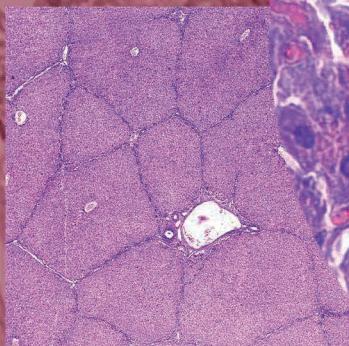
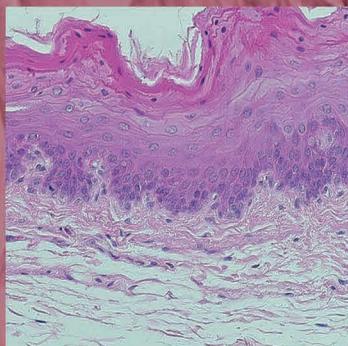
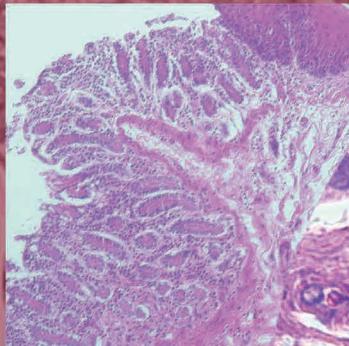
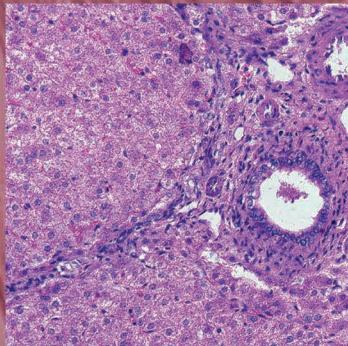


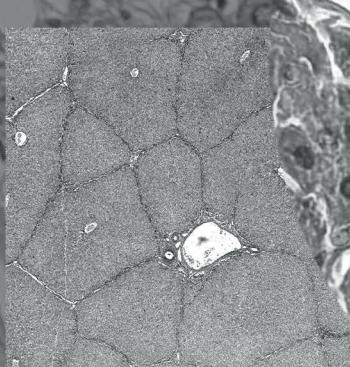
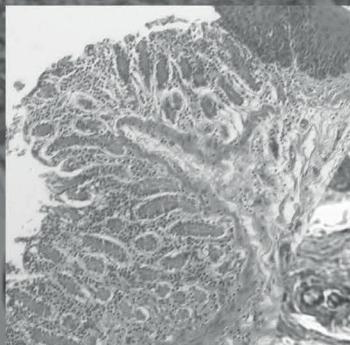
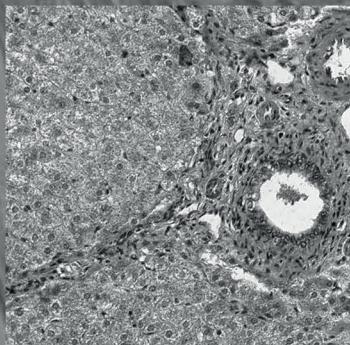
JULIO ENRIQUE RAMIREZ HUANCA

HISTOLOGÍA VETERINARIA DEL SISTEMA DIGESTIVO



JULIO ENRIQUE RAMIREZ HUANCA

HISTOLOGÍA VETERINARIA DEL SISTEMA DIGESTIVO



2025 por Atena Editora

Copyright© 2025 Atena Editora

Copyright del texto © 2025, el autor Copyright
de la edición© 2025, Atena Editora

Los derechos de esta edición han sido cedidos a Atena Editora por el autor.

Publicación de acceso abierto por Atena Editora

Editora jefe

Prof. Dr. Antonella Carvalho de Oliveira

Editora ejecutiva

Natalia Oliveira Scheffer

Imágenes de la portada

iStock

Edición artística

Yago Raphael Massuqueto Rocha



Todo el contenido de este libro está licenciado bajo la licencia
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

El contenido de esta obra, en cuanto a su forma, corrección y fiabilidad, es responsabilidad exclusiva de los autores. Las opiniones e ideas aquí expresadas no reflejan necesariamente la posición de Atena Editora, que actúa únicamente como mediadora en el proceso de publicación. Por lo tanto, la responsabilidad por la información presentada y las interpretaciones derivadas de su lectura recae íntegramente en los autores.

Atena Editora actúa con transparencia, ética y responsabilidad en todas las etapas del proceso editorial. Nuestro objetivo es garantizar la calidad de la producción y el respeto a la autoría, asegurando que cada obra se entregue al público con cuidado y profesionalidad.

Para cumplir con esta función, adoptamos prácticas editoriales que tienen como objetivo garantizar la integridad de las obras, previniendo irregularidades y conduciendo el proceso de manera justa y transparente. Nuestro compromiso va más allá de la publicación, buscamos apoyar la difusión del conocimiento, la literatura y la cultura en sus diversas expresiones, preservando siempre la autonomía intelectual de los autores y promoviendo el acceso a diferentes formas de pensamiento y creación.

Histología Veterinaria del Sistema digestivo

| Autor:

Julio Enrique Ramirez Huanca

| Revisión:

El autor

| Diseño:

Thamires Camili Gayde

| Portada:

Yago Raphael Massuqueto Rocha

Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)

H874 Huanca, Julio Enrique Ramirez
Histología veterinaria del sistema digestivo / Julio Enrique
Ramirez Huanca. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.

Formato: PDF
Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acceso: World Wide Web
Incluye bibliografía
ISBN 978-65-258-3729-1
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.291251610>

1. Histología animal. I. Huanca, Julio Enrique
Ramirez. II. Título.

CDD 591.47

Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

📞 +55 (42) 3323-5493

📞 +55 (42) 99955-2866

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

CONSEJO EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL

- Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dra. Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidad Federal de Lavras
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontificia Universidad Católica de Goiás
Prof. Dra. Ariadna Faria Vieira – Universidad Estatal de Piauí
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidad Federal del Sur y Sudeste de Pará
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidad Federal de Goiás
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidad Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidad Federal Fluminense
Prof. Dra. Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidad Federal de Piauí
Prof. Dra. Dayane de Melo Barros – Universidad Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Elio Rufato Junior – Universidad Tecnológica Federal de Paraná
Prof. Dra. Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal de Río de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal de Pará
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidad Federal de Rondônia
Prof. Dra. Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidad Estatal de Maringá
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidad Federal de Paraná
Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidad de Pernambuco
Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidad Federal de Santa Catarina
Prof. Dra. Juliana Abonizio – Universidad Federal de Mato Grosso
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidad Federal Fluminense
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraná
Prof. Dra. Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educación, Ciencia y Tecnología de Pará
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología
Prof. Dra. Talita de Santos Matos – Universidad Federal Rural de Río de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidad Federal Rural del Semiárido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidad Federal de Alfenas

PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

La histología constituye la base indispensable sobre la cual se erige el conocimiento veterinario moderno. Comprender la estructura tisular de los órganos no es un ejercicio académico, sino una herramienta diagnóstica fundamental que permite interpretar la fisiología y, consecuentemente, las manifestaciones patológicas. Esta guía de estudio ha sido diseñada con el firme propósito de brindar a estudiantes y profesionales de la medicina veterinaria un recurso integral, claro y aplicado sobre la histología del sistema digestivo de los animales domésticos.

El texto se distingue por integrar de manera sistemática la histología descriptiva con la histofisiología, un enfoque crucial que conecta la morfología celular con la función orgánica. Para ello se sostiene de una revisión bibliográfica y estudios relacionados a este sistema en animales domésticos. Cada contenido de los componentes del sistema digestivo, no solo describe detalladamente las estructuras tisulares, sino que explica su rol en procesos digestivos esenciales como la absorción de nutrientes, la secreción enzimática y la fermentación ruminal. Esta integración es vital para comprender, por ejemplo, cómo la especialización del epitelio ruminal facilita la absorción de ácidos grasos volátiles o cómo la arquitectura de las vellosidades intestinales maximiza la superficie de absorción.

Esta obra es, en esencia, una invitación a explorar el fascinante mundo microscópico que sustenta la salud y la enfermedad digestiva animal, reafirmando que todo diagnóstico eficaz comienza con la comprensión de la estructura normal.

Julio Enrique Ramírez Huanca

AGRADECIMIENTO

AGRADECIMIENTO

Se extiende un agradecimiento al programa *Yachayninchis Wiñarinampaq* de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por el financiamiento del proyecto “Implementación de la microscopía virtual en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria”. El apoyo recibido fue fundamental para la realización de la presente obra.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

INTRODUCCIÓN..........**1**

HISTOLOGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO**3**

1. GENERALIDADES	3
1.1. La túnica mucosa digestiva	6
1.1.1. El epitelio digestivo	6
1.1.2. El corion o lámina propia	7
1.1.3. La mucosa muscular	7
1.2. La tela submucosa	8
1.3. La túnica muscular.....	8
1.4. La túnica adventicia o membrana serosa.....	8

HISTOLOGÍA DE LA CAVIDAD ORAL..........**10**

1. Los labios	13
2. Las encías	15
3. Las mejillas.....	16
4. El paladar.....	17
5. La lengua	20
5.1. Papilas lingüales	20
5.2. Yemas gustativas	25
5.3. Histofisiología de la lengua	27
6. Dientes	28
6.1. Pulpa dental.....	31
6.2. Dentina.....	31
6.3. Esmalte	32
6.4. Cemento	33
6.5. Ligamento alveolodental	33
7. La faringe	33

SUMÁRIO

SUMÁRIO

HISTOLOGÍA DEL ESÓFAGO.....34

1. Túnica mucosa del esófago.....	34
2. Tela submucosa del esófago	36
3. Túnica muscular del esófago.....	36
4. La adventicia - serosa	36
5. Función del esófago	39

HISTOLOGÍA DEL ESTÓMAGO.....40

1. La túnica mucosa del estómago.....	42
1.1. La mucosa fúndica gástrica.....	43
1.2. La mucosa pilórica	45
1.3. La mucosa del cardias	46
2. La tela submucosa del estómago.....	47
3. La túnica muscular del estómago.....	47
4. La túnica serosa del estómago	47
5. Histofisiología del estómago	48

HISTOLOGÍA DE LOS PREESTÓMAGOS DE RUMIANTES50

1. Rumen	50
2. Retículo.....	53
3. Omaso	55
4. Abomaso	57
5. Histofisiología del rumen	58
5.1. Digestión	58
5.2. Absorción de AGV	59
5.3. Metabolismo de los AGV	60
5.4. Función de barrera.....	60

SUMÁRIO

SUMÁRIO

HISTOLOGÍA DE LOS PRESTÓMAGOS Y ESTÓMAGO DE LOS CAMÉLIDOS.....	62
1. Arquitectura y estructura general.....	62
2. Compartimiento proximal (C1)	63
2.1. Región esofágica.....	63
2.2. Región no glandular.....	64
2.3. Región glandular.....	64
3. Compartimiento intermedio (C2)	69
4. Compartimiento distal (C3).....	71
HISTOLOGÍA DEL INTESTINO DELGADO	76
1. Arquitectura general y funciones principales	76
2. La túnica mucosa.....	79
2.1. El epitelio intestinal	79
2.2. Lámina propia de la mucosa	84
2.3. Muscular de la mucosa	84
3. La tela submucosa.....	84
4. La túnica muscular	84
5. La túnica serosa	85
6. Histofisiología del intestino delgado.....	85
6.1. Propulsión del bolo alimentario	86
6.2. Función de absorción	86
6.3. Funciones secretoras	86
6.4. Funciones de defensa inmunológica.....	86
6.5. Renovación del epitelio intestinal	87

SUMÁRIO

SUMÁRIO

HISTOLOGÍA DEL INTESTINO GRUESO 88

1. La túnica mucosa.....	88
2. La tela submucosa.....	89
3. La túnica muscular.....	89
4. La túnica serosa	89
5. Histofisiología del intestino grueso.....	91
5.1. Motilidad	91
5.2. Síntesis, absorción y fermentación.....	91
5.3. Renovación, reemplazo y reparación.....	92
5.4. Líquidos intestinales	92

HISTOLOGÍA DE LAS GLÁNDULAS SALIVALES 93

1. Arquitectura general.....	93
2. Histología del tejido glandular.....	94
3. La glándula parótida.....	96
4. La glándula submaxilar o mandibular	98
5. La glándula sublingual	99
6. Histofisiología de las glándulas salivales.....	101

HISTOLOGÍA DEL HÍGADO..... 102

1. Elementos de cubierta hepática.....	102
2. El parénquima hepático	103
2.1. El lobulillo hepático.....	105
3. Conductos excretores, vasos y nervios.....	111
3.1. Conductos excretores	111
3.2. Los vasos linfáticos.....	111
3.3. Los nervios.....	111

SUMÁRIO

SUMÁRIO

4. Circulación hepática	111
4.1. Circulación venosa.....	111
4.2. Circulación arterial.....	112
HISTOLOGÍA DE LA VESÍCULA BILIAR.....	113
1. Túnica mucosa	113
2. La muscular	113
3. La adventicia.....	114
HISTOLOGÍA DEL PÁNCREAS	115
1. Arquitectura general	116
2. Estructura histológica	117
2.1. El lobulillo pancreático	117
2.2. Acino pancreático	118
2.3. Conductos excretores.....	119
2.4. Islotes de Langerhans	120
REFERENCIAS.....	122
AUTOR	127



INTRODUCCIÓN

Como su nombre lo indica, el aparato digestivo se encarga de la digestión, es decir del conjunto de actos mecánicos y secretores que contribuyen a transformar los alimentos en nutrientes, en sustancias directamente asimilables por el organismo. Las etapas de esta transformación (trituración, salivación, digestión enzimática y microbiana) se adaptan a las características físicas y bioquímicas muy diversas de los diferentes alimentos: semillas deshidratadas, forrajes ricos en fibra, carnes de fácil asimilación. Por tanto, los órganos que aseguran estas etapas (dientes, glándulas salivales, estómago, intestino grueso) presentarán diferencias morfológicas notables según el método de alimentación de cada especie animal.

El sistema digestivo está formado por un conjunto de órganos que contribuyen a la alimentación del animal. Asegura por tanto la captación de los alimentos, su digestión, su absorción y el rechazo de sus componentes no digeribles. La captación de los alimentos en la cavidad bucal está asegurada por los labios, la lengua y los dientes. El tracto digestivo puede esquematizarse mediante tres reservorios (cavidad bucal, estómago, intestino) donde tiene lugar la digestión enzimática y bacteriana y que son irrigados por conductos tubulares (esófago, intestino delgado, recto). El esófago transporta los alimentos desde la cavidad bucal, donde han sufrido la acción trituradora de los dientes y la impregnación de saliva, hasta el estómago (deglución).

El intestino delgado es el principal sitio de absorción de los productos resultantes de la digestión mientras que el recto constituye el conducto excretor de los desechos: las heces. Dependiendo de la dieta, el volumen relativo de estos diferentes compartimentos variará.

Existen notables diferencias anatómicas entre el tracto digestivo de los carnívoros y el de los herbívoros monogástricos, adaptadas a su dieta. En los carnívoros, que realizan ingestas escasas pero voluminosas, el estómago posee una gran capacidad. El intestino delgado es corto y de musculatura robusta, mientras que el intestino grueso y, en particular, el ciego, presentan un desarrollo reducido.

Por el contrario, en los herbívoros monogástricos, adaptados a pequeñas comidas frecuentes, el estómago tiene una capacidad limitada. El intestino delgado es largo y de menor calibre. El intestino grueso, en cambio, está considerablemente desarrollado para albergar una microbiota bacteriana que digiere la celulosa vegetal.

Se compone de:

- | La cavidad bucal: asegura la ingesta, masticación y predigestión de los alimentos.
- | Zonas de paso: la orofaringe, el esófago y el canal anal.
- | Zonas digestivas: el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso donde se digieren y absorben los alimentos.
- | Glándulas digestivas adicionales: las glándulas salivales, el hígado y el páncreas.



HISTOLOGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO

1. GENERALIDADES

Anatómicamente, el tracto digestivo incluye el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso, incluido el recto. Cualquiera que sea la sección considerada, encontramos una arquitectura general idéntica a nivel histológico y que se explica por la existencia de ciertas funciones comunes a todo el tubo digestivo (figura 4).

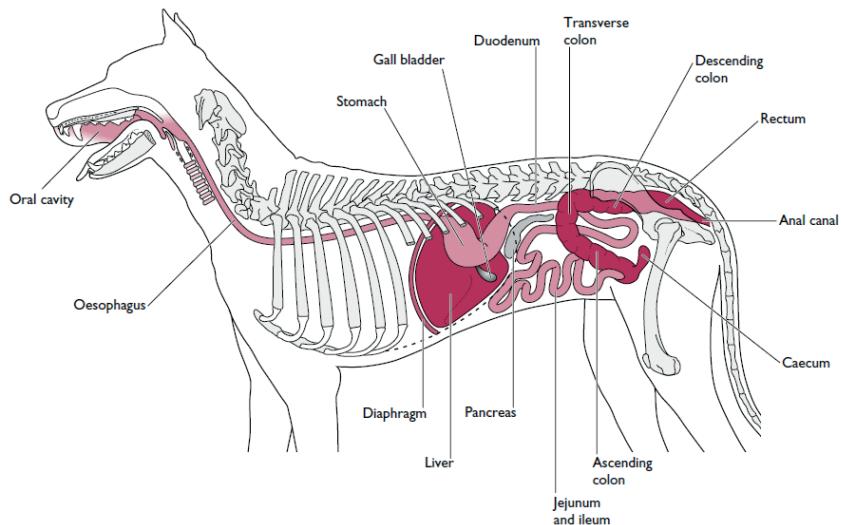


Figura 1. Esquema de los órganos del sistema digestivo del perro, vista lateral izquierda (Aspinall & Cappello, 2009).

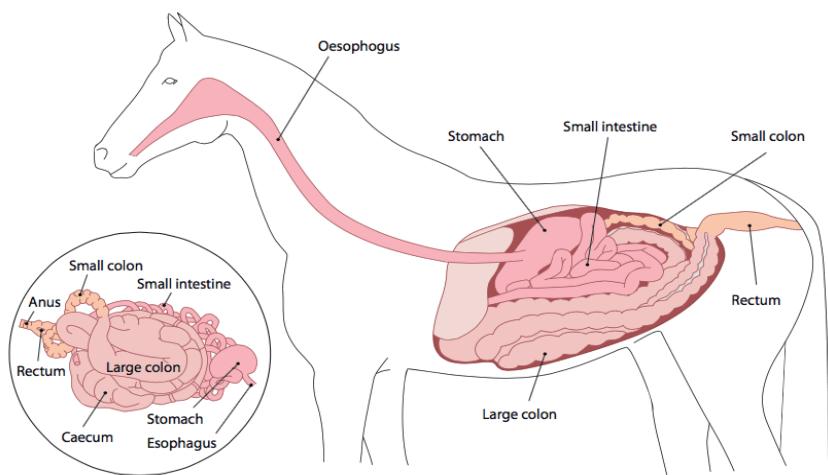


Figura 2. Esquema del sistema digestivo del caballo (Warren, 2015).

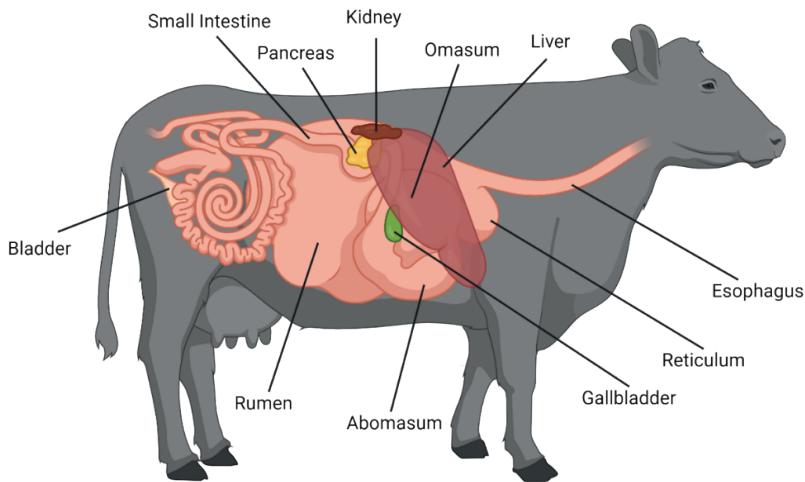


Figura 3. Esquema Sistema digestivo de los rumiantes y otros órganos involucrados en el proceso de digestión y metabolismo, vista derecha. (Matheus, 2024).

Por ejemplo, el bolo alimenticio progresa desde la salida de la faringe hasta el esfínter anal, y también encontramos una importante capa muscular a lo largo de la pared. Pero, por otro lado, cada parte tiene su propia función, lo que explica que a las características comunes a todo el tracto digestivo se añadirán modalidades específicas.

Antes de revisar las distintas partes del tracto digestivo (figuras 1 – 3), consideraremos primero su arquitectura general. El tracto digestivo tiene cuatro capas concéntricas que son, comenzando desde el lumen hacia la periferia; la mucosa, la submucosa, la muscular, la adventicia o la serosa (figura 5). La estructura histológica de la pared del tubo digestivo presenta, a pesar de ciertas variaciones regionales, cuatro capas o túnicas dispuestas concéntricamente alrededor del lumen (figura 4).

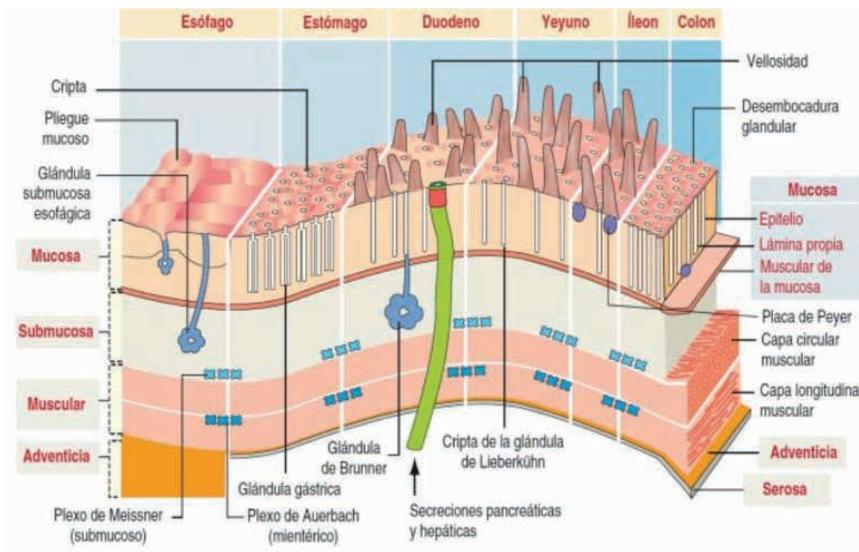


Figura 4. Esquema donde se muestra la pared de órganos del tubo digestivo

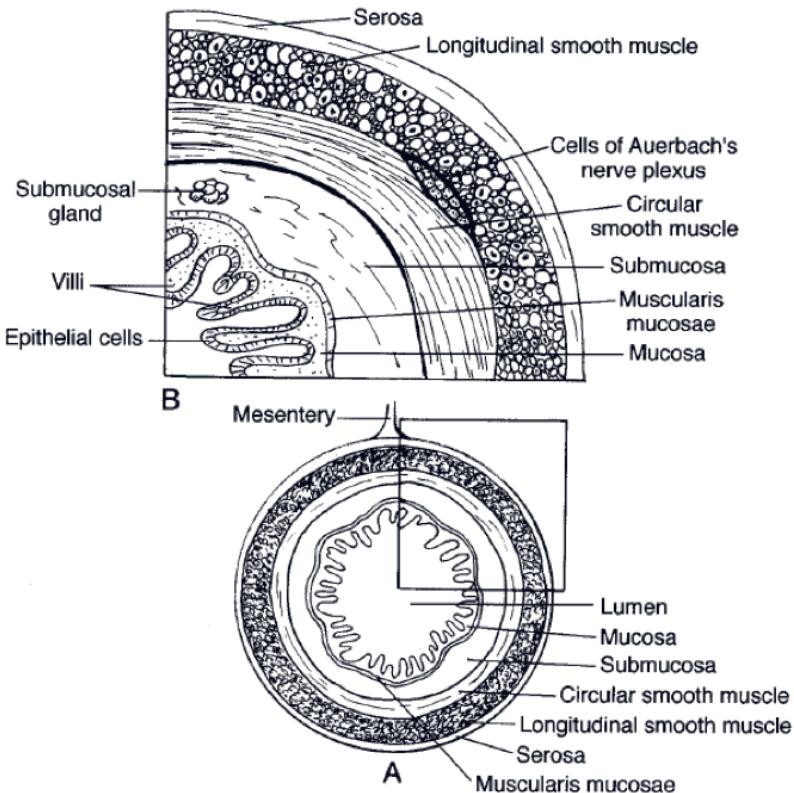


Figura 5. Esquema de las capas histológicas del tubo digestivo (Frandsen et al., 2009).

1.1. La túnica mucosa digestiva

Está formada por un epitelio superficial que reposa sobre una capa de tejido conectivo denominada corion o lámina propia que contiene glándulas, y por la muscular de la mucosa formada por fibras musculares lisas destinadas a permitir el plegamiento de esta mucosa.

1.1.1. El epitelio digestivo

En primer lugar, desempeña una función mecánica al proteger las capas subyacentes del contacto con los alimentos. En el esófago estos alimentos todavía tienen una consistencia bastante firme; El epitelio es multiestratificado lo que le confiere mayor resistencia. Desde el estómago se unifica y se invagina en el corion para formar numerosas glándulas encargadas de las secreciones gástricas. A nivel intestinal es unicelular y absorbente.

La vida útil de las células epiteliales de la mucosa digestiva es limitada, entre otras cosas por la fricción del bolo alimenticio. Las células mueren, se desprenden y caen a la luz. Su renovación está asegurada por la presencia de numerosas mitosis localizadas a nivel de la capa basal en el esófago y a nivel de las criptas en el estómago y el intestino.

El epitelio del tracto digestivo está cubierto en todas partes por una capa de moco. Este último proporciona lubricación a la que se añade a nivel gástrico protección contra la autodigestión de la mucosa por fermentos digestivos y a nivel duodenal neutralización del ácido proveniente del estómago. Este moco encuentra su origen en cuatro niveles que varían según la sección del tubo digestivo: células caliciformes diseminadas entre las células epiteliales de recubrimiento, ciertas células de recubrimiento mismas, criptas y glándulas del corion y finalmente glándulas de la submucosa. Otra función del moco es atrapar bacterias o parásitos y así evitar que se adhieran a las células epiteliales.

1.1.2. El corion o lámina propia

Sostiene el epitelio, asegurando su nutrición gracias a la red capilar que contiene. Es un tejido reticular o conectivo laxo, puede contener glándulas, fibras musculares lisas dispersas, nódulos linfáticos. Tiene una función de apoyo, nutricional y defensiva. La mayoría de las glándulas del tracto digestivo, de tipo tubular, se localizan en el corion.

1.1.3. La mucosa muscular

Limita la cara externa de la mucosa en la mayor parte de su recorrido. Está formada por fibras musculares lisas cuya contracción asegura ciertos movimientos propios de esta mucosa, independientemente de las contracciones del resto de la pared. Es uno de los factores responsables de la formación de pliegues más o menos marcados en la superficie interna del tracto digestivo.

Clásicamente, se describe como que tiene una capa interna de fibras musculares lisas en una disposición circular (las células musculares están orientadas de manera que su eje largo es perpendicular al de la cavidad digestiva), y una capa externa en una disposición longitudinal (músculo liso células dispuestas de manera que su eje mayor sea paralelo al de la cavidad digestiva). La muscularis mucosa puede faltar en algunas zonas.

1.2. La tela submucosa

Está compuesto por tejido conectivo laxo rico en fibras elásticas que contiene un plexo de pequeños vasos sanguíneos llamado plexo de Heller, también incluye numerosos vasos linfáticos y un plexo nervioso de Meissner o “plexo submucoso de Meissner”.

La submucosa puede contener en algunos lugares glándulas mucosas que descargan su contenido en el lumen a través de conductos excretores que cruzan la mucosa. Esto ocurre a nivel del esófago y del duodeno.

1.3. La túnica muscular

Está formada por dos capas gruesas de células musculares lisas, la interna con disposición circular y la externa con disposición longitudinal. Además, en la mayor parte del estómago hay una capa oblicua interna. Un plexo nervioso llamado Auerbach o “plexo mienterico”, ubicado entre las capas interna y externa, controla las contracciones de este músculo.

Sus principales funciones son:

- | Avanzar el bolo alimenticio desde la faringe hasta el recto.
- | A nivel del estómago, asegura buena parte de la mezcla de los elementos que se mezclan con los fermentos digestivos en preparación con los nutrientes de la mucosa muscular.
- | A nivel del intestino delgado esta túnica asegura movimientos de segmentación, y a nivel del intestino grueso movimientos llamados haustraciones.
- | Presentar un tono en parte responsable de mantener una determinada forma del órgano.
- | Aparte de cualquier estimulación relacionada con la comida; Los músculos de la muscularis pueden contraerse espontáneamente.
- | Los engrosamientos localizados de la capa interna forman esfínteres (unión faringe-esófago-píloro, válvula ileocecal, etc.).

1.4. La túnica adventicia o membrana serosa

En el sistema digestivo, la túnica adventicia y la serosa son las capas más externas. La serosa, también conocida como peritoneo visceral, es una membrana serosa que cubre los órganos y reduce la fricción durante el movimiento. La adventicia es tejido conectivo laxo que rodea el órgano y es más prominente en áreas donde el órgano no está cubierto por mesotelio. La adventicia se ubica en el esófago, mientras que

la serosa que está constituido por mesotelio y tejido conectivo laxo se encuentra recubriendo los órganos del sistema digestivo ubicados en la cavidad abdominal, como el estómago e intestinos.

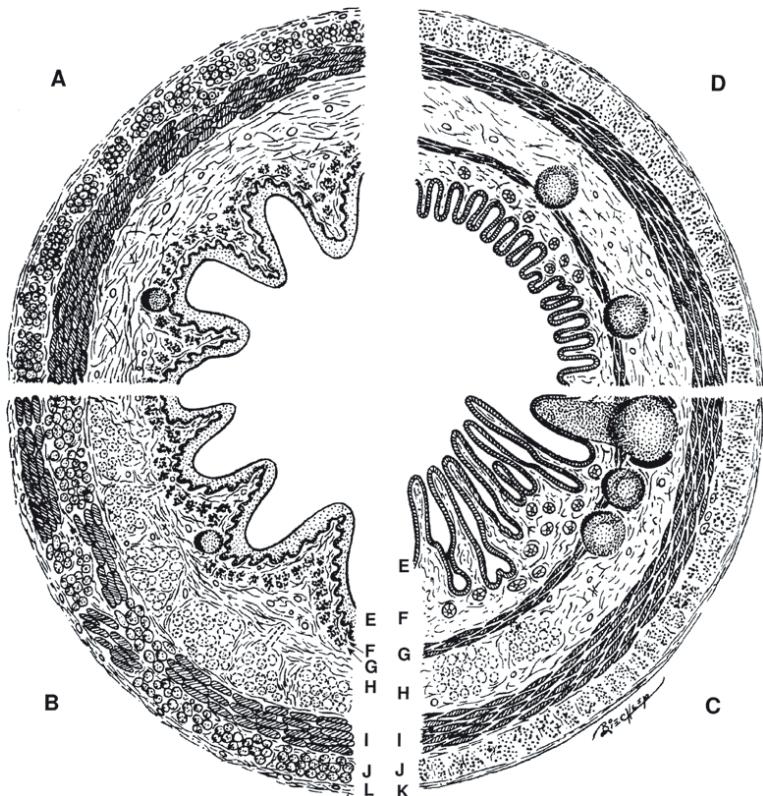


Figura 6. Esquema de secciones transversales de diversas porciones del tracto digestivo. Esófago sin glándulas submucosas (A). Esófago con glándulas submucosas (B). Intestino delgado con y sin glándulas submucosas y con nódulos linfáticos agregados (C). Intestino grueso (D). Túnica mucosa: epitelio (E), lámina propia (F), lámina muscular (G). Tela submucosa (H). Túnica muscular: capa circular (I), capa longitudinal (J). Túnica serosa (K). Túnica adventicia (L) (Eurell & Frappier, 2006).



HISTOLOGÍA DE LA CAVIDAD ORAL

La mucosa oral está cubierta por un epitelio escamoso estratificado con diferentes grados de queratinización por ejemplo en carnívoros no queratinizado o ligera queratinización que recibe el nombre de ortoqueratinización, mientras que en herbívoros presenta queratinización (figura 7 - 11). El epitelio reposa sobre una lámina propia papilar ricamente vascularizada que contiene pequeñas glándulas salivales diseminadas, mucosas o seromucosas. En muchos animales está muy pigmentada y la queratinización es más pronunciada en la región de la parte superior de la lengua y el paladar. En el caso de rumiantes posee grandes papillas epiteliales que se proyectan desde el epitelio superficial para ayudar a la prensión y masticación del alimento (figura 8 y 9).

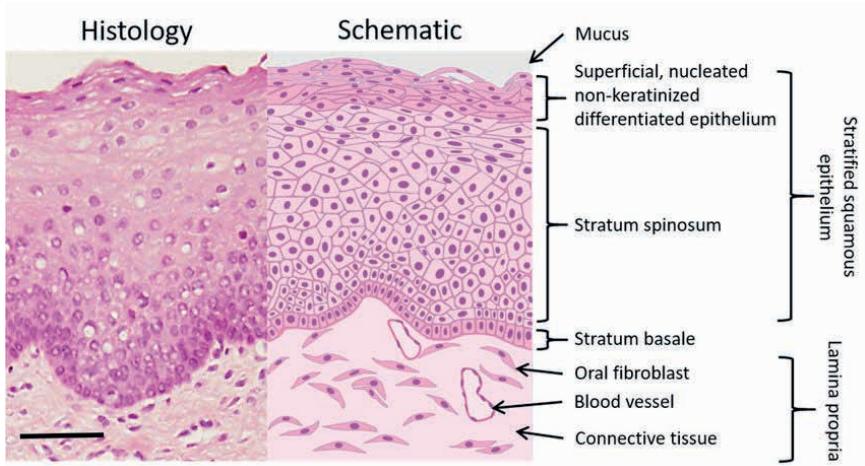


Figura 7. Imagen histológica (izquierda) y esquemática (derecha) de la mucosa bucal. Barra de escala = 100 µm. (Edmans et al., 2020).

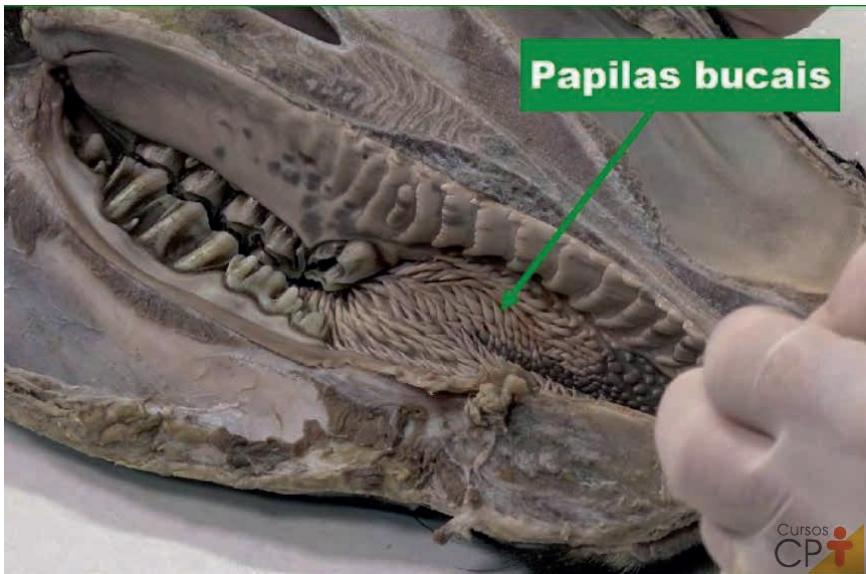


Figura 8. Papilas bucales en vaca, estas estructuras presentan queratinización en su superficie (Cursos CPT, 2025).

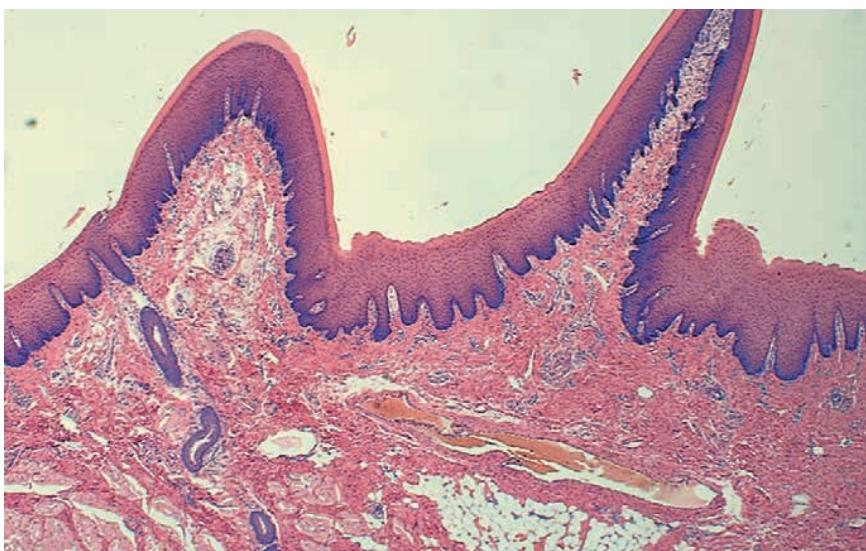


Figura 9. La mucosa de la mejilla de los rumiantes se caracteriza por la presencia de numerosas papilas cónica duro (correspondería a lo mostrado en las figuras 8 y 16). El ápice y las superficies laterales de las papilas están muy queratinizadas. (Bacha & Bacha, 2012).

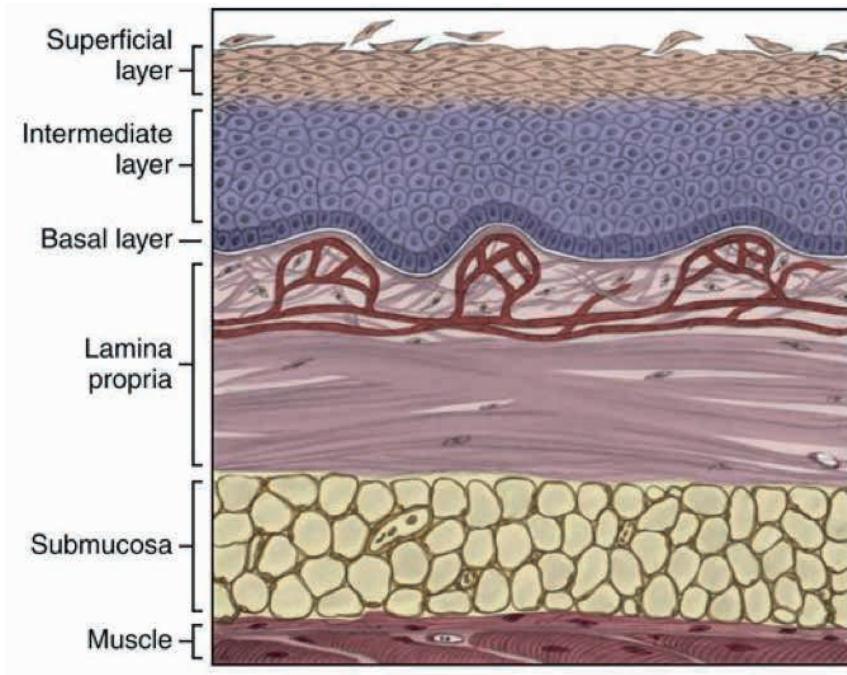


Figura 10. Características histológicas generales de una mucosa de revestimiento compuesta por epitelio escamoso estratificado no queratinizado (con tres capas) que recubre la lámina propia. Suele haber una submucosa más profunda que recubre el músculo. (Pocket Dentistry, 2015)

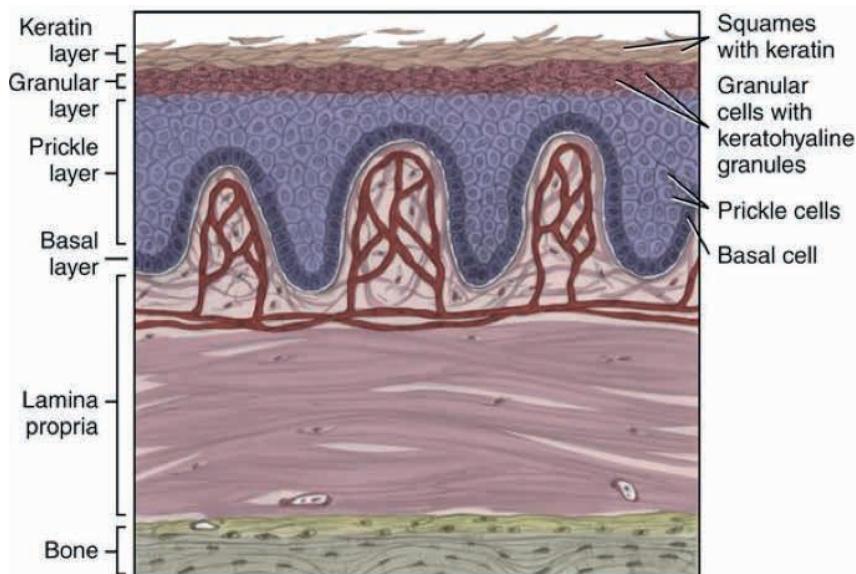


Figura 11. Características histológicas generales de la mucosa masticatoria compuesta por epitelio escamoso estratificado ortokeratinizado (con cuatro capas) que recubre la lámina propria. Puede estar presente o no una submucosa más profunda y delgada, como se muestra aquí, y puede recubrir el hueso. Nótese que las células en la capa de queratina han perdido sus núcleos y están llenas de queratina. Sin embargo, no se ha mostrado el artefacto del aspecto puntiagudo de la capa de espinas. (Pocket Dentistry, 2015).

1. Los labios

Un labio se compone de 4 capas (figura 12 y 13):

- Externamente la piel que varía según la especie animal en la región del labio superior.
- Un músculo orbicular estratificado transversalmente.
- Una fina capa glandular (glándulas labiales de tipo seroso).
- Una mucosa labial de tipo epidérmico con un epitelio de Malpighi queratinizado que en los rumiantes presenta grandes papillas cónicas en las comisuras de los labios que se utilizan para transportar el alimento.

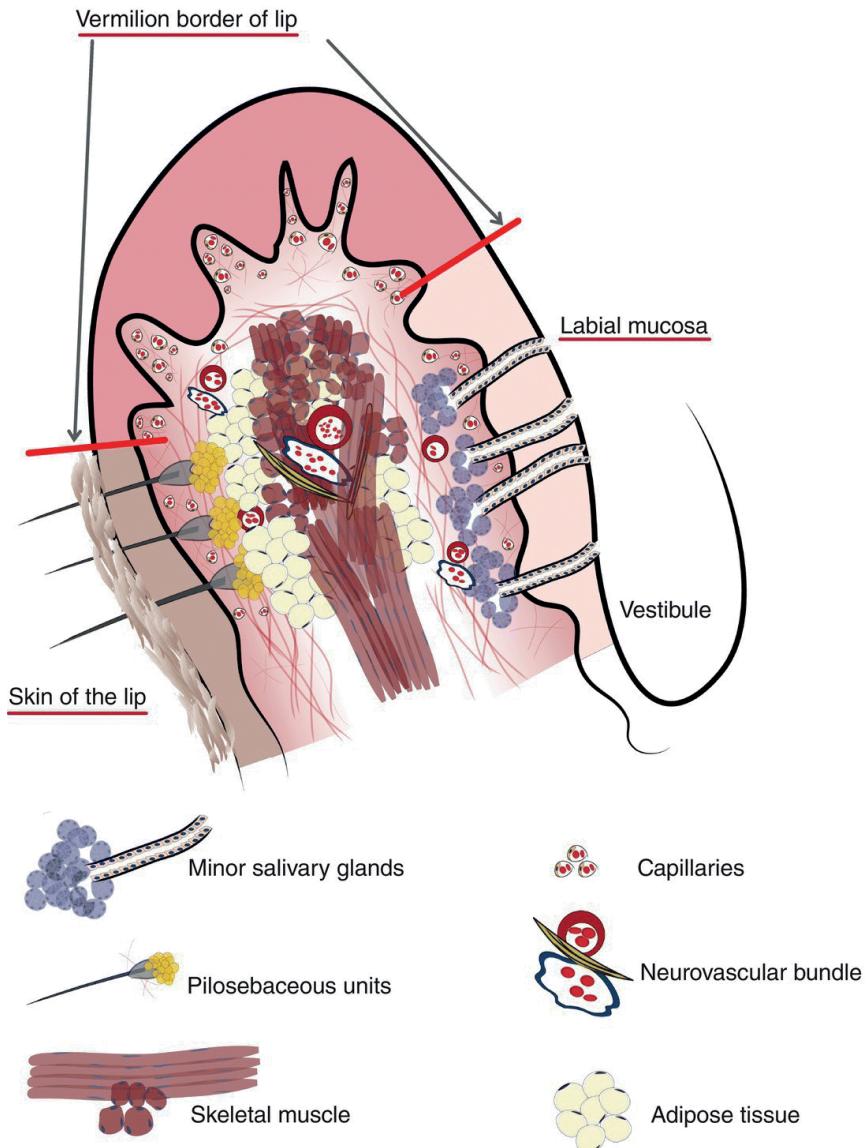


Figura 12. Representación histológica del labio. (Pocket Dentistry, 2015)

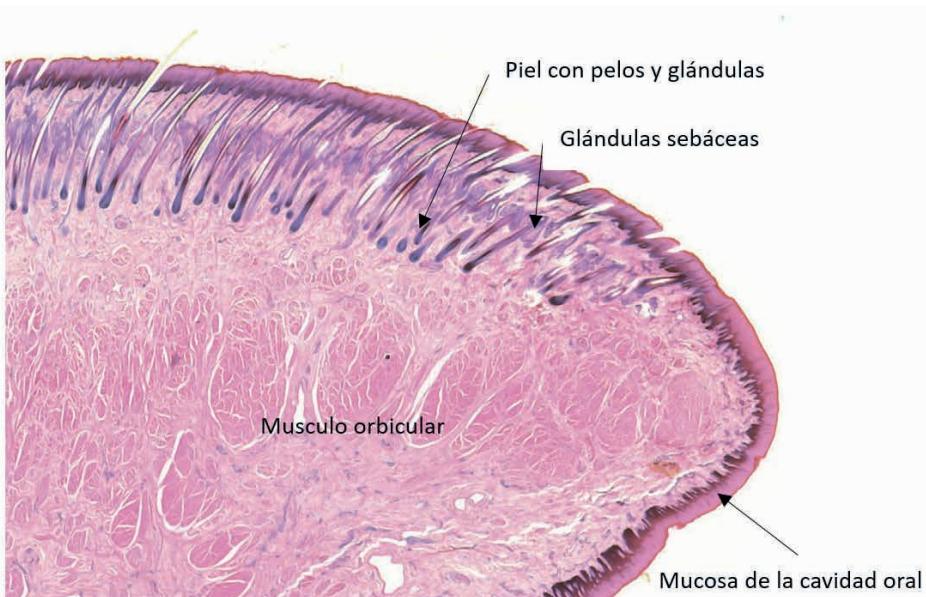


Figura 13. Labio (potro). La superficie externa está revestida de piel que incorpora pelo, glándulas sebáceas y sudoríparas. El músculo orbicular de la boca forma el núcleo muscular del labio. La superficie interna del labio está compuesta por mucosa no glandular, que comprende epitelio escamoso estratificado y lámina propia subyacente, y una tela submucosa. Tinción con hematoxilina y eosina (x20). (Liebich, 2019).

2. Las encías

Están cubiertos por la mucosa oral, unidos directamente al periostio de los maxilares, sin tejido submucoso (figura 14). El corion tiene papillas que se extienden profundamente en el espesor del epitelio. En el eje de estas papillas se encuentran los vasos sanguíneos.

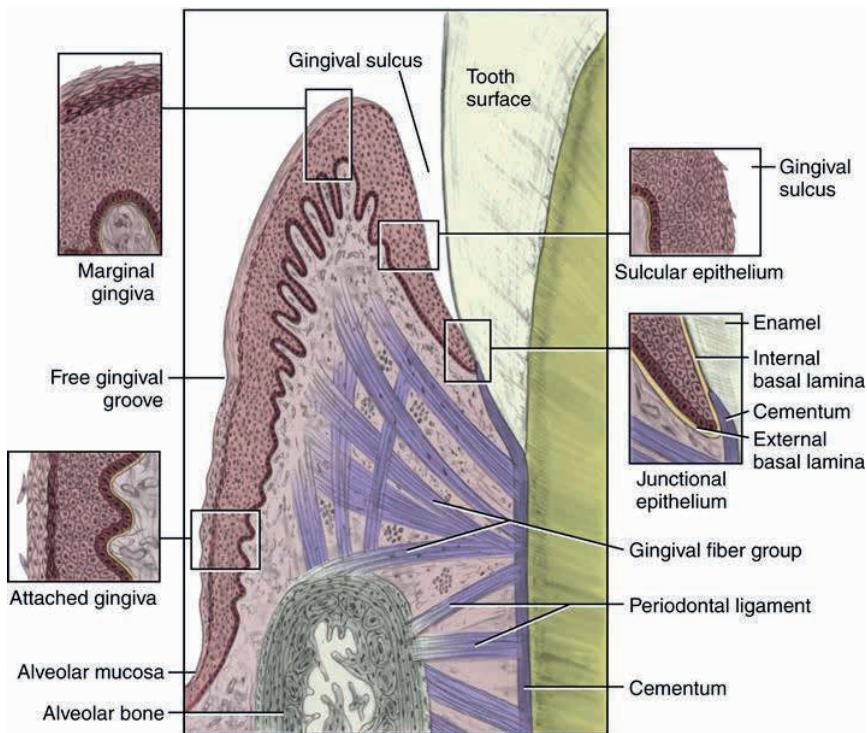


Figura 14. Tejido de unión gingival y dentogingival: encía marginal, encía adherida, epitelio sulcular y epitelio de unión. (Pocket Dentistry, 2015)

3. Las mejillas

Sometidos a movimientos de estiramiento durante la masticación, poseen un tejido conectivo submucoso rico en fibras elásticas y poseen glándulas serosas y mucosas entre la piel y el músculo (figura 15).

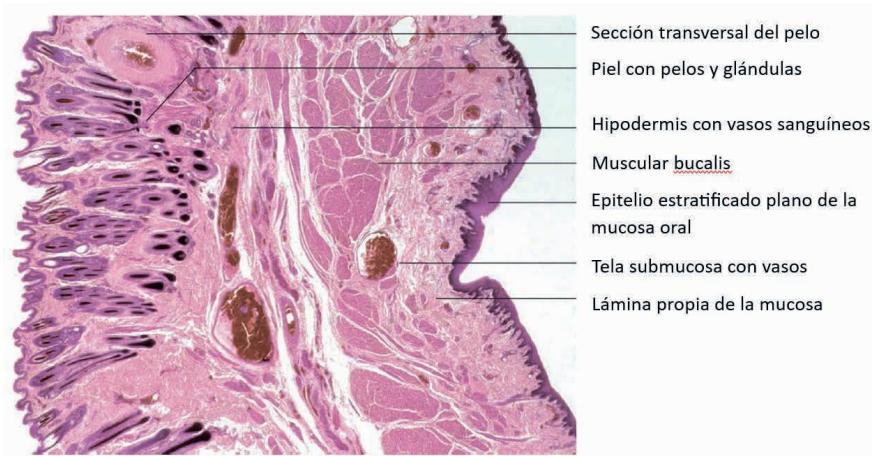


Figura 15. Corte transversal de la mejilla (perro). La superficie exterior está revestida por piel en la que se encuentran numerosos pelos y glándulas. Entre la piel y la mucosa no glandular de la cavidad oral se encuentra una capa de músculo. Tinción con hematoxilina y eosina (x26). (Liebich, 2019).

4. El paladar

Es un tabique que separa la boca de la cavidad nasal, y que incluye del lado de la boca: la mucosa oral y del lado de la cavidad nasal: la mucosa nasal. En la parte anterior, el paladar está constituido por un soporte óseo, y en la parte superior y lateral, la faringe y por músculos (figura 16).

Se diferencian el paladar duro y el paladar blando. En cuanto al primero está revestido por un epitelio estratificado plano queratinizado especialmente grueso y muy queratinizado en el rodete dentario en animales rumiantes (figura 17). La submucosa presenta un tejido conectivo laxo y se continúa con el periorbitario fibroso de la cavidad bucal. En la parte caudal del paladar duro en muchas especies presenta glándulas mixtas y mucosas.

El paladar blando constituye una extensión muscular y fibrosa del paladar duro; en su parte posterior (nasofaringe), la mucosa posee un epitelio pseudoestratificado cilíndrico ciliado; en su superficie anterior está cubierta por una mucosa que posee epitelio estratificado plano (orofaringe) (figura 18). Por debajo se halla la lámina propia que se une a la submucosa la parte central de tejido conectivo puede contener glándulas similares a las que se observan en el paladar duro. Así mismo hay presencia de tejido adiposo, tejido linfoide difuso y nodular. Las amígdalas palatinas se hallan por completo en el paladar blando de los porcinos. En la parte central se halla la capa muscular estriada representada por los músculos palatinos. Durante la deglución, el paladar blando se eleva y cierra la nasofaringe evitando que el alimento pase a la cavidad nasal.

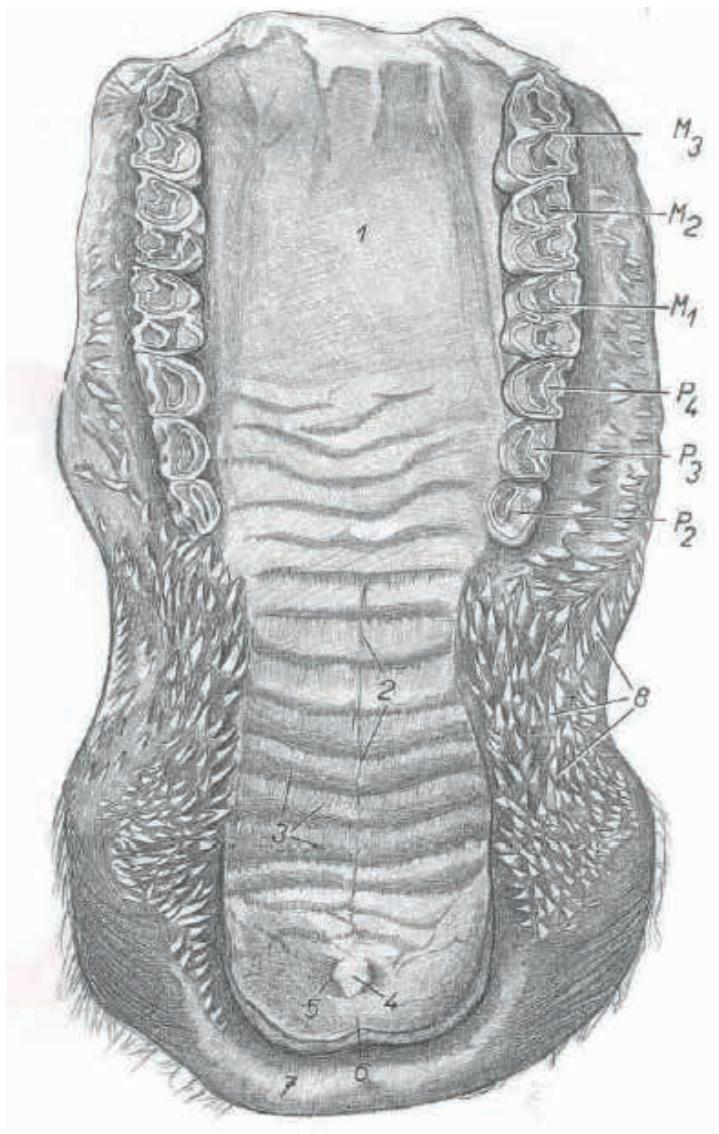


Figura 16. Dibujo del Techo de la cavidad oral del vacuno, se presenta: 1, paladar blando; 2, rafe del paladar; 3, surcos palatinos; 4, papila incisiva; 5, orificio del conducto incisivo; 6, rodete dentario; 7. Labio superior; 8, papilas bucales cónicas; P, premolares; M, molares. (Popesco, 1990)

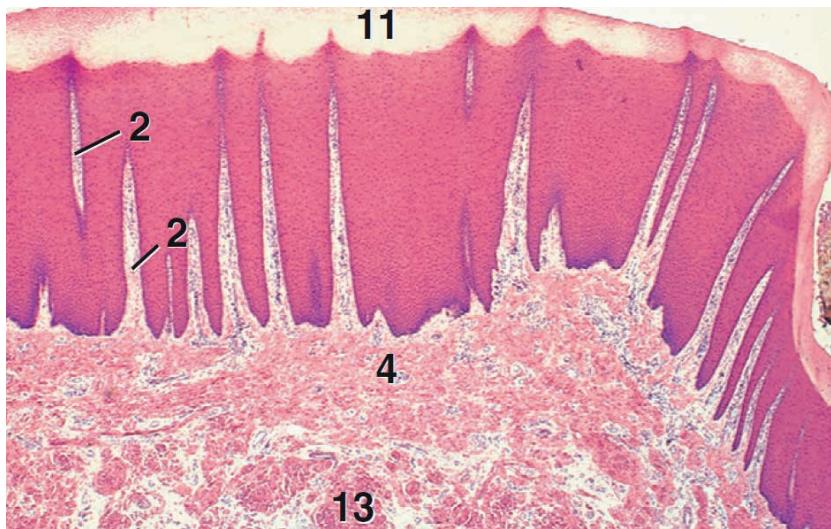


Figura 17. Rodete dentario de vaca correspondiente al paladar duro (correspondería a la sección 6 de la figura 16). La almohadilla dental de los rumiantes se distingue por su estrato córneo grueso y papillas de tejido conectivo bien desarrolladas. H&E x12.5. 2, papila del tejido conectivo; 4, lámina propia; 11, estrato córneo; 13, submucosa. (Bacha & Bacha, 2012).

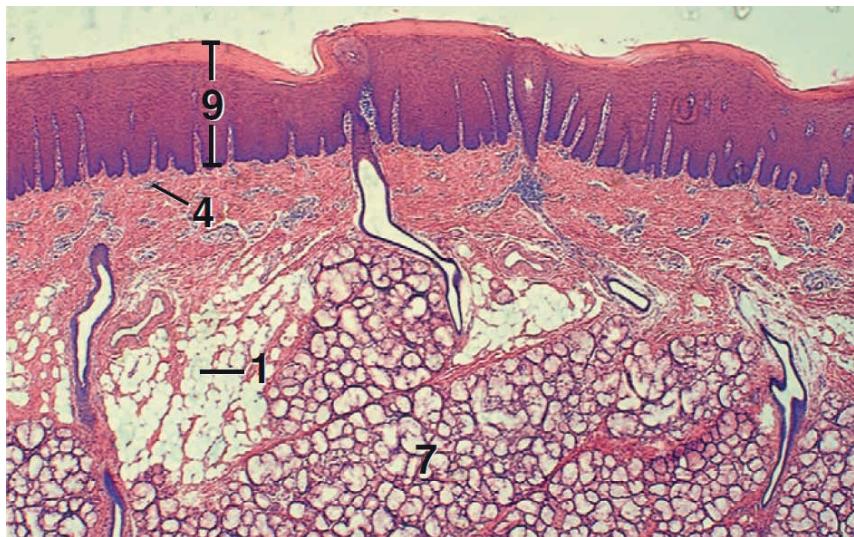


Figura 18. Paladar blando de vaca duro (correspondería a la sección 1 de la figura 16). Las glándulas mucosas y el tejido adiposo ocupan partes de la lámina propia y la submucosa. El epitelio es plano estratificado y queratinizado. H&E x12.5. 1, tejido adiposo; 4, lámina propia; 7, glándulas mucosas; 9, epitelio estratificado plano queratinizado. (Bacha & Bacha, 2012).

5. La lengua

La lengua es un órgano musculoesquelético formado por músculo estriado con haces de células orientadas perpendicularmente entre sí (longitudinalmente, transversalmente y verticalmente). Y cubierta por una mucosa de tipo bucal que en sus caras superior y anterior presenta diferenciaciones, las papilas le dan su aspecto rugoso (figura 19). El epitelio es multiestratificado, escamoso y queratinizado.

5.1. Papillas linguales

Hay seis papillas distintas en las especies animales que se clasifican en mecánicas: papillas filiformes, papillas cónicas, papillas lenticulares, y sensitivas: papillas fungiformes, papillas foliadas y papillas circunvaladas.

- I Papillas cónicas se presentan en dorso de la parte caudal de la lengua del vacuno, perro, gato y cerdo (figura 19), así como en los carrillos (figuras 8 y 16) y suelo de la cavidad oral de otras especies. Presenta un epitelio estratificado plano altamente queratinizado, por debajo está el corion que es un tejido conectivo laxo (figura 20).
- I Papillas filiformes: distribuidas en toda la superficie dorsal de la lengua más precisamente los dos tercios anteriores de la lengua paralelos a las dos ramas del V lingual (figura 19). El tercio posterior correspondiente a la ubicación de la amígdala lingual está desprovisto de papillas. Están formadas por un eje conectivo simple o doble recubierto por un epitelio plano estratificado descamativo y ligeramente queratinizado. En los caballos son relativamente pequeñas, en los rumiantes son bastante grandes y fuertemente queratinizadas (aspecto rugoso de la lengua). En los carnívoros como en los felinos son los más grandes (figura 21).
- I Papillas fungiformes: Son mucho menos numerosas. Se disponen entre las papillas filiformes (figura 19), y principalmente en los bordes y en el extremo de la lengua, de forma redondeada y en los carnívoros, son las más grandes, mientras que en la cabra son los más numerosos (figura 22). Estas papillas presentan yemas gustativas
- I Las papillas caliciformes: Son las más grandes y menos numerosas, dispuestas en la parte posterior de la lengua formando la V lingual abierta anteriormente, tienen forma de cilindro aplanado, y se encuentran incrustadas en la mucosa delimitando un surco circular (figura 19), en cuyo fondo se abren los conductos excretores de las glándulas salivales de Von Ebner. Estas glándulas están contenidas en el corion y están cubiertas por un epitelio bucal que contiene numerosas yemas gustativas ubicadas en los bordes internos del surco (figura 23).

- I Papilas foliadas: tienen forma de una hoja y están separadas por una invaginación de la mucosa, son inexistentes en los rumiantes, se encuentran sólo en carnívoros y especialmente en conejos o están muy desarrolladas en caballos, constituyen una masa papilar, se abren en el mismo sitio que las papilas caliciformes y aparecen como glándulas serosas y rizadas, así mismo, presentan yemas gustativas en las secciones laterales (figura 24).

Además de las glándulas gustativas serosas de Ebner, existen glándulas seromucosas repartidas por toda la lengua y en la base de la lengua glándulas mucosas cuyo cuerpo glandular se encuentra en el tejido conectivo o adiposo intramuscular (figura 25).

Las papilas linguales se dividen en papilas mecánicas que incluyen a las papilas filiformes y papilas cónicas, mientras que las papilas fungiformes, caliciformes y foliadas corresponden a las papilas gustativas. Estas últimas poseen unos corpúsculos gustativos o también llamadas yemas gustativas que son estructuras celulares que poseen quimiorreceptores especializados que transmiten la sensación del gusto.

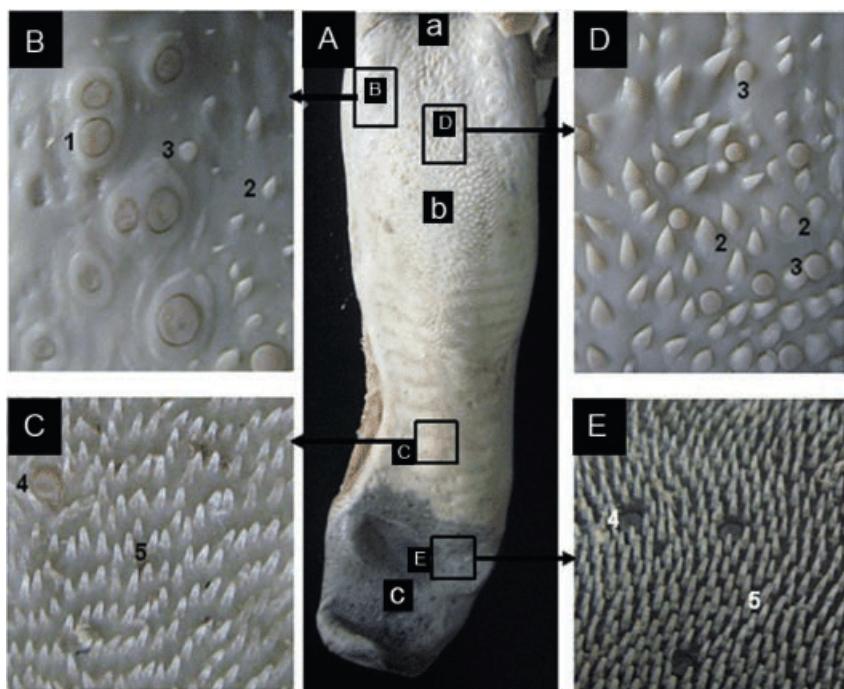


Figura 19. Lengua del bovino: (A) a, raíz lingual; b, cuerpo lingual; c, ápice lingual. (B) 1, papilas circunvaladas; 2, papilas cónicas; 3, papilas lenticulares. (C) 4, papilas fungiformes; 5, papilas filiformes. (D) 2, papilas cónicas; 3, papilas lenticulares; (E) 4, papilas fungiformes; 5, papilas filiformes. (Shao et al., 2010).

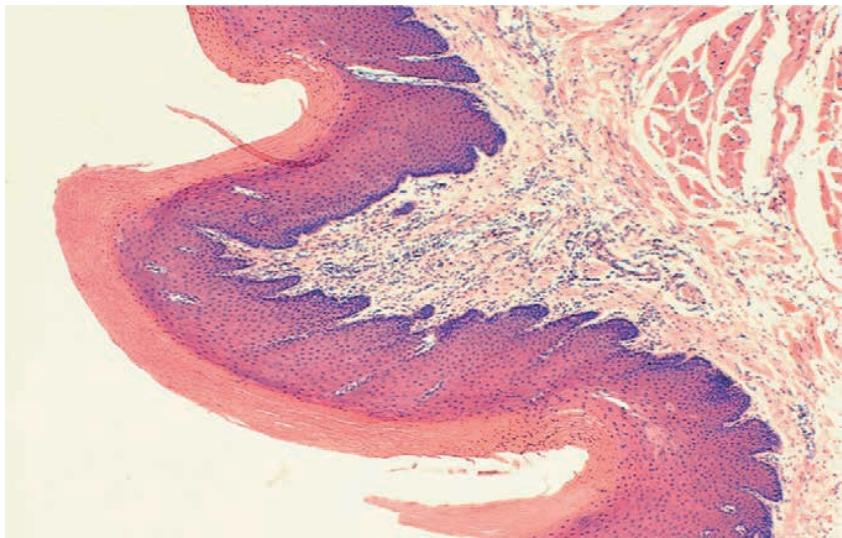


Figura 20. Papila cónica de la lengua de cabra. Esta papila altamente queratinizada se encuentra en la superficie superior de la lengua. (Bacha & Bacha, 2012).

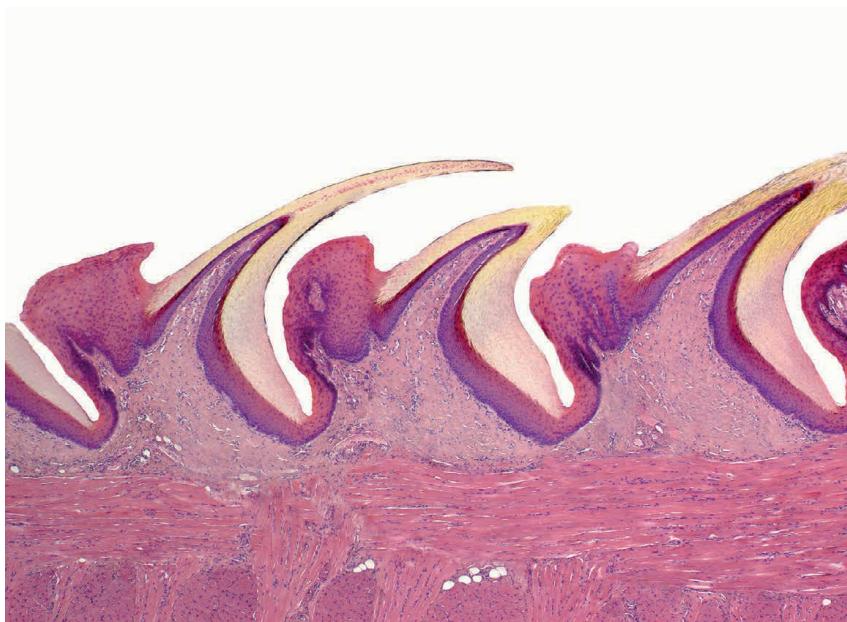


Figura 21. Papila filiforme (gato). Esta papila mecánicamente se caracteriza por una espina cónica dirigida aboralmente que surge de una papila primaria. Otra papila de apoyo se encuentra en la cara oral de la papila primaria. Tinción con hematoxilina y eosina (x32).

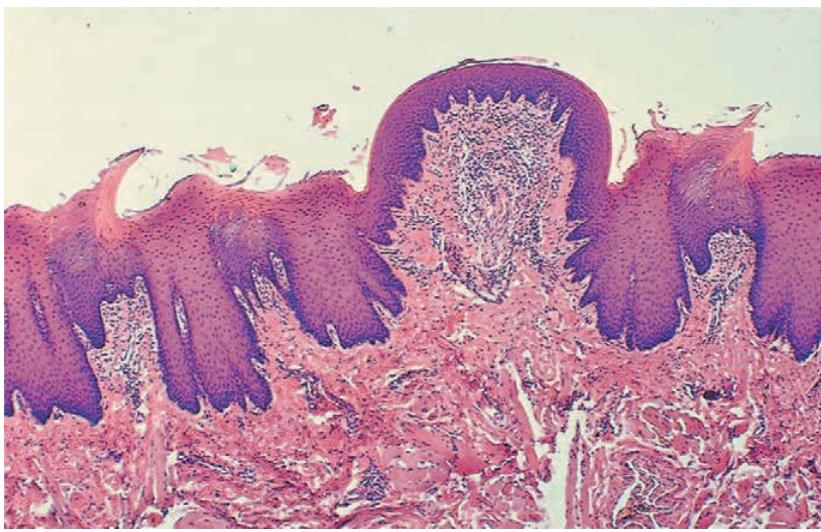


Figura 22. Papilas fungiformes y filiformes, lengua, cabra. Esta sección corresponde a la punta de la lengua. La papila fungiforme tiene forma de montículo en la sección, con un núcleo ancho de tejido conectivo que contiene numerosos nervios. A ambos lados aparecen porciones de proyecciones queratinizadas de papilas filiformes. En los rumiantes, el tejido conectivo de las papilas filiformes se subdivide en varias papillas pequeñas. (Bacha & Bacha, 2012).



Figura 23. Papila circunvalada, lengua de cabra. Esta gran papila se encuentra dentro de una depresión del epitelio lingual. Las papillas gustativas se encuentran dentro del epitelio de la papila que mira hacia la cavidad de la depresión, pero generalmente están ausentes en la superficie superior de la papila. 1, corion; 2, tejido conectivo de la papila; 3, conducto glandular; 4, glándulas de Von Ebner; 5, epitelio estratificado plano; 6, yemas gustativas. H&E. Aumento objetivo de 20x.(Bacha & Bacha, 2012).

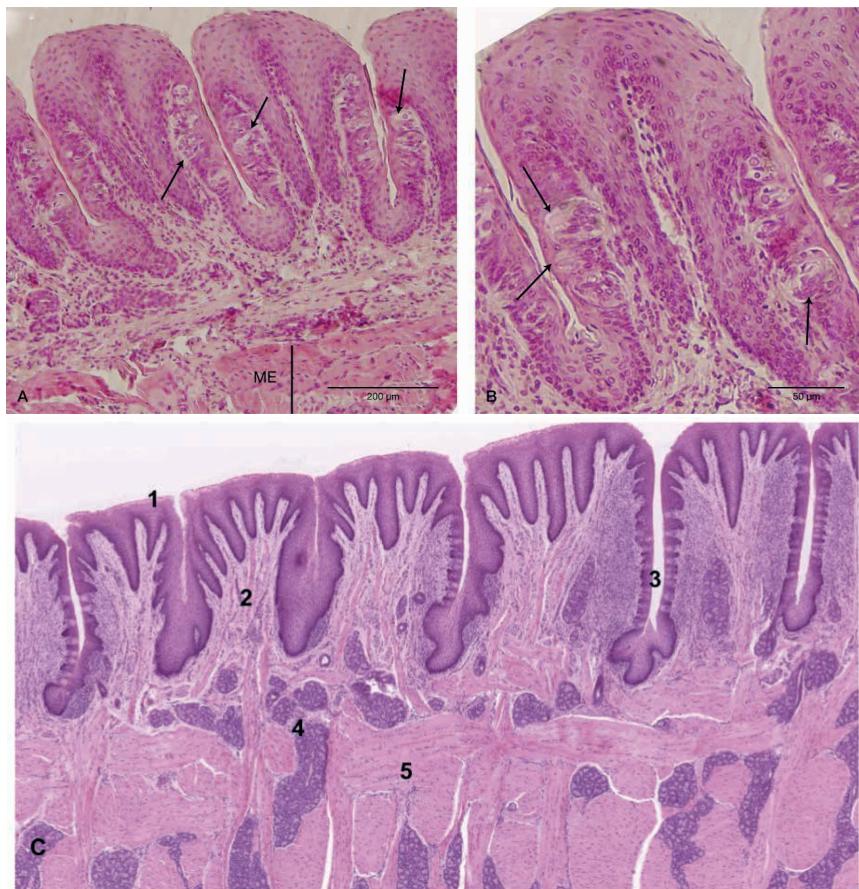


Figura 24. Papilas foliadas, fotomicrografía de un corte de lengua de rata teñida con H&E. A) Se observa la mucosa y el tejido muscular estriado esquelético (ME). En la mucosa se observan papilas foliadas con corpúsculos gustativos (flecha). B) A mayor aumento se observan los diferentes tipos celulares que conforman los corpúsculos gustativos (Brusco et al., 2014). C) Se observa: 1, epitelio estratificado plano; 2, el corion; 3, surco de la papila; 4, glándulas de von Ebner; 5, músculo esquelético.

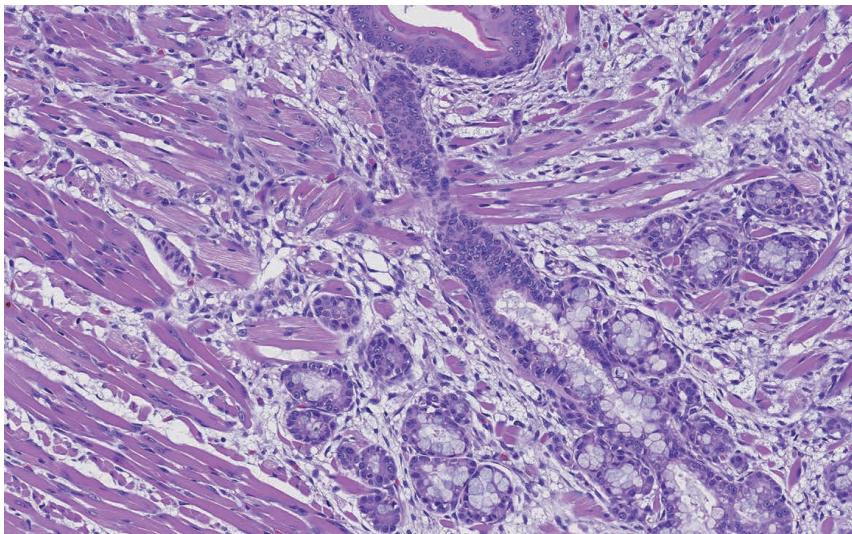


Figura 25. Lengua, rata. Las glándulas salivales lingüales menores son glándulas seromucosas mixtas que son prominentes en la porción basolateral de la lengua y se vacían en la superficie basolateral. La porción serosa de estas glándulas contribuye a la producción de lipasa, que es importante para la hidrólisis de la grasa en la dieta de ratas lactantes. Estas glándulas salivales menores mixtas deben distinguirse de las glándulas puramente serosas de von Ebner (ver Fig. 23 y 24), que también se sabe que producen lipasa. H&E. Aumento objetivo de 20x. (Parker & Picut, 2016).

5.2. Yemas gustativas

Al mencionar las yemas gustativas, que también son llamados botones gustativos o corpúsculos gustativos que tienen una función sensitiva, debemos mencionar su conformación. Son masas celulares ovoides que se extienden desde la membrana basal y se abren a través de un pequeño orificio (poro gustativo) en la superficie epitelial (figura 26 y 27). Las microvellosidades de las células constituyentes se extienden hacia el poro gustativo como “pelos gustativos”.

Existen tres tipos de células en la yema gustativa, visibles mediante microscopio de luz; las células de soporte o sustentaculares, células gustativas o receptores del gusto y células basales (figura 27). Las células de soporte son oscuras y presentan un citoplasma vacuolado y núcleo denso. Las células gustativas son claras, posee forma de huso y muestran un citoplasma denso y núcleo vesicular. Las células basales son pequeñas y se encuentran a lo largo de los bordes de las yemas gustativas basales y laterales. Las terminaciones nerviosas dentro de las yemas gustativas (fibras intragástricas) terminan en las células sensitivas. Las sensaciones gustativas de agrio, dulce, salado y acuoso (neutro) se han descrito en perros. La distribución de modalidades sobre la lengua se relaciona con diferentes tipos de papilas lingüales y se han hecho esquemas de la ubicación de estas.

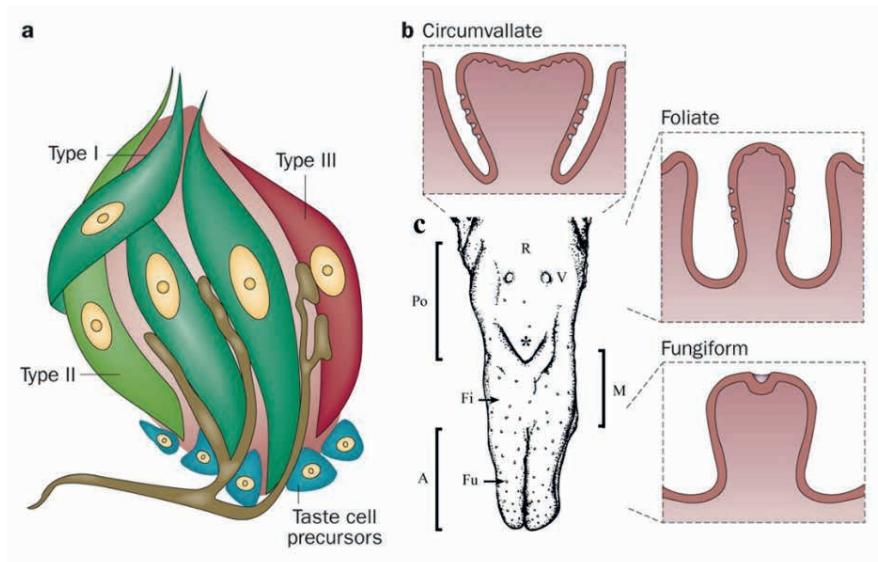


Figura 26. a) Representación esquemática de una papila gustativa y fibras nerviosas intragemales. Por convención, existen cuatro subtipos de células de papila gustativa en las papilas gustativas. De estos cuatro subtipos, solo las células de tipo III forman sinapsis reconocibles con las fibras nerviosas aferentes. b) Localización de las papilas gustativas: circunvaladas (parte posterior de la lengua), foliadas (lados de la lengua) y fungiformes (parte media y anterior de la lengua) (Calvo & Egan, 2015). c) Diagrama esquemático de la lengua de la rata, dividida en las partes anterior (A), media (M) y posterior (Po). Fi: papilas filiformes; Fu: papilas fungiformes; V: papilas circunvaladas; R: raíz de la lengua; surco medio en punta de flecha; prominencia lingual con asteriscos (Wannaprasert, 2018).

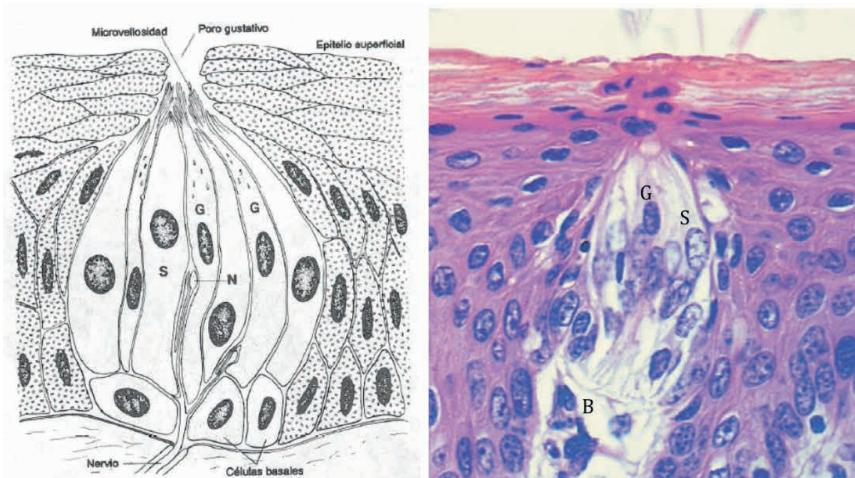


Figura 27. (a) Dibujo de una microfotografía electrónica de un botón gustativo (Banks, 1996). (b) Papila gustativa, papila fungiforme, lengua, caballo. La papila gustativa está incrustada dentro del epitelio escamoso estratificado queratinizado de una papila fungiforme. Las células sensoriales y de sostén son visibles dentro de la papila. El núcleo y el citoplasma de las células sensoriales son ligeramente más oscuros que los de las células de sostén (Bacha & Bacha, 2012). G, célula gustativa; S, célula de sostén; B, célula basal; N, terminación nerviosa.

5.3. Histofisiología de la lengua

Por su composición muscular, la lengua desempeña un papel fundamental en la primera fase de la digestión. Inicialmente, durante la deglución, la porción anterior de la lengua establece contacto con el paladar duro. Al incrementarse la presión ejercida, el bolo alimenticio es impulsado hacia la región faríngea. Este movimiento se completa cuando toda la superficie lingual presiona contra el paladar, acción que se complementa con la contracción del velo del paladar y los posteriores procesos faríngeos y esofágicos involuntarios que finalizan el acto deglutorio.

La lengua actúa como importante órgano sensorial. Esta capacidad se debe a la presencia de corpúsculos gustativos localizados principalmente en las papilas fungiformes, caliciformes y foliáceas, cuya densidad varía significativamente entre especies - desde aproximadamente 47 en aves hasta 25,000 en terneros. Estas estructuras se complementan con las glándulas serosas de Von Ebner, que secretan alrededor de las células sensoriales. Aunque su mayor concentración se halla en la lengua, también se distribuyen en la mucosa bucal, faríngea y epiglótica. La percepción gustativa, mediada por los nervios glosofaríngeo y lingual, desencadena reflejos que estimulan la secreción salival. El tejido conectivo subepitelial contiene

además terminaciones nerviosas especializadas en la detección de estímulos táctiles y térmicos.

Así mismo, la lengua posee una función de defensa, gracias a la presencia de la amígdala lingual (tejido linfoide asociado a la mucosa) que contiene células de defensa como linfocitos y macrófagos.

Cabe destacar que la función bucal representa la etapa preparatoria del proceso digestivo. La acción combinada de la masticación y la hidratación salival transforma los alimentos mecánicamente, incrementando su superficie de contacto y facilitando así la posterior acción enzimática a nivel gástrico. Esta preparación mecánica optimiza las condiciones para una digestión estomacal eficiente.

6. Dientes

Trabajando en conjunto con los labios, la lengua, las mandíbulas superior e inferior y los músculos masticatorios, los dientes son órganos muy duros implantados en el borde alveolar del maxilar y la mandíbula cumplen una función esencial en la aprehensión y descomposición de los alimentos. La dentición de los mamíferos domésticos varía según la especie, y la estructura de los dientes está influenciada por la dieta. A pesar de estas diferencias, los dientes mantienen una estructura básica consistente, que consta de: la corona, el cuello y la raíz.

Adicionalmente en los animales domésticos se distinguen dos tipos de dientes, que se diferencian por sus velocidades de crecimiento y por la disposición de sus capas de tejido mineralizado (esmalte, cemento y dentina). Así se tiene los dientes braquiodontes, a los cuales perteneces todos los dientes del ser humano y de los carnívoros, de igual manera, los dientes incisivos de los rumiantes y todos los del cerdo. Poseen la típica corona (porción del diente que sobresale de la encía a la cavidad bucal), cuello (línea estrecha inmediatamente debajo del borde gingival) y raíz o raíces (porción de la pieza dentaria introducida en el alveolo). La corona y el cuello están cubiertos por esmalte, mientras que la raíz lo está por cemento. Por debajo del esmalte y el cemento, a lo largo de todo el diente, se halla la dentina (figura 29). Los dientes hipsodontes lo tienen los mamíferos ungulados (con pezuñas) y que han desarrollado coronas dentales altas. Los dientes de corona alta se han denominado dientes hipsodontes (*hypso*; que significa alto) que proporcionan material adicional para el desgaste. Algunos ejemplos de animales con dentición hipsodonte son las vacas y los caballos (figura 30).

El diente está formado por dos sustancias fundamentales: a) una sustancia dura conformado por la dentina, el esmalte y el cemento y b) una sustancia blanda compuesta por la pulpa dental, periodonto y el ligamento alveolodental (figura 28 y 29).

Desde dentro hacia fuera observamos; pulpa dental, dentina, esmalte y cemento.

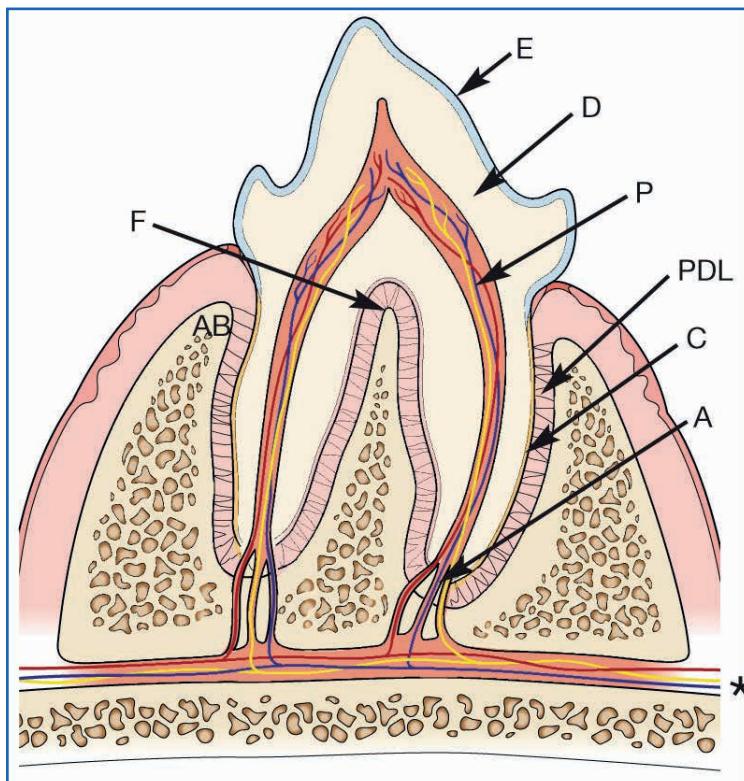


Figura 28. Anatomía básica del diente. La corona del diente está cubierta de esmalte (E), y las raíces están cubiertas de cemento (C). La dentina (D) comprende la mayor parte del tejido duro del diente. Dentro del diente se encuentra la pulpa (P). Este es un tejido blando compuesto por arterias, venas y nervios, que ingresan a través del ápice de la raíz (A) (son ramas de la arteria, vena y nervios maxilares y mandibulares [*]), así como vasos linfáticos, fibroblastos, odontoblastos y células mesenquimales indiferenciadas. Dentro de la corona, el espacio pulpar se denomina cámara pulpar y dentro de la raíz, conducto radicular. El ligamento periodontal (LPD) ancla el diente dentro del alvéolo uniéndose al cemento y al hueso alveolar (AB). La furca (F) es donde se dividen las raíces y, en estado sano, esta área está llena de hueso alveolar. (Perry & Tutt, 2015).

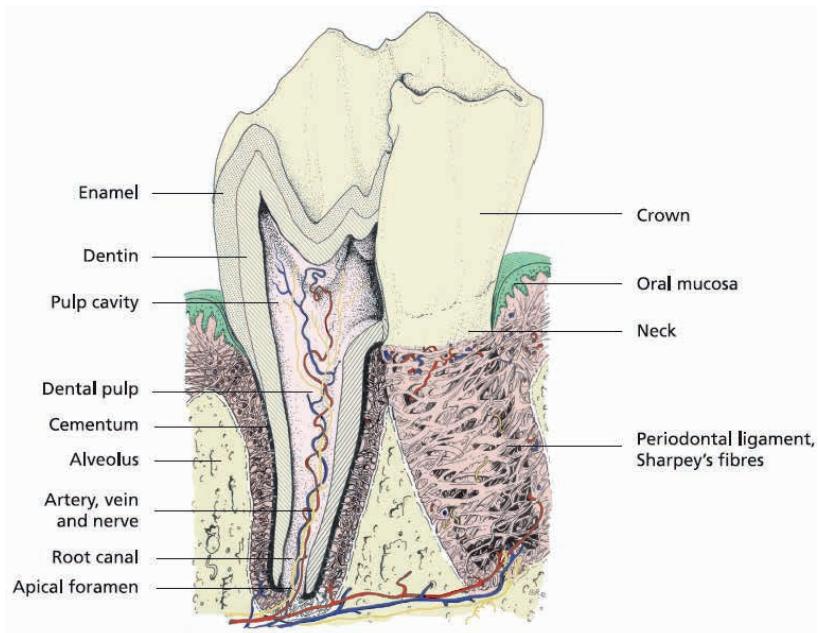
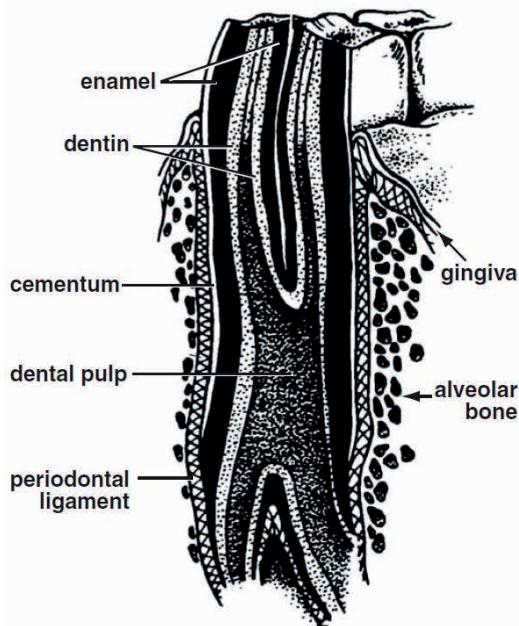


Figura 29. Esquema de la estructura de un diente y tejidos de soporte (Liebich, 2019).



HISTOLOGÍA DE LA CAVIDAD ORAL

Figura 30. Dibujo esquemático de una sección longitudinal a través de un diente de hipsodonte in situ. (Eurell & Frappier, 2006).

6.1. Pulpa dental

Compuesto de tejido conectivo que contiene vasos y nervios (figura 28 y 29).

Consta de una parte central que contiene fibras finas de colágeno, fibroblastos y macrófagos. Y una parte periférica donde se encuentran los odontoblastos (células productoras de dentina).

La vascularización del diente se realiza mediante la arteria dentaria que penetra en la pulpa para resolverse en una red capilar muy rica a nivel de la zona periférica.

La inervación sensorial es proporcionada por fibras mielinizadas y no mielinizadas que llegan a la parte periférica de la pulpa para formar un plexo periodontoblástico marginal. El microscopio electrónico reveló que las fibras amielínicas pueden deslizarse entre los canalículos de la dentina calcificada. Su estimulación mecánica sería la causa de la percepción de las presiones durante el acto de la masticación.

6.2. Dentina

Constituye el verdadero esqueleto del diente, una estructura próxima a la del hueso, pero acelular porque los odontoblastos que lo producen se encuentran en la pulpa. La dentina es producida por una capa de odontoblastos mesenquimales ubicados periféricamente en la pulpa dental. Desde los odontoblastos se extienden procesos citoplasmáticos (fibras dentinales) que se ramifican lateralmente y pronunciados (figura 31). Los odontoblastos producen predentina, que comprende la sustancia fundamental (incluidas las glicoproteínas y los glucosaminoglicanos) y el colágeno. Los odontoblastos mesodérmicos están dispuestos radialmente con respecto a los ameloblastos ectodérmicos.

Los odontoblastos son células cilíndricas altas que se disponen como un epitelio cilíndrico simple, manteniéndose unidas por complejos de unión. Constan de un cuerpo celular que ocupa la periferia de la pulpa y largas prolongaciones apicales que ingresan en la dentina. Apicalmente los odontoblastos emiten prolongaciones largas denominadas "fibras de Tomes", o procesos dentinal, que invade la dentina (figura 31). El espacio existente entre fibra y fibra de los odontoblastos está ocupado por la "predentina".

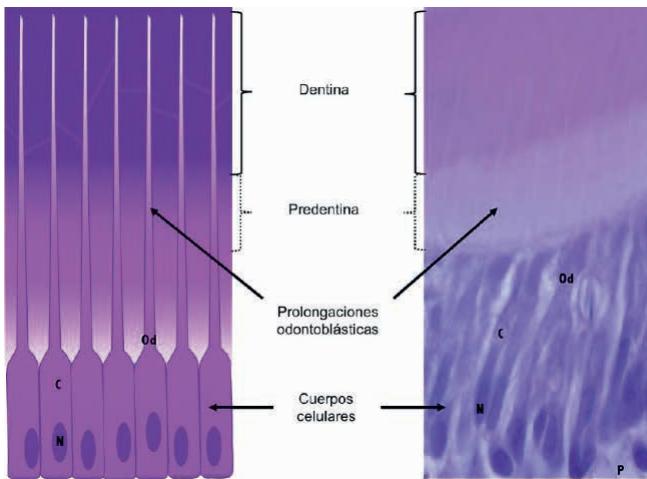


Figura 31. Representación esquemática (izquierda) y fotomicrografía (derecha) de la organización estructural de los odontoblastos (Od). Estos exhiben una forma columnar con un núcleo (N) y citoplasma (C) localizado en la periferia de la pulpa dental (P), y prolongaciones odontoblásticas que se extienden hacia la matriz mineralizada (dentina), atravesando una capa de matriz recién formada denominada predentina. En la imagen de la derecha se observa la coloración hematoxilina-eosina de primer molar mandibular de un ratón de siete días de desarrollo posnatal. (Simancas-Escorci, 2019).

6.3. Esmalte

Es un tejido translúcido extremadamente duro (el más duro del cuerpo), cuya mineralización alcanza el 96% de las sales de calcio secretadas por los ameloblastos durante la vida intrauterina. El esmalte tiene una estructura formada por miles de prismas hexagonales con contornos sinuosos en profundidad pero que se vuelven perpendiculares a la superficie del diente (aspecto lamelar).

Los ameloblastos son células cilíndricas que solo están presentes durante la formación del diente. Constituyen una capa simple de células que separan la dentina del esmalte. Son células altas con núcleo ovoide y basal, su citoplasma es eosinófilo, los núcleos fuertemente basófilos. Su superficie apical, cada ameloblasto tiene una prolongación fina y larga con abundantes gránulos secretorios dependientes del aparato de Golgi. Estos gránulos precursores poseen proteínas y glucoproteínas, que pasarán a constituir la materia orgánica del esmalte, aunque sufrirán modificaciones cualitativas y cuantitativas posteriormente.

6.4. Cemento

Cubre la dentina a nivel radicular. Estructura próxima al hueso pero que se diferencia por una organización no laminar y por la existencia de 02 capas distintas: un cemento interno o acelular (de unas pocas micras), y un osteocemento externo o más grueso que contiene cementocitos.

Los cementocitos son células cuyo citoplasma posee muchas prolongaciones que se interconectan con los de las células vecinas; estas prolongaciones viajan por canalículos formados en la sustancia intercelular antes de que esta se calcifique (similar a los osteocitos del tejido óseo).

El cemento que recubre la porción superior de la raíz es acelular. De la sustancia intercelular del cemento de la raíz parten haces de fibras colágenas que terminan en el hueso alveolar, durante su trayecto forman parte de la membrana o ligamento periodontal. Por lo tanto, la función principal del cemento es la servir de anclaje a estas fibras que atraviesan las laminillas (fibras perforantes).

6.5. Ligamento alveolodental

Ocupa el espacio entre el cemento y el hueso alveolar; Compuesto por fibras de colágeno con orientaciones horizontales y longitudinales.

7. La faringe

Debido a su relación con las cavidades nasal y oral, el epitelio de la faringe varía según la región. En la nasofaringe, la mucosa faríngea está revestida por epitelio ciliado pseudoestratificado que contiene células caliciformes. Las glándulas serosas y mixtas están presentes en la propria-submucosa.

El epitelio de la mucosa orofaríngea es escamoso estratificado. La lámina propia encierra tejido linfoide que varía según la especie en su grado de organización (folículos linfoides, amígdalas). La capa de tejido conectivo está cubierta por fibras elásticas y se fusiona indistintamente con una tela submucosa que contiene glándulas mucosas. Fuera de la submucosa faríngea hay una capa fascial interna, una capa de músculo estriado, una capa fascial externa y una túnica adventicia constituida por un tejido conectivo laxo.



HISTOLOGÍA DEL ESÓFAGO

El esófago representa la porción inicial del tracto digestivo, extendiéndose desde la región inferior de la faringe hasta su conexión con el sistema digestivo posterior. En los animales monogástricos, este órgano tubular desciende a través del diafragma para terminar en la unión esofagogástrica a nivel del cardias. Por el contrario, en los rumiantes y tilópodos como los camélidos sudamericanos, el esófago establece una conexión directa con el primer compartimento del estómago compuesto - el rumen en los rumiantes o el compartimento proximal (C1) en los tilópodos. Estas variaciones anatómicas reflejan las adaptaciones fisiológicas a los diferentes patrones de alimentación y procesos digestivos característicos de cada grupo animal, donde la anatomía esofágica se ha especializado para cumplir con los requerimientos particulares de cada sistema digestivo.

Incluye cuatro segmentos: cervical, torácico, diafragmático y abdominal. En sección transversal, la luz del esófago aparece como una hendidura aplanada de adelante hacia atrás y más abierta en su parte inferior. Alrededor de esta luz se disponen las cuatro capas características del tracto digestivo (figura 32 y 33):

1. Túnica mucosa del esófago

Esta parte del esófago se forma de tres capas de células, la lámina epitelial que es un epitelio estratificado plano y el grado de queratinización varía en función de la especie, por ejemplo, en el caso del perro es no queratinizado (figura 33), mientras que en el caballo es queratinizado (figura 35) y obedece al tipo de alimentación que tienen las especies animales. La lámina propia es típica y puede contener muchos nódulos linfáticos y tejido linfático difuso en especial en porcinos. Estas estructuras son más evidentes en la unión esófago-gástrica. La lámina muscular de la mucosa también es típica pero su presentación es variable. Se continúa con la capa de fibras elásticas de la faringe. Es gruesa y completa en el ser humano, se forma de haces musculares que se funden en el esófago en equinos, rumiantes y gatos. Es discontinua y solo en la porción caudal en la llama; está ausente en la región cervical en perros y cerdos (pudiendo ser completa cerca del estómago).

Tabla 1. Comparación de la estructura de la pared esofágica en especies domésticas

Estructura	Equino	Porcino	Rumiantes	Llama	Perro	Gato
Epitelio plano estratificado	Queratinizado	Queratinizado	Queratinizado	Queratinizado	Nio queratinizado	No queratinizado
Papillas conectivas de la lámina propia	+	+	+	+	-	-
Muscular de la mucosa	+	Ausente en craneal. Muy desarrollado en caudal	+	Discontinua y solo en la parte caudal	Ausente en craneal. Intratrumpido en la parte media	+
Glandulas submucosas	Solo en la región laringoesofágica	Abundantes en craneal, escasas en caudal	Solo en la región laringoesofágica	Abundantes a lo largo del esófago	Presenta a todo lo largo, extendiéndose dentro del estómago	Solo en la región laringoesofágica
Túnica muscular	Estriada en las dos terceras partes craneales; lisa en el tercio caudal; circular interna muy engrosada muy cerca del estómago	Estriada en craneal; mixta en la parte media: lisa en caudal	Estriada en toda su extensión (incluso el surco reticular)	Estriada en toda su extensión	Estriada en craneal, lisa en caudal	Estriada en craneal, lisa en caudal

2. Tela submucosa del esófago

Está formado por tejido conectivo laxo rico en fibras elásticas, contiene glándulas acinares mixtas compuestas (glándulas esofágicas) que se distribuyen a lo largo de todo el esófago y cuyos conductos excretores atraviesan la mucosa hasta llegar a una salida de luz (figura 34).

La túnica mucosa y submucosa presentan pliegues longitudinales que permiten la expansión del órgano. En la túnica submucosa se encuentra el plexo de Meissner o submucoso, con sus fibras y células ganglionares del sistema nervioso vegetativo.

3. Túnica muscular del esófago

La túnica muscular presenta músculo estriado o liso, incluso ambos. Está dispuesto en dos láminas interna y externa (figura 33). La capa interna que está más cerca a la luz posee las fibras que corren de manera circular, y la externa cuyas fibras se orientan longitudinalmente a lo largo del tubo. En rumiantes, camélidos y perros, la túnica es estriada por completo. En cerdos, la región cervical posee músculo estriado, el área torácica es mixta y la región caudal se forma de músculo liso. En equinos y gatos, la túnica está constituida por músculo estriado hasta la región media, y después se compone de músculo liso.

Entre ambas capas musculares se ubica el plexo de Auerbach o mioentérico. Debe destacarse que las fibras estriadas presentes en mayor o menor grado en el esófago también son inervadas por el sistema nervioso vegetativo.

4. La adventicia - serosa

La adventicia rodea toda la musculatura en la región cervical y consta de un tejido conjuntivo conectivo laxo en el cual están los vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios. El esófago torácico está ampliamente revestido por la pleura mediastínica en la mayoría de las especies. El esófago abdominal del caballo tiene una longitud aproximada de 2.5 cm y esta recubierta por la serosa peritoneal. En los carnívoros es más corto y está revestido por peritoneo, mientras que en otras especies la unión esófago-gástrica está en el diafragma o cerca de él, y carece de un revestimiento mesotelial.

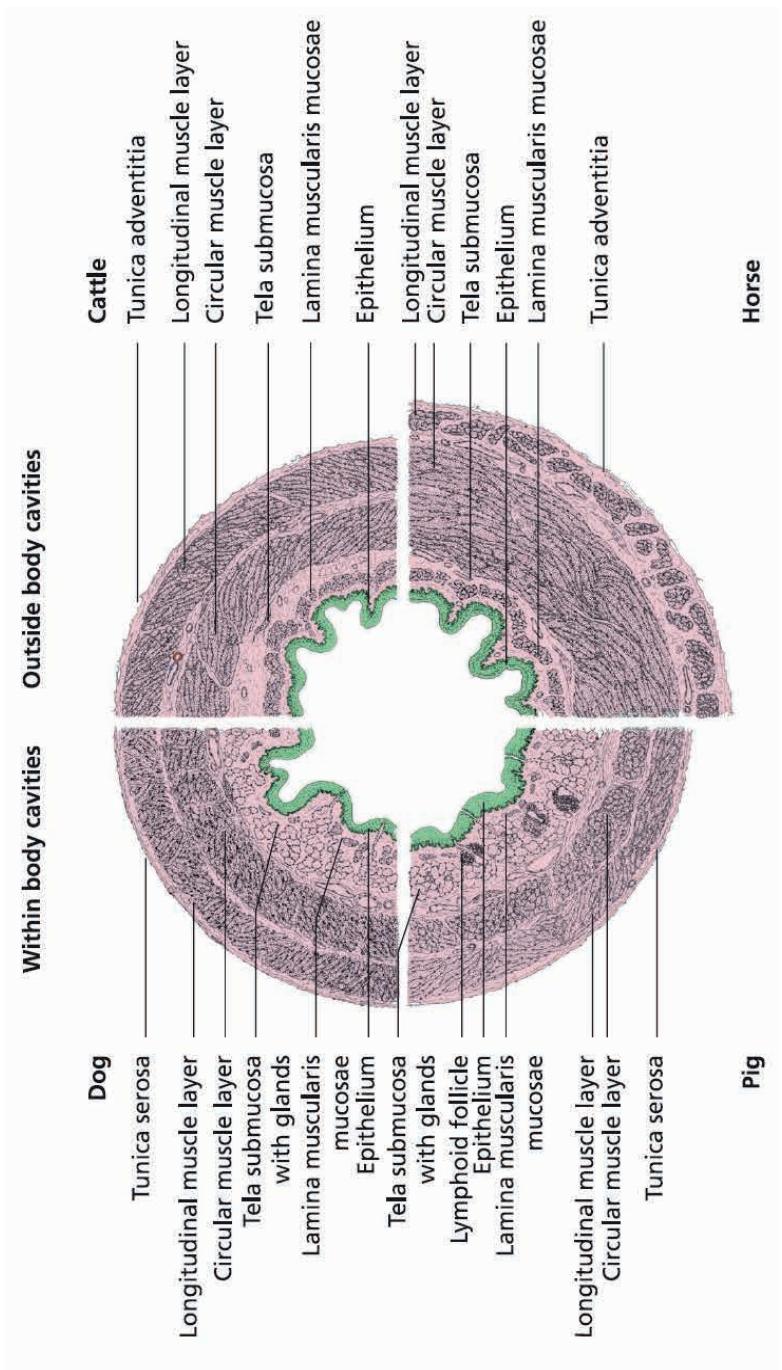


Figura 32. Esquema comparando la estructura del esófago en diferentes especies. (Liebich, 2019).



Figura 33. Esófago, región media, corte transversal, perro. Las glándulas del esófago del perro son predominantemente mucosas. Se encuentran en la submucosa a lo largo de todo el esófago del perro. La muscularis externa es músculo esquelético. Corte transversal H&E 52X. 1, vaso sanguíneo; 4, lámina propia; 6, glándulas mucosas; 7, túnica muscular circular interna; 8, túnica muscular longitudinal externa; 9, muscular de la mucosa; 10, epitelio estratificado plano no queratinizado.(Bacha & Bacha, 2012).



Figura 34. Esófago región craneal, gato. En la submucosa hay unas pocas glándulas mixtas. En el gato, el caballo y los rumiantes, las glándulas esofágicas se encuentran solo cerca de la unión del esófago y la faringe. El revestimiento escamoso estratificado del esófago de los carnívoros normalmente no está queratinizado. En el gato y el caballo, la muscular externa es músculo esquelético en gran parte del esófago. La transición de esquelético a liso ocurre en la parte caudal del quinto al tercio del esófago en estos animales. Corte longitudinal H&E 25x. 1, tejido adiposo; 5,

lámina propia; 6, glándulas mixtas; 8, túnica muscular circular interna; 14, epitelio estratificado plano no queratinizado; 16, submucosa. (Bacha & Bacha, 2012).

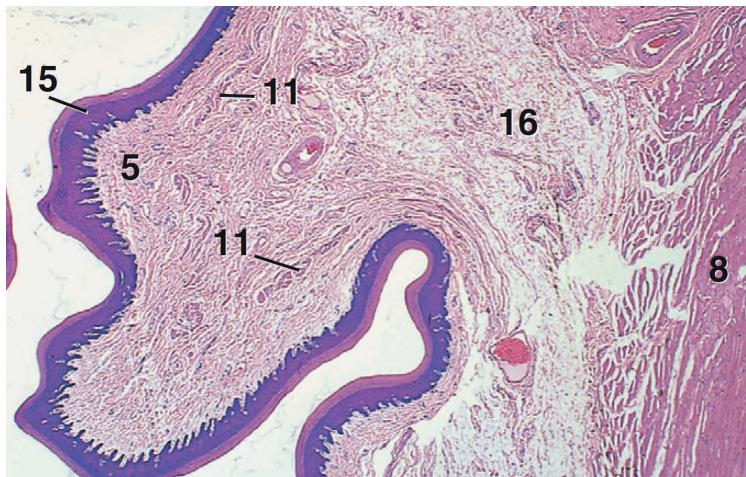


Figura 35. Esófago craneal, caballo. El epitelio estratificado plano muestra una capa queratinizada distintiva. El epitelio también está queratinizado en cerdos y rumiantes. En el esófago craneal del caballo, el gato y los rumiantes hay una escasa muscular de la mucosa. La muscularis externa está formada por músculo esquelético en esta región. Corte transversal H&E 12.5x. 5, lámina propia; 8, túnica muscular circular interna; 11, muscular de la mucosa; 15, epitelio estratificado plano queratinizado; 16, submucosa. (Bacha & Bacha, 2012).

5. Función del esófago

El esófago participa involuntariamente en la deglución. Los alimentos se desplaza merced a los movimientos peristálticos de origen parasimpático y de origen miógeno local. Normalmente, la deglución esofágica demora 10 a 15 segundos según la especie. Los líquidos prácticamente pasan en forma directa sin generar ondas musculares. El cardias, o esfínter esofágico caudal, es un engrosamiento anular de la musculatura esofágica en su unión con el estómago: su función es evitar la regurgitación del contenido gástrico dentro del esófago. Solo en el equino presenta un desarrollo importante, aunque en los rumiantes y tilópodos es de gran importancia en la fisiología de los preestómagos. En estos últimos la aparición de ondas musculares antiperistálticas (con sentido inverso al corriente) son esenciales para impulsar el contenido ruminal hacia la cavidad bucal durante el acto de la rumia.

Una vez que el bolo alimenticio penetra en la faringe, la deglución se convierte en un acto reflejo que escapa del control voluntario. El reflejo se inicia en receptores ubicados en la faringe, epiglotis y raíz de la lengua y los mensajes recibidos asciendan hasta el bulbo raquídeo donde se encuentra el centro de la deglución. De este último parten fibras eferentes (a través del nervio vago y glosofaríngeo principalmente) que completan el reflejo al provocar la contracción de la musculatura faringe-esofágica. Como consecuencia, una o varias ondas peristálticas hacen progresar el bolo hacia el estómago.



HISTOLOGÍA DEL ESTÓMAGO

Es el segmento más dilatado del tracto digestivo, donde el bolo alimenticio se acumula y se transforma químicamente antes de ser evacuado hacia el intestino. La pared del estómago está formada por las 04 túnicas características del tracto digestivo; Mucosa del estómago con una submucosa, otra muscular y una envoltura serosa (figura 38).

La propia mucosa del estómago se caracteriza por glándulas estomacales, esta se presenta en 03 espacios los cuales se designan según su posición como glándulas del cardias, glándulas del fundus y glándulas del piloro (figura 36).

Sólo en humanos y carnívoros todo el estómago está cubierto por una membrana mucosa propiamente dicha (estómago simple).

Estructura histológica: La pared gástrica está formada por las cuatro túnicas características del tracto digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa, con variaciones locoregionales sin embargo significativas.

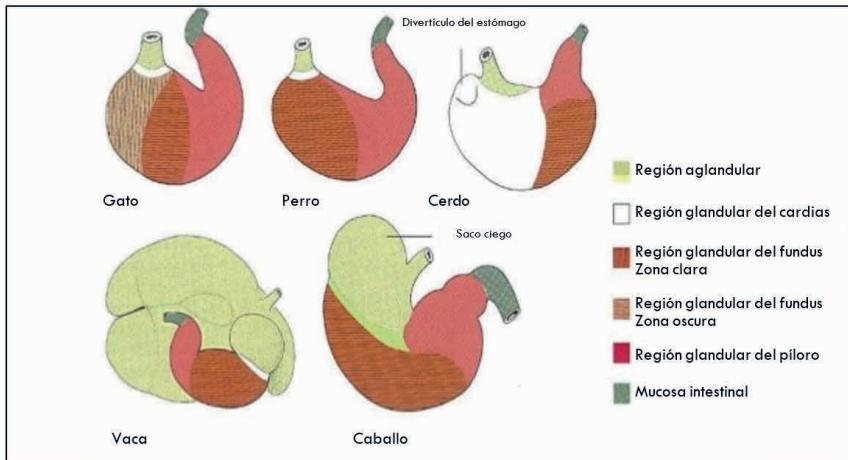


Figura 36. Representación esquemática de la distribución de la mucosa gástrica en el cerdo, gato, perro, caballo y vaca. (Liebich, 2019).

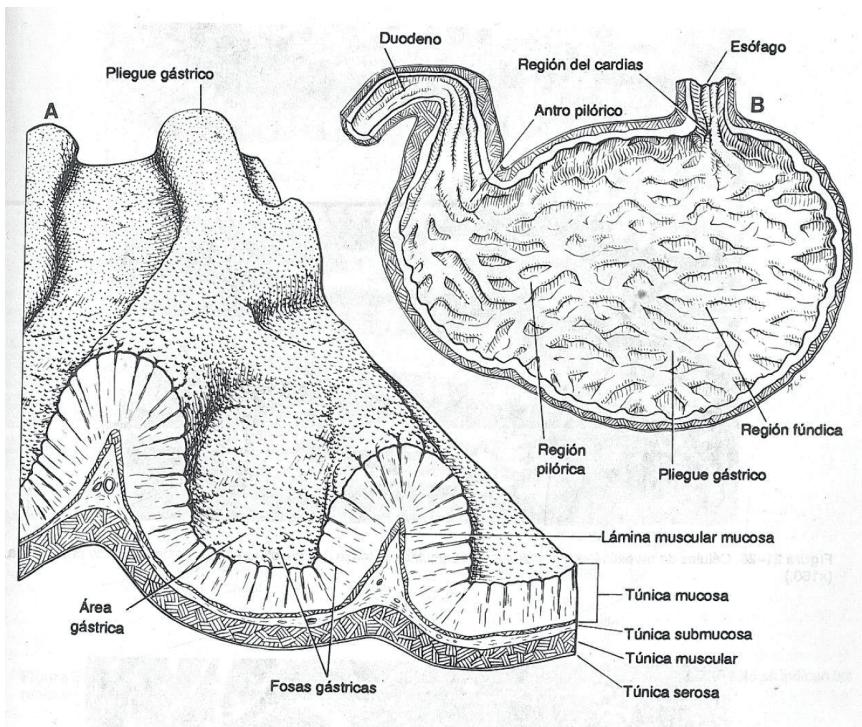


Figura 37. Esquema de la cara interna del estómago del perro, nótese los pliegues gástricos prominentes en la ilustración inferior, característicos del estómago no distendido (dibujo superior). (Banks, 1996).

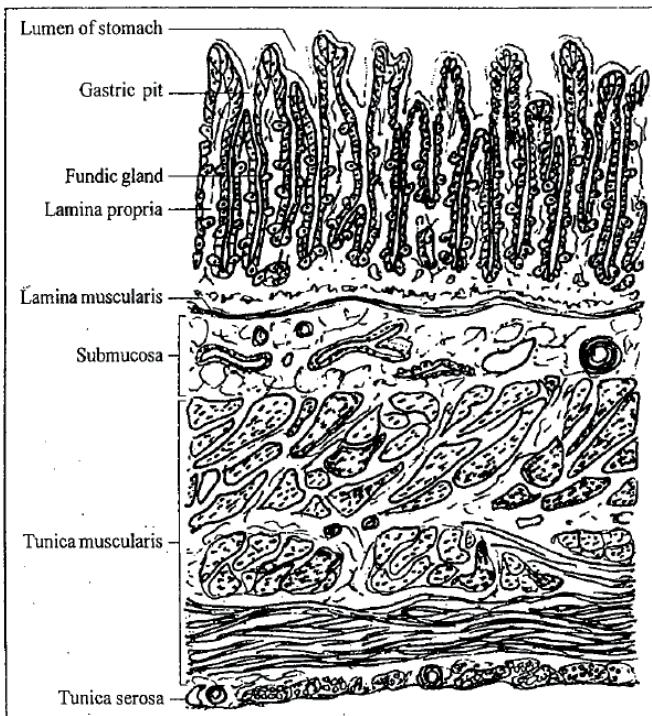


Figura 38. Esquema de la pared del estómago, se observa las cuatro túnicas que conforma la pared del estómago (Ghosh, 2002).

1. La túnica mucosa del estómago

Al abrir el estómago, la cavidad gástrica parece estar atravesada por pliegues profundos, especialmente a nivel del cuerpo; estos pliegues desaparecen cuando el órgano se distiende. A menor escala, la superficie de la mucosa presenta finos surcos que delimitan zonas de 3 a 4 mm de diámetro, persistentes cualquiera que sea el estado de repleción. Estos surcos son la expresión de la invaginación regular del epitelio de la mucosa que forma criptas que protegen las glándulas (figura 37).

La mucosa gástrica se caracteriza por la presencia de un epitelio de revestimiento cilíndrico simple con un polo mucoso cerrado y glándulas que tendrán un aspecto diferente según la región (figura 39).

El epitelio gástrico superficial consta de un solo espesor y se extiende por toda la superficie de la mucosa gástrica y dentro de las criptas. Está formado por células cilíndricas, más altas que anchas, con un núcleo ovoide situado en el tercio basal. El polo apical está ocupado por gránulos de moco, limitados por una membrana que sólo raramente se fusiona entre sí o con la membrana plasmática.

Dependiendo del tipo de glándula se distinguen tres variedades de mucosa gástrica: fúndica, pilórica y cardíaca.

1.1. La mucosa fúndica gástrica

Es característico de la región del fondo (curvatura mayor) y del cuerpo del estómago. De unos 0,8 mm de espesor, forma criptas recubiertas por el epitelio superficial, en cuyo fondo se abren las glándulas fúndicas. Son glándulas tubulares rectas que comprenden una zona de unión con el epitelio superficial, un cuello, un cuerpo y una base. Estas glándulas están compuestas por 4 tipos de células que descansan sobre una membrana basal (figura 39).

a- Las células mucoides del cuello, pequeñas, contienen, en el citoplasma, mucopolisacáridos, ácidos carboxílicos. Presentando una estructura heterogénea en microscopía electrónica, así como granos de pepsinógeno, precursor de la pepsina.

b- Las células principales constituyen la mayoría de las células del cuerpo de la glándula. Secretan pepsinógeno en grandes cantidades y tienen todas las características de las células secretoras de proteínas con un núcleo redondeado, un retículo granular basal muy desarrollado, un aparato de Golgi supranuclear y gránulos secretores apicales (Figura 41).

c- células parietales (células limítrofes u oxínticas): son células grandes, ovaladas, que se sitúan en posición excéntrica respecto al eje de la glándula, y que se comunican con la luz por una especie de istmo intercalado entre las células principales (figura 41). En este nivel la membrana plasmática se invagina formando un canal intracelular que se resolverá en una red extremadamente complicada de canalículos cuya pared está erizada de microvellosidades. Esta red se duplica dentro del retículo liso. El resto de la célula contiene los orgánulos habituales con una gran riqueza de mitocondrias. Estas células son responsables de la secreción de ácido clorhídrico y factor intrínseco.

d- Células endocrinas, también llamadas células argentafines: por sus propiedades reductoras de sales de plata, representan uno de los elementos del vasto sistema endocrino difuso del tracto digestivo, compuesto por células aisladas. Sólo los métodos bioquímicos y citoquímicos han permitido reconocer la naturaleza secretora exacta de estas células. En las glándulas fúndicas encontramos células enterocromafines, gran cantidad de células enterocromafines similares, células gastrointestinales, algunas células secretinas y finalmente células de enteroglucagón, debido a su relación con las células de los islotes del páncreas (figura 40).

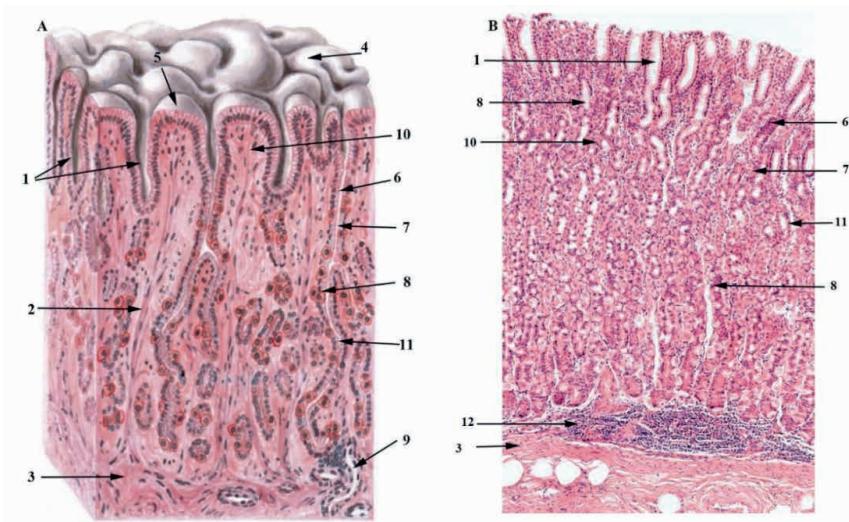


Figura 39. A) Región de la glándula gástrica (fúnica) propiamente dicha del estómago (perro; esquema). B) Región de la glándula gástrica (fúnica) propiamente dicha del estómago (perro). Tinción con hematoxilina y eosina (x100). 1, fosa gástrica; 2 células musculares; 3, muscular de la mucosa; 4, rugosidades gástricas; 5, epitelio cilíndrico simple; 6, itsmo; 7, cuello de la glándula tubular; 8, células parietales y principales; 9, vasos sanguíneos; 10, lámina propia; 11, glándula tubular; 12, tejido linfoide. (Liebich, 2019).

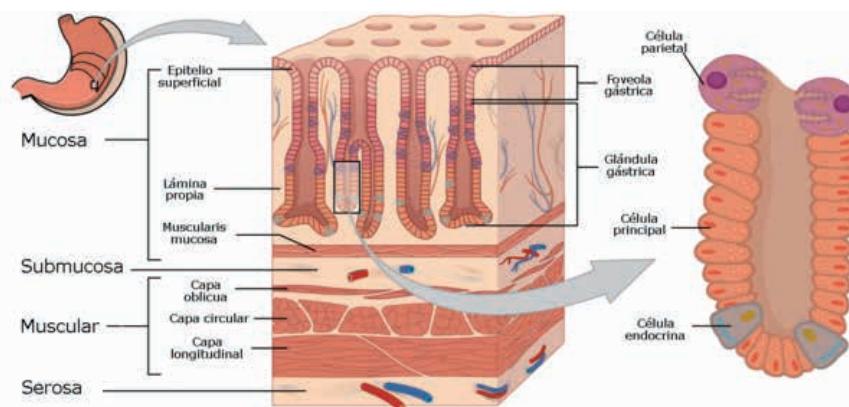


Figura 40. Esquema de la pared del estómago de la región fúnica, se observan los detalles de las glándulas gástricas.

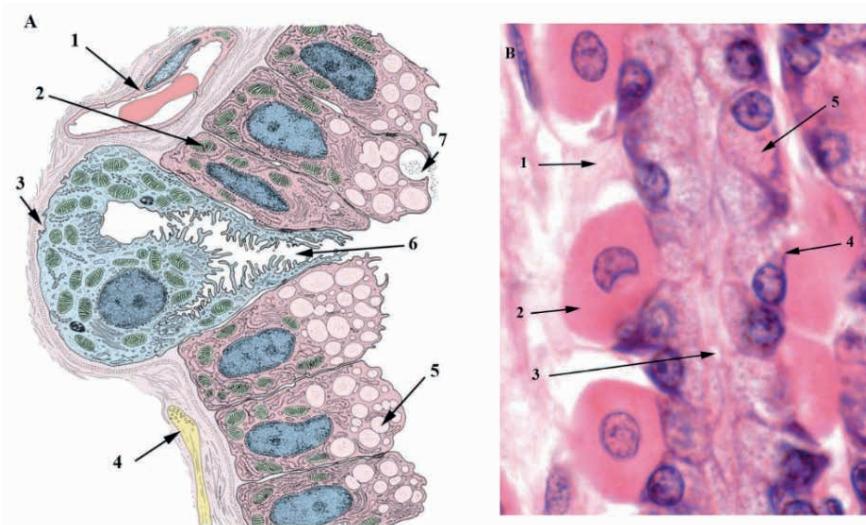


Figura 41. A) Células principales en la región de la glándula gástrica propiamente dicha (fúnídica) con células parietales adyacentes en diferentes fases secretoras (esquema). 1, vaso sanguíneo; 2, célula principal; 3, membrana basal; 4, fibra nerviosa autónoma; 5, gránulos de célula principal; 6, Citoplasma activado de una célula parietal con canalículos intracelulares expandidos; 7, secreción activa de célula principal. B) Glándula gástrica propiamente dicha (fúnídica) con células principales y células parietales ubicadas periféricamente (perro). Tinción con hematoxilina y eosina ($\times 1200$). 1, lámina propia de la mucosa; 2, célula parietal; 3, lumen de la glándula; 4, lámina propia de la mucosa con una parte de la célula parietal; 5, citoplasma de la célula principal. (Liebich, 2019).

1.2. La mucosa pilórica

La mucosa pilórica tiene un espesor de 0,4 a 0,5 mm, es más delgada que la mucosa fúnídica y sigue a esta última en la región pilórica, después de una zona de transición de unos centímetros donde se entrelazan los dos tipos de mucosa. El epitelio de revestimiento tiene un aspecto más irregular y se invagina en criptas profundas en cuyo fondo se abren las glándulas pilóricas. Son glándulas tubulares contorneadas y ramificadas que comprenden dos tipos de células (figura 42).

- a- Células exocrinas: Al microscopio electrónico, los gránulos secretores parecen consistir en un núcleo proteico interno, que contiene pepsinógeno rodeado de mucinas.
- b- células endocrinas: pertenecen al sistema endocrino difuso del tracto digestivo, entre las que reconocemos las células enterocromafines, que pueden identificarse mediante tinción con plata y técnicas inmunohistocitoquímicas. Su producto secretor, que incluye serotonina, somatostatina, motilina, glucagón pancreático, colecistocinina, péptido intestinal vasoactivo (VIP), gastrina, neurotensina y enteroglucagon, pasa a la red capilar de la pared del estómago.

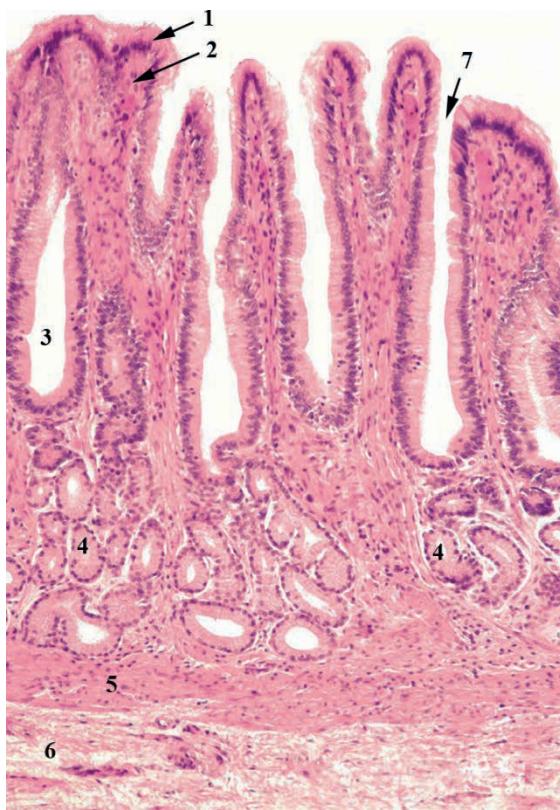


Figura 42. Región de la glándula pilórica del estómago con fosas gástricas expandidas y glándulas pilóricas cortas y enrolladas (perro). Tinción con hematoxilina y eosina (x250). 1, epitelio simple cilíndrico; 2, lámina propia de la mucosa; 3, faveola; 4, glándulas pilóricas; 5, muscular de la mucosa; 6, tela submucosa; 7, fosa gástrica. (Liebich, 2019).

1.3. La mucosa del cardias

Ocupa la región alrededor de la abertura del esófago. La transición a la mucosa fundíca es abrupta, está recubierta por el epitelio de revestimiento gástrico y contiene glándulas mucosas constituidas por células exocrinas idénticas a las de la mucosa pilórica. Las células de revestimiento epitelial secretan mucopolisacáridos que representan un sistema de barrera de protección contra sustancias ácidas y para la lubricación de la mucosa. La función de las células epiteliales es proteger el estómago del ácido digestivo y las enzimas secretadas por estas glándulas (figura 43).

El corion se divide entre los diferentes tipos de glándulas y está compuesto por tejido conectivo laxo que contiene capilares y células: fibroblastos, linfocitos, células plasmáticas, mastocitos y polimorfonucleares.

La mucosa está limitada internamente por la capa muscularis mucosa, que es responsable de la formación de los pliegues gástricos visibles cuando el estómago está vacío. Tiene una estructura más compleja que otras partes del tracto digestivo con dos capas; uno externo con disposición longitudinal y otro interno circular. De este último se originan pequeños haces que ascienden hacia el corion para formar las elevaciones de la mucosa que pueden clasificarse en pliegues menores y mayores según su importancia. Los pliegues tienen un recorrido sinuoso y están anastomosados entre sí.

2. La tela submucosa del estómago

Está formado por tejido conectivo relativamente denso que contiene numerosas células libres (linfocitos, células plasmáticas, etc.) y grandes vasos sanguíneos y linfáticos. Se encuentran elementos nerviosos del plexo de Meissner.

3. La túnica muscular del estómago

La túnica muscular del estómago está muy desarrollada y, a diferencia del resto del tracto digestivo, consta de tres capas externas: longitudinal, circular media y oblicua interna. Entre las diferentes capas de la muscular discurren elementos nerviosos del plexo de Auerbach.

4. La túnica serosa del estómago

Como órgano intraabdominal, el estómago está cubierto por una serosa que es una diferenciación de la capa visceral del peritoneo; Consta de un mesotelio que se soporta en un tejido conectivo laxo que contiene vasos y nervios. El tejido conectivo se continúa con el perimisio que separa los haces de fibras de la túnica muscular.

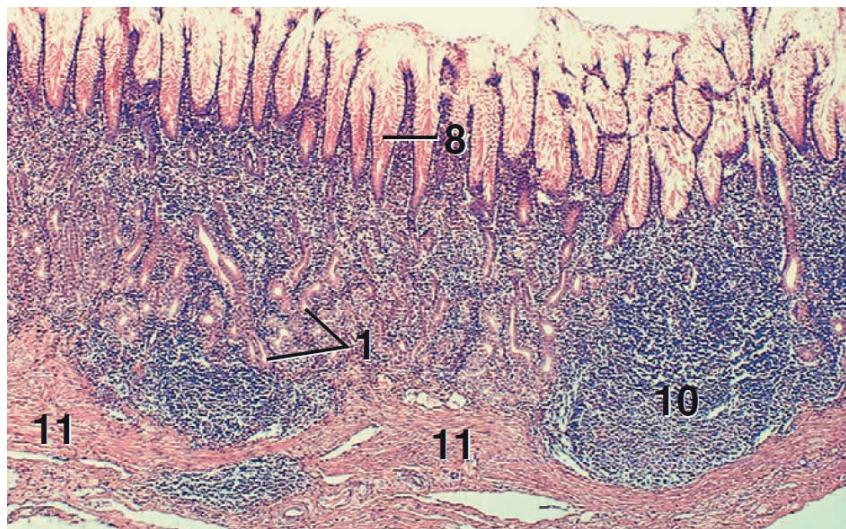


Figura 43. Región de la glándula cardíaca, estómago, cerdo. Numerosos nódulos linfáticos caracterizan la mucosa de la región de la glándula cardíaca del estómago del cerdo. 1, fosas gástricas. 8, glándulas del cardias. 10, nódulo linfático. 11, muscular de la mucosa H&E 25x. (Bacha & Bacha, 2012).

5. Histofisiología del estómago

El estómago tiene una doble función, mecánica y secretora. Además, las células epiteliales de la mucosa están sujetas a una renovación constante.

- I Función mecánica El estómago recibe una mezcla de elementos sólidos y líquidos provenientes de la deglución y los evacua al intestino en forma líquida, quimo. La mezcla de alimentos se consigue mediante ondas peristálticas que involucran las capas musculares del órgano (Frandsen et al., 2009).
- I Función secretora El estómago produce y secreta exocrinamente una cierta cantidad de compuestos que constituyen el jugo gástrico, pero también actúa como glándula endocrina. La secreción exocrina incluye agua, moco, ácido clorhídrico y diversas sustancias de naturaleza proteica (enzima) o glicoproteica. El moco es producido por las células epiteliales superficiales y las células mucosas de las glándulas pilóricas. Esta secreción produce la formación de una película mucoide lubricante y protectora que cubre la cavidad gástrica. La secreción de HCl es característica de las glándulas limítrofes. La secreción de pepsinógeno la llevan a cabo las células principales de las glándulas fúndicas. La secreción exocrina también involucra las

glicoproteínas del factor intrínseco producidas por las células parietales. La secreción endocrina está asegurada por ciertas células glandulares que poseen una función endocrina y pertenecen al sistema endocrino difuso del tracto digestivo (Banks, 1996; García, 2018).

- I Renovación de la mucosa La renovación de la mucosa gástrica involucra tanto al epitelio de revestimiento como a las glándulas; las células epiteliales superficiales experimentan una descamación intensa en el lumen del estómago. Las células glandulares, ya sean células mucosas, células principales o células parietales, tienen una tasa de recambio más baja. La región proliferativa se localiza en el fondo de las criptas y a nivel del cuello de las glándulas. Desde esta zona las células migran y se diferencian ya sea hacia el epitelio superficial o hacia el fondo de las glándulas (Banks, 1996; Eurell & Frappier, 2006).

Los rumiantes poseen un estómago poligástrico (compuesto), adaptado para la fermentación microbiana de la fibra. Este sistema está integrado por tres compartimentos preestomacales aglandulares: el rumen, el retículo y el omaso, que se encargan del almacenamiento, fermentación y trituración del alimento. La digestión enzimática propiamente dicha ocurre en el cuarto compartimento, el abomaso, que constituye el estómago glandular verdadero.



HISTOLOGÍA DE LOS PREESTÓMAGOS DE RUMIANTES

1. Rumen

Histológicamente, la pared del rumen está compuesta de túnica mucosa, lámina propia, tela submucosa, túnica muscular y túnica serosa, de adentro hacia afuera (Figura 46). La túnica mucosa es la parte más interna del rumen, no es glandular y tiene un epitelio escamoso estratificado superficial. El epitelio del rumen consta de cuatro capas celulares o estratos: estrato basal, estrato espinoso, estrato granuloso y estrato córneo, desde la base hasta el ápice (Figura 46). Las células en estas capas difieren en morfología y función. Las células en la capa basal (estrato basal) son columnares y juegan un papel en la absorción de nutrientes, cetogénesis, metabolismo energético y secreción de inmunoglobulinas. Las células de la capa espinosa (estrato espinoso) y la capa granular (estrato granuloso) son multicapa y tienen la presencia de uniones estrechas, uniones adherentes y desmosomas, que proporcionan una fuerte adhesión, resisten el estrés mecánico y mantienen la integridad estructural. Ni el estrato córneo ni el estrato basal expresan proteínas de unión y, por lo tanto, no tienen una función de barrera. Las células del estrato granuloso se encuentran perpendiculares a las células del estrato espinoso. Las células de la capa más externa (estrato córneo) del epitelio del rumen están altamente queratinizadas y carecen de núcleos, y sirven como una barrera física protectora contra la ingesta áspera y fibrosa y los compuestos potencialmente tóxicos (figura 44). Se cree que las células queratinizadas del estrato córneo se derivan de las células del estrato granuloso. Durante esta transición, las células granulares pierden sus orgánulos, incluidos los núcleos, los ribosomas, las mitocondrias y el aparato de Golgi, y, como tal, no pueden proliferar. Posteriormente, todos los filamentos celulares junto con los complejos proteicos de queratohialina y retículo endoplasmático se desplazan hacia la periferia celular. Como resultado, se forma una célula córnea aplanada con contenido condensado. Esta célula córnea está envuelta por la membrana plasmática engrosada y, durante esta transformación, solo se retienen los filamentos del epitelio queratinizante, que posteriormente se convierten en un estrato córneo queratinizado cohesivo y protector (figura 45).

La tela submucosa presenta una organización estratificada: en su porción más superficial se observa una delgada capa de tejido conectivo laxo altamente vascularizado, con una densa red capilar adyacente a la lámina basal. La región más profunda está constituida por tejido conectivo denso, caracterizado por una compleja red de fibras colágenas, reticulares y elásticas. Esta zona alberga una importante red vascular y el plexo nervioso submucoso, particularmente en las áreas próximas a la túnica muscular.

La túnica muscular muestra una disposición particular en este órgano. A diferencia de la organización regular típica de estructuras tubulares, sus fibras musculares lisas se agrupan en haces separados por tejido conectivo, con una distribución menos definida de las capas circular interna y longitudinal externa. Esta disposición se adapta a la morfología sacular del rumen. El órgano presenta una compartimentación interna marcada por dos robustas columnas musculares -los pilares de la panza- formadas por engrosamientos de la capa muscular interna. Estas estructuras, ricas en fibras elásticas y recubiertas por una mucosa lisa (desprovista de papillas), se proyectan hacia la luz del órgano. Su actividad contráctil facilita el movimiento del contenido ruminal entre compartimentos, optimizando el contacto con la microbiota fermentativa.

La capa más externa, la túnica serosa, está formada por tejido conectivo laxo revestido por mesotelio. Esta lámina presenta una notable presencia de adipocitos, junto con una extensa red de vasos sanguíneos, linfáticos y nervios que aseguran la vascularización e inervación del órgano.



Figura 44. Pared interna del rumen de la vaca (Membrive, 2016)

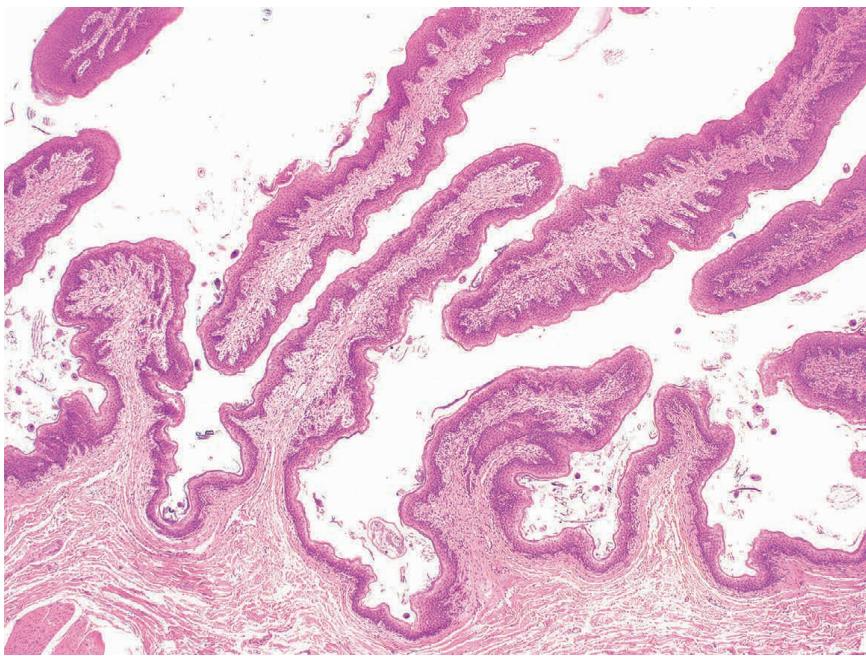


Figura 45. Pared del saco ventral del rumen (oveja). Se observan papilas ruminales características, que con frecuencia se seccionan de tal manera que parecen no tener contacto con la mucosa. H&E 20x. 1, papila ruminal (sección longitudinal); 2, papila ruminal (sección oblicua); 3, epitelio estratificado plano queratinizado; 4, lámina propia. (Liebich, 2019).

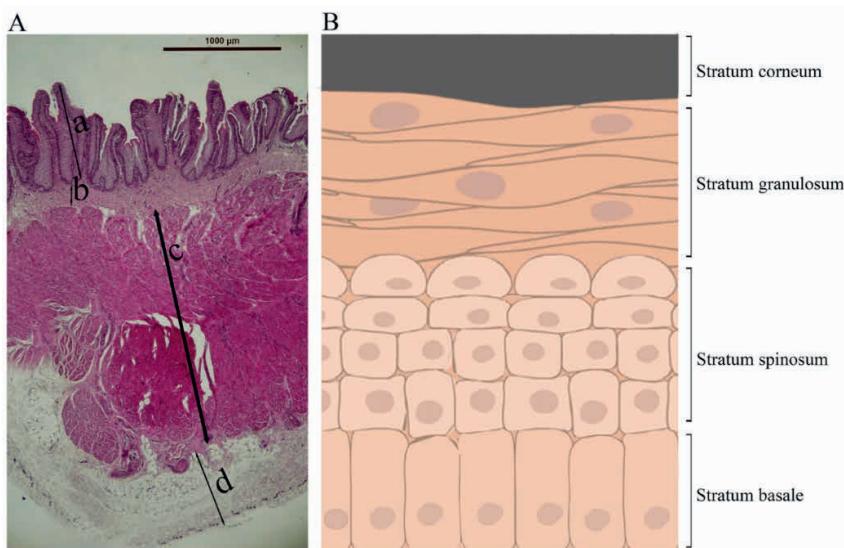


Figura 46. (A) Vista microscópica de la pared del rumen. La sección se cortó del rumen de un ternero recién nacido y se tiñó con hematoxilina y eosina. a: papila ruminal; b: capa mucosa y submucosa; c: capa muscular; d: capa serosa. (B) Representación esquemática de las diferentes capas celulares del epitelio ruminal. (Pokhrel & Jiang, 2024).

2. Retículo

Su mucosa forma crestas de varias alturas, que se unen; constituyen una red de celdas o compartimentos de forma hexagonal (figura 47). En su profundidad forman crestas secundarias y también sucesivas crestas terciarias que constituyen celdas. Su constitución íntima es similar a la del rumen (epitelio escamoso que recubre un eje conectivo).

Las crestas tienen en su cima fibras musculares lisas en disposición circular, cuya contracción permite el cierre de las celdas, estos haces están unidos a la mucosa muscular; La muscular es fuerte, sus dos capas (interna y externa) se cruzan con una uña recta (figura 48 y 49). La serosa es similar a la descripción del rumen.



Figura 47. Fotografía de la pared interna del retículo del bovino (Membrive, 2016)

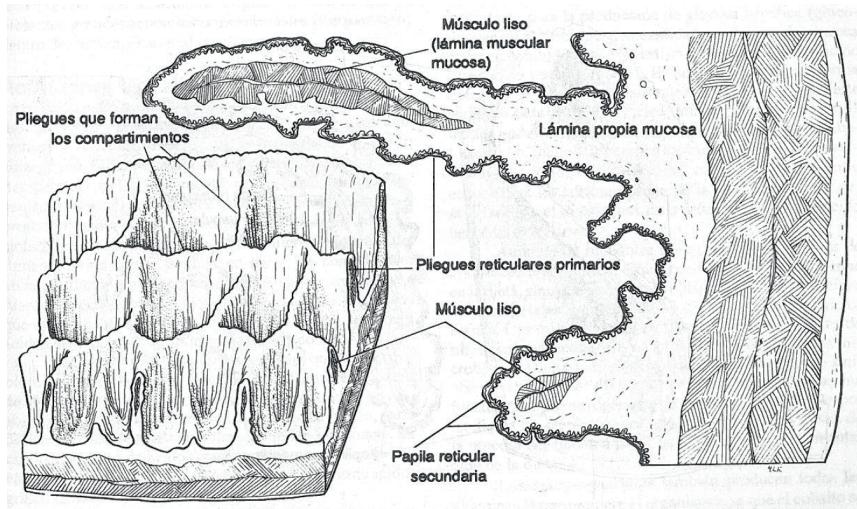


Figura 48. Esquema de la pared del retículo, una masa aislada de músculo liso se localiza en el borde del pliegue reticular. (Banks, 1996).

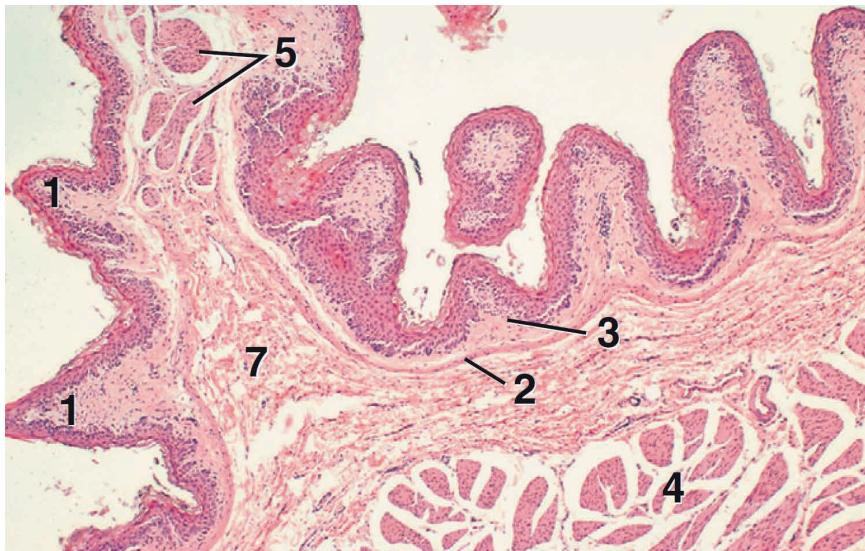


Figura 49. Retículo de vaca. Se observan pliegues cortos y la base de un pliegue largo. En el segmento superior del pliegue largo se observa una muscular de la mucosa. Este es un rasgo característico del retículo. Los lados y las crestas de los pliegues largos tienen papilas cónicas con puntas queratinizadas. H&E 25x.

1, papila cónica; 2, banda de tejido conectivo; 3, lámina propia; 4, muscular externa; 5, muscular mucosae; 7, submucosa. (Bacha & Bacha, 2012).

3. Omaso

El interior del omaso está dividido por láminas omasales dispuestas longitudinalmente (láminas primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias). La superficie de los pliegues está revestida de epitelio escamoso estratificado y está cubierta de pequeñas papilas queratinizadas. El núcleo de tejido conectivo de las láminas forma una lámina propia (figura 50).

Las células musculares lisas acompañan a la capa de tejido conectivo robusto hasta el borde libre de las láminas. Estas fibras son continuaciones de la lámina muscularis mucosae y de la capa circular interna de la túnica muscularis (figura 51).

Todas las láminas, excepto las más pequeñas, están reforzadas por tres capas de músculo. La túnica muscularis consta de una capa muscular circular interna relativamente gruesa y una capa muscular longitudinal externa más delgada. Una túnica serosa forma la capa más externa. Las láminas omasales sirven para presionar el líquido de la ingesta pulposa. Además, los ácidos grasos de cadena corta y los electrolitos se absorben a través de su superficie.

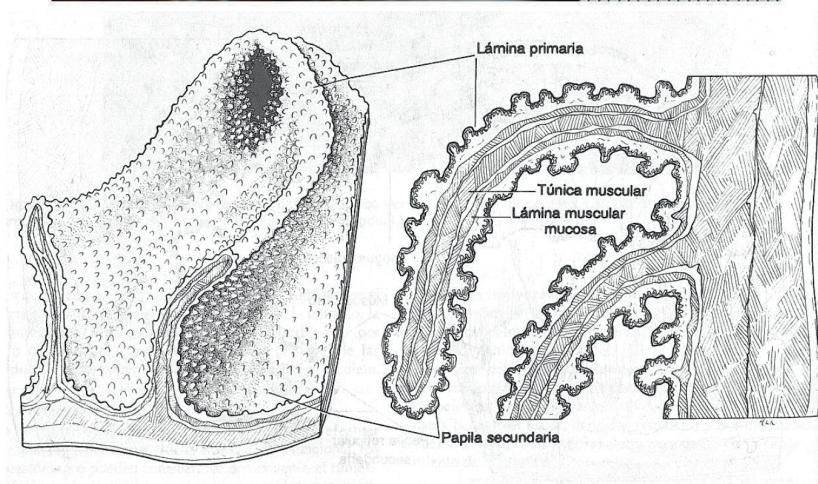


Figura 50. Vista de las láminas omasales y sus papilas en un ternero alimentado con crianza acelerada y forraje. R—indica la dirección hacia el retículo; A—indica la dirección hacia el abomaso.(Pérez et al., 2023). B) esquema de la pared del omaso, la parte central de cada lámina contiene elementos de la lámina muscular mucosa y la túnica muscular. (Banks, 1996).

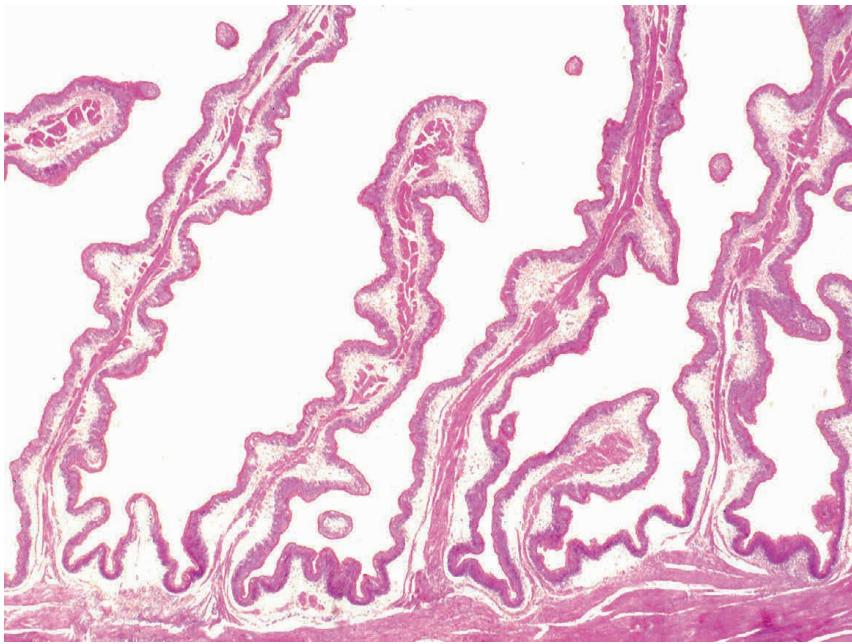


Figura 51. Pared del omaso (buey). La lámina omasal más grande contiene músculo liso (lámina muscularis mucosae y fibras que se extienden desde la capa circular de la túnica muscularis). El músculo está ausente en las láminas más pequeñas. Tinción con hematoxilina y eosina (x32). (Liebich, 2019).

4. Abomaso

Corresponde al abomaso de los rumiantes a nivel del cual se transforma químicamente el bolo alimenticio antes de ser evacuado hacia el intestino. Situado justo debajo del diafragma, a nivel del hipocondrio izquierdo y del hueco epigástrico, tiene dos partes diferenciadas: la primera, vertical descendente, que comprende la curvatura mayor, situada encima de la abertura del esófago, y el cuerpo del estómago, una especie de cilindro que se estrecha hacia abajo y cuyo fondo está formado por la curvatura menor, el segundo es horizontal, situado en la parte inferior del órgano, se dirige hacia la derecha y termina con el antro y el canal pilórico, canal en el que se une el estómago con el duodeno.

La vascularización arterial es proporcionada por las ramas del tronco celíaco y las venas son drenadas hacia la vena porta, la inervación extrínseca proviene de los nervios neumogástrico y simpático mayor y se divide en tres pedículos destinados a la curvatura menor y las regiones duodeno-pilórica y subpilórica. La inervación intrínseca la realizan los plexos Meissner y Auerbach.

En cuanto a la descripción histológica es similar a la descripción realizada en el estómago de los monogástricos.

5. Histofisiología del rumen

5.1. Digestión

El rumen en sí no produce enzimas para la descomposición de plantas y otros alimentos ingeridos por un rumiante; sin embargo, proporciona un hábitat para varios microbios, que incluyen bacterias, protozoos, arqueas y diferentes tipos de hongos que pueden descomponer materiales vegetales y alimenticios complejos en productos fácilmente disponibles para su utilización. Estos microbios pueden clasificarse como celulolíticos, amilolíticos y proteolíticos, responsables de degradar los componentes de celulosa, almidón y proteína del alimento, respectivamente. Las bacterias y los protozoos son responsables de la mayor parte de la digestión en el rumen, y las bacterias representan el 80% y los protozoos el 20% de la digestión (Solomon & Jami, 2021a).

La digestión microbiana de polisacáridos vegetales complejos produce ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que también se conocen como ácidos grasos volátiles (AGV), gases y calor. Los principales AGV producidos por la fermentación ruminal incluyen ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico. La proporción típica de estos tres AGV en el rumen varía de 75:15:10 a 40:40:20, dependiendo de la composición de la dieta (Bergman, 1990). Los principales gases producidos en el rumen incluyen metano, amoníaco y dióxido de carbono. La digestión microbiana de polisacáridos complejos en el rumen también produce ácido láctico, ácido fórmico, ácido succínico y otros ácidos monocarboxílicos de cadena corta.

Los microbios del rumen pueden convertir los lípidos vegetales esterificados en ácidos grasos insaturados, que luego se convierten en ácidos grasos saturados por biohidrogenación (Bergman, 1990). Las proteasas y peptidasas de los microbios del rumen degradan diligentemente las proteínas del alimento en péptidos y aminoácidos, que luego se incorporan a las proteínas microbianas o se desaminan para formar AGV (Bach et al., 2005). Las proteínas microbianas finalmente son digeridas y absorbidas por el abomaso y el intestino delgado, lo que representa el 80% de las proteínas absorbibles totales en los rumiantes. Además de la digestión, las bacterias del rumen pueden sintetizar el complejo de vitamina B y la vitamina K. Además, el epitelio del rumen puede absorber amoníaco y metabolizarlo en ácido glutámico. El rumen también participa en la eliminación de desechos al mover metano, dióxido de carbono, hidrógeno, amoníaco y algunos otros productos finales de la fermentación ruminal y materiales no digeridos al intestino posterior. Además, el rumen participa en la conversión de los productos potencialmente tóxicos de la fermentación ruminal en metabolitos que tienen menos toxicidad.

Los rumiantes tienen una capacidad especial para regurgitar su ingesta desde el retículo hasta el esófago y, finalmente, a la boca para volver a masticarla, lo que también se conoce como rumiar. Esto les permite reducir el tamaño de las partículas y digerir el alimento de manera más eficiente. Se cree que rumiar también ayuda a los rumiantes a proporcionar saliva para mantener el pH óptimo del rumen, aumentar la concentración de microbios del rumen y mantener la motilidad del rumen.

5.2. Absorción de AGV

Los AGV son los productos más importantes de la fermentación ruminal. Una vaca lechera produce más de 100 moles de AGV al día en el rumen. Casi el 90% del total de AGV producidos en el rumen son absorbidos por el epitelio ruminal. Los AGV restantes son absorbidos por el retículo, el omaso, el abomaso y, en cierta medida, el intestino delgado. La tasa de absorción es directamente proporcional al aumento de la longitud de la cadena de ácidos grasos; por lo tanto, la tasa de absorción del ácido butírico es mayor que la del ácido propiónico o acético. El número y el tamaño de las papillas son directamente proporcionales a la capacidad del rumen para absorber AGV, ya que aumentan el área superficial del epitelio ruminal (Storm & Kristensen, 2010).

Debido a la alta concentración de AGV en el rumen, existe un gradiente de concentración de AGV entre el rumen y el torrente sanguíneo. Este gradiente de concentración y la naturaleza lipofílica del epitelio ruminal permiten la difusión pasiva de AGV no ionizados desde el rumen hacia el epitelio ruminal (Sehested et al., 1999). Una vez que los AGV no ionizados cruzan la membrana celular, se disocian en aniones y H⁺, que es la principal fuente de iones de hidrógeno que salen del epitelio ruminal. Estos iones de hidrógeno se reciclan a través de un proceso llamado intercambio sodio/hidrógeno. Simultáneamente, ocurre un proceso de intercambio de iones de bicarbonato, que facilita la absorción de AGV ionizados desde el rumen hacia el epitelio ruminal (Aschenbach et al., 2019). Los iones de bicarbonato son producidos por el epitelio ruminal en una cantidad considerable. Este proceso es importante para la absorción de AGV menos lipofílicos (p. ej., ácido acético) en el epitelio ruminal y, finalmente, en el torrente sanguíneo. Después de que los AGV entran en las células epiteliales del rumen, se produce un extenso metabolismo de ellos.

5.3. Metabolismo de los AGV

Según la teoría más antigua, aproximadamente el 90% del ácido butírico, el 50% del ácido propiónico y el 30% del ácido acético absorbidos del rumen se metabolizan en el epitelio ruminal para proporcionar casi el 70% de las necesidades energéticas de un rumiante. Sin embargo, trabajos más recientes sugieren que el grado de metabolismo del ácido acético y del ácido propiónico, particularmente el último, en el epitelio ruminal podría haber sido sobreestimado. El ácido acético es el AGV menos metabolizado en el epitelio ruminal y, en parte debido a esto, representa más del 90% del total de AGV en la sangre arterial (Bergman, 1990).

En el epitelio ruminal, el ácido butírico y el ácido acético se metabolizan a los cuerpos cetónicos ácido acetoacético (AcAc) y ácido β -hidroxibutírico (BHB) a través de la cetogénesis. La 3-hidroxi-3-metilglutaril-coA sintasa, que es una enzima limitante de la velocidad en la cetogénesis, se expresa altamente en el adulto, pero está ausente en el epitelio ruminal joven. El epitelio ruminal exhibe una mayor actividad cetogénica con ácido butírico que el hígado, que es el principal sitio de cetogénesis en animales no rumiantes. Los cuerpos cetónicos derivados del ácido butírico y el ácido acético se utilizan luego para generar energía en los tejidos extrahepáticos, incluidos el corazón, el músculo esquelético, el tejido adiposo, el riñón y la glándula mamaria (Gäbel et al., 2002).

Una traza de ácido butírico, que no es metabolizado por el epitelio ruminal ni por el hígado, ingresa al tejido adiposo o la glándula mamaria desde el torrente sanguíneo y allí se oxida rápidamente para la lipogénesis. En el epitelio ruminal, una pequeña proporción (alrededor del 5%) del ácido propiónico se convierte en ácido láctico y ácido pirúvico. El ácido propiónico restante es utilizado por el tejido hepático como sustrato para la gluconeogénesis. La mayor parte del ácido acético absorbido del rumen no es metabolizado por el epitelio ruminal o el hígado y, en cambio, es utilizado por los tejidos periféricos. En el tejido adiposo y la glándula mamaria, el ácido acético es un sustrato principal para la síntesis de novo de ácidos grasos (Tian et al., 2022).

5.4. Función de barrera

El epitelio ruminal está sujeto a los desafíos de los microbios ruminantes, las toxinas producidas por los microbios ruminantes, los cambios en el pH ruminal y muchas otras adversidades potenciales. El epitelio ruminal multicapa funciona para mantener eficientemente la separación entre el lumen ruminal y la circulación sanguínea. Esta separación se logra a través de mecanismos de absorción selectiva estrictamente controlados dentro de las células y las uniones intercelulares entre células que restringen el paso paracelular de patógenos ruminantes y otras agresiones al epitelio ruminal. Además de las uniones intercelulares, las células inmunes dentro y debajo del epitelio ruminal proporcionan una “barrera inmunológica” que protege al epitelio ruminal de estímulos perniciosos.

La integridad epitelial del rumen y la función de barrera se logran principalmente a través de las uniones intercelulares en el estrato granuloso y el estrato espinoso, que incluyen uniones estrechas, uniones adherentes y desmosomas. Las uniones estrechas proporcionan funciones de barrera, comunicación intercelular, adhesión celular y permeabilidad selectiva; las uniones adherentes y los desmosomas proporcionan una fuerte adhesión celular y anclaje mecánico entre las células. La capa queratinizada presente en la punta superior de las papilas del rumen también protege al rumen contra la abrasión causada por partículas de alimento y cambios en el pH del rumen.

A un pH ruminal bajo, las uniones estrechas en el epitelio ruminal pueden perder su integridad o función, permitiendo que microbios dañinos ingresen al torrente sanguíneo. Para combatir esto, la activación de los receptores tipo Toll por los microbios ruminantes y sus productos, como los lipopolisacáridos (LPS), induce la producción de citocinas, que desencadenan células inmunes como las células T CD4+ para resistir los estímulos nocivos y las células epiteliales para aumentar la expresión de la zona ocluida 1 y 2. Los probióticos como *Lactobacillus plantarum* MB452 también mejoran la función de barrera del epitelio ruminal al aumentar la expresión de genes de unión estrecha. El estrés térmico afecta la barrera epitelial ruminal negativamente hasta cierto punto, pero no la altera por completo, debido a la regulación positiva de las proteínas de choque térmico. En esencia, la fuerza de la barrera física del rumen está íntimamente relacionada con los microbios y las células inmunes del rumen.



HISTOLOGÍA DE LOS PRESTÓMAGOS Y ESTÓMAGO DE LOS CAMÉLIDOS

1. Arquitectura y estructura general

Desde el punto de vista taxonómico, fisiológico y conductual, los camélidos presentan diferencias significativas con los rumiantes. Estas divergencias se extienden al ámbito veterinario, donde se observan variaciones en su susceptibilidad a enfermedades infecciosas y parasitarias (Fowler, 2008).

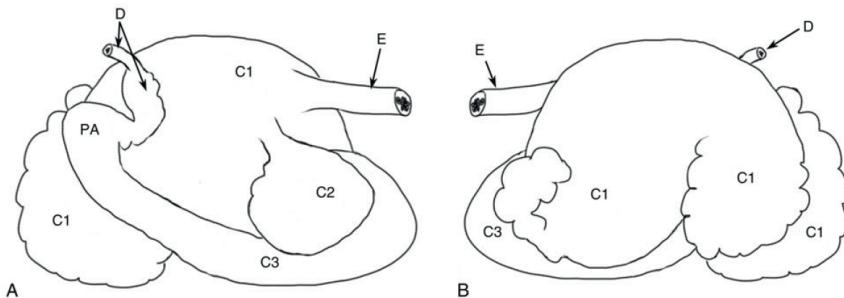


Figura 52. Cámara del estómago de un camélido (esquema). (A) Vista lateral derecha. (B) Vista lateral izquierda. C1, Primera cámara; C2, segunda cámara; C3, tercera cámara. D, duodeno; E, esófago; PA, antro pilórico (Singh, 2018).

El estómago de los camélidos sudamericanos (CSA), como la alpaca y la llama, está compuesto por tres compartimentos diferenciados (figura 52): el compartimento 1 (C1), el compartimento 2 (C2) y el compartimento 3 (C3) (Vallenás et al., 1971; Vater et al., 2021). Alzola et al. (2004) los denomina, respectivamente, compartimiento proximal, compartimiento intermedio y compartimiento distal. Tanto el C1 como el C2 actúan como proventrículos, estructuras especializadas en la fermentación de alimentos, especialmente carbohidratos complejos, y en la absorción de los ácidos grasos volátiles sintetizados en estos compartimentos. Por su parte, el C3 presenta una forma alargada y tubular, semejante en estructura y función al estómago de los animales monogástricos.

En llamas de aproximadamente dos años de edad, las proporciones de estos compartimentos son las siguientes: C1 (83%), C2 (6%) y C3 (11%) (Alzola et al., 2004). En los camélidos recién nacidos, las cámaras fermentativas del estómago están más desarrolladas que en los rumiantes jóvenes. Al nacer, el C1 representa alrededor del 45% del volumen estomacal, incrementándose al 60% a las seis semanas de edad, mientras que el C2 ocupa inicialmente un 10% del volumen y disminuye progresivamente (Singh, 2018).

Es importante destacar que el estómago de los CSA difiere notablemente del de los rumiantes. Los camélidos pertenecen al orden Tylopoda, a diferencia de los rumiantes, clasificados en el orden Ruminantia, que incluye bovinos, ovinos, caprinos y cérvidos, entre otros. Mientras los rumiantes poseen cuatro compartimentos (rumen, retículo, omaso y abomaso), los Tylopoda presentan tres, además de sacos glandulares exclusivos de este orden. Otra diferencia clave radica en el surco gástrico: en los rumiantes está delimitado por dos labios robustos, mientras que en los Tylopoda solo presenta uno. Finalmente, la estructura de la superficie interna de los compartimentos gástricos también varía significativamente entre ambos grupos (Bohlken, 1960).

2. Compartimiento proximal (C1)

El compartimiento proximal (C1) presenta una estructura compleja dividida en tres regiones principales: la región esofágica, la región no glandular y la región glandular (figura 53). Cada una de estas zonas muestra características histológicas distintivas que se describirán en detalle a continuación.

2.1. Región esofágica

La región esofágica del C1 está constituida por cuatro capas bien definidas: mucosa, submucosa, muscular y adventicia (figura 54). La capa mucosa, que limita directamente con la luz del órgano, presenta pequeños pliegues de morfología irregular. Histológicamente, esta túnica está formada por un epitelio estratificado plano queratinizado y una lámina propia de tejido conectivo laxo, que contiene tejido adiposo unilocular, vasos sanguíneos y fibras nerviosas. A diferencia de otras porciones del tracto digestivo, en esta región se observa la ausencia de la muscular de la mucosa.

La submucosa presenta una continuidad estructural con la lámina propia, manteniendo la misma composición de tejido conectivo laxo con los elementos vasculares y nerviosos mencionados. La capa muscular está organizada en dos estratos de músculo liso: una capa circular interna y una capa longitudinal externa. Entre estas dos capas musculares se localiza el plexo mientérico o plexo de Auerbach, un conjunto de neuronas que cumplen un papel fundamental en la regulación de la motilidad gastrointestinal.

Finalmente, la capa más externa corresponde a la adventicia, formada por tejido conectivo laxo con presencia de tejido adiposo unilocular. Esta estructura completa la organización histológica del compartimiento craneal, mostrando una disposición especializada que refleja su función particular dentro del sistema digestivo de los camélidos sudamericanos.

2.2. Región no glandular

Esta zona comprende el saco craneal y el saco caudal, que se encuentran libres del complejo sacular y presentan una superficie lisa tanto en su aspecto externo como interno. Desde el punto de vista histológico, está constituida por las cuatro túnicas características: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La túnica mucosa está revestida por un epitelio estratificado plano queratinizado, seguido de una lámina propia de tejido conectivo laxo que alberga vasos sanguíneos. A diferencia de otras regiones, aquí no se observa la capa muscular de la mucosa (figura 55).

La túnica submucosa presenta continuidad con la lámina propia, manteniendo la misma estructura de tejido conectivo laxo con presencia adicional de tejido adiposo. La capa muscular está formada por músculo liso dispuesto en dos estratos: una capa circular interna bien desarrollada y una capa longitudinal externa. Finalmente, la túnica más externa corresponde a la serosa, compuesta por tejido conectivo laxo y recubierta por mesotelio.

2.3. Región glandular

Esta región también presenta las cuatro túnicas características, aunque con una organización más especializada. La mucosa se divide en dos subsecciones principales: la primera comprende crestas con pliegues primarios, secundarios y terciarios, revestidos por un epitelio estratificado plano queratinizado que delimita la zona glandular adyacente (figura 56). Bajo este epitelio se encuentra una lámina propia de tejido conectivo laxo, seguida de proyecciones de tejido muscular liso originadas en la túnica muscular. Según Vallenás et al. (1971), el ápice de las crestas concentra fibras musculares de la capa circular interna, mientras que las columnas de las crestas reciben fibras de la capa longitudinal externa (figura 57).

La segunda subsección corresponde al área glandular propiamente dicha, denominada “bolsas glandulares” por Alzola et al. (2004). Aquí se observan glándulas tubulares rectas revestidas por un epitelio cilíndrico simple, cuyas células muestran tinción positiva para Azul de Alcian, lo que sugiere la presencia de mucopolisacáridos en sus secreciones (figura 58). Cummings et al. (1972) clasifican estas estructuras como glándulas musigénicas, divididas en cuatro segmentos: epitelio superficial, foveolar, ístmico y terminal. En camellos, estudios de microscopía electrónica revelan gránulos secretores de alta y baja densidad en las células glandulares (Eerdunchaolu et al., 1999), una característica que podría estar presente también en los CSA.

Bajo el epitelio glandular se distingue una lámina propia de tejido conectivo laxo, acompañada de tejido linfoide asociado a mucosas (MALT). La tela submucosa, además de tejido conectivo laxo, contiene una red vascular abundante. La capa muscular lisa mantiene la disposición en dos estratos (circular interno y longitudinal externo), con el plexo mientérico entre ambas. La estructura culmina con la túnica serosa, formada por mesotelio y tejido conectivo laxo.

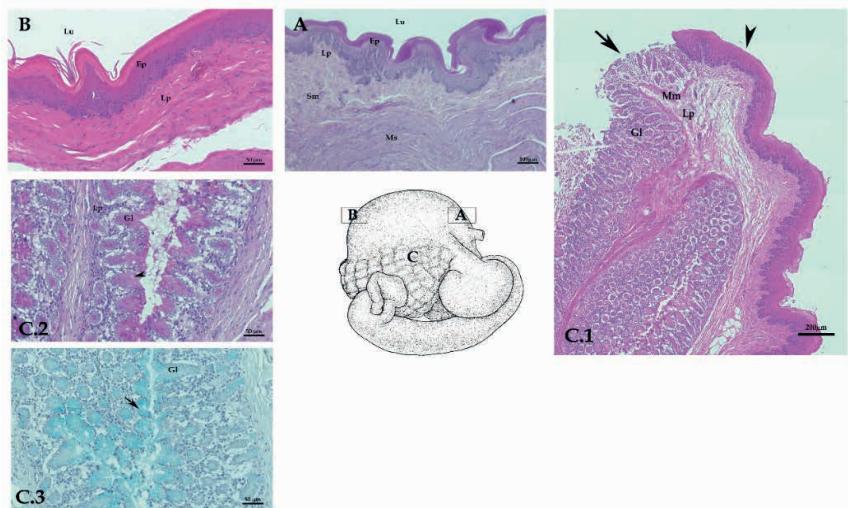


Figura 53. Diferentes áreas del C1. A, área esofágica; B, área no glandular; C, área glandular del sáculo, en esta sección se distingue varias secciones C1 – C3.

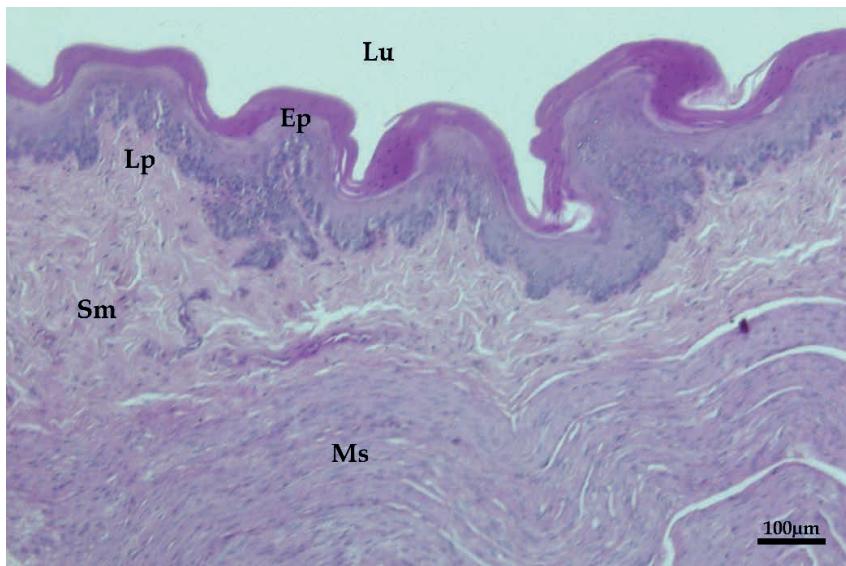


Figura 54. Compartimento 1 de la alpaca, corresponde a la imagen 53A – región esofágica (área no glandular). Se observa el lumen (Lu); el epitelio estratificado plano queratinizado (Ep); lámina propia (Lp), submucosa (Sm) y la capa muscular (Ms). PAS – barra 100 μm .

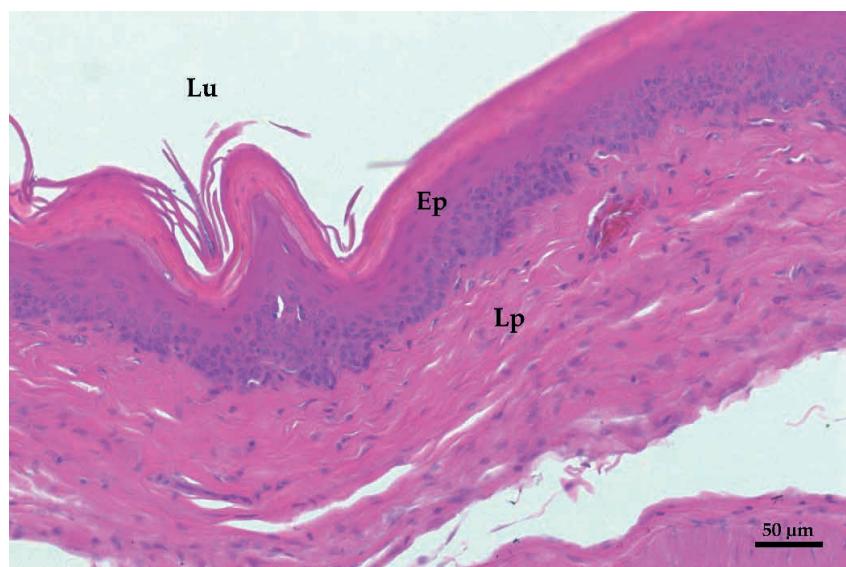


Figura 55. Compartimento 1 de la alpaca. Corresponde a la imagen 53B – área no glandular. Se observa el lumen (Lu); epitelio estratificado plano no queratinizado; lámina propria (Lp). H&E – barra 50 μm .



Figura 56. C1 alpaca. Corresponde a la figura 53C1 – complejo sacular. Se observa la transición de epitelio. Epitelio glandular (\uparrow), que presenta glándulas tubulares (Gl); epitelio de revestimiento estratificado plano queratinizado (\blacktriangle); muscular de la mucosa (Mm); lámina propia (Lp). H&E – barra 200 μ m.

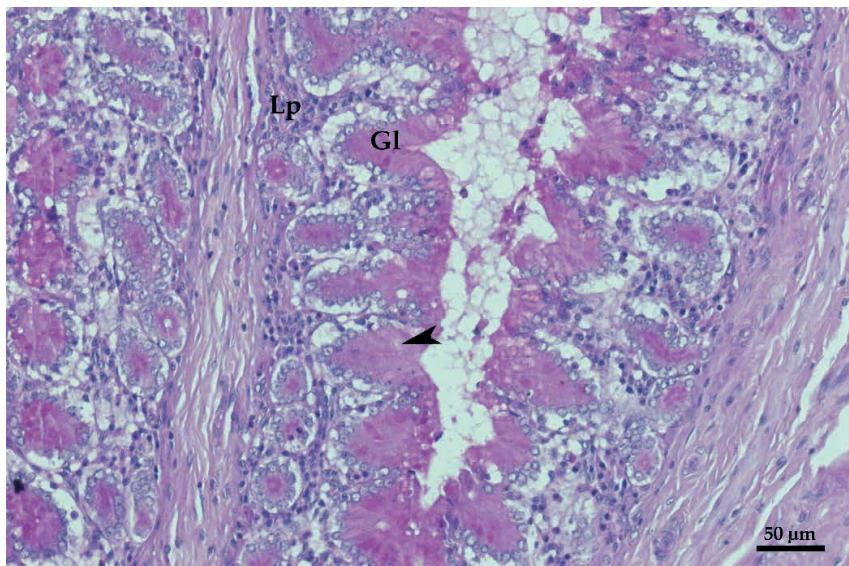


Figura 57. C1 alpaca. Corresponde a la figura 53C2 – área glandular del complejo sacular. Se observan las células glandulares (Gl), PAS positivas (▲); lámina propia (Lp). PAS – barra 50μm.

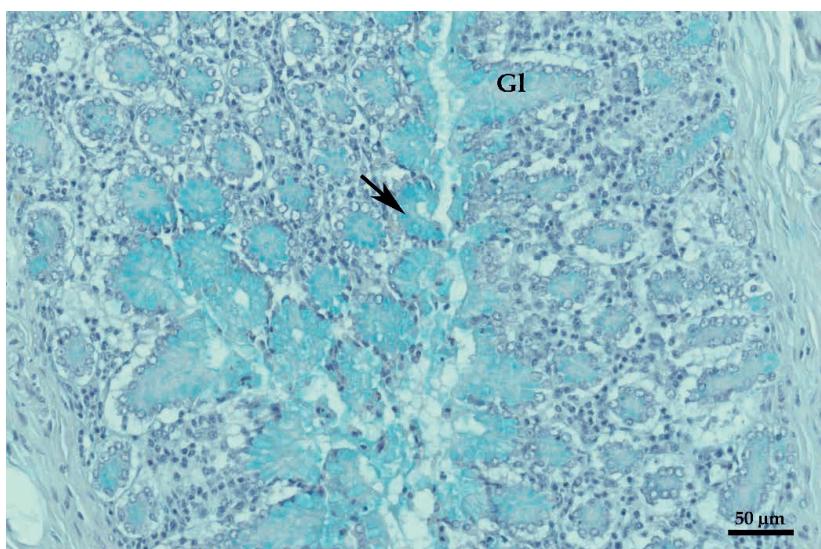


Figura 58. C1 alpaca. Corresponde a la figura 53C3 – área glandular del complejo sacular. Se observan las células glandulares (Gl), reactivas a tinción Azul Alcian (^). Azul alcian – barra 50μm.

3. Compartimiento intermedio (C2)

El compartimiento intermedio (C2) presenta una estructura histológica organizada en las cuatro túnicas características: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La túnica mucosa muestra una notable diferenciación en dos zonas principales. La primera corresponde a un área lisa, revestida por un epitelio estratificado plano queratinizado similar al encontrado en otros compartimientos gástricos. La segunda zona, de apariencia reticular, exhibe una organización más compleja, donde las crestas de la mucosa presentan en su superficie apical el mismo epitelio queratinizado, seguido por la lámina propia de tejido conectivo laxo y por haces de músculo liso que se originan en la túnica muscular subyacente.

Los espacios entre estas crestas albergan una mucosa glandular especializada, constituida por un epitelio cilíndrico simple cuyas células demuestran una marcada afinidad por el Azul de Alcian (figura 59), lo que indica la presencia de mucopolisacáridos en sus secreciones. Por debajo de este epitelio glandular se extiende la lámina propia, que además contiene tejido linfoide asociado a mucosas (MALT), sugiriendo un papel en la defensa inmunológica local. Las capas más profundas mantienen la misma disposición observada en el compartimiento proximal (C1): la submucosa con su tejido conectivo característico, la túnica muscular con sus dos estratos de fibras lisas (circular interno y longitudinal externo) y finalmente la serosa, formada por mesotelio y tejido conectivo laxo. Esta organización histológica particular del C2 refleja su doble función: protección mecánica mediante el epitelio queratinizado en las crestas y actividad secretora especializada en las áreas glandulares, adaptándose así a su papel específico en la fisiología digestiva de los camélidos sudamericanos.

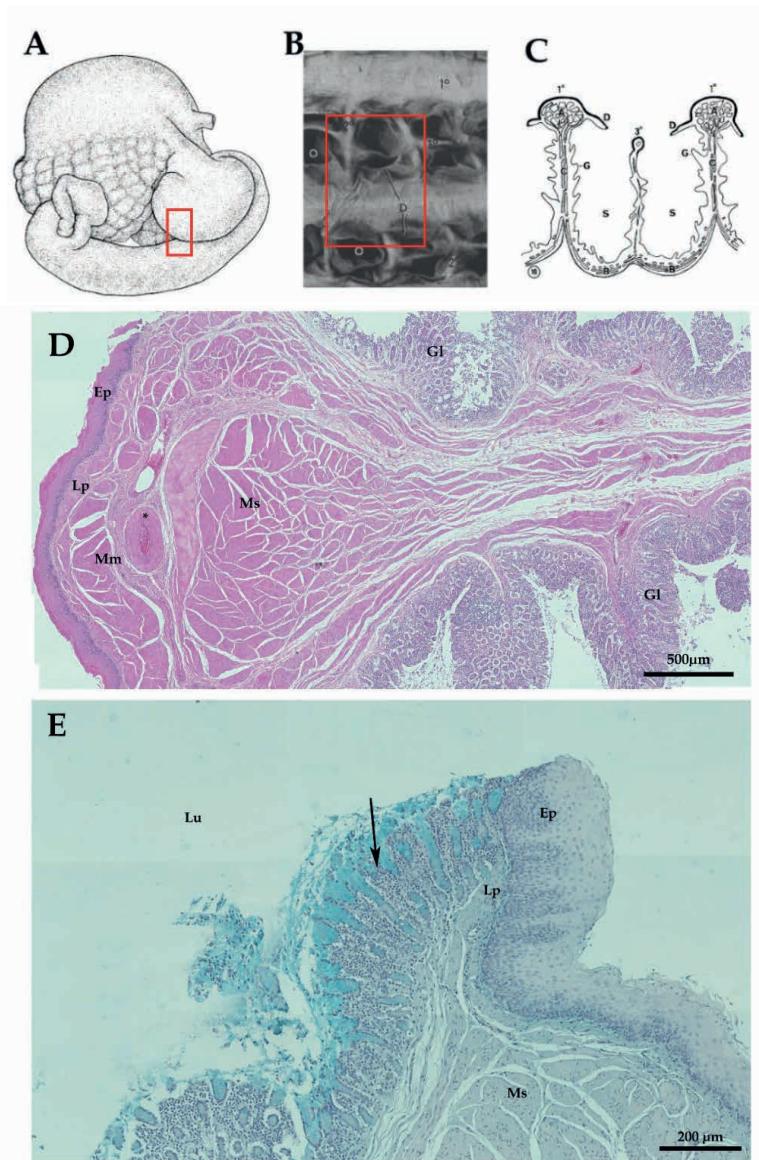


Figura 59. C2 alpaca. A) esquema del estómago, el recuadro rojo indica la presencia de las glándulas. B) fotografía de cara interna del C2, se muestran los pliegues primarios (1°), secundarios (2°) y terciarios (3°) en el recuadro rojo. C) esquema de los pliegues del C2. D) plieque secundario del área glandular del C2, la parte apical muestra un epitelio estratificado plano queratinizado (Ep); área glandular (Gl); lámina propia; muscular de la mucosa (Mm) y capa muscular (Ms). H&E barra 500 μm . E) límite entre el epitelio glandular con sustancia mucoides (\uparrow) y el epitelio de revestimiento (Ep); lámina propia (Lp); túnica muscular (Ms). Azul Alcian – barra 200 μm .

4. Compartimiento distal (C3)

El compartimiento distal (C3) presenta una morfología tubular característica, organizada en las cuatro túnicas fundamentales: mucosa, submucosa, muscular y serosa (figura 60). La túnica mucosa muestra una notable variación regional que permite distinguir cuatro áreas histológicamente diferenciadas, siguiendo la clasificación propuesta por Abdel-Magied & Taha (2003) para camellos y adaptada por Barbeito & Diessler (2022): área aglandular, cardias, fondo y pilórica.

El área aglandular (figura 61), que representa la zona de transición desde el C2, se caracteriza por presentar una mucosa revestida por epitelio estratificado plano queratinizado, carente de glándulas. Esta zona muestra la típica lámina propia de tejido conectivo y, significativamente, presenta por primera vez una bien desarrollada muscular de la mucosa. El área del cardias (figura 63) muestra una transición histológica importante, con un epitelio cilíndrico simple que forma glándulas tubulares rectas. Estas glándulas presentan predominantemente células mucosas PAS-positivas (células de recubrimiento) en su porción superficial, mientras que en las regiones más profundas se observan células argentafínes (PAS-negativas), similares a las descritas por Banks (1996) en otras especies.

La región del fundus, localizada en la curvatura mayor de la porción caudal del C3, exhibe las glándulas más desarrolladas del sistema (figura 65). Según las descripciones de Cummings et al. (1972) y Barbeito & Diessler (2022), estas glándulas tubulares presentan una compleja organización en cinco regiones: superficial, foveolar, ístmica, de cuello y basal. Histológicamente, esta zona muestra una notable especialización celular, en la región superficial hasta el cuello abundan célula secretoras de mucinógenos; en la región basal contiene células parietales (oxínticas) acidófilas productoras de ácido clorhídrico y células principales basófilas sintetizadoras de enzimas (Bacha & Bacha, 2012; Eurell & Frappier, 2006). Además, se identifican células granulares que, mediante técnicas inmunohistoquímicas, corresponderían a células endocrinas.

El área pilórica (figura 64) presenta una mucosa de menor espesor, con predominio de células mucosas PAS-positivas tanto en el epitelio superficial como en las glándulas tubulares. La organización de las capas profundas mantiene el patrón general: lámina propia con tejido conectivo laxo y vascularización, junto con una bien definida muscular de la mucosa.

La tela submucosa muestra una estructura homogénea en todas las regiones, compuesta por tejido conectivo laxo que alberga vasos sanguíneos, fibras nerviosas y el plexo submucoso de Meissner. La túnica muscular mantiene la disposición característica en dos estratos (circular interno y longitudinal externo), con un notable engrosamiento de la capa circular a nivel pilórico (Alzola et al., 2004). Finalmente,

la serosa completa la estructura con su organización típica de mesotelio y tejido conectivo laxo, similar a la observada en los compartimientos C1 y C2 (figura 63). Esta compleja organización histológica del C3 refleja su especialización funcional como la porción más distal del sistema digestivo de los camélidos sudamericanos.

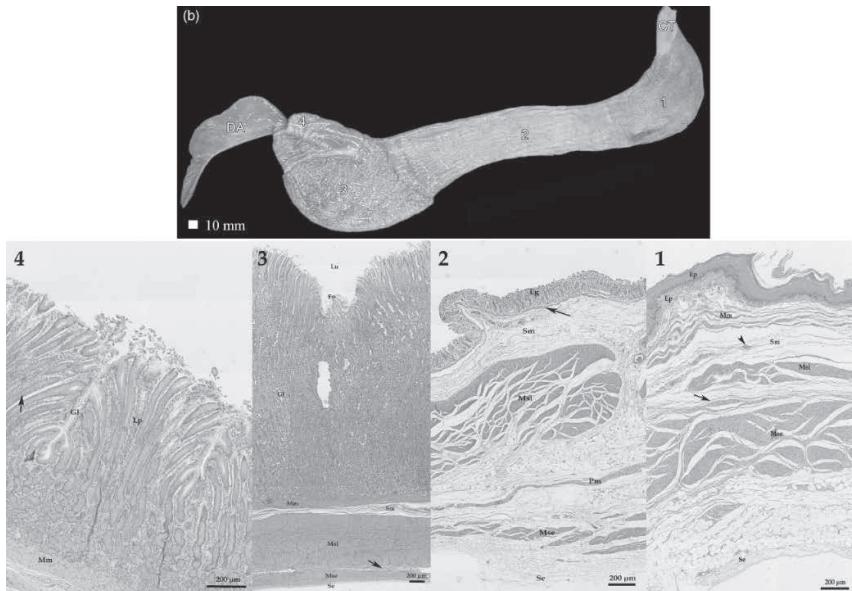


Figura 60. b) C3 y diferentes regiones del C3 de la alpaca. 1) región aglandular; 2) región cardiaca; 3) región del fundus y 4) región pilórica. Se aprecia una variación en la mucosa.

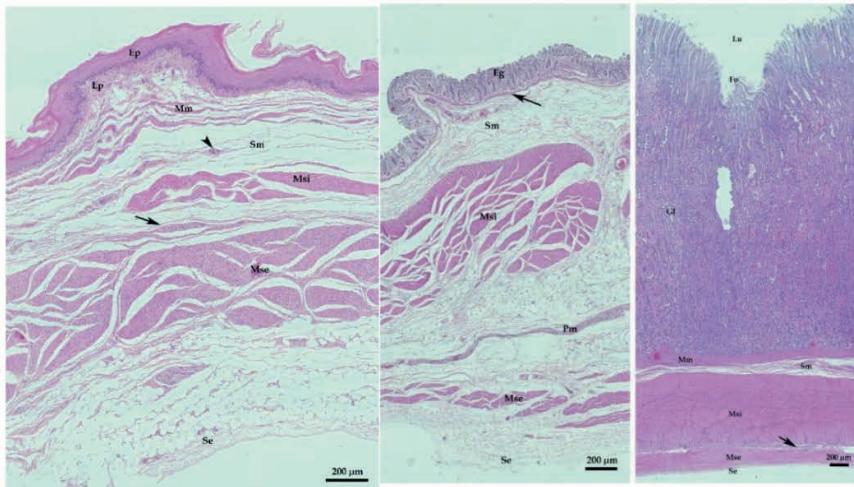


Figura 61. C3 alpaca. Región aglandular, correspondiente con la figura 60.1. Se observa el epitelio estratificado plano queratinizado (Ep); lámina propia (Lp); muscular de la mucosa (Mm); submucosa (Sm); plexo nervioso submucoso (▲); túnica muscular interna (Msi); túnica muscular externa (Mse); plexo nervioso mientérico (↑) y la túnica serosa (Se). H&E – barra 200 μ m.

Figura 62. C3 alpaca. Región cardiaca, correspondiente con la figura 60.2. Se observa el epitelio glandular (Gl) conformado por glándulas tubulares; muscular de la mucosa (↑); submucosa (Sm); túnica muscular interna (Msi); plexo nervioso mientérico (Pm); túnica muscular externa (Mse) y serosa (Se). H&E – barra 200 μ m.

Figura 63. C3 alpaca. Región fundica, corresponde a la figura 60.3. Se observa luego del lumen (Lu) la presencia del epitelio que muestra las fosas gástricas (Fo) y las glándulas tubulares (Gl); muscular de la mucosa (Mm); submucosa (Sm); túnica muscular interna (Msi); plexo nervioso mientérico (↑); túnica muscular externa (Mse) y serosa (Se). H&E – barra 200 μ m.

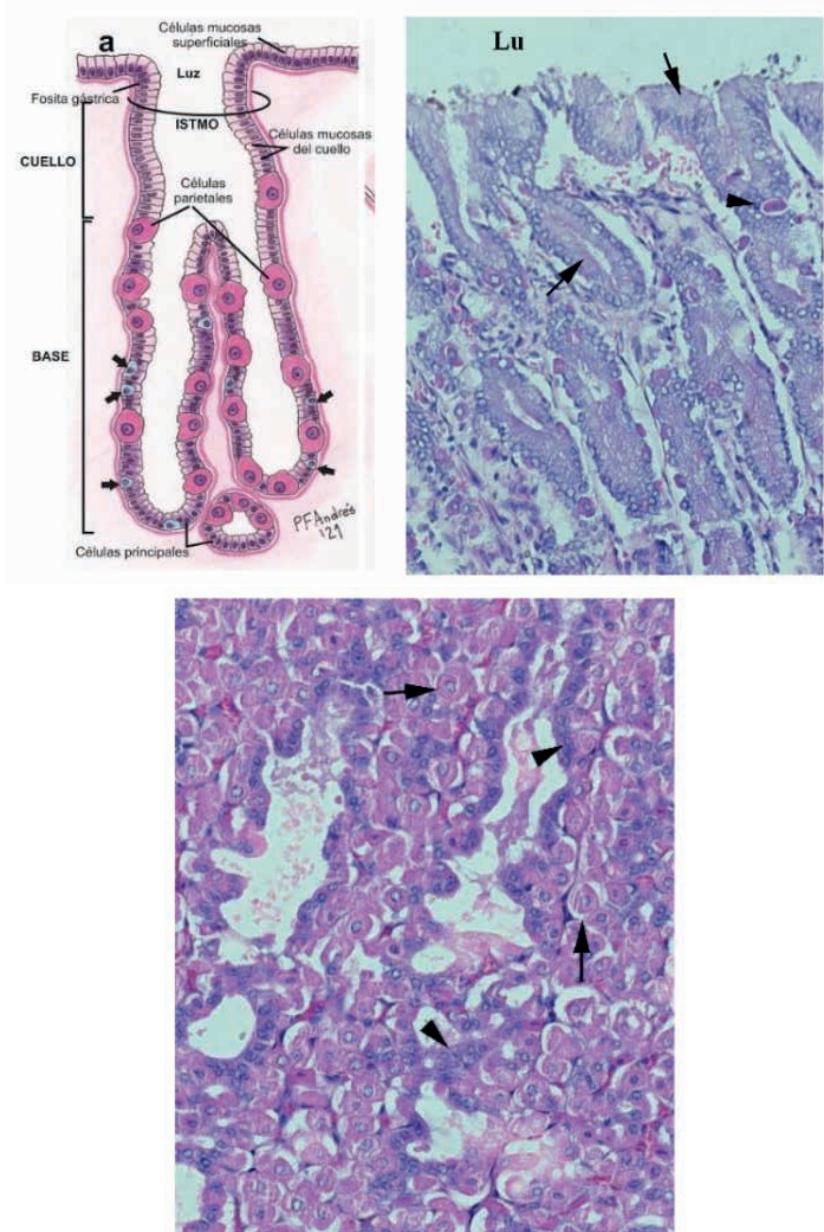


Figura 64. A) esquema de una glándula corpofundica, las flechas indican las células endocrinas (Barbeito & Diessler, 2022).. b) Región fúnica del C3 de la llama zona superficial, se aprecia el lumen (Lu); células secretoras mucosas (flecha); células parietales dispersas (punta de flecha). c) zona profunda de la mucosa se muestran las células parietales (flechas) y las células principales (puntas de flecha).

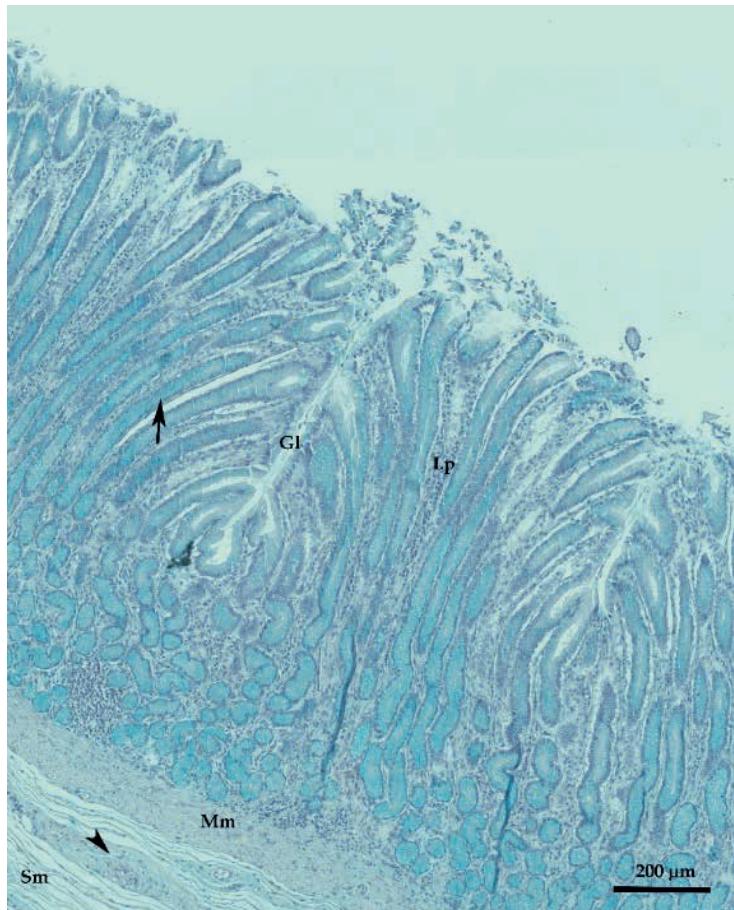


Figura 65. C3 alpaca. Región pilórica se aprecian las glándulas gástricas con gran predominio de células mucosas PAS-positivas tanto en el epitelio superficial como en las glándulas tubulares. PAS azul de Alcian – barra 200 µm.



HISTOLOGÍA DEL INTESTINO DELGADO

1. Arquitectura general y funciones principales

Anatómicamente, el intestino delgado forma un tubo largo dividido en tres partes: el duodeno, el yeyuno y el íleon. Histológicamente, sin embargo, estas tres regiones presentan una gran unidad de estructura, aunque ciertas particularidades permiten distinguirlas entre sí. Histológicamente presenta las cuatro túnicas: mucosa, submucosa, muscular y serosa (figura 66).

La función principal de este tubo es absorber aminoácidos, monosacáridos, ácidos grasos y monoglicéridos de los alimentos. Reabsorbe una gran cantidad de agua. Finalmente, también se reabsorben los electrolitos contenidos en las secreciones salivales, gástricas y pancreáticas.

Esta función de absorción del intestino implica que la mucosa de este último tenga una gran superficie, lo que se obtiene gracias a cuatro características: la gran longitud del tubo, la presencia de pliegues circulares macroscópicos de la mucosa (válvulas conniventes o de Kerckring), el desarrollo de múltiples evaginaciones de la mucosa visibles con microscopio (vellosidades intestinales) y finalmente la modificación del polo apical de las células absorbentes que presentan numerosas microvellosidades observadas especialmente al microscopio electrónico (figura 67).

Las válvulas conniventes, constituidas por un tejido de sostén idéntico a la submucosa, forman pliegues que sobresalen hacia la luz intestinal. Están cubiertos de una membrana mucosa. Más numerosas en el duodeno y el yeyuno, estas válvulas se vuelven más raras y luego desaparecen a medida que se avanza hacia el íleon. Son estructuras permanentes altas y gruesas.

Las vellosidades se forman únicamente a partir del epitelio de recubrimiento que reposa sobre el corion. En la base de cada vellosidad se unen varias glándulas o criptas de Lieberkühn situadas en el corion.

Estas vellosidades pueden considerarse las unidades funcionales del intestino delgado. Su forma varía de una sección del intestino a otra, pero también de un individuo a otro. En general, son cilíndricos, con forma de dedo de guante y son más bajos cuanto más nos acercamos al intestino grueso.

La aparición de vellosidades en la unión entre el píloro y el duodeno es repentina y marca el paso de la mucosa gástrica a la mucosa intestinal. Cada uno de ellos está formado por un eje conectivo o corion en el que avanza una arteriola de la red vascular submucosa. Esta arteriola pierde su media y recorre todo el eje de la vellosidad sin dar colaterales. En su extremo da lugar a una red muy rica de capilares operculados que entran en contacto con la lámina basal sobre la que reposa el epitelio.

Una vénula con un recorrido paralelo al de la arteriola recoge la sangre para transportarla a la submucosa. Por otra parte, en el centro del eje de las vellosidades se encuentra un capilar linfático, llamado capilar quilífero central.

El corion de cada vellosidad también contiene células musculares lisas de la muscular de la mucosa. Al contraerse, reducen a la mitad la altura de las vellosidades y provocan así la evacuación de la linfa. Finalmente, la mucosa intestinal contiene células endocrinas que producen diversas hormonas.

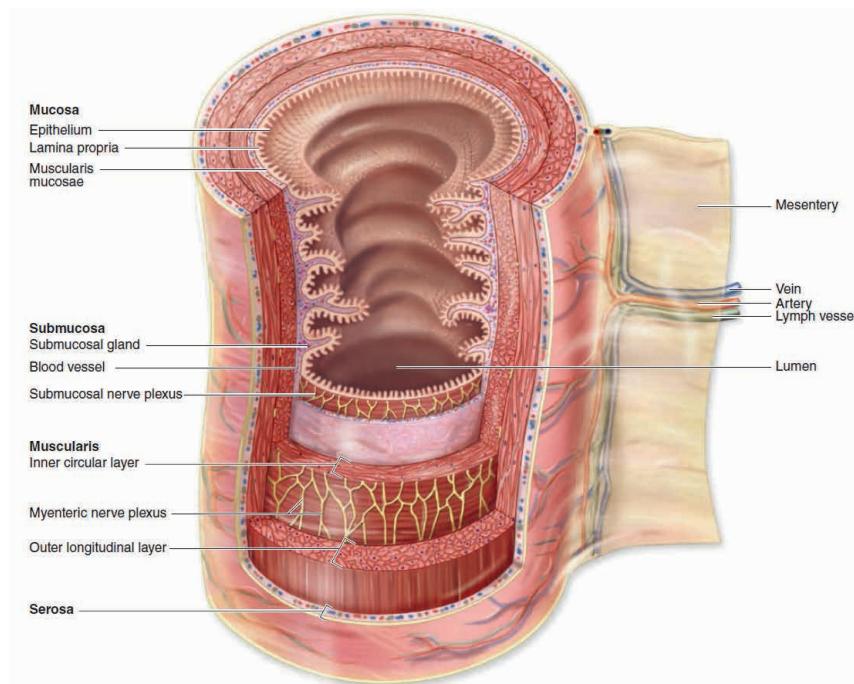


Figura 66. Esquema de la pared del intestino delgado donde se muestra las cuatro capas y sus componentes principales enumerados a la izquierda. El intestino delgado y el intestino grueso están suspendidos por mesenterios, que son los sitios donde se encuentran los nervios, vasos sanguíneos y vasos linfáticos del estómago y los intestinos (Mescher, 2023).

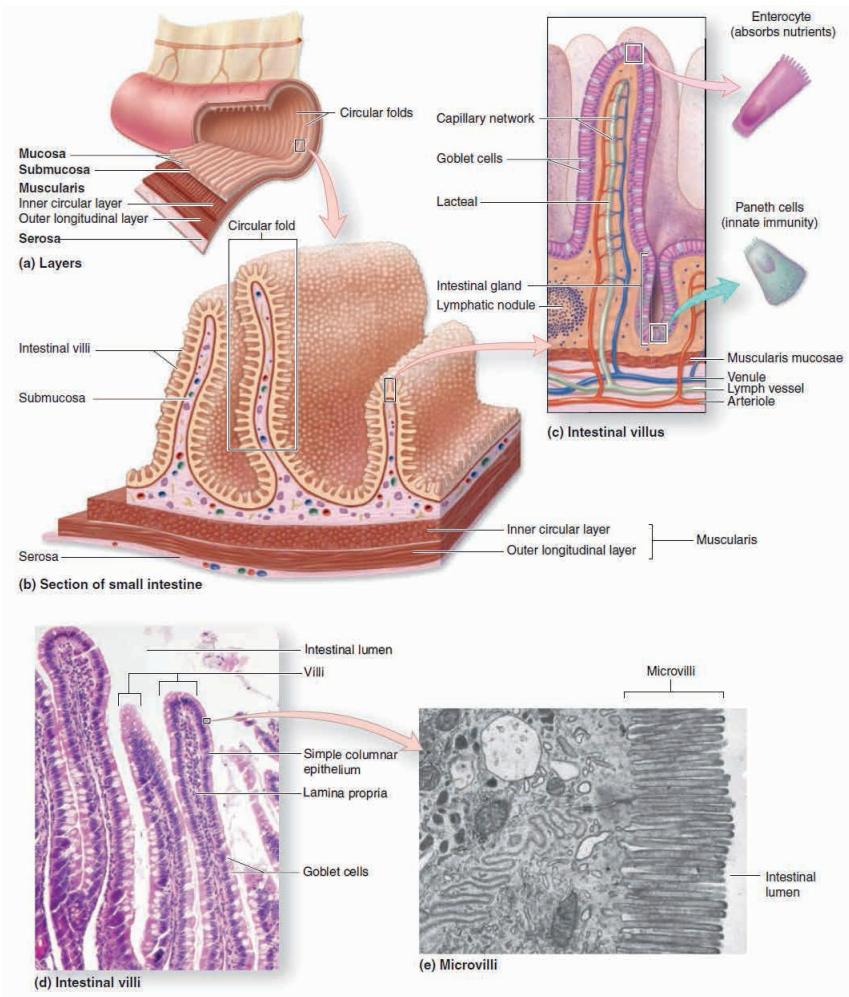


Figura 67. Intestino delgado (a) La mucosa y la submucosa son las dos capas concéntricas internas del intestino. (b) Forman pliegues circulares, o plicas circulares, que aumentan la superficie de absorción. (c) Están revestidas por una densa capa de proyecciones digitiformes llamadas vellosidades. Internamente, cada vellosidad contiene tejido conectivo de lámina propia con microvasculatura y vasos linfáticos llamados quilíferos. (d) Las vellosidades están cubiertas por un epitelio columnar simple compuesto por enterocitos y células caliciformes. (X70; H&E) (e) En la membrana celular apical de cada enterocito se encuentran densas microvellosidades, que contribuyen a aumentar considerablemente la superficie de absorción de la célula. (X18.000; TEM) (Mescher, 2023).

2. La túnica mucosa

2.1. El epitelio intestinal

Es un epitelio cilíndrico simple constituido por enterocitos y células caliciformes.

I Histología del enterocito

De forma cilíndrica, el enterocito reposa sobre una lámina basal y está fuertemente unido a sus vecinos por complejos de unión, situados a poca distancia del lumen del tracto digestivo (figura 68).

En su base, los enterocitos se separan unos de otros para formar espacios basolaterales, uno de cuyos lados está formado por la lámina basal. Es a través de este espacio en particular que los lípidos pasan desde el enterocito para llegar al quilo central de la vellosidad.

En su polo apical, los enterocitos tienen una placa estriada o absorbente formada por microvellosidades. Estos aumentan considerablemente la superficie de absorción de los enterocitos.

Los enterocitos sintetizan diversas enzimas y tienen una vida útil corta, del orden de 3 a 6 días, y luego se descamarán hacia el lumen donde se mezclarán con el alimento; Es así principalmente como sus enzimas, en conjunción con las secreciones pancreáticas, pueden completar las digestiones iniciadas en el estómago.

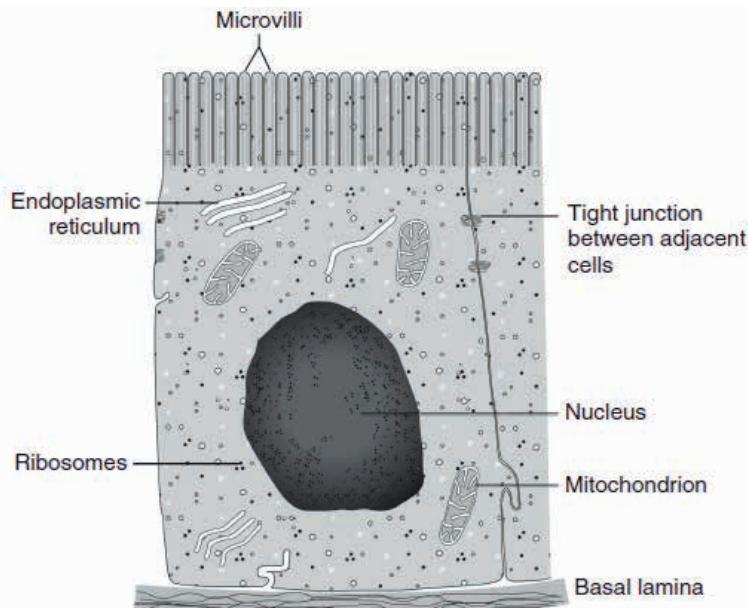


Figura 68. Esquema del enterocito del intestino delgado (DeSesso & Jacobson, 2001).

I Células caliciformes

Se encuentran dispersos entre los enterocitos, pero son menos numerosos que éstos. Su nombre se debe a su forma de cálix. Son células epiteliales especializadas que secretan mucina, una glicoproteína que forma parte del (figura 69). Los dos tercios inferiores de la célula adoptan la forma de un cuerpo de cálix. El polo superior está encajado entre los enterocitos y permite que los gránulos sean expulsados hacia la luz intestinal por exocitosis. En cuanto al núcleo y los orgánulos citoplasmáticos, son empujados hacia atrás y comprimidos en la base de la célula por los granos de moco hidratado. La función de este moco después de su excreción es lubricar la pared.

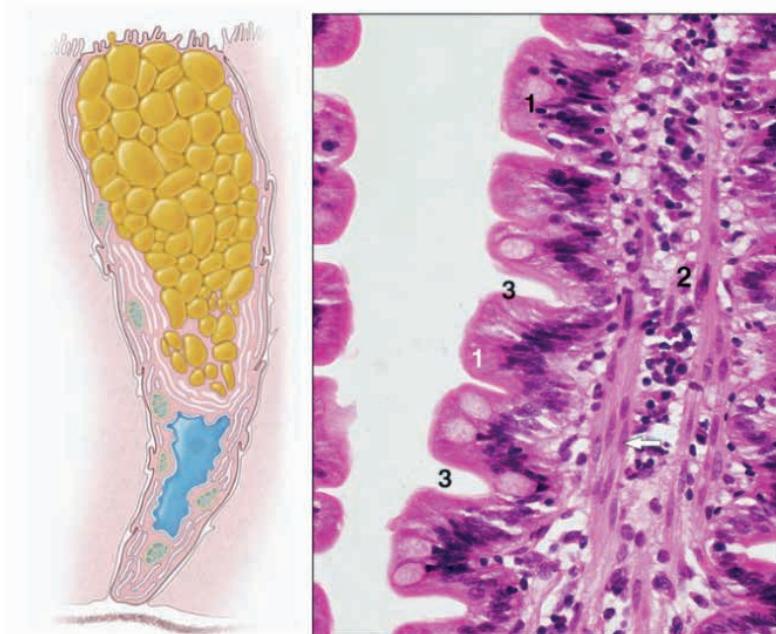


Figura 69. A) esquema de la célula caliciforme (Pawlina 2015). B) Duodeno (caballo).

(1) Epitelio columnar simple con células caliciformes. (2) Lámina propia con fibras musculares lisas (flechas). (3) Criptas contráctiles. H&E x400 (Salguero & Pallarés, 2023).

I Células M

Las células M (o células micropliegue, nombre dado debido a su estructura única) son células epiteliales intestinales especializadas que se encuentran principalmente sobre los folículos linfoides del tejido linfoide asociado al intestino (GALT), como las placas de Peyer en el íleon (figura 70). Estas células no poseen microvellosidades intestinales normales, a diferencia de los enterocitos intestinales normales (células epiteliales), y están especializadas para muestrear macromoléculas (antígenos y patógenos).

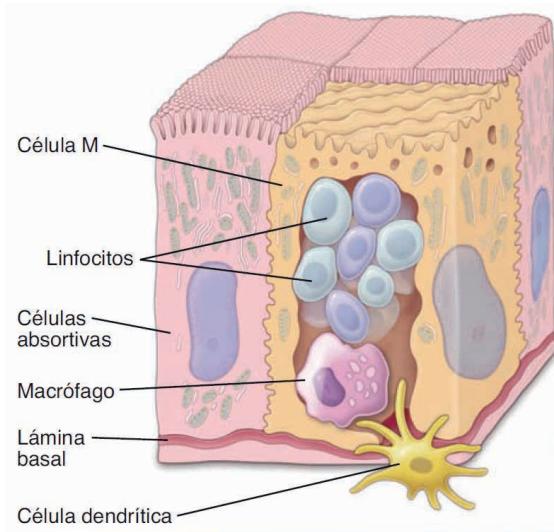


Figura 70. Diagrama de células M que cubren un nódulo linfático del intestino. a. Este diagrama muestra la relación de las células M (células con micropliegues) y las células absorptivas en el epitelio que cubre un nódulo linfático. La célula M es una célula epitelial que muestra micropliegues en lugar de microvellosidades en su superficie apical (Pawlina, 2016).

I Las Criptas de Lieberkuhn

Son formaciones tubulares simples situadas en el corion de la mucosa y que confluyen hacia la base de las vellosidades. El epitelio de estas criptas es por tanto continuo con el epitelio superficial (figura 71).

Existe una gran cantidad de células mitóticas que aseguran la renovación de los enterocitos y células caliciformes, cuya vida útil no supera los 3 a 6 días. Estos elementos de reemplazo migran gradualmente hacia el vértice de las vellosidades.

En el fondo de las criptas se concentran unas células serosas particulares llamadas células de Paneth (figura 72). Contienen grandes granos de proteínas cuya composición detallada sigue siendo desconocida pero que contienen al menos lisozima, defensinas y una proteína altamente catiónica, sustancias bactericidas que juegan un papel en el mantenimiento de la higienización de las criptas. Estas células son capaces de fagocitar y tienen una vida útil más larga que otras células epiteliales.

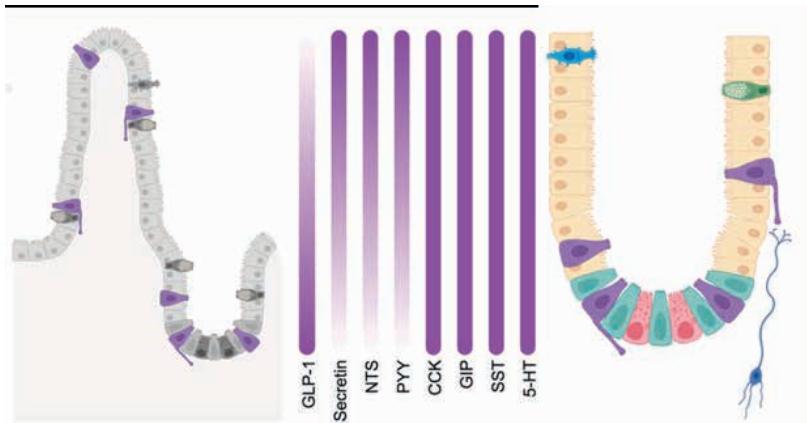


Figura 71. Representación de las criptas de Lieberkuhn y las células enteroendocrinas (CEE) A) Vellosidad y cripta con CEE y las hormonas que producen. B) Cripta con CEE y su regulación nerviosa (Nwako & McCauley, 2024)

I Células enteroendocrinas

Las células enteroendocrinas (figura 71) son células secretoras especializadas del intestino delgado y grueso que secretan hormonas y péptidos en respuesta al contenido luminal. Estas diversas hormonas y péptidos pueden actuar sobre las células vecinas y, como parte del sistema endocrino, circular sistémicamente a través de las células inmunitarias y el sistema nervioso entérico. Localmente, las células enteroendocrinas desempeñan un papel fundamental en la motilidad gastrointestinal, la detección de nutrientes y el metabolismo de la glucosa.

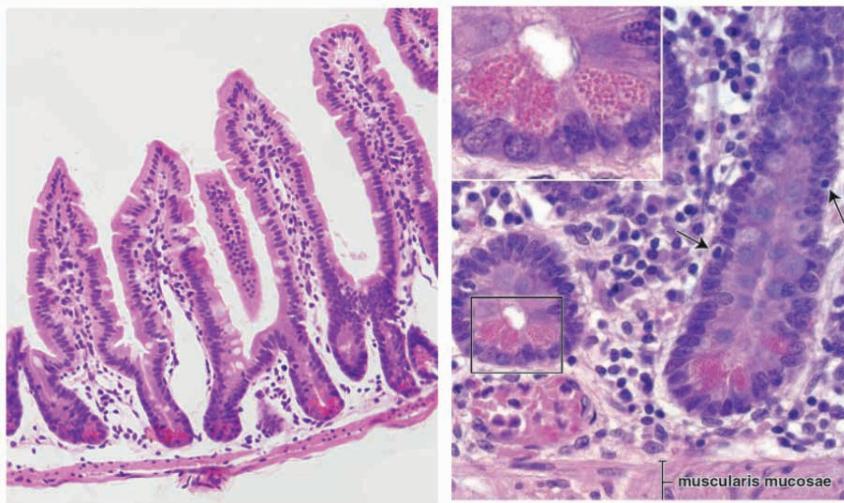


Figura 72. A) intestino delgado (rata), se observa las vellosidades intestinales las criptas de Lieberkühn, lámina propia y la muscular de la mucosa, H&E (Megias et al, 2019). B) La fotomicrografía muestra glándulas intestinales (yejunales) teñidas con H&E, destacando las células de Paneth en la base de las glándulas. Estas células son identificables por sus vesículas intensamente eosinofílicas en el microscopio óptico. La lámina propia presenta abundantes células plasmáticas, linfocitos y otros componentes del tejido conectivo, con algunos linfocitos en el epitelio glandular (señalados con flechas). En un recuadro ampliado, se observa: Citoplasma basófilo en la región basal de las células, vesículas secretoras eosinofílicas y refráctiles en la zona apical, cuya tinción intensa se atribuye a una proteína rica en arginina, H&E, aumento 680x.(Pawlina & Ross, 2020).

I Otras estructuras del intestino delgado

Muchos gérmenes llamados saprofitos viven permanentemente en el lumen intestinal. Otros, los patógenos, pueden instalarse allí. Para limitar el riesgo de proliferación excesiva de los primeros y más aún de los segundos, la pared intestinal es rica en células del sistema inmunitario (linfocitos, células plasmáticas, macrófagos).

Estos se encuentran dispersos en el corion de la mucosa o agrupados en folículos linfoides que se hacen más numerosos y voluminosos a medida que nos acercamos a la válvula ileocecal. Estos folículos pueden incluso desbordarse hacia la submucosa a través de la muscular de la mucosa. En la porción terminal del íleon son numerosas y voluminosas y forman verdaderas placas: placas de Peyer.

2.2. Lámina propia de la mucosa

La lámina propia es un componente fundamental de la túnica mucosa del intestino delgado, ubicada inmediatamente por debajo del epitelio de revestimiento y las criptas de Lieberkühn. Está constituida por tejido conectivo laxo altamente vascularizado e infiltrado por células del sistema inmunitario, lo que le confiere un papel crucial tanto en la nutrición como en la defensa de la mucosa intestinal (figura 72).

La lámina propia no solo sirve como soporte estructural para el epitelio, sino que también facilita la absorción de nutrientes mediante su rica vascularización, actúa como barrera inmunológica gracias a su infiltrado linfocitario y participa en la regeneración epitelial mediante la interacción con células madre de las criptas.

2.3. Muscular de la mucosa

De la muscular de la mucosa se desprenden fibras musculares lisas que se hunden en las vellosidades. Proporciona movilidad independiente a la mucosa. Su función es facilitar la expulsión del contenido de las glándulas intestinales, contribuir al movimiento de las vellosidades, mantener el contacto adecuado entre epitelio y contenido luminal, finalmente, participa en los procesos de absorción intestinal (figura 72).

3. La tela submucosa

En la submucosa de la región duodenal, especialmente cerca del píloro, hay glándulas mucosas tubulares compuestas llamadas glándulas de Brunner. Producen un moco con pH alcalino que, junto con las secreciones pancreáticas, ayuda a neutralizar el quimo gástrico. Desde el yeyuno hasta el íleon no se evidencian estas glándulas de Brunner. La tela submucosa está conformada por un tejido conectivo laxo (figura 73), con presencia de células fijas y transitorias del tejido conectivo, vasos sanguíneos y nervios.

4. La túnica muscular

La muscular tiene una capa circular interna y una capa longitudinal externa de músculos lisos (figura 73), entre sus capas se encuentra el plexo nervioso de Auerbach como en otras partes del tracto digestivo. De hecho, dos capas musculares tienen un enrollamiento helicoidal con un paso grande para la externa y un paso pequeño para la interna.

5. La túnica serosa

Al igual que en el estómago, la serosa está formada por una capa de tejido conectivo recubierta de mesotelio (figura 73).

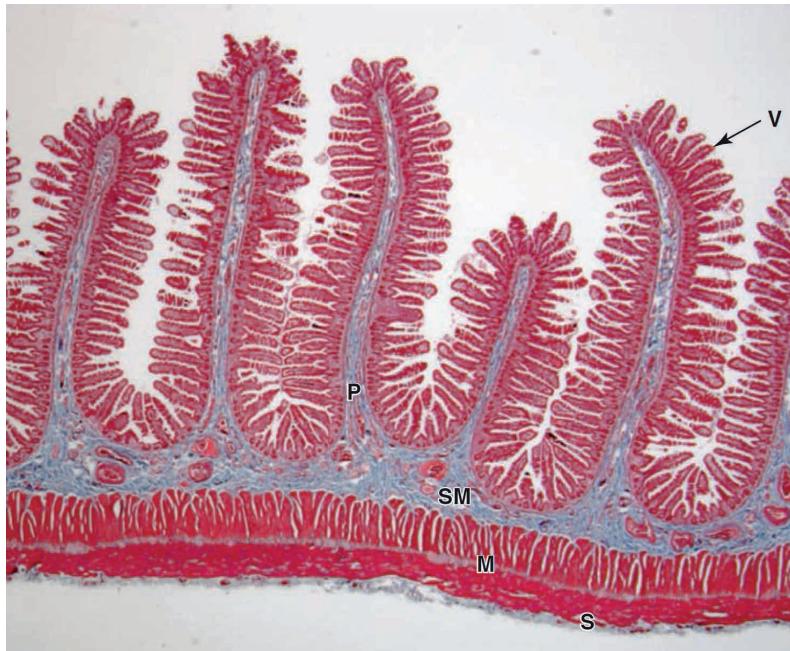


Figura 73. La mucosa y la submucosa (SM) del intestino delgado forman pliegues salientes distintivos, llamados plicas (P), que rodean o en espiral la circunferencia interna y se desarrollan mejor en el yeyuno. En cada pliegue, la mucosa forma una densa capa de estructuras salientes llamadas vellosidades (V). En este corte longitudinal se distinguen claramente las dos capas de la muscular (M). La capa interna presenta músculo liso que rodea la submucosa; la capa externa se extiende longitudinalmente justo dentro de la serosa (S), la capa externa del intestino. Esta disposición del músculo liso permite un fuerte movimiento peristáltico del contenido intestinal. (12X; Tricrómico de Masson) (Mescher, 2023).

6. Histofisiología del intestino delgado

El intestino delgado interviene en la propulsión del bolo alimentario. Además, tiene las funciones de absorción y tiene un papel en la secreción exocrina y endocrina. Así mismo, participa en la defensa inmunológica del organismo y las células epiteliales que lo constituyen están sujetas a una importante renovación.

6.1. Propulsión del bolo alimentario

La progresión del bolo alimentario es unidireccional desde el duodeno hasta la unión ileocecal. El intestino es la sede de las ondas de contracciones que definen el peristaltismo. Estas ondas son causadas por la contracción de las capas de la muscular propia bajo el control del plexo de Auerbach, que desempeña un importante papel impulsor.

6.2. Función de absorción

La absorción intestinal depende fundamentalmente del aumento considerable de la superficie útil (asa intestinal, válvulas conniventes, vellosidades, placa estriada) que puede alcanzar los 200 metros cuadrados. Esta función se asigna a los enterocitos y más concretamente a las propiedades de la membrana de recubrimiento de las microvellosidades. Los mecanismos celulares implicados difieren dependiendo de las sustancias absorbidas.

6.3. Funciones secretoras

El intestino tiene una doble función de secreción: exocrina y endocrina.

La secreción exocrina consiste en la producción de jugo intestinal que contiene agua, electrolitos del moco producido por las células caliciformes, enzimas proteicas producidas por las células de Paneth, proteínas de origen plasmático (inmunoglobulinas) y elementos figurados (leucocitos).

Las células pertenecientes al sistema endocrino difuso del tracto digestivo y localizadas en el intestino producen una cantidad importante de hormonas peptídicas o neurotransmisores implicados de forma más o menos directa en la fisiología del tracto digestivo.

6.4. Funciones de defensa inmunológica

El tracto digestivo está en contacto permanente con los antígenos aportados por los alimentos, que entran en contacto con las células inmunitarias de los folículos linfoides del corion gracias a la intervención de determinadas células epiteliales o células M (células epiteliales tipo membrana).

El intestino delgado contiene estructuras organizadas de tejido linfoide, especialmente en el íleon (placas de Peyer) y áreas dispersas en la lámina propia. Las placas de Peyer son agregados de folículos linfoides cubiertos por un epitelio especializado llamado células M (micropliegues). Estas células captan antígenos luminales y los transportan a las células presentadoras de antígenos (CPAs) subyacentes (células dendríticas). Así mismo, contienen linfocitos B (que producen IgA) y linfocitos T (coordinan la respuesta adaptativa).

A nivel de la lámina propia, contiene células plasmáticas que secretan IgA secretora (sIgA), la cual neutraliza patógenos en la luz intestinal. Igualmente, al poseer macrófagos, células dendríticas y linfocitos T reguladores (Treg), que modulan la tolerancia inmunológica.

6.5. Renovación del epitelio intestinal

El epitelio intestinal sufre una descamación significativa que ocurre en el ápice de las vellosidades. La renovación celular está asegurada por una intensa actividad mitótica a nivel de una zona germinativa situada en la profundidad de las glándulas; desde esta zona las células migran hacia la parte superior de las vellosidades o hacia la parte inferior de las glándulas de Lieberkühn.



HISTOLOGÍA DEL INTESTINO GRUESO

La función principal del intestino grueso es absorber agua del bolo alimenticio. No tiene válvulas conniventes ni vellosidades. El epitelio de recubrimiento se invagina y forma criptas de Lieberkühn más profundas que las del intestino delgado.

Por otra parte, el intestino grueso contiene bacterias de fermentación y de putrefacción, productoras sobre todo de vitaminas B12 y K. Su actividad no se manifiesta en ningún aspecto morfológico particular.

La pared del colon mantiene la estructura general del intestino delgado (mucosa, submucosa, muscular y serosa), pero presenta particularidades histológicas distintivas: carece de vellosidades y sus criptas de Lieberkühn son más largas, rectas y abundantes que, en el intestino delgado, mostrando una clara apertura hacia la luz intestinal sin presencia de células de Paneth. El tejido linfoide se organiza de forma difusa, con nódulos bien definidos en los pliegues longitudinales, mientras que el epitelio superficial contiene numerosas células caliciformes productoras de moco, adaptándose así a sus funciones principales de absorción de líquidos, formación de heces y protección inmunológica.

1. La túnica mucosa

Está formado por enterocitos y células caliciformes. Estos últimos se encuentran en grandes cantidades en las criptas (figura 74). Producen abundante moco, esencial para facilitar la progresión de las heces, que se van haciendo más consistentes a medida que nos acercamos al ano.

Los enterocitos tienen un polo apical cubierto de microvellosidades pero no poseen el equipo enzimático del intestino delgado.

La placa absorbente de los enterocitos permite recuperar gran parte del agua contenida en los materiales que salen del intestino delgado. Esta absorción de agua depende de una reabsorción activa de Cl⁻. A medida que nos alejamos del colon, las heces se van haciendo cada vez más consistentes, pero la lubricación cada vez es mayor debida al aumento progresivo del número de células caliciformes permite que se deslicen sin dañar la pared.

2. La tela submucosa

El patrón se asemeja a lo descrito en el intestino delgado.

3. La túnica muscular

Esta túnica está formada por dos capas de células musculares lisas, una en disposición circular y otra en disposición longitudinal; la capa circular interna puede reforzarse localmente y formar verdaderos esfínteres anatómicos.

La muscular tiene una particularidad: si la capa interna circular es típica, su capa longitudinal externa es muy fina y presenta refuerzos longitudinales (bandas musculares también llamadas tenias cecales) que le dan un aspecto discontinuo (figura 75). Estas tiras son reconocibles a simple vista. Entre las dos capas hay una potente red elástica y por supuesto los plexos de Auerbach.

La túnica muscular posee también un refuerzo esfinteriano, la válvula ileocecal en el origen del intestino grueso, que impide el reflujo de materiales hacia el intestino delgado y que es el punto de partida de las contracciones peristálticas. En el extremo inferior del recto se encuentra otro esfínter liso, revestido por un esfínter estriado.

4. La túnica serosa

Similar a lo descrito en el intestino delgado, pero en las secciones de recto y ano es reemplazado progresivamente por una adventicia.

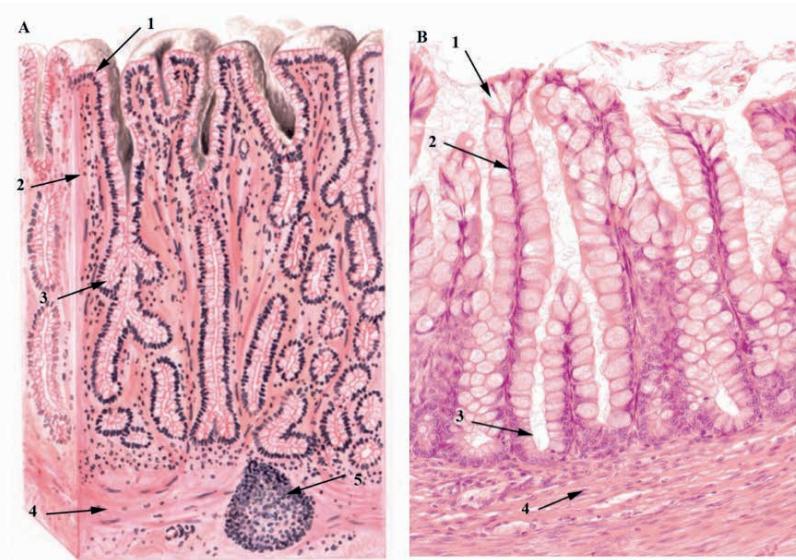


Figura 74. A) esquema de la mucosa del colon en el perro. B) Colon (gato). En todo el intestino grueso, las vellosidades intestinales están ausentes y las células caliciformes son considerablemente más numerosas que en el intestino delgado. Tinción con hematoxilina y eosina ($\times 200$). 1, epitelio simple cilíndrico y presencia de células caliciformes; 2, lámina propia de la mucosa; 3, criptas de Lieberkühn; 4, muscular de la mucosa; 5, nódulo linfático. (Liebich, 2019).

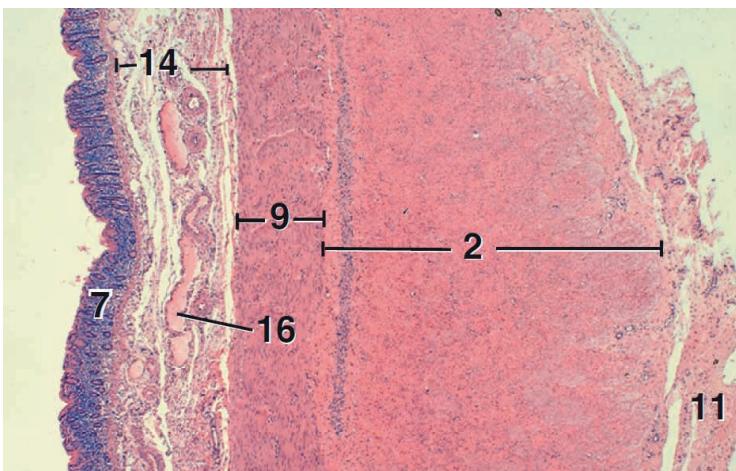


Figura 75. Banda cecal, caballo. Una banda cecal consiste en una mezcla de músculo liso (capa longitudinal externa engrosada de la muscularis externa) y fibras elásticas. Las fibras elásticas predominan en las bandas tanto del ciego como del colon

grande ventral del caballo, H&E 12.5x. 2, banda cecal; 7, mucosa; 9, capa muscular (circular interna); 11, serosa; 14. Submucosa; 16, vena. (Bacha & Bacha, 2012).

5. Histofisiología del intestino grueso

El colon no es sólo un reservorio, sino también un órgano de absorción y secreción. La mucosa secreta una cantidad considerable de moco mucho más viscoso que el del intestino delgado, desempeñando un papel en la aglutinación de las materias fecales, en su movilización y en la resistencia a los gérmenes tan abundantes.

5.1. Motilidad

La motilidad a nivel del intestino grueso es similar al del intestino delgado. Se generan contracciones musculares para realizar la mezcla y la propulsión del contenido en dirección al ano. Existen las contracciones de onda lenta que se originan en la región intermedia del colon diseminándose hacia el ciego o colon distal donde participan movimientos antiperistálticos y peristálticos de la ingesta. Por otra parte, los movimientos segmentarios son los encargados de la mezcla del contenido. Por último los movimientos que se encargan de la evacuación del colon impulsando las heces hacia el ano son responsabilidad de los movimientos contráctiles de masa que se originan en el segmento distal del colon.

En el segmento proximal, los movimientos de este órgano pueden ocurrir independientemente de la inervación intrínseca. La distensión del colon es todo lo que se requiere como estímulo para iniciar su contracción intrínseca. El alimento que entra al estómago o al duodeno desencadena una contracción refleja del colon, que es tanto gastrocólico como duodenocólico. Los segmentos menos distales del colon, recto y ano, dependen más de la inervación extrínseca que el segmento proximal.

En el colon, el moco desempeña un papel crucial al lubricar y facilitar el paso de las heces, además de proteger la mucosa de posibles lesiones mecánicas y químicas. Los ácidos generados por las bacterias presentes en esta parte del intestino pueden irritar la mucosa, pero son neutralizados gracias al pH alcalino de las secreciones colónicas. Cuando se produce la estimulación adecuada, el intestino grueso es capaz de secretar grandes cantidades de agua y electrolitos.

5.2. Síntesis, absorción y fermentación

En la mayoría de los animales, la síntesis de nutrientes ocurre en diversos grados en el intestino grueso, lo que se debe a la presencia de microbiota. La síntesis de las vitaminas B y K es especialmente importante porque pueden absorberse a través de las mucosas o excretarse en las heces. En este último caso, la coprofagia es una

conducta para asegurar las necesidades vitamínicas diarias. La síntesis de muchos compuestos es un componente importante de la digestión colónica en herbívoros no rumiantes.

El intestino grueso absorbe agua, sodio, cloruros y vitaminas, a la vez que secreta potasio y bicarbonato. En seres humanos, el intestino delgado absorbe diariamente 20 veces más agua que el intestino grueso.

El intestino grueso es un órgano de fermentación en herbívoros no rumiantes, como caballos, conejos y roedores. La digestión de la celulosa y la absorción de sus productos digestivos ocurren en el ciego y el intestino grueso de los caballos y animales relacionados. Los ácidos grasos volátiles son producidos por el metabolismo anaeróbico de la celulosa por la microbiota cecal y colónica y se absorben en el colon.

5.3. Renovación, reemplazo y reparación

La renovación y el reemplazo de las células de revestimiento son independientes de la ingesta dietética y en realidad no son esenciales para la eliminación de las heces formadas. Durante el ayuno, se eliminan las heces y las células liberadas por los intestinos aumentan el volumen de las heces.

La reparación de las células que recubren el colon es similar a lo que sucede en el intestino delgado, donde las células de revestimiento provienen de células ubicadas profundamente en las criptas. Las células madre de las criptas se dividen, se diferencian y migran a la superficie de la mucosa, diferenciándose de las células madre primitivas.

5.4. Líquidos intestinales

Debido a los procesos digestivos existe una carga en la contribución de líquidos que proviene de las glándulas salivales, la mucosa gástrica, secreciones del hígado y páncreas, de la mucosa intestinal. El equilibrio normal requiere que la absorción exceda a la secreción. Por ejemplo, un cerdo de 50 kg ingiere 5 L de agua, y secreta diariamente 18 L de líquido salival, gástrico, biliar, pancreático, e intestinal; es decir en un día llega a acumular 23 L de líquidos, de los cuales 18 L son absorbidos en el intestino delgado y lo restante que son 5 L se absorbe en el intestino grueso hasta solo dejar 800 mL que se excretan junto con las heces. Por tal motivo el intestino grueso desempeña la función de equilibrar los procesos de secreción y absorción. La alteración en este mecanismo puede dar una excesiva acumulación de líquidos y electrolitos en la luz intestinal, el cual puede conducir a la diarrea si se excede la capacidad de absorción.



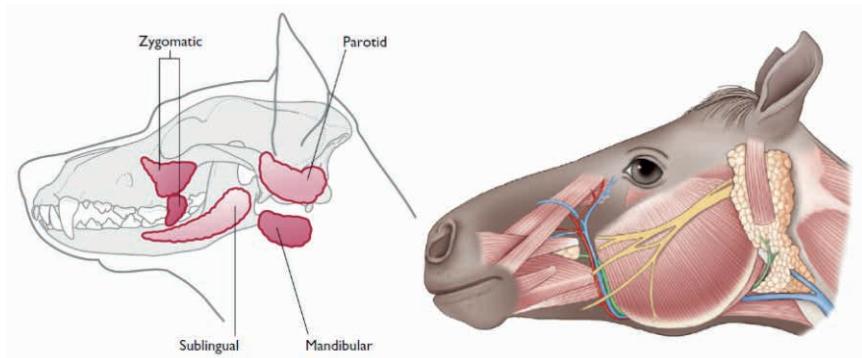
HISTOLOGÍA DE LAS GLÁNDULAS SALIVALES

1. Arquitectura general

Existen tres pares de glándulas salivales llamadas principales (figura 76) y multitud de pequeñas glándulas accesorias distribuidas por toda la mucosa oral, incluida la de la lengua. Las glándulas principales son las parótidas que producen alrededor del 25% de la saliva, las submandibulares (70%) y las sublinguales (5%).

Todas estas glándulas están rodeadas por una cápsula de tejido conectivo de la que se desprenden septos que se hunden en el parénquima y delimitan lobulillos. Los vasos y nervios pasan a través de estos tabiques desde el hilio para dispersarse por toda la glándula.

El tejido glandular en sí es del tipo acinar compuesto en las parótidas y tubo-acinar compuesto en las demás glándulas. Pequeños tubos colectores llamados canales intercalados, formados por epitelio simple plano a cúbico, recogen la saliva de los acinos; Se fusionan para formar canales intralobulillares a menudo estriados que se convierten en canales interlobulillares en los tabiques conjuntivales.



HISTOLOGÍA DE LAS GLÁNDULAS SALIVALES

Figura 76. Esquema donde se muestra la ubicación de las glándulas salivales en perros (Aspinall & Cappello, 2009) y equinos (Orsini et al., 2022).

2. Histología del tejido glandular

Está formado por células serosas y/o células mucosas (figura 78). Una célula serosa es una célula glandular que sintetiza y excreta proteínas. Presenta una polaridad; la base contiene el núcleo redondeado con cromatina dispersa y nucléolo grande y los orgánulos necesarios para la síntesis de proteínas; En el polo apical, los gránulos de proteína llamados serosos se acumulan antes de la exocitosis.

En muchos casos de glándulas exocrinas, las células serosas se agrupan en grupos dentro de los cuales una capa de células glandulares se organiza alrededor de un lumen central para formar una pequeña esfera hueca llamada acino seroso.

Una célula mucosa produce moco. Los granos de glicoproteínas y glicosaminoglicanos que la constituyen en la célula se acumulan en el polo apical, se hidratan rápidamente y se hinchan en el momento de su exocitosis.

Durante la fijación, los granos de mucígeno se expanden repentinamente. Como resultado, los orgánulos intracitoplasmáticos y el núcleo se comprimen y se empujan hacia la base. Este núcleo luego se deforma y tiene un volumen menor que el de una célula serosa. Las células mucosas forman acinos mucosos.

Los acinos mixtos contienen células serosas y mucosas. En este caso, las células mucosas recubren el lumen glandular mientras que las células serosas forman una medialuna (medialuna de Gianuzzi) adherida al exterior del acino. Los espacios estrechos entre las células mucosas permiten que los productos excretados por las membranas serosas lleguen al lumen de la glándula (figura 77).

Las glándulas salivales estructuralmente son glándulas compuestas tubuloacinares, pueden contener varios tipos de acino (serosos, mucosos y mixtos). Las glándulas parótidas contienen exclusivamente células serosas, las glándulas submandibulares poseen acinos mixtos y las glándulas sublinguales una mayor cantidad de acinos mucosos y en menor cantidad acinos serosos.

En la periferia de los acinos de las glándulas salivales se encuentran células mioepiteliales (figura 77) entre la membrana basal y la base de las células glandulares. Su contracción facilita la exocitosis de los gránulos de saliva.

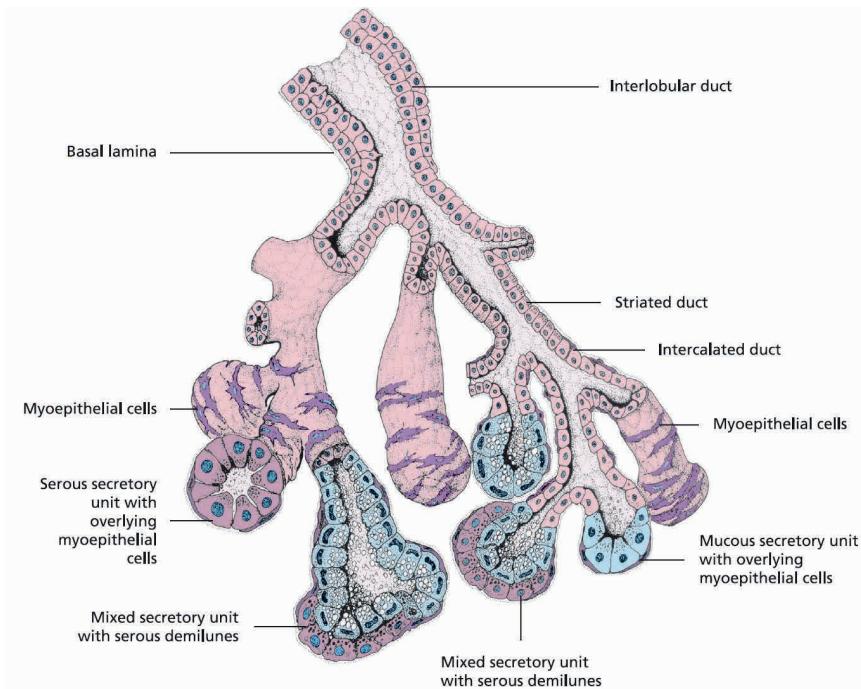


Figura 77. Esquema de la estructura de una glándula salival compuesta túbulo-acinar con piezas terminales serosas, mucosas y mixtas (Liebich, 2019)

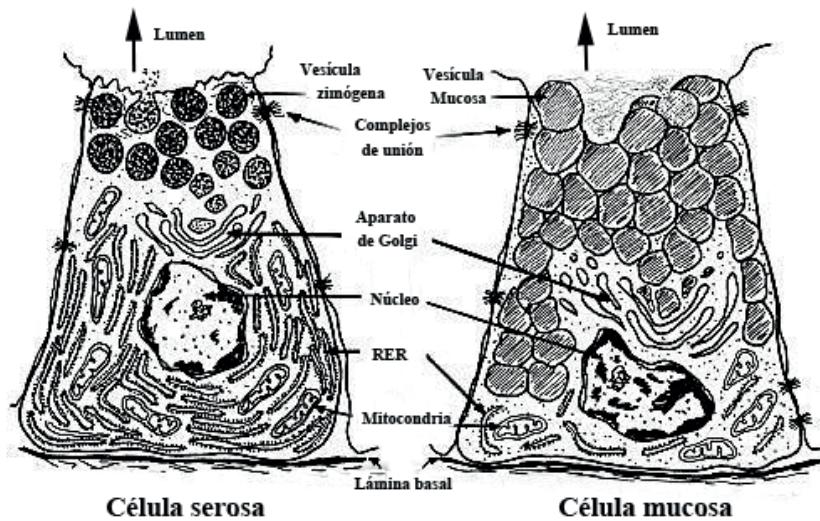


Figura 78. Células acinares a la izquierda una célula de secreción mucosa y a la derecha una célula de secreción serosa.

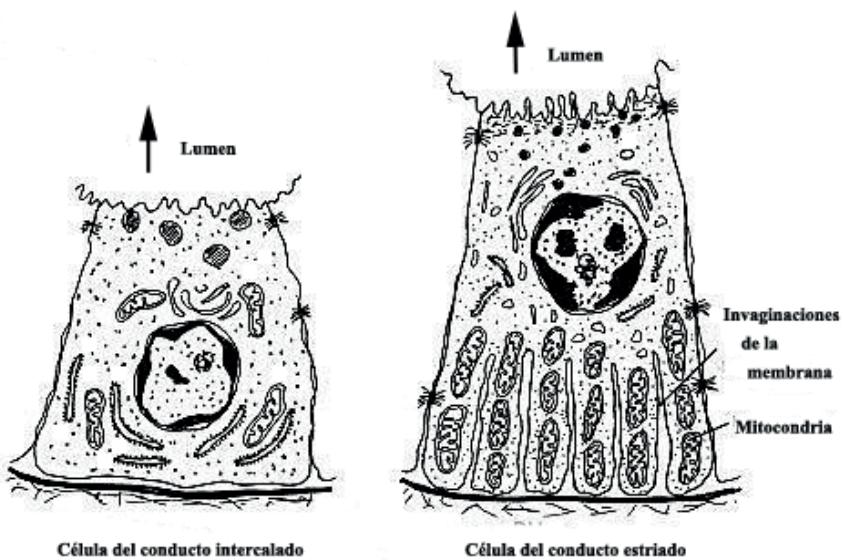


Figura 79. Células de los conductos glandulares, a la izquierda la célula del canal intercalar y a la derecha la célula del canal estriado.

3. La glándula parótida

La glándula parótida es la más grande de las glándulas y pertenece al tipo seroso puro excepto en los carnívoros donde es serosa y mucosa. Su nombre se justifica por su característica ubicación en las inmediaciones de la base de la oreja, ocupando la fosa retrorretromandibular o parotídea.

Es una glándula cuya secreción se vierte en la boca a través de un único y largo conducto: el conducto parotídeo o conducto de Stenon. La glándula parótida posee conductos excretores, secretores e intercalares por donde discurre la secreción producida por los acinos serosos.

Está rodeado por una cápsula de tejido conectivo que en su interior forma tabiques delimitando lobulillos. El acino está formado por células piramidales. Entre las células secretoras y las células basales hay células mioepiteliales. Los conductos excretores consisten en un conducto intercalar corto formado por un epitelio cuboidal bajo que continúa el acino y se extiende en un conducto intralobulillar formado por un epitelio cuboidal o cilíndrico. Los conductos interlobulillares se encuentran en los septos, están formados por un epitelio cuboidal alto y convergen hacia un conducto parotídeo excretor.

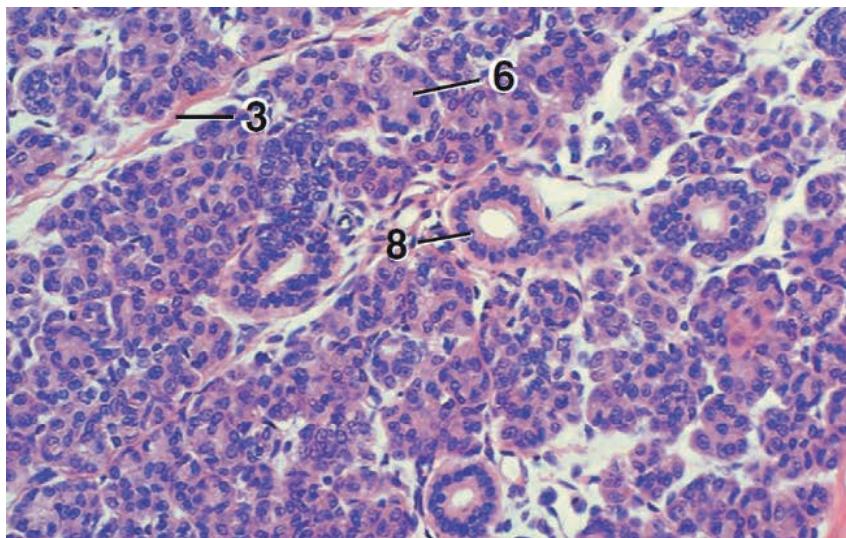


Figura 80. Glándula parótida, perro. Se muestran acinos serosos y conductos intralobulillares. H&E 0x. 3, tejido conectivo interlobular; 6, acino seroso; 8, conducto estriado. (Bacha & Bacha, 2012).

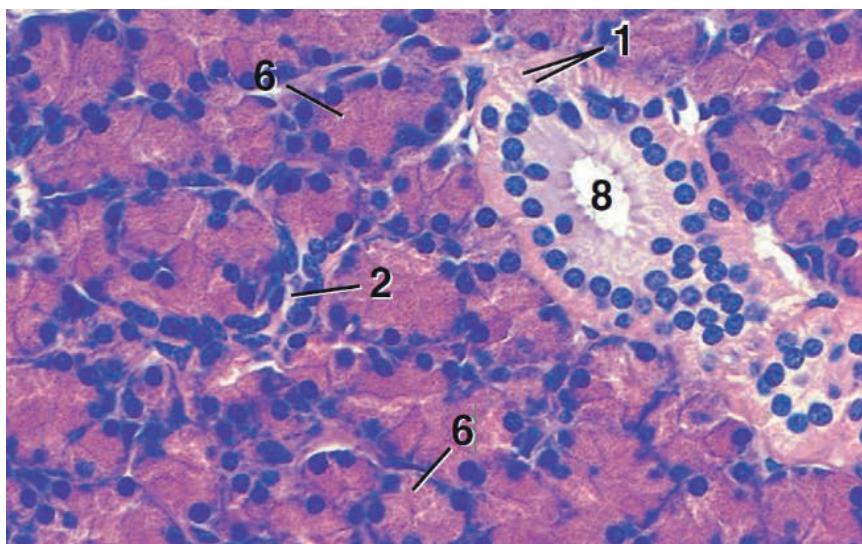


Figura 81. Glándula parótida, caballo. Se observan acinos serosos, conductos intercalados y conductos estriados (secretores). Estos últimos muestran estrías basales claramente definidas. H&E 250x. 1, estriaciones basales; 2, conducto intercalado; 6, acino seroso; 8, conducto estriado. (Bacha & Bacha, 2012).

4. La glándula submaxilar o mandibular

Se localiza medial y caudalmente en el ángulo de la mandíbula, del lado de la región hioideas y de la faringe, generalmente se extiende debajo de la parótida o incluso debajo del ala del atlas. Es una glándula conglomerada y mixta con predominio seroso o mucoso según la especie. Presenta diferencias muy grandes en apariencia y especialmente en volumen y peso entre los mamíferos.

La glándula tiene una textura lobulada, pero puede ser más laxa que la de la parótida en equinos y rumiantes y, por el contrario, más apretada en carnívoros y conejos. Su conducto es el canal de Wharton que desemboca en el suelo de la boca. La glándula está formada por lobulillos delimitados por trabéculas de tejido conectivo.

En el tejido conectivo interlobulillar laxo hay conductos colectores más grandes, vasos sanguíneos y linfáticos y fibras nerviosas autónomas. El tejido conectivo interlobulillar fibroso continúa con el tejido conectivo intralobulillar reticular. Al igual que en la parótida, en la submaxilar existen conductos excretores, secretores e intercalados, pero estos últimos son cortos y difíciles de encontrar. Las unidades secretoras terminales son acinos serosos o túbulos mucosos con tapas terminales serosas que se asemejan a una medialuna o una luna creciente en el corte histológico (semilunas de Gianuzzi o de Von Ebner). Las células de los acinos son acidófilas como las de la glándula parótida, sus núcleos son redondas. se encuentran en el polo basal. Las células puramente mucosas de los túbulos mucosos se distinguen de las células serosas por su tinción débil, sus núcleos densos y aplanados están en una disposición basal o basolateral.

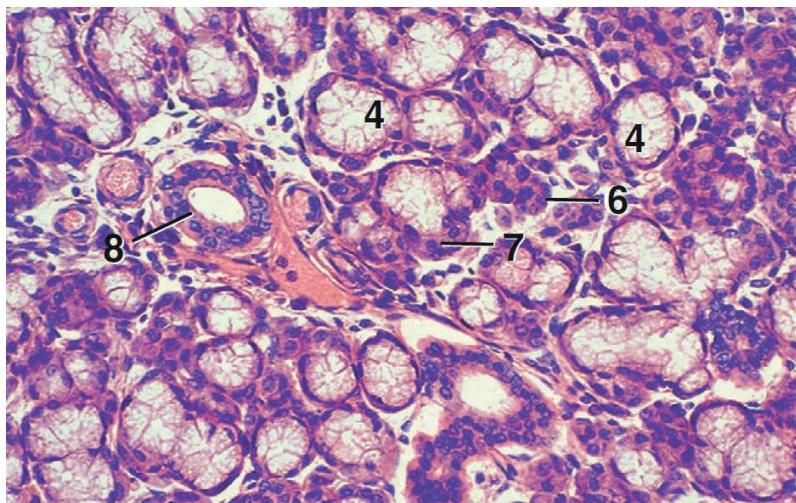


Figura 82. Glándula submandibular, perro. Los acinos mucosos (algunos con semilunas serosas) y los acinos serosos caracterizan el parénquima. H&E 125x. 4, acino mucoso; 6, acino seroso; 7, medialuna serosa, 8, conducto estriado. (Bacha & Bacha, 2012).

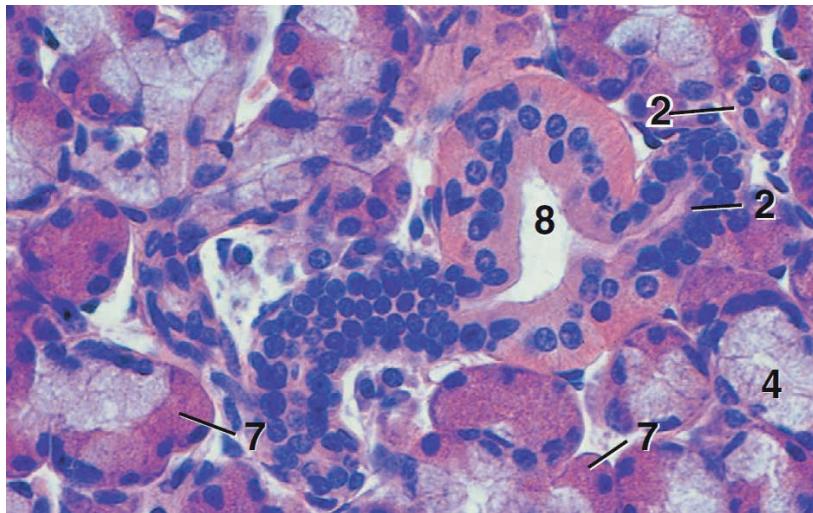


Figura 83. Glándula submandibular de oveja. Conductos intercalados que se ramifican a partir de un conducto estriado. H&E 250x. 2, conducto intercalado; 4, acino mucoso; 7, medialuna serosa; 8, conducto estriado. (Bacha & Bacha, 2012).

5. La glándula sublingual

Es una glándula mixta, generalmente muco-predominante, situada debajo de la mucosa del suelo de la boca. No está constituida por una única glándula sino por varios lóbulos considerados como glándulas distintas, algunos conglomerados y otros unidos en grupos o racimos muy diversamente representados según las especies.

Es la más pequeña de las glándulas salivales, se le reconoce por tener una glándula mayor cuyos conductos excretores confluyen en un conducto único: el conducto de Bartholin y una glándula menor drenada por múltiples conductos: los conductos de Rivinus.

El canal de Bartholin fluye junto al canal de Warthon o en común con él. La mayoría de los acinos de la glándula son mucosos, unos pocos son mixtos; Los acinos serosos puros son raros, no hay cápsula conectiva clara, pero se encuentran septos (tabiques).

En los rumiantes (bovinos, ovejas) los acinos son casi todos mucosos, en los carnívoros (perro, gato) hay acinos seromucosos y acinos serosos y mucosos, faltan los canales intercalares.

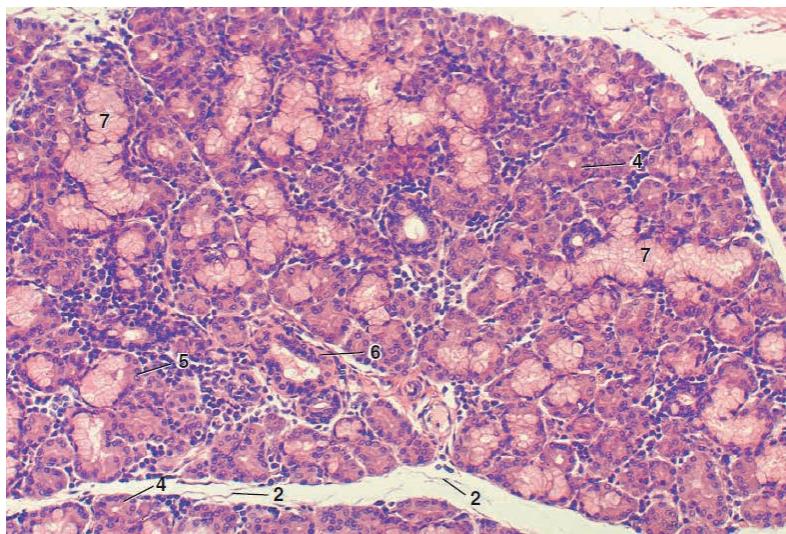


Figura 84. Glándula sublingual del perro. En el gato, el perro y el caballo, la glándula sublingual contiene unidades secretoras mucosas, acinos serosos y semilunas serosas. Las unidades mucosas tubulares largas son un rasgo característico de la glándula en el perro. H&E 130x. 2, tejido conectivo interlobular; 4; acinos serosos; 6; conducto estriado; 5, medialunas serosas; 7, acinos mucosos. (Bacha & Bacha, 2012).

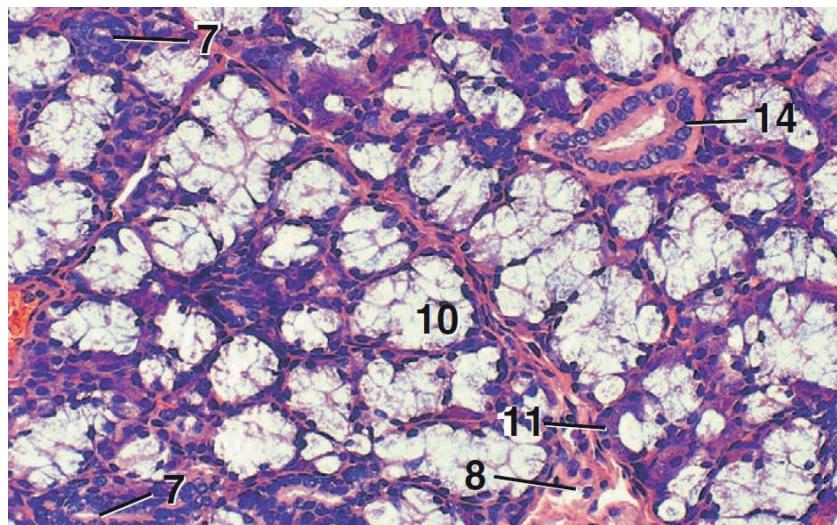


Figura 85. Glándula sublingual del cerdo. En el cerdo y los rumiantes predominan las unidades secretoras tubuloacinares mucosas. Las semilunas serosas son escasas. H&E 125x. 7, conducto intercalado; 8, tejido conectivo interlobular; 10, acinos mucosos; 11, medialunas serosas; 14; conducto estriado. (Bacha & Bacha, 2012).

En los carnívoros existe la glándula cigomática y en los gatos existe la glándula molar.

- | La glándula cigomática está situada entre el arco cigomático y el hueso temporal, sus acinos son esencialmente mucosos.
- | La glándula molar está ubicada en el corion de la mucosa del labio inferior cerca de la comisura.
- | Las glándulas salivales pequeñas son grupos de glándulas serosas, seromucosas y mucosas, ubicadas a lo largo de la mucosa oral. Existen glándulas linguales, glándulas de Ebner, glándulas labiales, palatinas y faríngeas.

6. Histofisiología de las glándulas salivales

La saliva tiene una función mecánica. El moco que contiene lubrica el bolo alimenticio y facilita la deglución y el paso de este bolo al esófago. Las numerosas glándulas salivales accesorias, que son esencialmente mucosas, desempeñan un papel importante en la lubricación de la mucosa oral.

La saliva tiene una función digestiva. La amilasa, que funciona mejor al pH de la saliva, hidroliza el almidón y el glucógeno de los alimentos. Este proceso continúa en el estómago, donde se detiene tan pronto como la acidificación de los alimentos alcanza un determinado nivel.

La saliva protege la cavidad bucal contra infecciones. De hecho, contiene inmunoglobulina A, algunas de las cuales están dirigidas contra los antígenos de las bacterias presentes en la boca. Por otra parte, también existen dos productos bactericidas: la lisozima y la lactoferrina. La saliva desempeña una función gustativa al disolver moléculas que luego pueden estimular las papilas gustativas. La acción de ciertas enzimas salivales o liberadas por bacterias permite la liberación de aromas.

La saliva contiene factores de crecimiento probablemente activos durante la reparación de la mucosa oral o esofágica.



HISTOLOGÍA DEL HÍGADO

El hígado es una glándula compleja, su constitución ofrece para su estudio:

- Envolturas: una serosa y otra fibrosa, superpuestas;
- Un parénquima constituido por innumerables lobulillos;
- Conductos excretores, vasos y nervios.

1. Elementos de cubierta hepática

Hay tres de ellos.

- La túnica serosa: constituida por el peritoneo visceral que recubre el hígado, esta envoltura es casi completa pero no cubre sin embargo la zona desnuda y los surcos ocupados por las grandes venas.
- La tela subserosa: delgada sobre la que reposa la serosa.
- La túnica fibrosa: o “cápsula de Glisson”, fina, transparente y resistente, se adhiere a la subserosa y al tejido hepático. A nivel de la puerta hepática, se refleja en el interior del órgano, formando una vaina (vaina glissoniana) o cápsula fibrosa perivascular. Esta vaina acompaña a los conductos biliares, así como a las ramas de las ramas portales y de la arteria hepática, y recubre los lobulillos hepáticos.

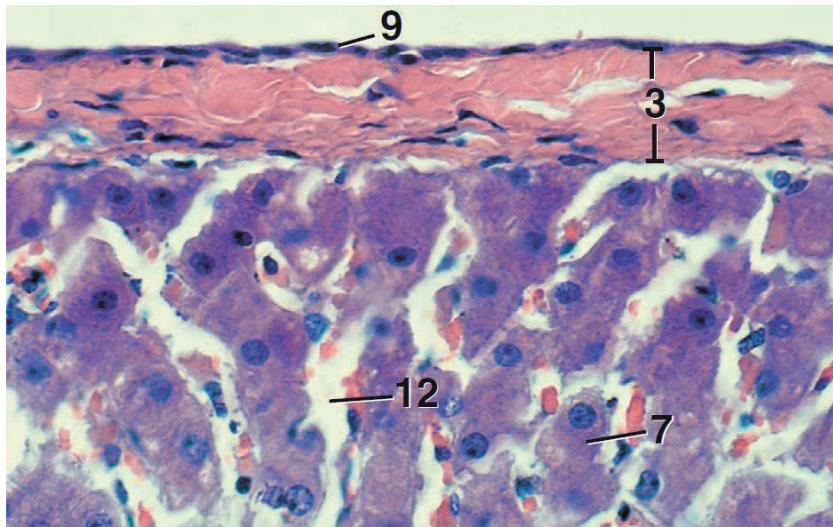


Figura 86. Hígado de caballo. Sección transversal a través de las células mesoteliales y el tejido conectivo de la cápsula de Glisson que rodea el hígado. En conjunto, las células mesoteliales y la cápsula de Glisson forman la serosa. H&E 250x. 3, cápsula de Glisson; 9, mesoteli; 7, hepatocitos; 12, sinusoides hepático. (Bacha & Bacha, 2012).

2. El parénquima hepático

Está constituido por células hepáticas organizadas en una serie de láminas o placas perforadas, ramificadas y anastomosadas que forman un tejido esponjoso o laberinto entre los que se encuentran los sinusoides sanguíneos que convergen hacia un vaso situado en el centro del lobulillo, la vena centrolobulillar.

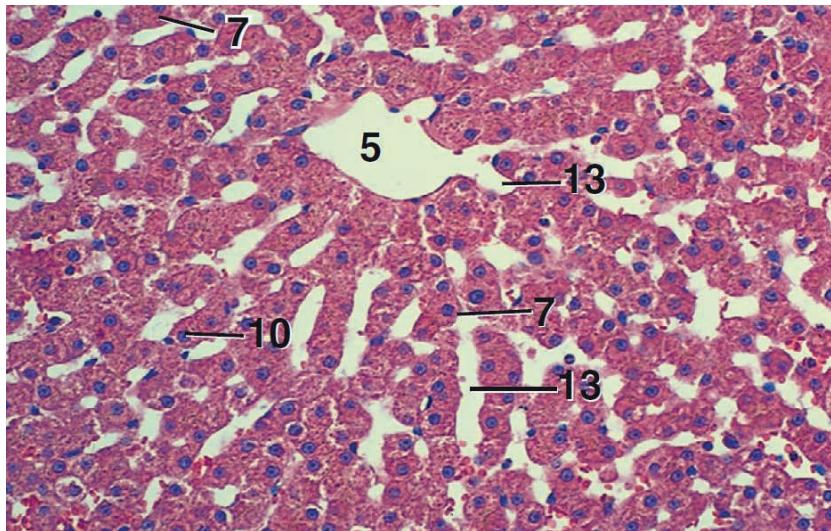


Figura 87. Figure 13.129. Liver, Cat. Transverse section through a classic lobule. Sinusoids empty into the central vein. Hepatocytes radiate as hepatic plates from the central vein. (Bacha & Bacha, 2012).

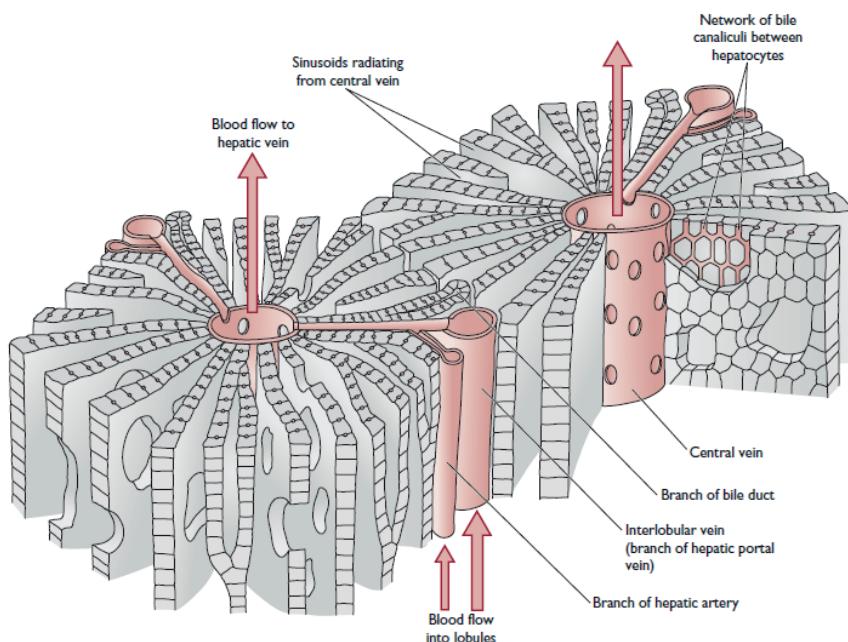


Figura 88. Esquema de la organización estructural del hígado. (Aspinall & Cappello, 2009)

2.1. El lobulillo hepático

Constituye la unidad morfológica del hígado.

Los lóbulos están rodeados de tejido conectivo que se desarrolla en distintos grados según la especie. En los rumiantes los septos son apenas visibles y los lóbulos parecen continuos entre sí.

Según la función considerada, se clasifica en tres tipos: lobulillo clásico, lobulillo portal y ácino hepático.

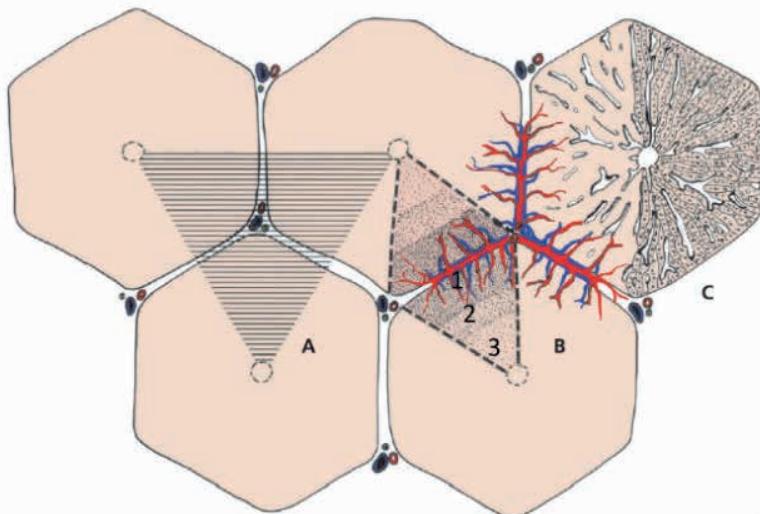


Figura 89. Subdivisión del hígado (esquema). A: lóbulos portales con canal portal, B: vasos terminales con acinos hepáticos y C: lobulillo clásico lóbulos poligonales con venas centrales.

El lóbulo portal (A) está centrado alrededor del canal portal que contiene el conducto biliar interlobulillar, lo que resalta la función secretora/glandular del hígado. Cuando se observa el lóbulo en el contexto de los acinos hepáticos y los vasos terminales asociados (arterias y venas interlobulillares) (B), se llama la atención sobre el papel metabólico del hígado. La división del hígado en lóbulos poligonales, 1, 2 y 3 representan las distintas zonas funcionales en el acino de Rappaport. (C) está orientada alrededor de la vena central y representa una categorización estructuralmente descriptiva del hígado. (Liebich, 2019).

* **Lobulillo clásico:** Se basa en la organización estructural del parénquima hepático, destacando la función endocrina y la circulación sanguínea hacia las venas lobulillares centrales (figura 89). Las trabéculas de los hepatocitos, de un solo espesor celular, están separadas por sinusoides, que transportan una mezcla de sangre arterial y venosa, están dispuestas radialmente en el lóbulo, una gran vérula, la vena centrolobulillar, a lo largo de la cual fluye sinusoidalmente; En sección transversal, la forma del lóbulo es aproximadamente hexagonal. Las esquinas del hexágono

son cavidades portales o cavidades de Kiernan, que consisten en tejido conectivo laxo que se continúa con el tejido de la cápsula de Glisson. Estos espacios están delimitados por paredes cilíndricas de hepatocitos (placas limitantes) y contienen la tríada portal, que consiste en ramas de la vena porta, ramas de la arteria hepática y conductos biliares. Entre los componentes de la tríada hay tejido conectivo laxo. La placa limitante está interrumpida por las salidas de la vena porta y ramas de la arteria hepática, que confluyen entre los lobulillos y fluyen desde allí hacia las venas centrolobulillares. La placa limitante también está atravesada por la entrada de los túbulos de arenque, que drenan la bilis desde los conductos biliares de los hepatocitos hacia los conductos biliares o colédocos (secreción centrífuga). Finalmente, una de las superficies de la placa limitante rodea el espacio periportal de Mallen. La linfa hepática procedente de la cavidad de Disse fluye hacia este espacio y, a su vez, hacia los vasos linfáticos de la cavidad portal. En este último también se pueden encontrar neurofilamentos del sistema nervioso autónomo simpático.

***Lobulillo portal:** Teniendo en cuenta que una de las funciones exocrinas del hígado es la secreción de bilis, el eje morfológico del lóbulo portal es el conducto biliar interlobulillar, que se ubica en la clásica tríada portal lobulillar. Así, el lóbulo portal tiene forma triangular, cuyo centro es el conducto biliar interlobulillar y los vértices del triángulo son las venas centrales de los tres lóbulos clásicos. Los hepatocitos secretan bilis hacia el conducto biliar central (que drena hacia el corazón). (figura 88).

***Ácido hepático de Rappaport:** Es una estructura en forma de diamante, donde el eje corto es el límite entre los dos lóbulos clásicos, ubicado entre los dos espacios portales, y el eje largo es el segmento imaginario de las dos venas lobulillares centrales que conectan los lóbulos clásicos adyacentes (figura 89).

En este acino se describen tres zonas alrededor del eje corto donde existe un gradiente en el nivel de oxígeno de la sangre que fluye por los sinusoides. Por un lado, la zona cercana al eje corto corresponde a los hepatocitos situados en la periferia del lóbulo clásico, que reciben sangre mixta procedente de la arteria hepática y de la vena porta. Estas células del hígado son metabólicamente más activas y reciben la sangre más oxigenada, pero también son las primeras en recibir nutrientes y toxinas. También son los primeros organismos que sufren cambios morfológicos cuando se obstruye un conducto biliar, pero también son los últimos en morir cuando se producen trastornos circulatorios y los primeros en regenerarse. En esta zona 1 (figura 89) se ubican los «hepatocitos stem cells» con capacidad migratoria hacia las otras zonas. Mientras que los hepatocitos de la zona más próximas a las venas centrolobulillares reciben la sangre con menor cantidad de oxígeno, y tienen menor actividad metabólica. Este grupo de hepatocitos es el último en responder a las toxinas y a la obstrucción biliar y es el primero en morir cuando se producen trastornos circulatorios, al reducirse aún más el aporte de oxígeno. Su función principal es la desintoxicación.

* **Los espacios suprahepáticos:** poseen un solo elemento vascular: la vena suprahepática o centrolobulillar. Entre estos dos espacios se disponen las trabéculas hepáticas que irradian alrededor de la vena centrolobulillar. Cada tramo está formado por dos filas de células.

* **El hepatocito:** es una célula poliédrica de 20 a 30 μ de diámetro. Su tamaño varía según el estado funcional y nutricional del cuerpo. En individuos bien nutridos, los hepatocitos almacenan cantidades significativas de glucógeno y procesan grandes cantidades de lípidos. Cada hepatocito está provisto de: un núcleo central redondeado, relativamente grande, a veces doble, que posee de 1 a 2 nucléolos grandes (figura 90 y 92).

Su citoplasma granular o esponjoso contiene numerosos orgánulos: mitocondrias, retículo endoplasmático rugoso y retículo endoplasmático liso, ribosomas libres o agrupados en polisomas, un aparato de Golgi, lisosomas, peroxisomas. Además de los orgánulos, la célula contiene glucógeno, lípidos y pigmentos (bilis y lipofuscina).

La membrana plasmática del hepatocito muestra especializaciones en determinados puntos. En el polo vascular, observamos la presencia de numerosas microvellosidades que sobresalen de la superficie de la célula en el espacio de Disse, encontrándose este último entre el hepatocito y el endotelio de los sinusoides. En el polo biliar, las membranas de dos células contiguas están en contacto entre sí, excepto a nivel de una especie de canal, el canalículo biliar (figura 94).

* **Sinusoides hepáticos:** situados entre las láminas de los hepatocitos, están anastomosados y forman una vasta red interpuesta entre la vena porta y la vena suprahepática (centrilobulillar). Su pared carece de lámina basal y contiene tres tipos de células (figura 90 y 92).

- **Células endoteliales** típicas no unidas que filtran la sangre y endocitan moléculas pequeñas.

- **Las células de Kupffer**, grandes y estrelladas, se caracterizan por una importante actividad fagocítica (fagocitosis de pigmentos, productos de degradación de glóbulos rojos) y están implicadas en el metabolismo del hierro, así mismo, fagocitan y eliminan microbios transmitidos por la sangre o endotoxinas absorbidas del tracto gastrointestinal. Desde el punto de vista histológico, las células de Kupffer son células redondas individualizadas dentro de sinusoides que son difíciles de identificar en la histología a menos que contengan material citoplasmático fagocitado, como los glóbulos rojos (figura 92).

- **Las células Ito** (Fat-Storing Cells), estas células también se conocen como células estrelladas, células almacenadoras de grasa o lipocitos (figura 90). Las células Ito residen en la región perisinusoidal conocida como espacio de Disse. El espacio de Disse es la región estrecha situada entre las células endoteliales y los hepatocitos. Estas células se identifican histológicamente por sus grandes vacuolas lipídicas. Las células Ito participan en la absorción, el almacenamiento y el mantenimiento de la vitamina A (retinol), así como en la producción de matriz extracelular (colágeno tipo I y III), la regulación del flujo sanguíneo sinusoidal y la reparación del tejido hepático tras una lesión.

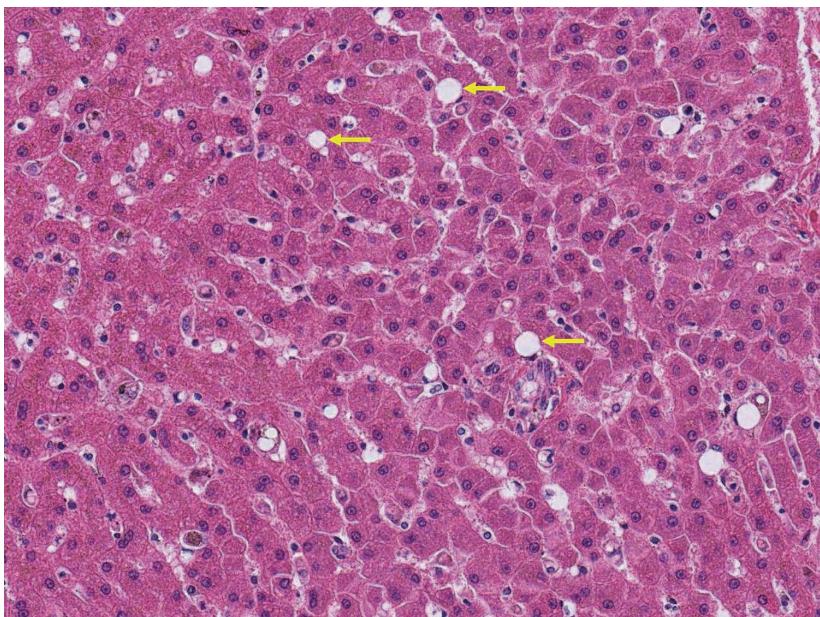


Figura 90. Hígado de perro. Las células de Ito, a menudo identificadas por sus prominentes vacuolas lipídicas intracitoplasmáticas (flechas), residen dentro del espacio de Disse. (Jennings & Premanandan, 2017).

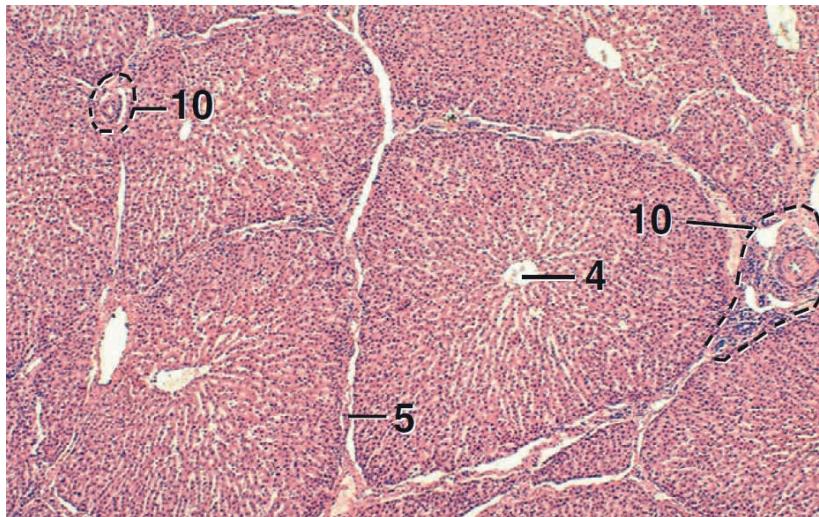


Figura 91. Hígado de cerdo. Los lóbulos clásicos están claramente separados entre sí por tabiques de tejido conectivo en el cerdo. H&E 25x. 4, vena centrolobular; 5, tejido conectivo; 10, conducto portal. (Bacha & Bacha, 2012).

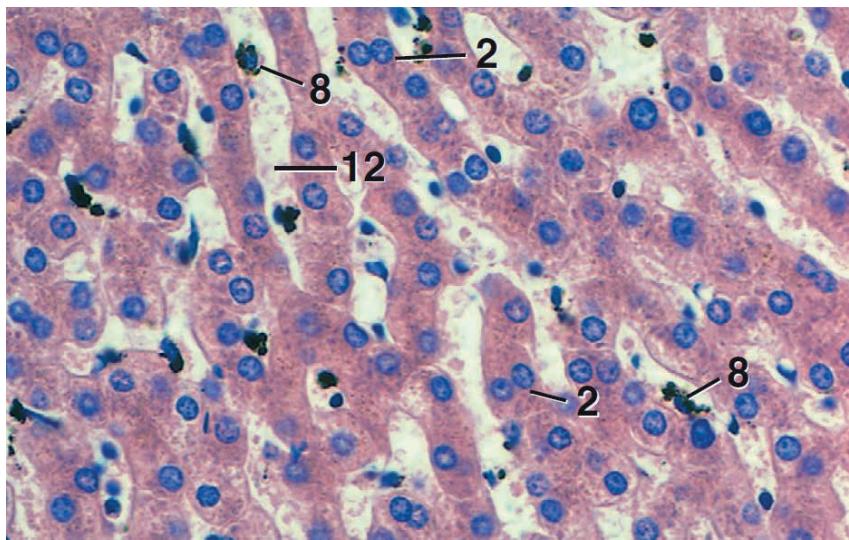


Figura 92. Hígado de cerdo. En esta sección se observan células de Kupffer cargadas de partículas dentro de los sinusoides de un lobulillo clásico. También se pueden ver hepatocitos binucleados. H&E 250x. 2, hepatocitos; 8, células de Fupper; 12, sinusoides hepáticos. (Bacha & Bacha, 2012).

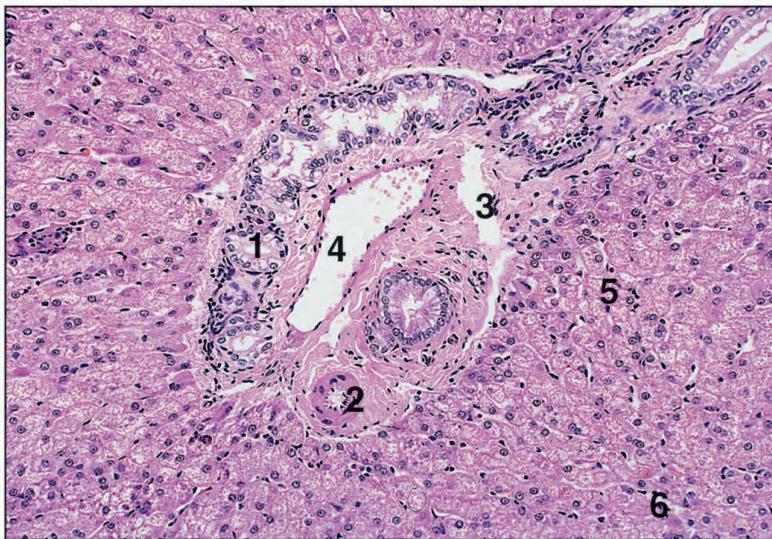


Figura 93. Hígado, Oveja. Conducto porta (tríada). (1) Rama del conducto biliar. (2) Arteria hepática. (3) Vaso linfático. (4) Vena porta hepática. (5) Cordones hepáticos. (6) Sinusoides. H&E $\times 125$ (Salguero & Pallarés, 2023)

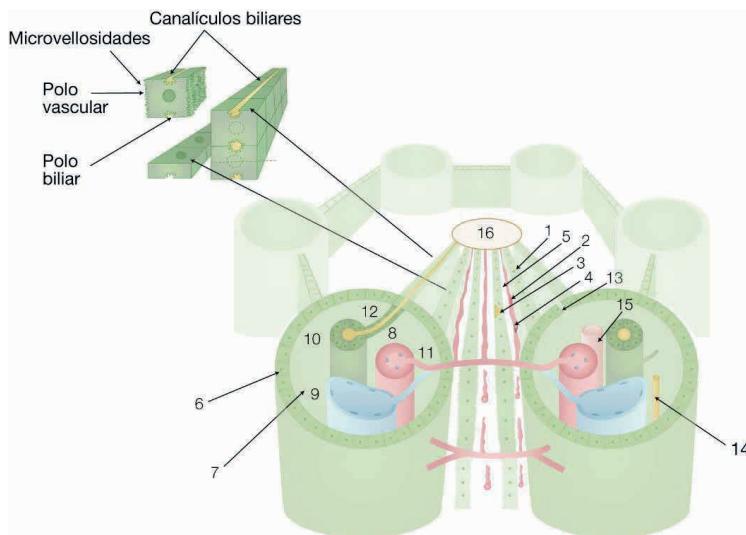


Figura 94. Esquema de la unidad funcional del hígado desde el punto de vista histológico: componentes del lobulillo hepático. 1, trabéculas de Remak juntamente con hepatocitos; 2, cendotelio de capilares sinusoides; 3, célula de Ito; 4, célula de Kupffer; 5, espacio de Disse; 6, placa limitante de hepatocitos; 7, espacio porta de Kiernan y se observa la tríada portal; 8, rama de la arteria hepática; 9, rama de la vena porta; 10, colangiolo; 11, vasos perilobulares; 12, conducto de Hering; 13, espacio periportal de Mall; 14, nervio autónomo; 15, vaso linfático; 16, vena centrolobular. (Brusco et al., 2014).

3. Conductos excretores, vasos y nervios

3.1. Conductos excretores

Las vías de excreción biliar constituyen un sistema complejo que comprende principalmente:

- Los canalículos biliares: situados en las trabéculas hepáticas, aparecen como luces glandulares sin pared propia. Son depresiones lineales excavadas entre dos celdas adyacentes.
- Los canales perilobulillares: revestidos por un epitelio cúbico, descansan sobre una lámina basal.
- Los conductos biliares interlobulillares: recorren los espacios portales y se unen a los grandes conductos biliares extrahepáticos. Todos los conductos convergen hacia el hilio del hígado donde se unen para formar el conducto hepático: la porción extrahepática de los conductos biliares.

3.2. Los vasos linfáticos

Se localizan en el tejido interlobulillar, se originan exclusivamente en el tejido conectivo de los espacios porta y recogen la linfa de los espacios intersticiales del lobulillo. Nunca penetran el espesor del lobulillo, surgen alrededor de él a través de capilares de 15 a 20 μ . Algunos escoltan la vena suprahepática, otros la vena porta.

3.3. Los nervios

Acompañan a la vena porta, forman un plexo alrededor del lobulillo y penetran en el lobulillo donde terminan con extremos libres en los capilares y en las células hepáticas.

4. Circulación hepática

La circulación del hígado es especial porque proviene de dos fuentes: la vena porta proporciona 2/3 del suministro y la arteria hepática proporciona el 1/3 restante.

4.1. Circulación venosa

La vena porta, que transporta sangre venosa desde el intestino y el bazo, acompañada de ramas de la arteria hepática, ingresa al hígado en el hilio. Estos vasos se ramifican en venas interlobulillares y discurren entre los lobulillos en los espacios portales, rodean el lobulillo, luego lo penetran y se ramifican en capilares finos: los sinusoides hepáticos que desembocan en la vena centrolobulillar.

La vena centrolobulillar desemboca en una vena sublobulillar que discurre entre los lobulillos. Las venas sublobulillares se unen y forman las venas suprahepáticas que terminan en la vena cava inferior.

4.2. Circulación arterial

La circulación arterial es proporcionada por la arteria hepática que, desde el hilio, se ramifica hacia los espacios portales siguiendo las ramas de la vena porta. La función de la arteria hepática es suministrar nutrientes a las diversas estructuras ubicadas en los espacios portales. Para ello, las ramas de la arteria hepática se ramifican en capilares arteriales alrededor de las ramas de la vena porta y los conductos biliares.

La sangre llega al lobulillo a través de la arteria hepática (sistema nutrión) y la vena porta (sistema funcional). Pero los dos sistemas no permanecen independientes porque la vena suprahepática recoge toda la sangre del lobulillo, para transmitirla a la vena cava inferior.

Nota: La vena porta forma una red capilar que se reagrupa en las venas, mientras que normalmente es una arteria la que forma la red capilar. Esta disposición circulatoria permite al hígado cumplir una de sus funciones, el almacenamiento de glucógeno.



HISTOLOGÍA DE LA VESÍCULA BILIAR

La vesícula biliar es una formación ampular situada sobre el conducto cístico, acumula el balón secretado continuamente por los hepatocitos, condensa el balón reabsorbiendo agua y electrolitos. Ella expulsa la pelota hacia el intestino.

La vista inferior del hígado permite observar la vesícula biliar, este reservorio membranoso verdoso, ubicado en la fosa cística, presenta el conducto cístico, que lo comunica con el conducto biliar común.

Algunos animales como los équidos y los camélidos no poseen la vesícula biliar, por lo que las sales biliares se añaden directamente desde el hígado hacia el duodeno.

La estructura histológica se puede describir en tres zonas (figura 95).

1. Túnica mucosa

Está recubierto de un epitelio que proyecta hacia la luz pliegues que desaparecen con la repleción de este saco. Este sistema de pliegues puede producir invaginaciones profundas que llegan hasta la mucosa y que podrían confundirse con glándulas.

El epitelio de revestimiento está formado por células cilíndricas altas con una meseta estriada directa en el polo apical que corresponde a microvellosidades cortas orientadas de forma menos sistemática que en el enterocito (figura 95 y 96).

El polo basal de la célula es más estrecho, no hay células caliciformes. El corion subyacente se caracteriza por una abundancia de vasos sanguíneos y linfáticos. Algunos autores al corion lo denominan la propia submucosa.

2. La muscular

Es un sistema delgado e irregular formado por fibras musculares lisas cuyos haces delgados de diversas orientaciones están separados por tejido fibroelástico y vascular.

3. La adventicia

Es rico en vasos sanguíneos y linfáticos, haces de fibras nerviosas, colágeno conectivo y fibras elásticas con fibroblastos y células grasas. En la zona fusionada con el hígado el tejido conectivo se continúa con el tejido conectivo interlobulillar, en el resto del cuerpo se duplica externamente por el peritoneo (figura 96).

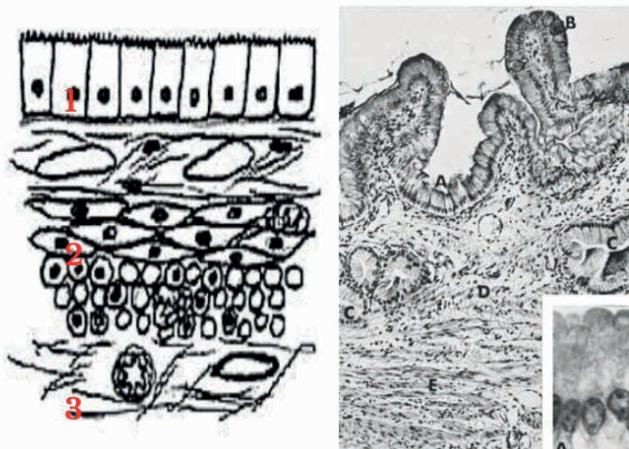


Figura 95. Imagen de la izquierda, esquema de la pared de la vesícula biliar mostrándose: la mucosa (1); muscular (2) y la adventicia (3). La figura de la derecha, Vesícula biliar (perro). Epitelio cilíndrico simple (A); células caliciformes (B); secciones transversales de criptas mucosas (C); submucosa propia (D); túnica muscular (E). Hematoxilina y eosina ($\times 120$). Recuadro: revestimiento epitelial cilíndrico simple. H&E 768x. (Eurell & Frappier, 2006).

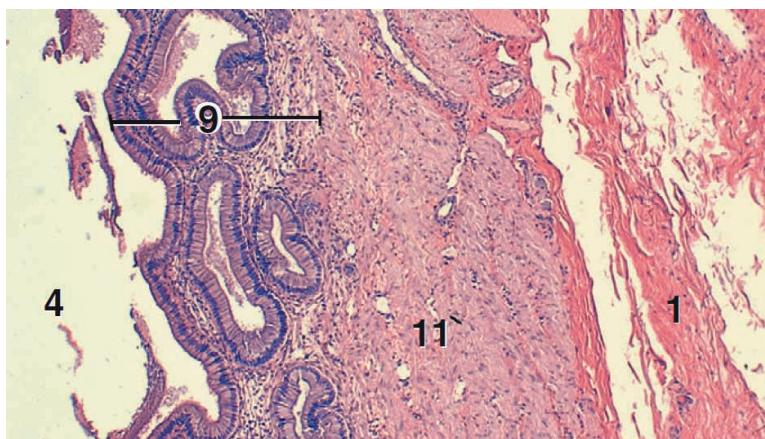


Figura 96. Vesícula biliar, perro. Una porción de la pared que muestra la mucosa muy plegada. H&E 125x. 1, adventicia; 4, lumen de la vesícula biliar; conducto biliar; 6, arteria hepática; 9, vaso linfático; 11, vena hepática. (Bacha & Bacha, 2012).



HISTOLOGÍA DEL PÁNCREAS

El páncreas es una glándula mixta con funciones exocrinas y endocrinas. El páncreas exocrino secreta un líquido alcalino que actúa como tampón, rico en enzimas, que llega al duodeno a través del conducto de Wirsung. La liberación de enzimas y líquido alcalino es discontinua y está bajo el control de hormonas secretadas por las células del sistema APUD (grupo de células neuroendocrinas y endocrinas que comparten la capacidad de captar y descarboxilar precursores de aminas biológicamente activas) del epitelio superficial de la mucosa digestiva.

El páncreas endocrino está compuesto por grupos de células que consisten en cordones ricamente vascularizados de células endocrinas, los islotes de Langerhans.

El páncreas es una glándula compuesta que comprende dos tipos de tejido glandular, exocrino y endocrino.

El páncreas exocrino que constituye la mayor parte de la glándula tubuloalveolar con secreción serosa. La glándula está dividida en lobulillos por tractos de tejido conectivo. Cada acino está compuesto por células ubicadas en el centro del acino, las células centroacinares forman los conductos más pequeños de la glándula. El páncreas endocrino está compuesto por pequeños grupos esféricos de células, los islotes de Langerhans, que contienen numerosos capilares. Estos islotes están dispuestos aleatoriamente dentro de los acinos serosos pancreáticos.

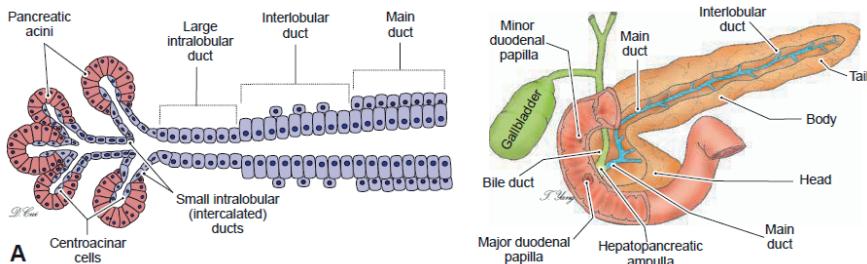


Figura 97. Representación del sistema de conductos pancreáticos exocrinos. El páncreas puede dividirse en cabeza, cuerpo y cola. El conducto pancreatico comienza en la cola del páncreas, atraviesa el cuerpo y desemboca en la cabeza del páncreas. La mayoría de las secreciones pancreáticas exocrinas son transportadas por el conducto principal, que se une al conducto biliar de la vesícula biliar en la ampolla hepatopancreática y vacía las secreciones en el duodeno a través de la papila duodenal mayor. Una pequeña parte de la secreción pancreática se libera en el duodeno a través de la papila duodenal menor. La porción exocrina de la glándula tiene un sistema de conductos similar al de las glándulas salivales mayores, excepto que el páncreas no tiene conductos estriados ni conductos lobulares. Los productos secretores se liberan en las porciones más pequeñas de los conductos intercalados, formados por células centroacinares, y luego se drenan hacia los conductos intralobulares, los conductos interlobulares y, finalmente, hacia el conducto principal. (Cui, 2011).

1. Arquitectura general

El páncreas es una glándula lobulada limitada por una cápsula de tejido conectivo delgada y discreta que emite en su interior finos tabiques de tejido conectivo que dividen la masa del parénquima glandular en lobulillos en forma de cuña. Las uniones de tejido conectivo denso entre los lobulillos (uniones extralobulillares) contienen vasos sanguíneos y linfáticos, nervios y plexos nerviosos perilobulillares cuyos elementos se originan en el plexo celíaco. De estos cruces interlobulillares parten tabiques que separan los lobulillos y que envían hacia estos lobulillos fibras conectivas finas (de colágeno y reticulina) con capilares sanguíneos (no hay capilares linfáticos en los lobulillos, la linfa circula libremente en los espacios conectivos). Los septos interlobulillares son ricos en capilares peracinares, adipocitos y algunos puntos linfoides y tejido conectivo laxo.

2. Estructura histológica

2.1. El lobulillo pancreático

Está formada por tejido glandular exocrino en cuyo interior se encuentran islas de células endocrinas. El tejido exocrino está constituido, como las glándulas serosas puras, por la yuxtaposición de unidades funcionales que son los acinos pancreáticos presionados unos contra otros. Estos acinos están pedunculados por pequeños conductos excretores, los conductos intercalares homólogos a los conductos de Boll (espacio formado por el conducto intercalar de la glándula salival de la parótida) y drenan los productos de secreción hacia los conductos intralobulillares. Estos a su vez, descargan la secreción exocrina del lobulillo en los conductos interlobulillares.

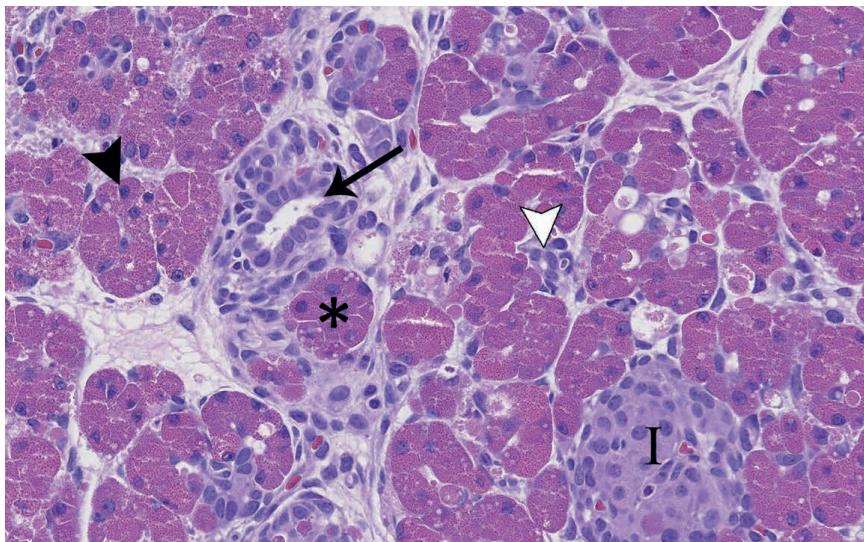


Figura 98. Páncreas, (rata). Los grupos de células acinares constituyen un acino individual (*). Las células acinares están marcadamente distendidas por abundantes gránulos de zimógeno. Los núcleos de las células acinares están posicionados de manera variable dentro de la célula en lugar de estar todos en una posición basilar (punta de flecha negra). Nótese el conducto interlobulillar (flecha) que parece vacío y revestido por una sola capa de células epiteliales cuboidales regordetas y apiñadas. Se está empezando a formar un conducto intralobulillar (punta de flecha blanca). El tejido conectivo interlobulillar alrededor del conducto interlobulillar y el tejido conectivo intralobulillar entre los acinos están compuestos de estroma laxo indiferenciado con colágeno escaso. También se muestra un islote pancreático (I). H&E. Aumento objetivo de 40x. (Parker & Picut, 2016).

2.2. Acino pancreático

Tiene forma redondeada, a menudo bastante alargada, está formado por una sola capa de células epiteliales piramidales que descansan sobre una lámina basal sin interposición de células mioepiteliales convergiendo hacia un lumen central.

Su tamaño varía con el estadio funcional de la glándula: pequeña en reposo y difícil de observar y se encuentra distendida por los productos de secreción durante los períodos de actividad.

I Célula acinar

Es una célula serosa típica cuyas características indican su intensa actividad elaborativa. Tiene forma piramidal con la parte superior redondeada que sobresale discretamente ante la luz; Su parte basal más ancha descansa sobre la membrana basal. Tiene un núcleo redondeado y altamente nucleolado, el citoplasma en su polo basal es relativamente homogéneo, mientras que en el polo apical contiene granos de zimógeno (figura 98). Estos gránulos secretores caracterizan esta región supranuclear y cuando son muy abundantes llegan a ocupar las regiones laterales del núcleo, su tamaño es del orden de 0,6 a 0,8 μ , son redondeados, densos, acidófilos, refráctiles y de número variable. Con la etapa funcional de la célula, los granos de zimógeno son ricos en enzimas proteolíticas que actúan en distintos momentos en el catabolismo de las proteínas, degradándolas a nivel del intestino delgado.

En la luz del acino pancreático hay unas células especiales, las células centroacinares, que constituyen el inicio de los conductos excretores (los más pequeños de la glándula), que drenan en los conductos intercalados, luego en los conductos intralobulillares e interlobulillares (figura 97). El conducto de Wirsung recibe secreción de los conductos interlobulillares.

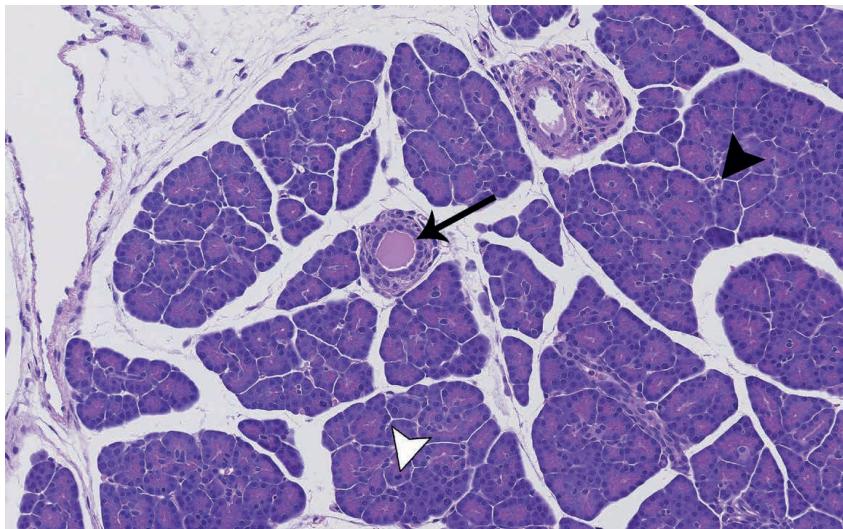


Figura 99. Páncreas, (rata). Se observa la basofilia del tejido acinar. Los conductos están llenos de proteínas (flecha), lo que indica secreción de enzimas pancreáticas al intestino. Se observa una pequeña cantidad de colágeno periductular. Hay conductos intralobulillares (o intercalados) (punta de flecha negra) y no es infrecuente la actividad mitótica (punta de flecha blanca) en la población de células acinares. H&E. Aumento objetivo de 20x. (Parker & Picut, 2016).

I Células centroacinares

Se localizan en el lumen del fondo de saco glandular, aplanados o fusiformes alargados paralelos al eje largo del acino, emiten expansions filiformes que penetran entre las células acinares e incluso se implantan en la lámina basal y prolongan los canales. se intercala en la cavidad secretora sin llegar al fondo de la misma (figura 97 y 100). Son claros y homogéneos; su núcleo está desprovisto de nucléolo pero está cargado de finos gránulos de cromatina. Las células centroacinares se reconocen en parte por su ubicación y en parte por el aspecto pálido de su núcleo.

2.3. Conductos excretores

- I Conductos intercalados: pedunculados por los acinos, son los homólogos del conducto de Boll de la glándula salival serosa, son muy finos. Estos canales continúan hacia el lumen del acino como células centroacinares.
- I Canales intralobulillares: están formados por un epitelio cúbico bajo que reposa sobre una membrana basal. Son mucho más raros que en las glándulas serosas salivales.
- I Conductos interlobulillares: tienen un epitelio cúbico y su calibre es mayor que el de los anteriores.

- Los conductos excretores principales: reciben los productos de producción drenados por los anteriores.

El páncreas se comunica con el duodeno mediante un conducto ancho y un conducto más estrecho (que a menudo desemboca en el primero antes de llegar a la salida intestinal).

- El conducto de Wirsung se inicia a nivel del páncreas y durante su recorrido recibe numerosas ramas accesoria (interlobulillares) aumentando así de tamaño a medida que se acerca al duodeno.
- El conducto accesorio, es el conducto de Santorini de unos 6 cm, situado por encima del anterior, desemboca en éste y más raramente desemboca en el duodeno de forma aislada. Estos conductos excretores principales están revestidos por un epitelio cilíndrico, a menudo con una placa estriada en la que podemos encontrar células caliciformes y células cromo argentafines.

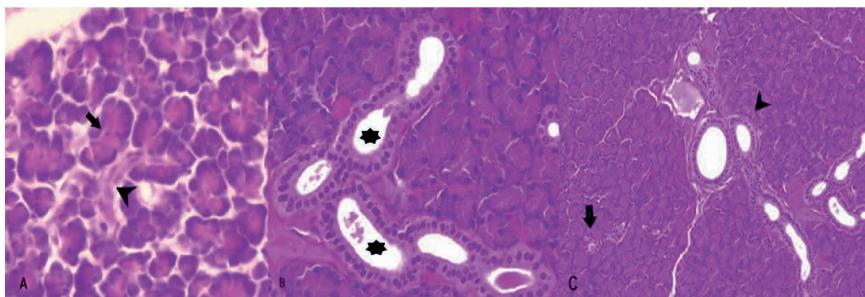


Figura 100. Páncreas. A) Flecha: célula centroacinar; punta de flecha: conducto intercalar (corte longitudinal). H&E 40x. B) Asteriscos: luz de conductos intralobulillares. H&E 40x. C) Flecha: conducto intralobulillar; punta de flecha: conducto interlobulillar. 10X. HE. (Barbeito & Diessler, 2022).

2.4. Islotes de Langerhans

Son grandes cúmulos redondeados de células que miden entre 200 y 300 µm, dispersos entre los acinos serosos y ricamente vascularizados y rodeados por fibras de reticulina (figura 98). Los islotes de Langerhans contienen 5 tipos de células que sólo se pueden distinguir mediante tinciones especiales:

- Células α o (A) que secretan glucagón (aumentan el azúcar en sangre).
- Células β o (B) que sintetizan insulina (reducen el azúcar en sangre).
- Células G productoras de gastrina (estimulan la secreción de HCl por las células parietales del estómago).

- | Células δ o (D) que secretan somatostatina que inhibe la secreción de hormonas por las células vecinas.
- | Las células PP excretan péptido pancreático que inhibe las secreciones del páncreas exocrino. Los islotes de Langerhans varían en tamaño y número dependiendo de las distintas partes de la glándula y de los individuos:
- | Células B (65-80%): son las más numerosas y se reconocen por la presencia de gránulos secretores cuyo centro denso está rodeado por una Área de luz.

REFERENCIAS

- Aschenbach, J. R., Zebeli, Q., Patra, A. K., Greco, G., Amasheh, S., & Penner, G. B. (2019). Symposium review: The importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1866–1882. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15243>
- Aspinall, V., & Cappello, M. (2009). *Introduction to veterinary anatomy and physiology* (Elsevier, Ed.; 2nd ed.).
- Bach, A., Calsamiglia, S., & Stern, M. D. (2005). Nitrogen Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 88, E9–E21. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7)
- Bacha, W., & Bacha, L. (2012). *Color atlas of Veterinary Histology* (Wiley-Blackwell, Ed.; 3rd ed.).
- Baldwin, R. L., & Jesse, B. W. (1991). Technical note: isolation and characterization of sheep ruminal epithelial cells. *Journal of Animal Science*, 69(9), 3603–3609. <https://doi.org/10.2527/1991.6993603x>
- Banks, W. (1996). *Histología veterinaria aplicada* (Manual Moderno, Ed.; 2nd ed.).
- Barbeito, C., & Diessler, M. (2022). *Introducción a la Histología Veterinaria* (Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, Ed.). <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/2165>.
- Bergman, E. N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, 70(2), 567–590. <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>
- Brusco, H. A., López, J. J., & Loidl, C. F. (2014). *Histología médica-práctica* (Elsevier, Ed.; Primera).
- Calvo, S. S.-C., & Egan, J. M. (2015). The endocrinology of taste receptors. *Nature Reviews Endocrinology*, 11(4), 213–227. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2015.7>
- Cui, D. (2011). *Histología con correlaciones funcionales y clínicas* (Wolters Kluwer Health, Ed.).
- Cursos CPT. (2025). *Sr. Veterinário, responda: ruminantes e suinos tem papilas bucais?* <Https://Www.Cpt.Com.Br/Artigos/Sr-Veterinario-Responda-Ruminantes-e-Suinos-Tem-Papilas-Bucais>.
- Dellmann, D. (1994). *Histología veterinaria* (Acridia S.A., Ed.).

DeSesso, J. M., & Jacobson, C. F. (2001). Anatomical and physiological parameters affecting gastrointestinal absorption in humans and rats. *Food and Chemical Toxicology*, 39(3), 209–228. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(00\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(00)00136-8)

Dobson, M. J., Brown, W. C. B., Dobson, A., & Phillipson, A. T. (1956). A histological study of the organization of the rumen epithelium of sheep. *Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences*, 41(3), 247–253. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.1956.sp001186>

Edmans, J., Clitherow, K., Murdoch, C., Hatton, P., Spain, S., & Colley, H. (2020). Mucoadhesive Electrospun Fibre-Based Technologies for Oral Medicine. *Pharmaceutics*, 12(6), 504. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060504>

Eurell, J., & Frappier, B. (2006). *Dellmann's Textbook of veterinary histology* (Blakell Publishing, Ed.; 6th ed.).

Fawcett, D. (1996). *Bloom Fawcett: Tratado de histología* (McGraw Hill & Interamericana, Eds.; 12th ed.).

Fortoul, T. (2020). *Biología celular e histología: preguntas y respuestas* (Training Distribution and Integrated Services, Ed.). <https://elibro.net/es/ereader/unsaac/161632?>

Fowler, M. E. (2008). Camelids Are Not Ruminants. In *Zoo and Wild Animal Medicine* (pp. 375–385). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-141604047-7.50049-X>

Frandsen, R., Wilke, W., & Fails, A. (2009). *Anatomy and physiology of farm animals* (Wiley-Blackwell, Ed.; 7th ed.).

Gäbel, G., Aschenbach, J. R., & Müller, F. (2002). Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. *Animal Health Research Reviews*, 3(1), 15–30. <https://doi.org/10.1079/AHRR200237>

García, A. (2018). *Fisiología veterinaria* (Tébar Flores, Ed.).

Gartner, L. (2018). *Histología atlas en color y texto* (Wolters Kluwer, Ed.; 7th ed.).

Ghosh, R. K. (2002). *Essentials of veterinary histology & embryology* (Current books international, Ed.; 2nd ed.).

Giger-Reverdin, S., Domange, C., Broudiscou, L. P., Sauvant, D., & Berthelot, V. (2020). Rumen function in goats, an example of adaptive capacity. *Journal of Dairy Research*, 87(1), 45–51. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000060>

Graham, C., & Simmons, N. L. (2005). Functional organization of the bovine rumen epithelium. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 288(1), R173–R181. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00425.2004>

Guo, Z., Gao, S., Ding, J., He, J., Ma, L., & Bu, D. (2022). Effects of Heat Stress on the Ruminal Epithelial Barrier of Dairy Cows Revealed by Micromorphological Observation and Transcriptomic Analysis. *Frontiers in Genetics*, 12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.768209>

Harfoot, C. G. (1978). Anatomy, physiology and microbiology of the ruminant digestive tract. *Progress in Lipid Research*, 17(1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/0079-6832\(78\)90003-4](https://doi.org/10.1016/0079-6832(78)90003-4)

Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S., Jonker, A., Young, W., Abecia, L., Angarita, E., Aravena, P., Nora Arenas, G., Ariza, C., Attwood, G. T., Mauricio Avila, J., Avila-Stagno, J., Bannink, A., Barahona, R., Batistotti, M., Bertelsen, M. F., Brown-Kav, A., Carvajal, A. M., ... Janssen, P. H. (2015). Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports*, 5(1), 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>

Jennings, R., & Premanandan, C. (2017, August 22). *Veterinary Histology*, PressBooks . <Https://OhioState.Pressbooks.Pub/Vethisto/Front-Matter/Introduction/>.

Junqueira, L., & Carneiro, J. (2015). *Histología. Básica Texto y Atlas* (Médica Panamericana, Ed.).

Kong, S., Zhang, Y. H., & Zhang, W. (2018). Regulation of Intestinal Epithelial Cells Properties and Functions by Amino Acids. *BioMed Research International*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/2819154>

Lavker, R. M., & Matoltsy, A. G. (1970). Formation of horny cells. *The Journal of Cell Biology*, 44(3), 501–512. <https://doi.org/10.1083/jcb.44.3.501>

Liebich, H. (2019). *Veterinary histology of domestic mammals and birds* (Publishing, Ed.; 5th Edition).

Matheus, V. (2024). *The Ruminant Digestive System*. <Https://Www.Lsuagcenter.Com/Articles/Page1728411297432>.

Membrive, C. M. B. (2016). Anatomy and Physiology of the Rumen. In *Rumenology* (pp. 1–38). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_1

Mescher, A. (2023). *Junqueira's Basic Histology: Text & Atlas* (McGraw Hill, Ed.; 17th ed.).

Nwako, J. G., & McCauley, H. A. (2024). Enteroendocrine cells regulate intestinal homeostasis and epithelial function. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 593, 112339. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2024.112339>

Orsini, J., Grenager, N., & Lahunta, A. (2022). *Comparative veterinary anatomy: A clinical Approach* (Dlsevier, Ed.; 1st ed.).

Parker, G., & Picut, C. (2016). *Atlas of the histology of juvenile rat* (Elsevier, Ed.).

Pawlina, W. (2016). *Ross Histología texto y atlas correlación con biología celular y molecular* (Wolters Kluwer, Ed.; 7th ed.).

Pawlina, W., & Ross, M. (2020). *Ross Histología texto y atlas* (Wolters kluwer, Ed.; 8th ed.).

Pérez, W., Duro, S., & Gündemir, O. (2023). Anatomical Differences in the Omasum of Weaning Calves Fed with Different Diets. *Anatomia*, 2(2), 176–188. <https://doi.org/10.3390/anatomia2020016>

Perry, R., & Tutt, C. (2015). Periodontal disease in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17(1), 45–65. <https://doi.org/10.1177/1098612X14560099>

Pocket Dentistry. (2015). *Mucosa oral*. <Https://Pocketdentistry.Com/9-Oral-Mucosa/>.

Pokhrel, B., & Jiang, H. (2024). Postnatal Growth and Development of the Rumen: Integrating Physiological and Molecular Insights. *Biology*, 13(4), 269. <https://doi.org/10.3390/biology13040269>

Popesco, P. (1990). *Atlas de anatomía topográfica de los animales domésticos* (Salvat Editores SA, Ed.; Vol. 3).

Salguero, F., & Pallarés, J. (2023). *Aughey and Frye's comparative veterinary histology whit clinical correlates* (Taylor & Francis, Ed.; 2nd ed.).

Sehested, J., Diernæs, L., Detlef Møller, P., & Skadhauge, E. (1999). Transport of butyrate across the isolated bovine rumen epithelium – interaction with sodium, chloride and bicarbonate. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 123(4), 399–408. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(99\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(99)00082-3)

Shao, B., Long, R., Ding, Y., Wang, J., Ding, L., & Wang, H. (2010). Morphological adaptations of yak (*Bos grunniens*) tongue to the foraging environment of the Qinghai-Tibetan Plateau1. *Journal of Animal Science*, 88(8), 2594–2603. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2398>

Simancas-Escorci, V. (2019). Odontoblast pathophysiology: a review. *Duazary*, 16(3), 87–103.

Singh, B. (2018). *Dyce, Sack and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy* (Elsevier, Ed.; 5th ed.).

Solomon, R., & Jami, E. (2021a). Rumen protozoa: from background actors to featured role in microbiome research. *Environmental Microbiology Reports*, 13(1), 45–49. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12902>

Solomon, R., & Jami, E. (2021b). Rumen protozoa: from background actors to featured role in microbiome research. *Environmental Microbiology Reports*, 13(1), 45–49. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12902>

Storm, A. C., & Kristensen, N. B. (2010). Effects of particle size and dry matter content of a total mixed ration on intraruminal equilibration and net portal flux of volatile fatty acids in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4223–4238. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3002>

Sun, D., Yin, Y., Guo, C., Liu, L., Mao, S., Zhu, W., & Liu, J. (2021). Transcriptomic analysis reveals the molecular mechanisms of rumen wall morphological and functional development induced by different solid diet introduction in a lamb model. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00556-4>

Tian, Z., Zhang, Y., Zhang, H., Sun, Y., Mao, Y., Yang, Z., & Li, M. (2022). Transcriptional regulation of milk fat synthesis in dairy cattle. *Journal of Functional Foods*, 96, 105208. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105208>

Wannaprasert, T. (2018). Morphological characteristics of the tongue and lingual papillae of the large bamboo rat (*Rhizomys sumatrensis*). *Anatomical Science International*, 93(3), 323–331. <https://doi.org/10.1007/s12565-017-0414-x>

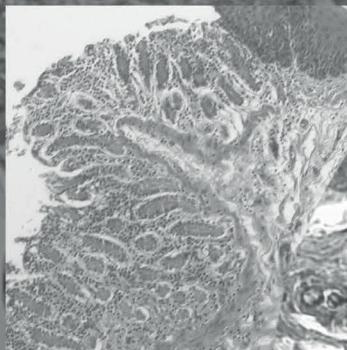
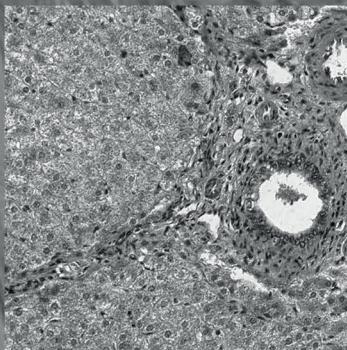
Warren, H. (2015). *The Equine Digestive System and the Importance of the Hindgut*. <Https://Www.Succeed-Vet.Com/Educational-Resources/Blog/Equine-Gi-Management/the-Equine-Digestive-System-and-the-Importance-of-the-Hindgut/>.

AUTOR

JULIO ENRIQUE RAMÍREZ HUANCA: es Médico Veterinario Zootecnista, egresado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Posee el grado de *Magister Scientiae* por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima) y ha realizado estudios de posgrado en el área de histología animal en la Universidad Nacional de Rosario (Argentina).

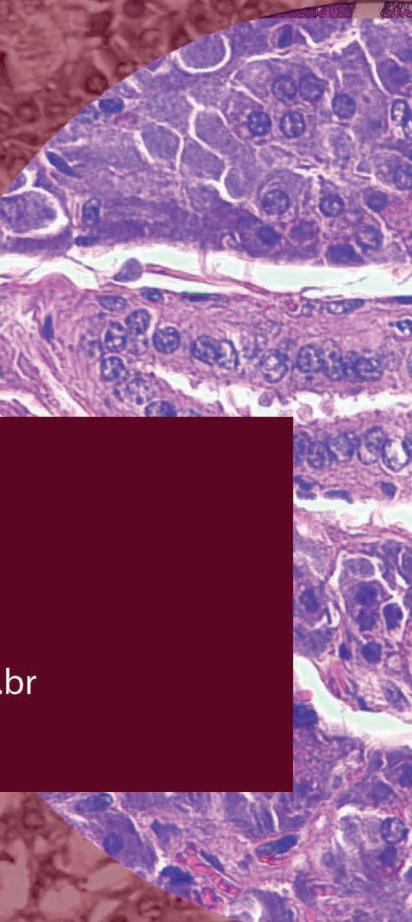
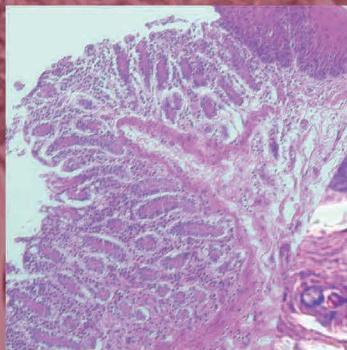
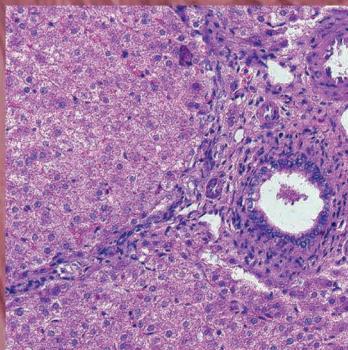
Actualmente, se desempeña como docente y director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Asimismo, es el responsable del Laboratorio de Histología y Patología Veterinaria de dicha casa de estudios.

HISTOLOGÍA VETERINARIA DEL SISTEMA DIGESTIVO



- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- xfb www.facebook.com/atenaeditora.com.br

HISTOLOGÍA VETERINARIA DEL SISTEMA DIGESTIVO



- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br