el conducto papilar que termina en el orificio papilar, sitio en donde el músculo liso de la túnica muscular de la papila se presenta en forma de esfínter.<sup>6</sup>

El número de senos lactíferos por glándula puede variar y por tanto puede existir más de un conducto papilar que se reflejará en la existencia de varios orificios papilares. Dependiendo de la especie se puede encontrar diferente número de orificios por papila.

Las hembras rata tienen seis pares de glándulas mamarias; 3 torácicas, 1 abdominal y 2 inguinales.<sup>19</sup>



## Órganos reproductores del macho

### Testículos

Los testículos están localizados en un divertículo de la cavidad abdominal, la bolsa escrotal. Tienen forma ovoide pero están comprimidos de un lado a otro. Para su descripción presentan:

Dos superficies (medial y lateral). Ambas superficies son convexas aunque la cara medial es un poco más plana, esta cara se relaciona con el tabique escrotal.

Dos bordes (libre y epididimario). Ambos bordes son convexas. En el borde epididimario se inserta el mesorquio que es el pliegue peritoneal que sostiene al testículo.

Dos extremos (de la cabeza y de la cola). El nombre de los extremos está dado por la porción del epidídimo con la cual se encuentran relacionados. Por el extremo de la cabeza llegan los vasos y nervios al testículo.<sup>13</sup>

El tamaño máximo del testículo en el macho adulto es de 20 mm de longitud y 14 mm de diámetro, su peso oscila entre 2 - 3.5 g. Cerca del extremo de la cola de los testículos se origina el gobernáculo testicular.<sup>3</sup>

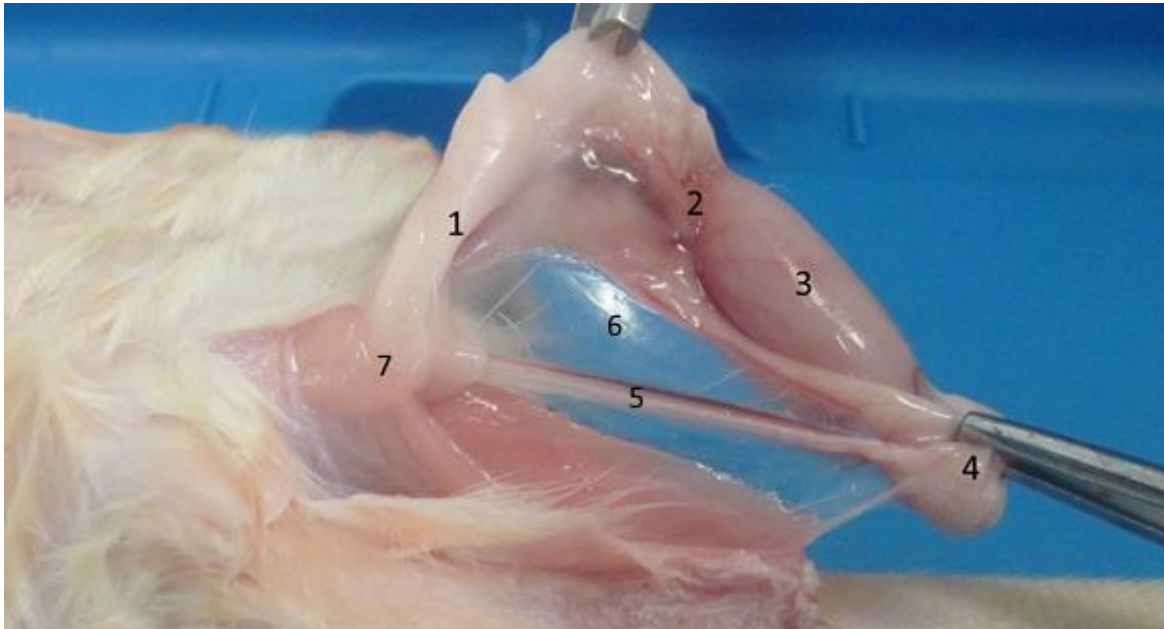


**Figura 37. Vista lateral izquierda de los órganos genitales externos del macho. 1. Pene, 2. Testículos.**

### **Túnica albugínea**

Capa de tejido fibroso que forma la cápsula de este órgano, envía trabéculas que forman septos y que dividen al testículo en lobulillos, cada lobulillo está ocupado por túbulos seminíferos.

El ligamento propio del testículo es una condensación fibrosa que mantiene unido al testículo con la cola del epidídimo.<sup>3</sup> (Figura 38).



**Figura 38. Vista medial del testículo izquierdo. 1. Cordón espermático, 2. Cabeza del epidídimo, 3. Testículo, 4. Cola del epidídimo, 5. Ducto deferente, 6. Mesorquio, 7. Orificio inguinal externo.**

### **Parénquima testicular**

Los túbulos seminíferos son ductos flexuosos, largos y fuertemente empaquetados. Los espermatozoides provienen del epitelio limitante de los túbulos seminíferos, el cual contiene células espermatogénicas y células sustentaculares (células de Sertoli). Los lobulillos testiculares también contienen células glandulares (células de Leydig) en el espacio intersticial.

La mayoría de los túbulos seminíferos confluyen hacia la parte media del testículo conformando la red testicular. El mediastino testicular contiene una red de espacios y

conductos (red testicular), los vasos sanguíneos y linfáticos del testículo entran y salen a través del mediastino.

De la red testicular salen de 18-20 ductos eferentes que perforan la túnica albugínea en un determinado lugar para conformar la cabeza del epidídimo. En la cabeza del epidídimo estos ductos eferentes se unen y forman el conducto del epidídimo, el cual es un conducto largo y flexuoso.<sup>13</sup>

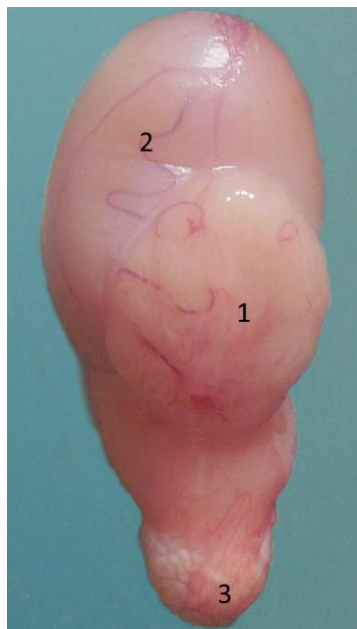
### **Epidídimo**

Realiza la función de transporte de espermatozoides, está adherido al borde respectivo del testículo y en parte lo cubre, está formado por tres porciones:

**Cabeza.** Es la parte ancha a la cual llegan los ductos eferentes provenientes de la red testicular, tiene una forma semilunar que se encuentra unida al extremo de la cabeza del testículo.

**Cuerpo.** Parte media y estrecha.

**Cola.** Es la zona de almacenaje de los espermatozoides, se continúa con el ducto deferente y se encuentra unida al extremo testicular respectivo por el ligamento propio del testículo que en la rata macho suele ser muy laxo.<sup>10</sup>



**Figura 39. Testículo y epidídimo. 1. Cabeza del epidídimo, 2. Testículo, 3. Cola del epidídimo.**

## **Envolturas testiculares**

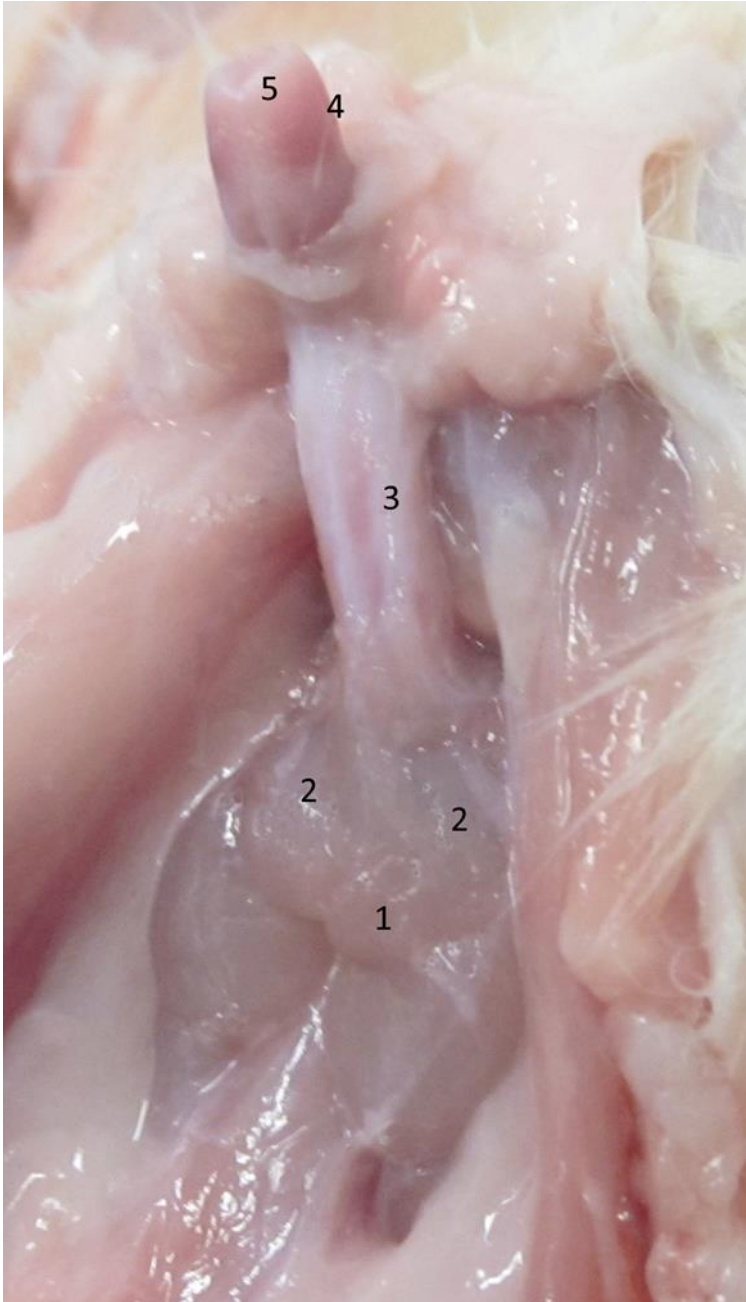
### **Escroto**

El escroto está localizado ventrolateral al ano, la piel escrotal es de 0.5 - 0.6 mm de grosor y está cubierta con un fino vello de color blanquecino.

Las bolsas escrotales están formadas por:

- Piel. Es delgada, elástica, untuosa al tacto y abundantemente provista de glándulas sebáceas y sudoríparas, está marcada centralmente por un rafé longitudinal.
- Túnica dartos. Está íntimamente adherida a la piel, es de color rojizo y está formada de tejido fibroelástico y músculo liso. Va a formar el tabique del escroto.<sup>13</sup>
- Fascia escrotal. Tejido conectivo laxo que representa las diferentes capas de la pared abdominal.
- Túnica vaginal. Saco seroso que se extiende a través del canal inguinal hasta el fondo del escroto. Igual que el peritoneo, del que es una evaginación, está formado por dos láminas.
  - a. Lámina Parietal. Forma parte del escroto, su parte tubular estrecha asienta en el canal inguinal y se continúa con el peritoneo parietal después del anillo inguinal profundo.
  - b. Cavidad de la túnica vaginal. Es un divertículo de la cavidad peritoneal, normalmente contiene una pequeña cantidad de líquido seroso. La lámina parietal se refleja al rodear a las estructuras del cordón espermático y, así forma el mesorquio.
  - c. Lámina visceral. Se encuentra cubriendo al cordón espermático, testículo y epidídimo.

El músculo cremaster externo es un músculo acintado que proviene del m. oblicuo abdominal interno. Se localiza sobre la cara lateral de la túnica vaginal parietal.<sup>20</sup> Está formado por dos estratos musculares estrechamente superpuestos, tiene un espesor entre 0.1 - 0.2 mm, las fibras circulares externas derivan del músculo oblicuo abdominal interno y las fibras longitudinales internas son del musculo transverso abdominal. Este músculo se encarga de retraer al testículo dentro del canal inguinal.<sup>3</sup>



**Figura 40. Vista ventral del pene.**

1. Músculo bulboesponjoso
2. Músculo isquiocavernoso
3. Cuerpo del pene
4. Prepucio
5. Glándula

## **Ducto deferente**

Órgano tubular largo que conduce a los espermatozoides desde la cola del epidídimo hasta el colículo seminal en la uretra pelviana. Para lo cual tiene que ascender con el cordón espermático, atravesar el canal inguinal y, ya dentro de la cavidad abdominal, su trayecto forma una “asa de tetera” para dirigirse caudalmente y terminar en la uretra pelviana. Tiene una capa muscular fuertemente desarrollada que le da una consistencia rígida y una apariencia de cordón.<sup>13</sup>

Hacia la parte final, ya sobre la vejiga urinaria, el ducto deferente aumenta su contorno externo, lo cual se debe a una mayor presencia de glándulas tubulares ramificadas.<sup>10</sup>

Cada ducto deferente recibe un ducto derivado de una glándula lateral denominada vesícula seminal. Después de lo cual, el ducto deferente suele conocerse como conducto eyaculador y así drena en la uretra pelviana. En este lugar se encuentra una glándula impar, la próstata. Debido a que la uretra transita por el centro de la misma, la porción de la uretra que la atraviesa se denomina uretra prostática. Luego de la próstata, la uretra sigue su curso y se denomina membranosa, ubicándose en el piso de la pelvis hasta que se curva para convertirse en peneana, a la altura del arco isquiático, en este lugar se van a localizar las glándulas bulbouretrales.<sup>3</sup>

Todas las glándulas accesorias de las vías seminales tienen como fin mantener el proceso de maduración del espermatozoide, que culminará en el tracto genital femenino, además de proporcionarle productos secretados que formarán parte del líquido seminal.

La uretra peneana se rodea de cuerpos eréctiles constituidos por vasos sinusoides rodeados por un tejido muscular muy reactivo llamados cuerpos esponjosos y cavernosos que constituyen la mayor parte del tejido peneano.<sup>13</sup>

## **Cordón espermático**

Comienza en el anillo inguinal profundo, donde las estructuras que lo conforman, se unen, transita por el canal inguinal, pasa al lado del pene para terminar en el extremo de la cabeza del testículo. Está formado por:

- 1) Arteria testicular.
- 2) Vena testicular. Hacia la parte final de su trayecto muestra un desarrollo inusual y su disposición es plexiforme (plexo pampiniforme). Este plexo se encuentra rodeando a la arteria testicular.
- 3) Vasos linfáticos. Van acompañando a la vena testicular.
- 4) Plexo testicular. Inervación de tipo autónomo que va con la arteria testicular.
- 5) Ducto deferente. Sostenido por un repliegue de la túnica vaginal visceral conocido como mesoducto deferente.
- 6) Túnica vaginal - lámina visceral. Capa que se encuentra rodeando a las estructuras previamente enlistadas.<sup>17</sup>

## **Uretra masculina**

La uretra masculina se compone de la parte pelviana, el bulbo uretral (que recibe los conductos de las glándulas bulbouretrales) y la parte del pene que termina en el glande. La parte inicial de la uretra pelviana forma la ampolla, que es donde se encuentran las aberturas del ducto deferente y las vesículas seminales. Los conductos excretores de la glándula prostática abren en la uretra, lateral y caudalmente a los conductos de las otras glándulas. La pared de la uretra está revestida por un epitelio de transición y está equipada con glándulas uretrales, principalmente en la parte pelviana y bulbo uretral. La submucosa consiste de tejido vascular fibroso y cavernoso. En su inicio, la uretra suele contener una masa eosinofílica conocida como "tapón uretral", que ocasionalmente se llega a localizar dentro de la vejiga urinaria.<sup>3, 17</sup>



## **Pene**

En promedio tiene de 20-28 mm de longitud, 3.6 mm de ancho y 2.8 mm de alto, aproximadamente.<sup>13</sup> En posición no erecta la parte media del pene forma un ángulo agudo que se dirige caudalmente (flexura peneana), en este punto se encuentra una estrecha banda de gruesa fascia que une al cuerpo del pene con la pared ventral abdominal. Próximo a la zona cilíndrica del glande, el pene se estrecha ligeramente para formar un imperceptible cuello.

El cuerpo cavernoso del pene está rodeado por una fuerte doble capa de túnica albugínea. Las fibras longitudinales de la capa externa están ausentes a lo largo del surco uretral y en el fondo del surco dorsal. El tejido eréctil es sostenido principalmente por tejido conectivo y músculo liso. En contraste, el armazón del cuerpo cavernoso del cuerpo peneano consiste de un fuerte paquete de colágena que arranca verticalmente desde un plano mediano y radiando hacia la periferia. El más grande espacio vascular se encuentra a lo largo del surco medio dorsal. Las paredes de este espacio están revestidas con el endotelio y contienen un número variable de fibras musculares lisas y delgadas capas de tejido conectivo.

El cuerpo del pene está cubierto por una fascia peneana que incluye principalmente fibras elásticas longitudinales. Estas fibras emiten finas ramas hacia la túnica albugínea, sobre todo hacia su parte distal.<sup>23</sup>

La zona apical del glande es rosada y la parte proximal de color púrpura, centralmente el glande contiene un hueso peneano que presenta una gran zona proximal y una pequeña y cartilaginosa zona apical, tiene dos partes articuladas y contiene una cavidad medular, la sección transversal es circular, aplanada bilateralmente en la zona apical, durante la erección el mango del cuerpo cavernoso del pene se agranda para borrar la flexura peneana, un claro aumento en longitud o volumen no cambia el aspecto del fuerte tejido conectivo capsular y septal, el propio tejido cavernoso y una fuerte vaina conectiva previenen la compresión uretral. Un gran incremento en volumen del glande puede producir un aflojamiento del tejido cavernoso y una nueva organización en el tejido conectivo.

La capa visceral del prepucio cubre el glande y forma un ancho pliegue circular en el extremo. La capa parietal del prepucio tiene una lámina muscular que deriva de los músculos cutáneos. Los folículos del fino vello que presentan estos animales alrededor del prepucio, se proveen de voluminosos grupos de glándulas sebáceas.<sup>3</sup>

## DISCUSIÓN

Este Atlas de anatomía de los aparatos respiratorio, digestivo y urogenital de la rata Wistar, fue creado como respuesta a la escasa información que existe en este campo, sobre todo en español, además de que resulta muy difícil encontrar fotografías de los diferentes órganos que están conformando a estos aparatos, muchos libros sólo muestran ilustraciones lo que hace difícil identificar las partes anatómicas en el mundo real y suelen generar confusiones. Para la elaboración de este atlas, se utilizaron 10 cadáveres de ratas Wistar adultas de entre 350 y 370 gramos, 5 hembras y 5 machos, dichos cadáveres fueron donados por diversos laboratorios de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC) ya que previamente se habían sido utilizados en diversos proyectos de investigación por lo que se podrían considerar como material de desecho, sin embargo para los fines de este trabajo se pudieron aprovechar perfectamente ya que se trataba de ratas sanas y la experimentación a la que fueron expuestas no había dañado la anatomía de los órganos a describir en este trabajo.

Las ratas que se utilizaron fueron criadas en la Unidad de Aislamiento Animal de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FESC, las disecciones se practicaron dentro de la sala de necropsias de la misma Unidad y en el laboratorio 4 “morfología veterinaria y biología celular” de la UIM.

Los cadáveres utilizados en este trabajo no tenían más de cuatro horas de ser sacrificadas, con esto se garantizó que al momento de la disección los órganos de los diferentes aparatos mantenían el color, textura y morfología como en un animal vivo.

Es interesante el hecho de que no existen descripciones detalladas de la anatomía del hígado y sus ligamentos pese a que existen varios artículos y libros sobre su morfología (Chiasson, 1969; Greene, 1963; Langer, 2002). Gershbein & Elias (1954). Estos autores describieron la anatomía del hígado pero la terminología no se ajusta a la empleada por la Nómina Anatómica Veterinaria. Lo mismo sucede para la descripción de las demás partes del aparato digestivo (Ofusori et al., 2008a; Ofusori et al., 2008b; Robert, 1971; Sharp & La Regina, 1998), un objetivo importante fue utilizar los términos de acuerdo con los principios de la Nómina Anatómica Veterinaria (NAV, 2012).

Durante el desarrollo de las disecciones se comparaba la anatomía de la rata con la información obtenida principalmente de los libros; A Dissection guide & Atlas to the rat

(Smith DG, Schenk MP, 2001), The laboratory rat (Krinke GJ, 2000) y A Colour Atlas of Anatomy of Small Laboratory Animals, Volume II (Popesko V, Rajtová V and Horák J, 1994), en los cuales se muestran dibujos y fotografías de disecciones de ratas con el propósito de proporcionar el nombre correcto a la parte o partes del órgano o músculo que serán señaladas en las fotos dentro de la tesis.

Para obtener imágenes de calidad se utilizó una cámara Canon de 12 megapíxeles, se hicieron disecciones con la finalidad de exponer los órganos y ver sus relaciones y comunicaciones con otras estructuras, se hizo el aislamiento de algunos órganos en particular, para poder apreciarlos mejor, se insuflaron los pulmones para ofrecer una imagen más clara de la forma y del número de lóbulos que tiene cada pulmón, asimismo se insufló el aparato digestivo para observar de una mejor forma las partes constitutivas del estómago (parte glandular y parte aglandular), para apreciar la forma que tienen las diferentes porciones del intestino delgado y la magnitud del ciego.

Por otra parte, también se insufló la vejiga urinaria con el fin de ofrecer una mejor visión de su forma ya que vacía es un tanto difícil de apreciar.

Con todo lo anterior se espera que este trabajo sea de utilidad para quienes cursan la asignatura de animales de laboratorio o a quienes se dedican a trabajar con esta especie.

## CONCLUSIONES

a. La rata Wistar es una rata albina híbrida desarrollada para servir como modelo animal para demostrar los procesos genéticos o patológicos subyacentes implicados en muchas enfermedades humanas, el beneficio obtenido de esta asociación durante los últimos 100 años ha sido enorme para muchas áreas de la medicina.

b. Se hizo la descripción detallada de los órganos y porciones que están formando a los aparatos respiratorio, digestivo y urogenital de la rata Wistar, asimismo se checó que la nomenclatura empleada estuviera acorde con la NAV (2012).

c. Se tomaron las fotos necesarias para ilustrar los detalles anatómicos descritos y en las imágenes elegidas se señalan digitalmente los órganos y sus porciones con el fin de que resulten útiles al realizar su consulta.

d. Dentro de las diferencias anatómicas que se pueden resaltar están:

- Dientes que crecen durante toda la vida y que se desgastan por abrasión.
- La rata tienen tres pares de glándulas salivales; parótida, mandibular y sublingual (polistomática y monostomática) las cuales muestran un gran tamaño.
- El hígado fue el órgano donde se encontró mayor discrepancia entre los autores tanto en el número de lóbulos como en la nomenclatura aplicada.
- La rata no posee vesícula biliar, característica anatómica que comparte con el equino.
- El páncreas es de forma difusa e irregular, presenta muchos lóbulos grandes y pequeños, que en conjunto dan la apariencia de un árbol y abarca una gran extensión entre el estómago, duodeno y colon transversal.
- El pulmón derecho es más grande que el izquierdo y está formado por cuatro lóbulos; craneal, medio, caudal y accesorio, a diferencia del pulmón izquierdo que no está lobulado.
- Para distinguir entre hembra y macho, hay que observar que los machos tienen una mayor distancia anogenital que las hembras.
- El macho tiene un par de testículos en posición extracorporal, los cuales descienden a los 21-40 días de edad por el canal inguinal que permanece abierto durante toda la vida del individuo, así el testículo se puede localizar en situación abdominal, inguinal o escrotal.
- Hay varias glándulas accesorias sexuales; glándulas vesiculares (las más grandes), glándulas coagulativas, ámpulas, próstata, glándulas bulbouretrales y glándulas prepuciales que son estructuras similares a hojas adelgazadas que están a cada lado del prepucio entre la piel y la pared abdominal.

- En posición no erecta la parte media del pene forma un ángulo agudo que se dirige caudalmente (flexura peneana), en este punto se encuentra una estrecha banda de gruesa fascia que une al cuerpo del pene con la pared ventral abdominal.
- El útero está constituido por; dos cuernos, dos cuerpos y dos cuellos.
- La rata tiene seis pares de glándulas mamarias; 3 torácicas, 1 abdominal y 2 inguinales.

## Bibliografía

1. Benavides JF y Guénet JL. Manual de genética de roedores de laboratorio principio básico y aplicaciones, Universidad de Alcalá, Madrid, 2003.
2. Conn PM. 2013. Animal Models for the Studio of Human Disease. Editorial Elsevier.
3. Conxita Teixidó Armengol. 1993. Tesis de Torción testicular estudio inmunológico administración post-intervención de globulina antilinfocitaria y corticoides. Tesis de Doctorado, Universidad de Lleida, España.
4. Ganong A. 2010. Fisiología médica. 23<sup>a</sup> edición, McGraw-Hill Interamericana.
5. Getty R. 2005. Sisson – Grossman Anatomía de los animales domésticos. Tomo I. 5ta edición, Ed Masson, Barcelona, España.
6. Grant RNK. 2006. Rat breeding guide. Posted March 27, 2006. Actualized December 17, 2008. [http://ratguide.com/breeding/anatomy/female\\_reproductive\\_system.php](http://ratguide.com/breeding/anatomy/female_reproductive_system.php)
7. Greene E. 1955. Anatomy of the rat. New York, Hafner Publishing Company.
8. Hunt HR. 1924. A laboratory manual of the anatomy of the rat. 1st Edition, McMillan Company.
9. Klein BG. 2014. Cunningham Fisiología Veterinaria, 5ta edición, Elsevier, Barcelona, España.
10. Krinke GJ. 2000. The laboratory rat. 1st Edition, Academic Press.
11. Liebich K. 2012. Anatomía de los animales domésticos. Tomo 2. 2<sup>a</sup> edición, Editorial Médica Panamericana.
12. Möller R & Vázquez N. 2011. Anatomy of the liver in Wistar rat (*Rattus norvegicus*). Int. J. Morphol. 29 (1): 76-79.
13. Myslide, España. Consultada 10 de febrero 2018. <http://myslide.es/documents/morfofisiologia-del-aparato-reproductor-de-la-rata.html>
14. Nogues P. Anatobioterio.com. Buenos Aires Argentina 9 de abril 2010 URL: [anatobioterio.blogspot.com](http://anatobioterio.blogspot.com)
15. Nomina Anatomica Veterinaria. 2012. Fifth edition (revised version), Published by Editorial Committee Hannover (Germany), Columbia, MO (U.S.A.), Ghent (Belgium), Sapporo (Japan).

16. Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio
17. Parker GA and Picut CA. 2016. Atlas of Histology of the Juvenile Rat. 1st Edition, Academic Press.
18. Popesko V, Rajtová V and Horák J. 1994. A Colour Atlas of the Anatomy of Small Laboratory Animals. Vol. II. Rat, Mouse, Hamster. London, Wolfe.
19. Sengupta Pallav. 2013. The Laboratory Rat: Relating Its Age with Human's. June 2013. International Journal of Preventive Medicine.
20. Sharp PE. 1998. The laboratory rat, 1st Edition, Ed. CRS Press.
21. Shively MJ. 1993. Anatomía Veterinaria Básica, Comparativa y Clínica. 1ª edición, Ed. Manual Moderno, México, D.F.
22. Smith DG, Schenk MP. 2001. A Dissection guide & Atlas to the rat. 1st Edition, Morton Publishing Company.
23. Treuting PM, Dintzis SM (Eds.). 2012. Comparative Anatomy and Histology: a Mouse and Human Atlas. Elsevier, London.
24. Valentin Martín. 2011. Artículo 24: Oviducto (trompa de Falopio) Estructura de la ampolla. Wesapiens/Natura, 01/06/2011.  
[http://www.wesapiens.org/es/class/4258005/file/23/Oviducto+\(trompa+de+Falopio\)+Estructura+de+la+ampolla](http://www.wesapiens.org/es/class/4258005/file/23/Oviducto+(trompa+de+Falopio)+Estructura+de+la+ampolla)



## ANEXOS

**Tabla 1. Parámetros biológicos básicos de la rata**

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Vida útil (años)	2.5-3.5
Glándulas mamarias	6 pares
Temperatura corporal (rectal)	35.9 - 37.5° C
Consumo de O <sub>2</sub> (ml/m <sup>2</sup> /g de peso corporal) †	0,84
Área de superficie corporal (cm <sup>2</sup> )	10.5 (pv en g) <sup>2/3</sup>
Consumo diario de comida	10 g/100 g de peso
Consumo diario de agua	10-12 ml/100 g de peso
Tiempo de tránsito gastrointestinal (horas)	12-24
Volumen de orina (ml/100 g de peso corporal / día)	5.5
Gravedad específica de la orina	1.04 - 1.07
pH de la orina	7.3 - 8.5
Agua corporal total (ml) *	167
Líquido intracelular (ml) *	92.8
Líquido extracelular (ml) *	74.2
Volumen de plasma (ml) *	7.8

\* El peso corporal variará con el stock o la tensión.

† Basado en una rata de 250 g

**Tabla 2. Valores reproductivos para la rata**

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Pubertad (días)	H: 50 a 60 días, M: 3 meses
Peso a la pubertad	5.5 g
Madurez sexual	7 semanas
Gestación (días)	21 - 23
Ciclo estral (días)	4 - 5
Fertilidad máxima (días)	100 - 300
Peso al nacer (gramos)	5 - 6
Ojos abiertos (días)	10 - 14
Oídos abiertos (días)	12 - 14
Destete (días)	21
Comida sólida (días)	11 - 13
Estros posparto	Sí
Apertura vaginal (días)	28 - 60
Tamaño de la camada	3 - 18
Macho peso adulto	450 - 550 g
Hembra peso adulto	250 - 300 g
Peso para el apareamiento	250 - 300 g
<b>Rata hembra</b>	
Edad para el apareamiento	8 - 10 semanas
Peso para el apareamiento	180 - 225 g
Periodo del ciclo estral	4 - 5 días
Duración del estro	10 - 20 h
Tiempo de ovulación	8 - 11 h después del estro
Menopausia	15 - 18 meses

**Tabla 3. Valores para la función cardiovascular**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Frecuencia cardíaca (latidos por minuto)	250 - 450
pO <sub>2</sub> (mm Hg)	93.2
pCO <sub>2</sub> (mm Hg)	39.9
Sangre arterial pH	7.41
H <sup>+</sup> (nM)	38,6 ± 0,6
Exceso de base	+1.8 ± 0.4
Presión sistólica arterial (mm Hg) (media)	88 - 184 (116)
Presión diastólica arterial (mm Hg) (media)	58 - 145 (90)
Gasto cardíaco (ml/min)	10 - 80
Volumen de sangre (ml/kg)	57.5 - 69.9

**Tabla 4. Valores para la función respiratoria**

<b>Valor</b>	<b>Rango normal</b>
Volumen celular empaquetado (PCV)	35 - 57%
Conteo de glóbulos rojos (RBC)	5 - $10 \times 10^6 / \mu\text{l}$
Conteo de glóbulos blancos (WBC)	3 - $17 \times 10^3 / \mu\text{l}$
Hemoglobina (Hb)	11 - 19 g / dl
Volumen corpuscular medio (MCV)	46 - 65 fl
Concentración media de Hb corpuscular (MCHC)	31 - 40 g / dl
Volumen tidal (ml)	0.6 - 2.0
Frecuencia respiratoria (respiraciones por minuto)	70 - 115
Diámetro de la tráquea (mm)	1.6 - 7.7
Ventilación mínima (ml/minuto)	75 - 130
Diámetro alveolar ( $\mu\text{m}$ ) [media]	57 - 112 [70]
Superficie total (400 g animal, $\text{m}^2$ )	7.5
Espesor barrera aire-sangre ( $\mu\text{m}$ )	1.5
Longitud alveolar ( $\mu\text{m}$ )	288 - 624
Ramas por conducto alveolar	2 - 5
Diámetro de la atria ( $\mu\text{m}$ )	15 - 262
Capacidad pulmonar total (ml) *	$11.3 \pm 1.4$
Capacidad vital (ml) *	$8.4 \pm 1.7$
Capacidad residual funcional (ml) *	$3.9 \pm 0.8$
Volumen residual (ml) *	$2.9 \pm 1.0$

\* Ratas anestesiadas de 60-84 días de edad.

**Tabla 5. Química clínica y rangos hematológicos para ratas**

<b>Valor</b>	<b>Rango normal</b>
Hb corpuscular media (MCH)	18 - 23 pg
Reticulocitos	0 - 25% <sup>b</sup>
Plaquetas	200 - 1500 × 10 <sup>3</sup> / μl
Neutrófilos	13 - 26% <sup>c</sup>
Linfocitos	65 - 83% <sup>c</sup>
Monocitos	0 - 4% <sup>c</sup>
Eosinófilos	0 - 4% <sup>c</sup>
Basófilos	0 - 1% <sup>c</sup>
Glucosa	80 - 300 mg / dl <sup>d</sup>
Alanina aminotransferasa (ALT)	52 - 224 UI / l
Calcio	9.1 - 15.1 mg / dl
Fósforo, inorgánico	4.7 - 16 mg / dl
Sodio	142 - 154 mEq / l
Potasio	3.6 - 9.2 mEq / l
Cloruro	84 - 110 mEq / l
Nitrógeno ureico en sangre	11 - 23 mg / dl
Creatinina	0.4 - 1.4 mg / dl
Proteína total	4.5 - 8.4 mg / dl
Albúmina	2.9 - 5.9 g / dl
Bilirrubina total	0.0 - 0.64 mg / dl
Tiempo de tromboplastina parcial activada	19.3 segundos
Tiempo de protrombina	28.8 segundos
Tiempo de trombina	32.6 segundos

a Los rangos son amplios, lo que refleja la variabilidad debida a la cepa, edad y sexo.

b El valor está altamente relacionado con la edad, los valores más altos son normales para las ratas destetadas.

c Porcentaje del total de glóbulos blancos.

d Los valores de la enzima son dependientes del método de colección y puede esperarse variación entre laboratorios

**Tabla 6. Espacio mínimo para ratas de laboratorio mantenidos en jaula o caja**

<b>Peso en gramos</b>	<b>Área del piso por animal (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura del piso al techo de la jaula o caja (cm)</b>
<100	110	18
100-300	187	20
300-400	258	20
400-500	387	20
>500	452	20

Los confinamientos o encierros primarios deben tener las siguientes características:

- a)** Satisfacer las necesidades fisiológicas (alimentación, defecación, micción u otros) y conductuales de los animales, permitiendo los movimientos normales y ajustes posturales característicos de la especie.
- b)** Cuando esté indicado, deberá favorecer la reproducción y la crianza.
- c)** Permitir las interacciones sociales entre los individuos de la especie, el establecimiento de jerarquías y las conductas de escape.
- d)** Brindar una ventilación e iluminación adecuadas.
- e)** Favorecer que los animales se mantengan limpios y secos.
- f)** Ser seguras, impidiendo el escape de los animales o el entrampamiento de sus extremidades.
- g)** Deben tener bordes y aristas redondeadas.
- h)** El diseño debe facilitar la limpieza y saneamientos rutinarios y también las faenas de cambio, llenado y suministro de agua y alimento.
- i)** Permitir la observación de los animales.
- j)** Los materiales para la construcción de las jaulas deben ser resistentes, durables e impermeables.
- k)** Deben mantenerse en buenas condiciones de uso.
- l)** Se recomienda alojar a los roedores en jaulas con piso sólido y material de lecho.

**Tabla 7. Composición bromatológica requerida para un alimento de ratas de laboratorio**

<b>Proteína cruda (%)</b>	<b>Grasa cruda (%)</b>	<b>Fibra cruda (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Consumo diario de alimento</b>	<b>Consumo diario de agua</b>
12-24	4-11	3-6	6-8	10-20 g	20-45 ml

**Alimento.**

- a) Debe estar libre de aditivos, drogas, hormonas, antibióticos, pesticidas y contaminantes.
- b) Debe estar dentro de su periodo de caducidad.
- c) Almacenado en bodegas o cuartos desinfectados, secos y ventilados, sobre tarimas o en contenedores.

**Tabla 8. Características del microambiente dentro de un bioterio para rata**

Temperatura	18 – 26°C
Humedad relativa	40 – 70%
Ventilación	15 – 18 recambios de aire por hora
Intensidad lumínica	300 lúmenes
Ciclo de luz / oscuridad	12 – 14 / 12 – 10 horas
Ruido	Menos de 85 dB