

Atlas de Histología Vegetal y Animal

Órganos animales

DIGESTIVO

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Febrero 2019)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs5.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

1	Introducción	1
2	Imagen; Lengua	3
3	Imagen; Glándulas salivales	6
4	Imagen; Diente	10
5	Imagen; Esófago	12
6	Imagen; Estómago	15
7	Imagen; Intestino delgado	19
8	Imagen; Intestino grueso	23
9	Bibliografía	27

1 Introducción

El sistema digestivo presenta organizaciones muy diversas tanto en los animales invertebrados como en los vertebrados. Sin embargo, el aparato digestivo de los vertebrados es, en general, un tubo hueco que recorre el organismo en dirección longitudinal, abierto en sus extremos, la boca y el ano. Aunque hay profundas diferencias dependiendo del tipo de dieta que tienen los diferentes grupos de animales, no sólo morfológicas sino también fisiológicas, vamos a describir una estructura general refiriéndonos principalmente a los mamíferos de dieta omnívora.

En el aparato digestivo pueden distinguirse las siguientes partes: zona cefálica, zona del tronco y las grandes glándulas anexas: hígado y páncreas (Figura 1).



Figura 1: Figura 1. Esquema de los diferentes componentes del sistema digestivo.

La zona cefálica está formada por la cavidad bucal, provista de dientes, glándulas salivales y lengua, y por la faringe, la cual comunica con el sistema respiratorio y en cuya entrada se encuentran las amígdalas como órganos de defensa inmunitaria. La cavidad bucal y la nasal se encuentran separadas en vertebrados terrestres por el paladar, excepto a nivel de faringe. Tanto el paladar anterior duro como el posterior blando están revestidos por el mismo epitelio que la cavidad bucal: epitelio estratificado plano. La parte cefálica presenta una organización más irregular y variable que el resto del tubo digestivo. La función de la zona cefálica es la digestión mecánica, adición de enzimas degradativas como las amilasas, la deglución, así como la percepción del sabor.

La parte del sistema digestivo del tronco comprende al esófago, estómago e intestino (delgado, grueso y conducto anal o recto). Los alimentos ingeridos pasan a través del esófago hacia el estómago donde comienza su digestión por la actividad de enzimas digestivas. En el intestino delgado continúa la degradación química de los alimentos, y se produce además la absorción de agua y los nutrientes a través de su epitelio hacia los vasos sanguíneos y linfáticos. Finalmente en el intestino grueso se acumulan las sustancias de deshecho que son expulsadas de manera controlada a través del conducto anal.

La organización histológica del esófago, estómago e intestinos es similar, y está formada por cuatro capas (Figura 2). La más interna es la mucosa, que consta de un epitelio que reviste el interior del tubo y que presenta variaciones morfológicas a lo largo del tubo digestivo relacionadas con su función conductora, secretora o de absorción. Independientemente de estas variaciones del epitelio, siempre descansa sobre una lámina basal. Debajo de la lámina basal se encuentra el otro componente de la mucosa: la lámina propia o corion, que es un almacén de tejido conjuntivo laxo, muy irrigado y con gran cantidad de células de defensa como son los macrófagos, células plasmáticas, linfocitos, etcétera. En zona más interna de la mucosa hay una capa de músculo liso llamada muscular de la mucosa, que permite los movimientos de la mucosa.

A continuación de la muscular de la mucosa se en-

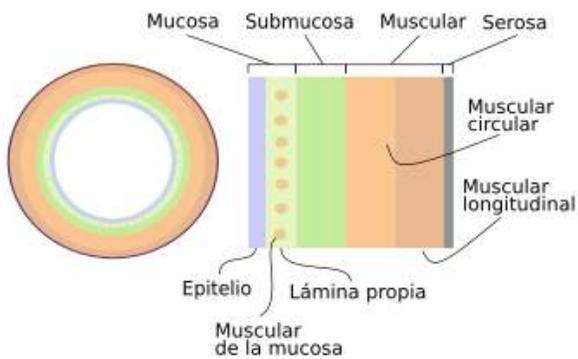


Figura 2: Figura 2. Esquema de las diferentes capas de los conductos del digestivo.

cuentra la capa de la submucosa, que consta de tejido conjuntivo denso irregular que contiene glándulas exocrinas, también llamadas glándulas submucosas exocrinas. Esta capa está igualmente muy irrigada por vasos sanguíneos y presenta además una gran inervación nerviosa a cargo del plexo de Meissner, el cual controla la motilidad de la mucosa y la secreción de las glándulas.

La capa muscular se encuentra a continuación de la submucosa. Está formada por músculo liso, excepto en la porción inicial del esófago donde presenta fibras musculares estriadas. La capa muscular se organiza en dos subcapas, una circular interna y otra longitudinal externa, denominadas así por la orientación de las células musculares. Entre ambas se localiza un plexo nervioso neurovegetativo, el plexo de Auerbach, el cual controla el movimiento muscular permitiendo las contracciones peristálticas a lo largo del tubo

digestivo.

La capa más interna del digestivo es la serosa o adventicia. Está formada por conjuntivo laxo con gran cantidad de células adiposas y establece el límite entre el tubo digestivo y las cavidades celómicas, uniéndose por su parte dorsal al mesenterio.

El sistema digestivo presenta organizaciones muy diversas tanto en los animales invertebrados como en los vertebrados. Sin embargo, el aparato digestivo de los vertebrados es, en general, un tubo hueco que recorre el organismo en dirección longitudinal, abierto en sus extremos, la boca y el ano. Aunque hay profundas diferencias dependiendo del tipo de dieta que tienen los diferentes grupos de animales, no sólo morfológicas sino también fisiológicas, vamos a describir una estructura general refiriéndonos principalmente a los mamíferos de dieta omnívora.

Dos grandes glándulas compuestas, el hígado y el páncreas, liberan su contenido al interior del tubo digestivo. Ambas vierten al mismo conducto, el colédoco, que desemboca en el intestino delgado. El hígado secreta la bilis, que contiene, entre otros, los ácidos biliares necesarios para la absorción de las grasas. El páncreas secreta de manera exocrina enzimas digestivas que ayudan a la digestión. Ambas glándulas poseen también una función endocrina, liberando sustancias a la sangre, pero mientras que en el hígado es el propio hepatocito el que realiza tanto la función exocrina como endocrina, en el páncreas la función endocrina se localiza en lugares diferentes denominados islotes de Langerhans.

2 Imagen; Lengua

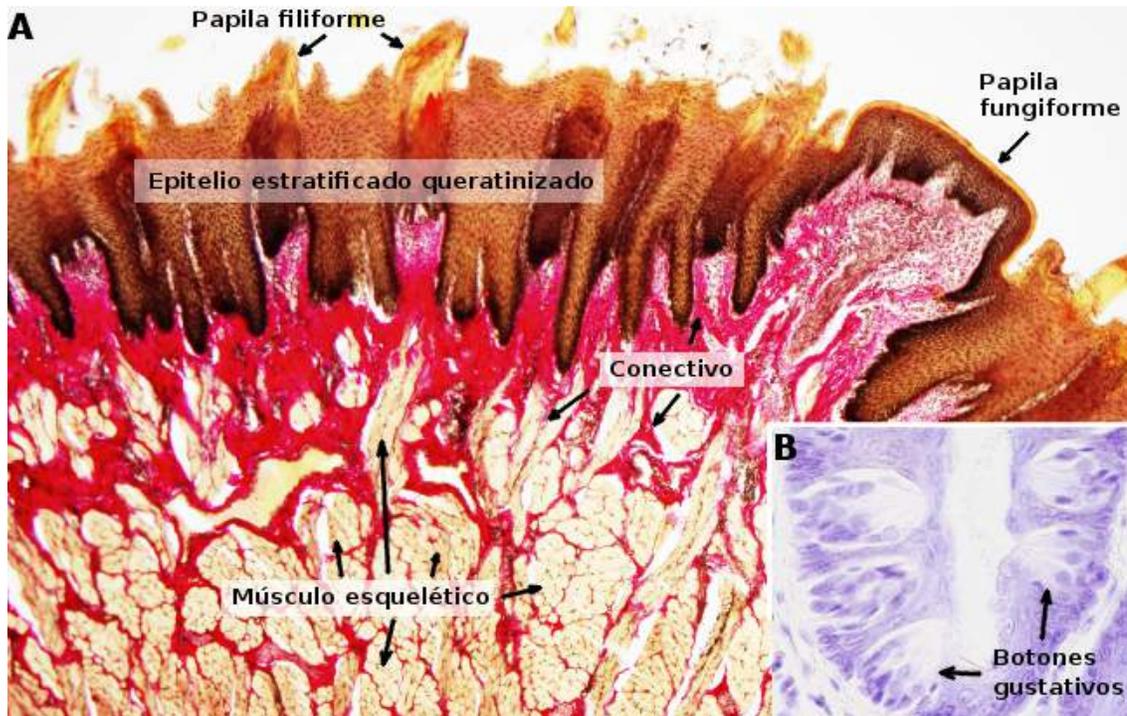


Figura 3: Órgano: lengua. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: Secciones de parafina, teñidas con A) van Gieson, B) hematoxilina-eosina. (Tinción realizada por Mario Adrián de Souza y Rubén Rodríguez)

La lengua está formada principalmente por tejido muscular esquelético cuyas fibras se entrelazan en diferentes direcciones permitiendo una gran flexibilidad y precisión de movimientos, necesarios para hablar (en el caso de los humanos), masticar y deglutir. Entre el tejido epitelial y el muscular, también entre los haces musculares, se desarrolla un tejido conjuntivo rico en fibras colágenas que se tiñen de rojo con el tricrómico de van Gieson. Entre las fibras musculares podemos encontrar células adiposas. El epitelio que reviste la lengua es estratificado plano, en general no queratinizado, aunque la superficie dorsal de algunos mamíferos sí presenta queratina. Además, este epitelio dorsal se repliega formando unas irregularidades denominadas papilas linguales. Se conocen cuatro tipos: filiformes, foliadas, fungiformes, caliciformes (Figura 4). Cada uno de ellos presenta una distribución característica en la superficie de la lengua.

Las papilas filiformes son las más pequeñas y abun-

dantes (Figura 5), su epitelio está queratinizado y no contienen corpúsculos gustativos (estructuras sensoriales responsables de percibir el sabor), por lo que su función es puramente mecánica. Proporcionan a la lengua una superficie rugosa que facilita la manipulación del alimento así como sentido del tacto y presión.

Las papilas foliadas son proyecciones bajas separadas por surcos paralelos entre sí. Tienen corpúsculos gustativos situados lateralmente. Son rudimentarias en el hombre, localizándose en el borde lateral posterior, pero están desarrolladas en otros mamíferos como los conejos, en los cuales estas papilas presentan la máxima acumulación de corpúsculos gustativos.

Las papilas fungiformes son proyecciones en forma de hongo y contienen corpúsculos gustativos distribuidos en la parte superior de la papila.

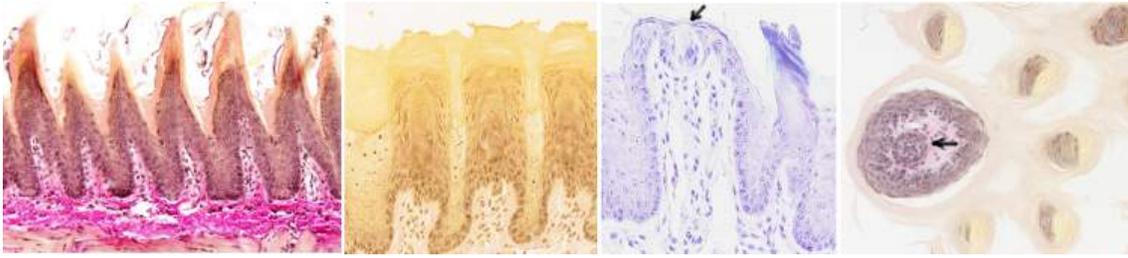


Figura 4: Diversos tipos de papilas (de izquierda a derecha): papilas filiformes (rata, PAS-hematoxilina), foliadas (ratón, van Gieson), fungiforme con corpúsculo gustativo, indicado con una flecha (rata, tionina), fungiforme con corpúsculo gustativo en el centro, indicado con una flecha, y filiformes, todas cortadas transversalmente (rata, van Gieson)

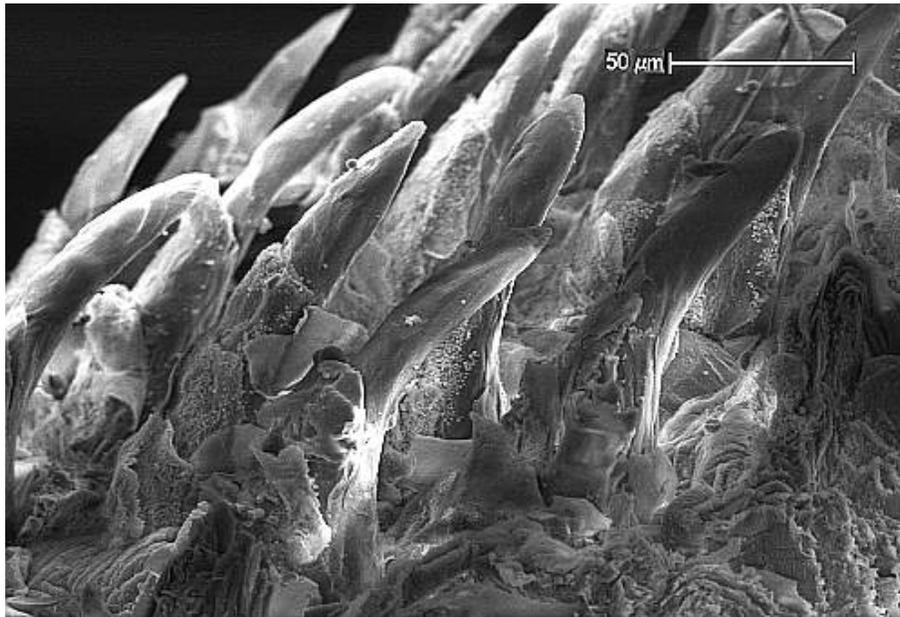


Figura 5: Imagen obtenida con un microscopio electrónico de barrido. Se observa la superficie de una lengua de rata donde hay numerosas papilas filiformes.

Las caliciformes son las papilas más grandes, en forma de cáliz y rodeadas por un surco circular invaginado, donde se sitúan gran cantidad de corpúsculos gustativos. Las glándulas linguales de carácter seroso vacían su contenido a nivel de dicho surco.

Los corpúsculos o botones gustativos son las estructuras responsables de percibir los sabores y están formados por tres tipos de células: las sensoriales o células gustativas son las únicas sensibles a las moléculas que generan el sabor; las otras dos son las células soporte y las células basales, siendo estas últimas muy necesarias para la renovación de las células sensoriales. Al contrario de lo que se ha mantenido durante mucho tiempo, en toda la lengua hay

sensibilidad a todos los tipos de sabores aunque algunas regiones responden mejor a unos que a otros. Además, no existe una relación entre tipo de papila y tipo de sabor que se percibe. Es decir, los tipos de papilas que poseen corpúsculos gustativos son sensibles a todos los sabores (Figura 6).

La evolución de la lengua y su organización ha estado relacionada con el medio y con el tipo de comida a los que cada especie se ha adaptado. Los peces (y alguna especie de anfibios) no poseen una verdadera lengua puesto que en su lugar sólo hay una elevación de la base de la cavidad oral y carece de musculatura voluntaria. En anfibios, la lengua verdadera aparece tras la metamorfosis. La musculatura de la lengua

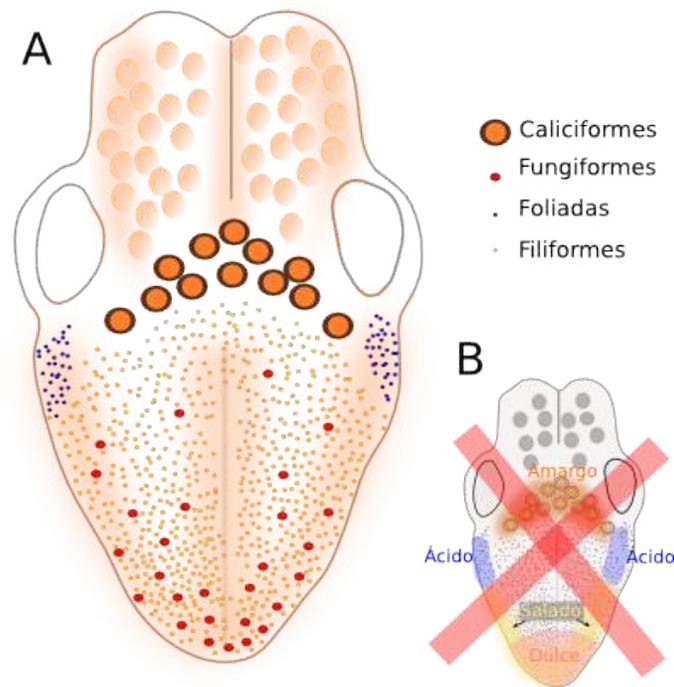


Figura 6: Esquema de la distribución de las diferentes papilas en la lengua humana. La capacidad para percibir los sabores no está regionalizada en la lengua sino que cualquier sabor se percibe en cualquier región de la lengua. Es decir, la imagen B donde los sabores se representan por colores es incorrecta.

ha evolucionado a partir de la musculatura hipobranquial, que en peces se usa para mover las branquias. Por tanto parece que el paso del medio acuático al terrestre supuso la aparición de una lengua con movimiento. La lengua de anfibios no tiene un epitelio queratinizado, además no hay separación clara entre glándulas salivales y la lengua, y una gran parte del epitelio contiene células secretoras, con gránulos que probablemente desempeñen el mismo papel que la saliva. Tienen grandes botones gustativos en este epitelio. En los reptiles el epitelio de la lengua es estratificado y generalmente queratinizado. Hay características propias de algunos reptiles. Por ejemplo, las serpientes usan la lengua básicamente para oler, en conjunción con el órgano de Jacobson, mientras

que en los camaleones es básicamente un papel mecánico. El grado de queratinización de la lengua en diferentes especies de lagartijas depende del ambiente, mayor en ambientes más secos. Todos los reptiles parecen tener botones gustativos en el epitelio lingual. En los reptiles terrestres hay ya una separación física clara entre las glándulas salivales y la lengua. En las aves, el epitelio de lengua es queratinizado. En su parte ventral tiene unas estructuras queratinizadas denominadas llamadas uñas ventrales, que también pueden aparecer en la parte superior. Estas estructuras sirven para manejar la comida. Los botones gustativos pueden estar muy profundos en la lengua y están conectados mediante unos conductos con la superficie de la lengua.

3 Imagen; Glándulas salivales

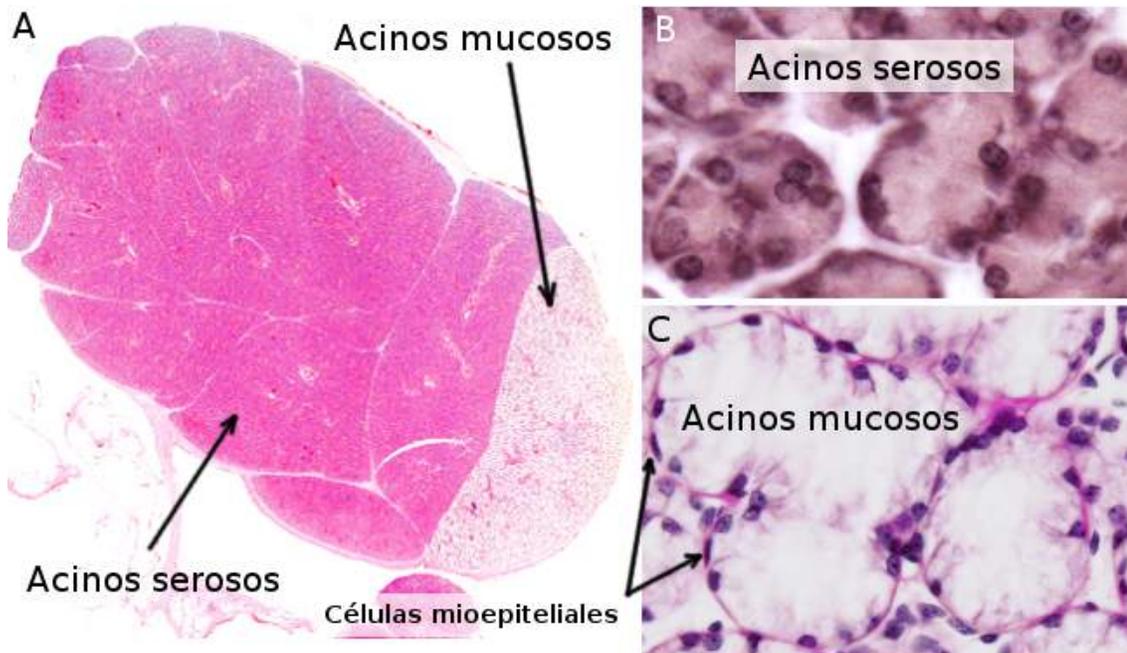


Figura 7: Órgano: glándula salival. Especie: A: conejo; B y C: rata Técnica: A: Glándula salival submandibular. Hematoxilina-eosina. B: Glándula salival accesoria. van Gieson. C: Glándula salival sublingual. Hematoxilina-eosina.

Son glándulas exocrinas que estructuralmente se corresponden con el tipo acinar compuestas (ver esquema). Hay tres pares de glándulas salivales grandes o principales: la parótida, la submandibular y la sublingual. Las partes secretoras de las glándulas parótida y submandibular se encuentran en realidad fuera de la cavidad oral, pero vierten a ella gracias a largos conductos excretores. Esta secreción es lo que permite mantener la cavidad oral húmedas. Los conductos y acinos de estas glándulas están separados mediante tabiques de conjuntivo que forman compartimentos o lóbulos. Por el conjuntivo entran vasos sanguíneos y nervios.

El resto de glándulas productoras de saliva se agrupan en las denominadas glándulas salivales pequeñas o accesorias, localizadas en la cavidad oral, con su parte secretora situada bajo la submucosa oral, y que por su situación anatómica se clasifican en glándulas linguales, labiales, palatinas y genianas (llamadas

también bucales o vestibulares). Éstas últimas se dividen a su vez en yugales, morales y retromolares. Las glándulas accesorias segregan continuamente para mantener húmeda la cavidad bucal ya que de otra manera el roce de los dientes provocaría una gran erosión del epitelio de dicha cavidad.

La unidad secretora básica de las glándulas salivales es el acino, estructura a modo de saco ciego con una abertura. Los acinos pueden estar formados exclusivamente por células serosas, que secretan sales, glicocombinados, enzimas y proteínas, por células mucosas, que secretan glicosaminoglicanos, proteoglicanos y glicoproteínas, o por una mezcla de ambos tipos celulares. En este último caso los acinos mixtos aparecen como células mucosas rodeadas parcialmente por semilunas de células serosas, denominadas semilunas de Gianuzzi o de von Ebner (Figura 8), que en realidad son artefactos de la técnica de procesamiento histológico convencional, puesto que al eliminar los

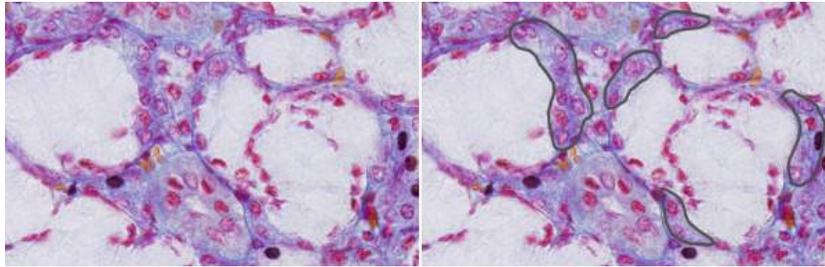


Figura 8: Imagen de acinos mixtos con la parte serosa englobada en líneas negras en la imagen de la derecha. Estas imágenes aparecen en las glándulas sublinguales.

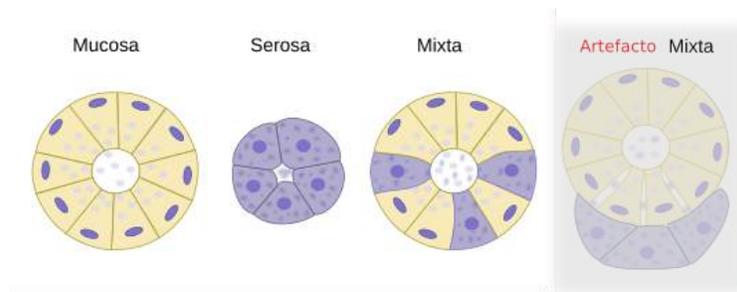


Figura 9: Tipos de acinos: mucosos, serosos. Los acinos mixtos poseen células serosas y mucosas entremezcladas. La semilunas que se observan en las preparaciones histológicas son artefactos de la técnica (modificado de Krstić, 1989)

artefactos las células serosas se sitúan al lado de las mucosas (Figura 9).

Las células serosas tienen un aspecto piramidal, con una superficie basal amplia. En su citoplasma se pueden observar gránulos que son vesículas de secreción denominados gránulos de cimógeno. Por eso en tinciones generales de hematoxilina y eosina la parte basal de la célula se tiñe con hematoxilina debido al gran cúmulo de retículo endoplasmático rugoso y la apical de eosina por la gran cantidad de proteínas. Las células mucosas son más redondeadas y almacenan sus productos en vesículas denominadas gránulos de mucinógeno, que se tiñen mal con los colorantes convencionales, pero intensamente con las tinciones de glúcidos como el PAS (Figura 10).

Los acinos vierten al exterior su producto a través de un sistema de conductos excretores. Desde los acinos hasta su abertura a la cavidad bucal, los conductos excretores de las glándulas grandes se dividen en tres regiones. El conducto intercalar está formado por una capa de células cúbicas o aplanadas al que vierten directamente los acinos. Esta zona está recubierta parcialmente por células mioepiteliales. Se

creo que esta zona es un reservorio de células madre para mantener la población de células acinares y las de otras partes del conducto. La porción intercalar se comunica con el conducto estriado, formado por una capa de células más cilíndricas. La parte estriada está especializada en la secreción y reabsorción de electrolitos. Sus células poseen pliegues basales con muchas mitocondrias, de ahí el aspecto estriado. En la zona terminal se encuentran los conductos excretores, cuyas paredes están formadas por varias capas de células de tipo columnar, algunas con microvellosidades. La zona excretora se divide a su vez en excretora y excretora única, siendo la excretora única la parte final que es un solo conducto por donde se vierte todo el producto al exterior.

La liberación del contenido de los acinos a los conductos excretores, y de estos al exterior, se debe a la contracción producida por las células mioepiteliales. Células que se disponen entre la membrana basal de las células secretoras y la lámina basal del epitelio. También se encuentran en los conductos excretores. Las glándulas salivares están inervadas tanto por el sistema simpático como por el parasimpático, lo que

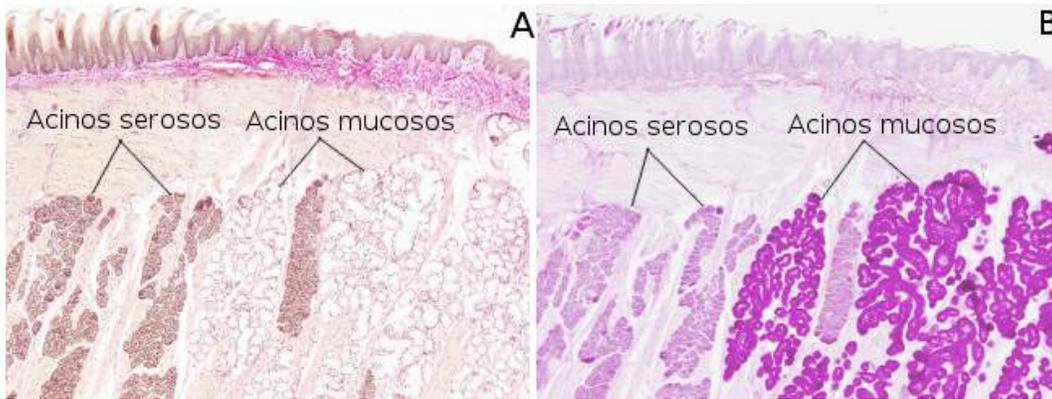


Figura 10: Imágenes de secciones consecutivas de glándulas salivales accesorias de rata. A: teñida con Van Gieson; B: teñida con PAS-hematoxilina. Destaca la fuerte coloración fucsia en los acinos mucosos con la tinción PAS-hematoxilina debido al alto contenido en mucopolisacáridos.

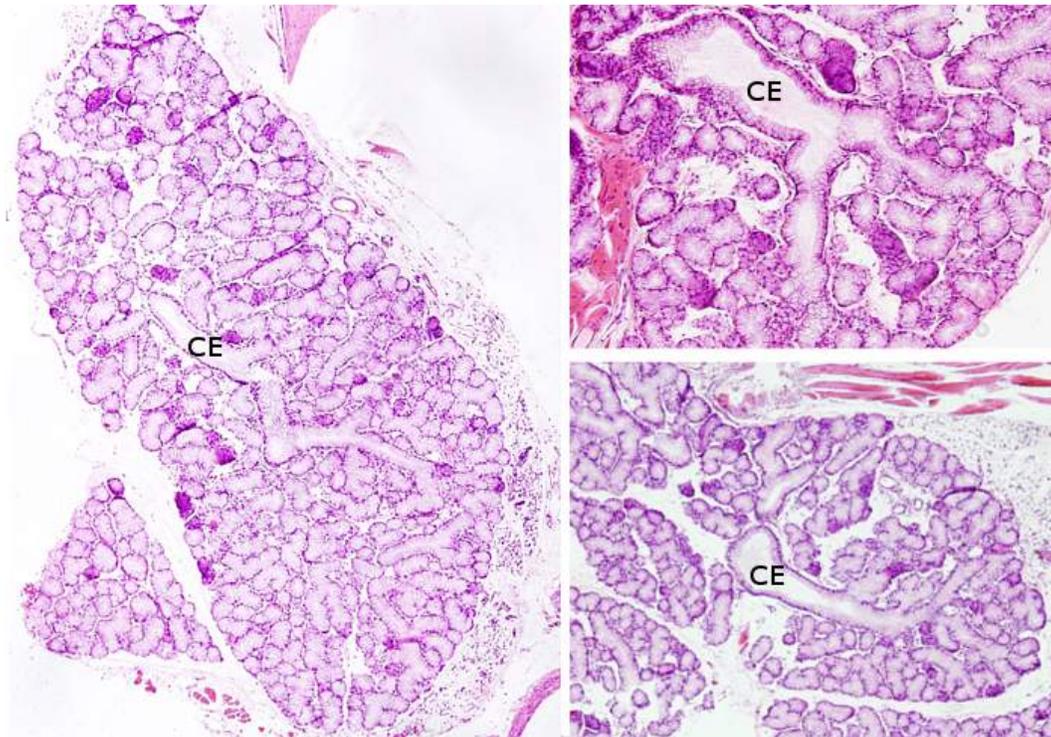


Figura 11: Glándulas submaxilares, parte mucosa. Las imágenes muestran acinos en su punto de conexión con el conducto excretor (CE).

permite la secreción bajo cualquier circunstancia, alterándose, según el estímulo, la composición y cantidad de saliva secretada. La masticación también altera la secreción.

Las glándulas parótidas son las más grandes de las glándulas salivales. Presentan una localización subcutánea a cada lado de la cara y delante de las ore-

jas. Su conducto excretor desemboca a la altura del segundo molar superior. Sus células secretoras son serosas puras. Su secreción es acuosa, poco densa y rica en enzimas y anticuerpos. Una de las características distintivas de las glándulas parótidas es que contienen una gran cantidad de tejido adiposo en sus alrededores.

Las glándulas submandibulares, como su nombre indica, se encuentran debajo del suelo de la boca, próximas al maxilar inferior. Sus conductos se abren en el suelo de la boca cerca del frenillo de la lengua. Los acinos son predominantemente serosos, pero también existe una pequeña proporción de acinos con células mucosas y mixtas (seromucosas). Su secreción es de consistencia intermedia. En roedores, esta glándula es sólo serosa.

Las glándulas sublinguales se encuentran debajo del suelo de la boca, anteriores que las submandibulares. Poseen numerosos conductos que desembocan en el conducto submandibular o de forma independiente en el suelo de la boca. Sus acinos son fundamentalmente

mucosos, con algunos mixtos, pero es muy raro ver un acino completamente seroso.

La saliva es el resultado de la secreción del conjunto de las glándulas salivales, y cada glándula contribuye de forma variable. Es un líquido de composición tan variada como compleja. La saliva contiene agua, proteínas, glicoproteínas, iones inorgánicos así como, diversas enzimas que degradan glúcidos, inmunoglobulinas, como la IgA, mucinas, o factores de crecimiento. Por tanto, la función de la saliva es mantener húmedas las mucosas, ablandar el alimento, lubricarlo mediante mucinas para facilitar la deglución. Interviene en la digestión inicial y en la defensa antimicrobiana.

4 Imagen; Diente

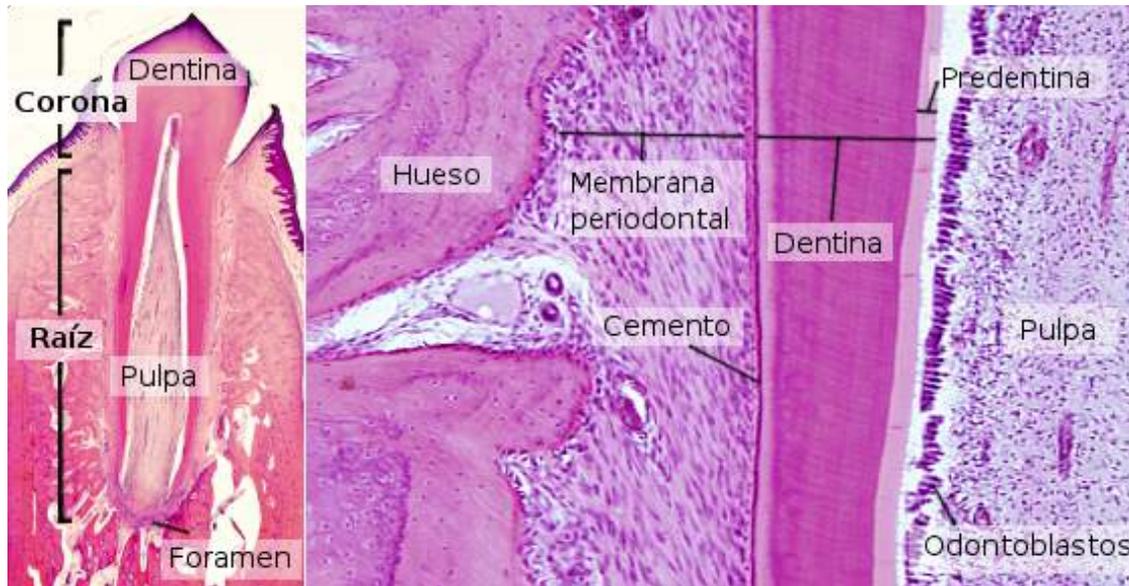


Figura 12: Órgano: cavidad bucal, diente. Especie: mamífero. Técnica: decalcificación, secciones de parafina teñidas con hematoxilina-eosina

Los dientes se encuentran en la cavidad bucal y son indispensables para triturar y desgarrar la comida. Están fijados a los maxilares superior e inferior (mandíbula), incluidos en los denominados procesos alveolares mediante prolongaciones llamadas raíces. Hay distintos tipos de dientes que se denominan según la forma y posición. En humanos adultos hay 2 incisivos mediales, 2 incisivos laterales, 2 caninos, 4 premolares y 6 molares, en cada maxilar. Cada uno de ellos está especializado, los incisivos para cortar, los molares para triturar. En humanos, seis meses después del nacimiento aparece la dentición decidua o de leche (20 dientes en total), la cual es reemplazada entre los 6 y los 13 años por los dientes permanentes que se mantienen hasta el estado adulto.

Macroscópicamente el diente posee una zona no visible que se inserta en los alveolos de los huesos que se llama raíz y una parte que sobresale denominada corona. Los incisivos, los caninos y los premolares, excepto el primer premolar del maxilar superior, tienen una sola raíz. Los molares tienen una raíz triple y a veces cuádruple. La zona de unión entre la corona y la raíz se denomina cuello.

Microscópicamente los dientes poseen varias capas de sustancias especializadas y duras.

El esmalte es una capa mineralizada que recubre externamente la corona. No puede ser reparado puesto que sólo se forma una vez y ya no se renueva. Es la única estructura mineralizada que no deriva de tejido conjuntivo sino que lo hace de un epitelio. Se considera como parte más dura del organismo ya que está formada en un 99 % por fosfato de calcio en forma de cristales de hidroxiapatita. Su grosor es mayor en las zonas expuestas encargadas de la trituración, pudiendo llegar hasta 2,5 mm en humanos. El esmalte es la superficie de la parte del diente que hemos denominado corona ya que la raíz del diente no posee esmalte.

El cemento es una capa de material muy similar al hueso que cubre la raíz del diente, pero a diferencia del hueso carece de vasos sanguíneos. Es la capa responsable de fijar el diente a la pared alveolar ósea gracias a la emisión de fibras de colágeno que actúan a modo de anclajes. Estas fibras colágenas, conocidas como fibras de Sharpey, presentan una dirección

oblicua desde su punto de anclaje en el cemento hasta su unión con el hueso. La unión fibrosa entre la raíz del diente y el hueso alveolar se denomina membrana periodontal, la cual está fuertemente irrigada por vasos sanguíneos e inervada por nervios de diferentes procedencias.

La dentina es el material calcificado que forma la mayor parte del interior del diente. Se dispone bajo el esmalte y bajo el cemento. Contiene un 80 % de cristales de hidroxiapatita, menos que el esmalte, pero más que el cemento y el hueso. La dentina deja una cavidad interna en el diente ocupada por tejido conectivo, denominado pulpa o cavidad pulpar. La dentina no posee células y su formación se debe a los odontoblastos, los cuales forman una sola capa de células cilíndricas altas dispuestas en el límite entre la dentina y la pulpa. Las estrías que se observan en secciones de diente, y que aparecen en la dentina, se deben a oleadas de secreción por parte de los odontoblastos

de material que forma la dentina. Cuando se observa a mayores aumentos, la dentina muestra una gran cantidad de canalículos dispuestos de manera radial que son los restos de los huecos que crearon las prolongaciones de los odontoblastos durante la liberación de material para formar la dentina. Las prolongaciones odontoblásticas comienzan su secreción en una zona poco teñida de matriz orgánica no mineralizada, constituyendo la preentina.

La pulpa o cavidad pulpar está delimitada por la dentina y la forma un tejido conectivo laxo muy vascularizado e inervado por numerosos nervios. Tanto vasos sanguíneos como nervios entran al hueso por una abertura en los ápices de las raíces denominada orificio radicular. El aspecto de la pulpa es similar al mesénquima embrionario con gran cantidad de fibroblastos de forma estrellada y abundante sustancia fundamental.

5 Imagen; Esófago

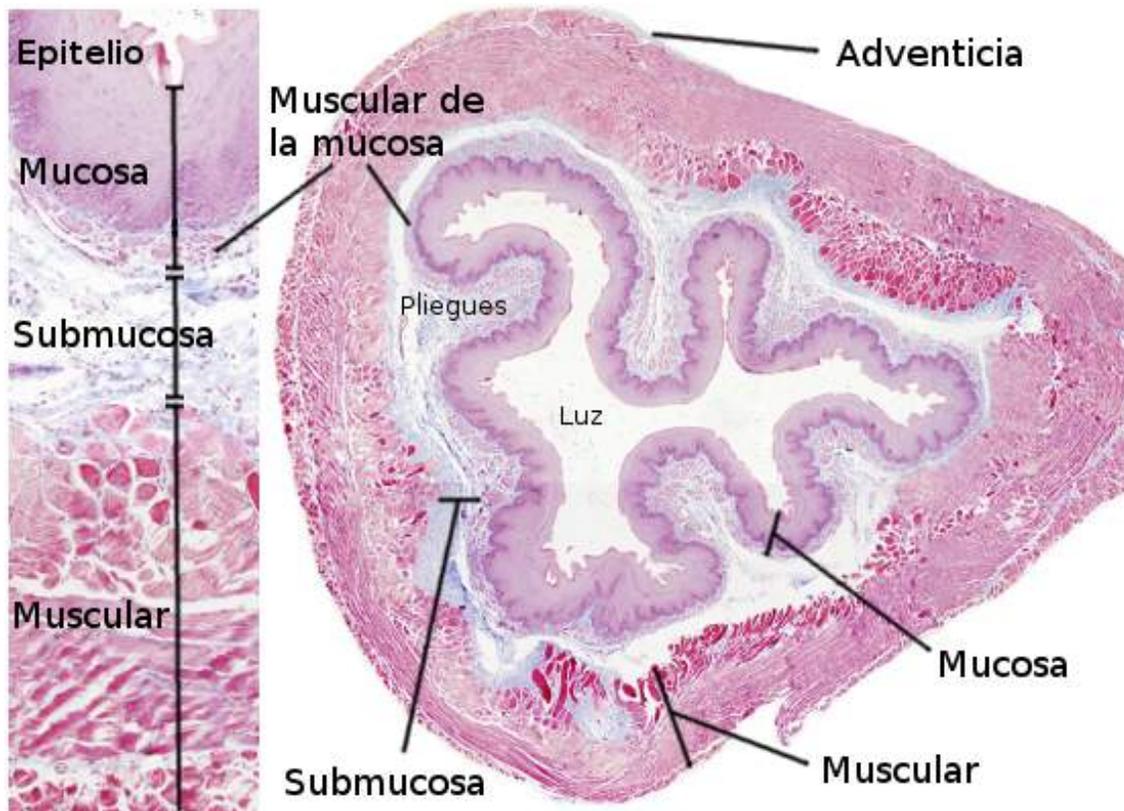


Figura 13: Órgano: esófago. Especie: conejo (*Oryctolagus cuniculus*). Técnica: secciones de parafina teñidas con tricrómico de Mallory.

El esófago es un tubo relativamente recto que comunica la faringe con el estómago. En humanos mide unos 25 cm. Su estructura muestra las capas típicas del tubo digestivo: mucosa, submucosa, muscular y adventicia.

La mucosa está formada por un epitelio estratificado plano (Figura 14), normalmente no queratinizado, aunque en algunos animales con dieta de alimentos duros, como los roedores, puede estar parcialmente queratinizado. Debajo del epitelio se encuentra la lámina media, tejido conectivo con muy pocas células, con linfocitos dispersos y algunos nódulos linfáticos localizados normalmente en las proximidades de los conductos excretores de las glándulas secretoras (ver más adelante). La muscular de la mucosa es, en comparación con otras zonas del tubo digestivo, muy gruesa en la porción superior, y la ma-

yoría de sus fibras se orientan longitudinalmente.

La submucosa es tejido conectivo denso con una gran cantidad de fibras elásticas y de colágeno, las cuales permiten su distensión cuando pasa el bolo de comida. Posee numerosas fibras nerviosas y células ganglionares sensoriales, formando conjuntamente el plexo submucoso a plexo de Meissner. Los nódulos linfáticos de la mucosa se extienden hasta la submucosa. La luz del esófago aparece delimitada por numerosos pliegues longitudinales de la mucosa y submucosa (Figura 15). Estos pliegues se distienden y permiten el paso de grandes bolos de alimento deglutido.

La capa muscular está formada por fibras estriadas esqueléticas y lisas. En el tercio superior se encuentran las estriadas esqueléticas, a continuación del

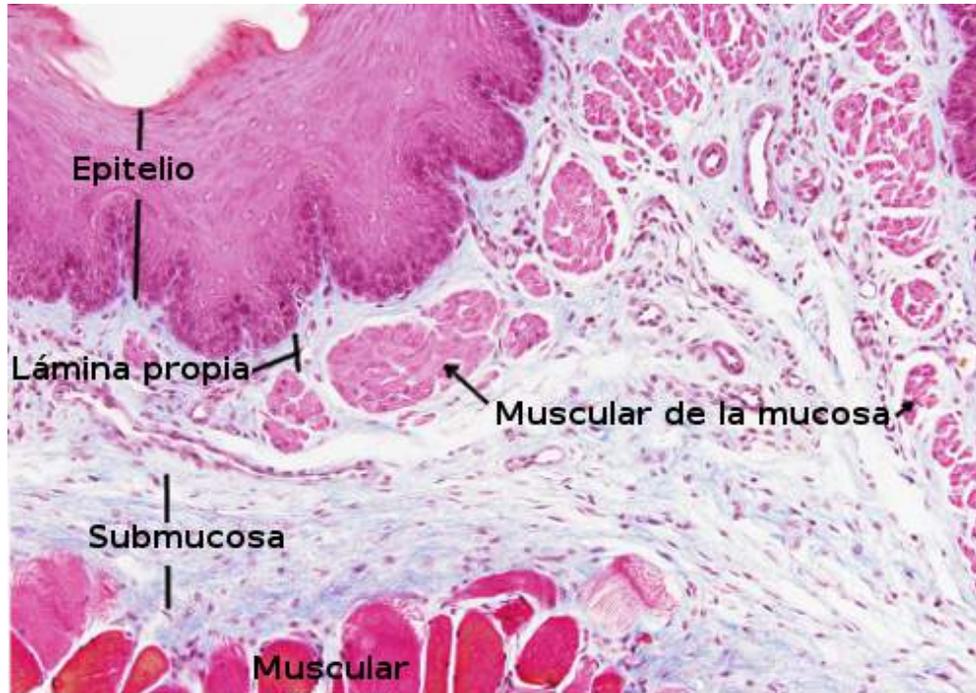


Figura 14: En esta imagen a mayor aumento se pueden observar las diferentes capas de la mucosa con mejor detalle.

músculo de la faringe, mientras que en la zona media se entremezclan estriadas y lisas. La proporción de fibras lisas aumenta hasta que las estriadas desaparecen en las proximidades del estómago. En esta zona próxima al estómago es donde mejor se distingue la disposición de las fibras musculares en dos capas, una interna con orientación circular y otra externa con orientación longitudinal. Entre ambas capas se sitúa un plexo nervioso denominado mientérico o de Auerbach, formado por fibras nerviosas y células ganglionares. Este plexo estimula la actividad peristáltica que impulsa al bolo alimenticio hasta el estómago. La musculatura estriada del tercio superior está inervada por neuronas motoras somáticas del nervio vago (X par craneal), mientras que la lisa de la parte inferior por las motoneuronas viscerales del mismo nervio.

Externamente tenemos una capa adventicia formada por tejido conjuntivo laxo que se encarga de fijar el esófago al resto del cuerpo. La capa adventicia se sustituye por una capa serosa cuando el esófago entra en la cavidad abdominal.

El esófago controla la entrada y salida de sustancias

mediante esfínteres. El esfínter superior se denomina faringoesofágico y limita el paso entre la faringe y el esófago, mientras que el inferior, denominado esofagogástrico, limita el paso entre el esófago y el estómago, limitando también el reflujo estomacal. Sin embargo, no existe una estructura anatómica que se identifique claramente con los esfínteres y parecen corresponderse con efectos fisiológicos de las paredes del esófago, más que con diferencias estructurales.

El esófago contiene glándulas que secretan mucus, cuya misión es lubricar los alimentos en la parte superior y proteger al esófago del reflujo estomacal en la parte inferior. Se dividen en dos tipos: cardiales y esofágicas propiamente dichas. Las glándulas cardiales, denominadas así por su parecido con las estomacales, localizan su parte secretora en la lámina propia de la mucosa y son más abundantes en el tercio inferior esofágico, aunque a veces también en el superior. Las glándulas esofágicas propiamente dichas localizan su parte secretora en la submucosa y se distribuyen a lo largo de toda la longitud esofágica pero más concentradas en la mitad superior. Son compuestas túbulo-acinosas (ver tipos de glándulas).

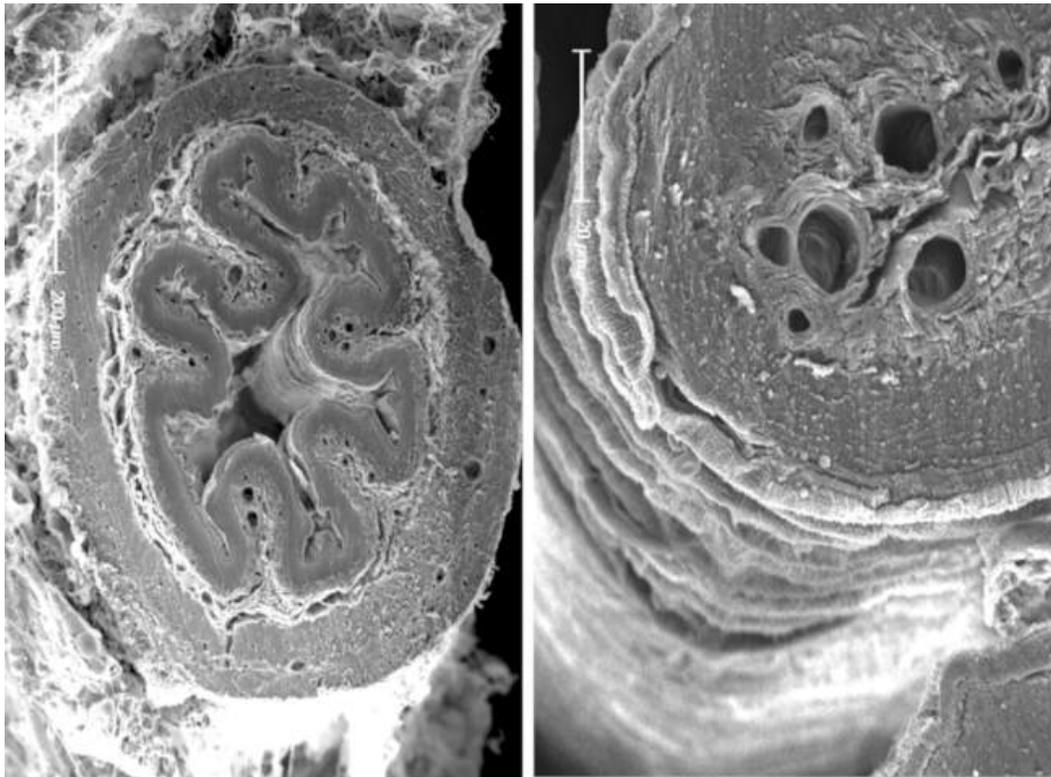


Figura 15: Imagen de microscopía electrónica de barrido de un esófago de rata en sección transversal. La imagen de la derecha muestra un pliegue esofágico a más aumentos.

6 Imagen; Estómago

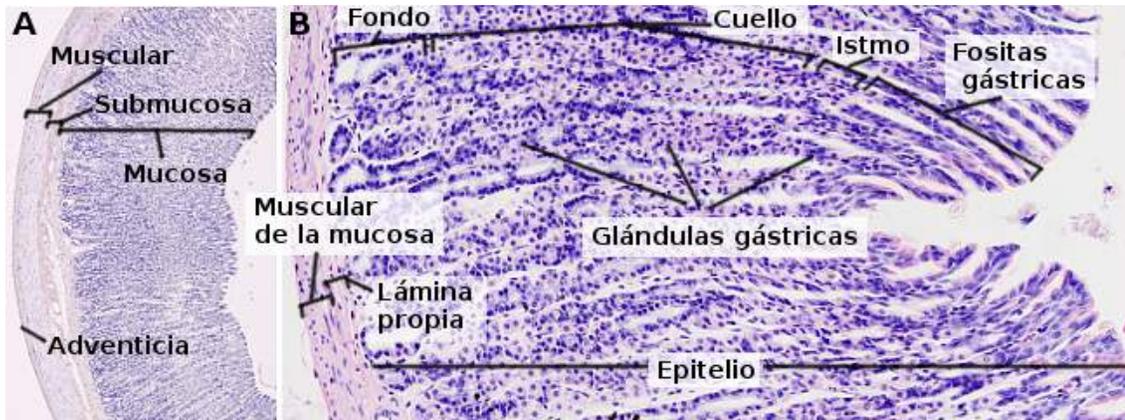


Figura 16: Órgano: estómago. Especie: rata (*Rattus norvegicus*). Técnica: secciones de parafina, teñidas con hematoxilina-eosina.

El estómago es la cavidad del sistema digestivo donde se degradan los alimentos por la acción de los jugos gástricos. Tiene forma de letra J y está aplanado en el eje antero-posterior. Se encuentra a continuación del esófago. En la zona de transición entre ambos se encuentra el esfínter esofagogástrico, que evita el reflujo del contenido estomacal hacia el esófago. El paso del esófago al estómago supone un gran cambio anatómico e histológico en el tubo digestivo (Figura 17).

Al estómago llega la comida masticada y humedecida con la saliva. En él permanece la comida varias horas mientras es movida por la musculatura estomacal y degradada gracias a la secreción de los jugos gástricos, los cuales están formados por ácido clorhídrico, enzimas y moco. Los diferentes componentes de los jugos gástricos son liberados por las células epiteliales. Entre las enzimas liberadas por las células estomacales están la pepsina, que degrada proteínas, o la lipasa, que degrada las grasas. Se liberan también moléculas que permiten la absorción de vitaminas, así como hormonas tales como la gastrina.

En el estómago se observan 4 partes: el cardias es la zona de unión con el esófago; el fundus es una región dilatada que forma una especie de bóveda que sobresale por encima del cardias; el cuerpo es la región más extensa del estómago; el antro pilórico

es la región más pequeña del estómago que en forma de embudo se estrecha para unirse al intestino formando el píloro. Esta zona contiene el esfínter pilórico que permite el paso del contenido gástrico a la porción inicial del intestino delgado, el duodeno.

Al igual que el resto del digestivo, el estómago está formado por cuatro capas: la mucosa, la submucosa, la muscular y la serosa.

La mucosa del estómago está formada por un epitelio simple de células cilíndricas altas que forma pliegues muy compactados. En las zonas más profundas de esos pliegues se forman las fositas gástricas o foveolas, cavidades en las que desembocan las glándulas gástricas (Figura 18). Éstas son tubulares simples o ramificadas. El epitelio de las foveolas está formado por células de revestimiento secretoras de moco que lubrican la superficie de la mucosa, y la protegen de posibles lesiones.

Basándonos en la histología de la mucosa encontramos únicamente tres zonas en el estómago con características propias: el cardias, la región fúndica, que engloba el fundus y el cuerpo, y la región pilórica que incluye el antro pilórico y el píloro.

En la zona del cardias se observa un paso brusco del epitelio estratificado plano del esófago al prismático simple, el cual se invagina para formar las foveolas,

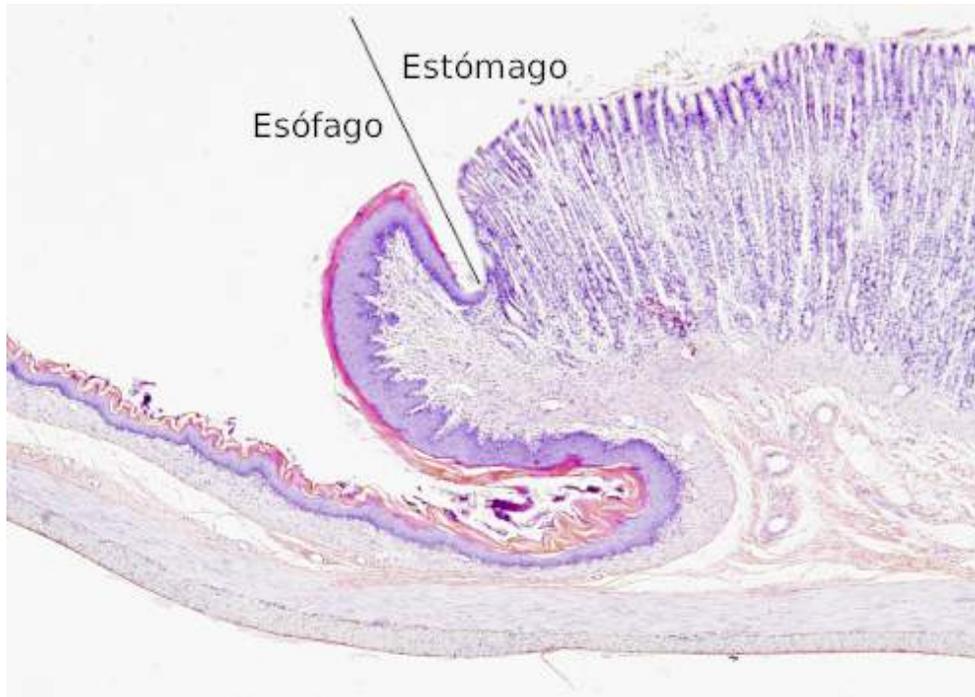


Figura 17: Transición entre esófago y estómago de un roedor. La línea negra marca la transición entre el esófago y el estómago. El esófago aparece como epitelio plano estratificado queratinizado.

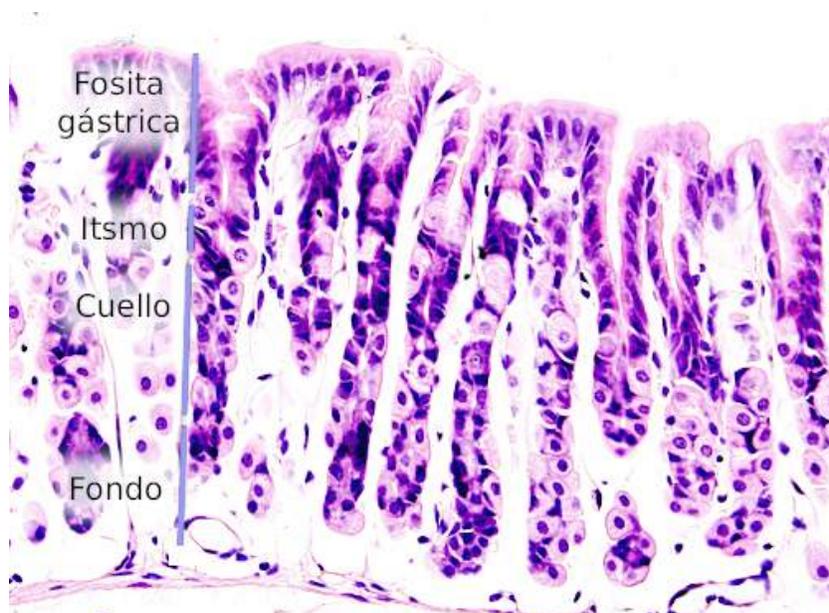


Figura 18: Epitelio estomacal mostrando sus especializaciones.

que en esta región son poco profundas. En su fondo desembocan glándulas principalmente mucosas y de morfología túbulo alveolar, con características similares a las que se encuentran en el esófago. Pero en

este caso, entre las células mucosas se localizan unas pocas células enteroendocrinas secretoras de gastrina, hormona que interviene en la motilidad del estómago y en la activación de células secretoras.

La región fúndica (comprende al fundus y al cuerpo) se diferencia en que las fositas de los pliegues de la mucosa son de una profundidad moderada, en el fondo de las cuales desembocan hasta siete glándulas gástricas. En este caso son glándulas tubulares, rectas y alargadas, llegando incluso hasta la muscular de la mucosa. La región más alta de la glándula recibe el nombre de cuello o istmo y en esta parte del estómago una glándula gástrica presenta cinco tipos celulares en su epitelio (aunque el número varía según las subdivisiones que se hagan en cada grupo) (Figura 19). En mayor o menor medida, estas células también aparecen en las otras regiones del estómago.

Las células mucosas del cuello producen un moco sulfatado líquido distinto del que secretan las células mucosas situadas más superficialmente en los pliegues. Se concentran en la región del cuello de la glándula fúndica.

Las células madre se encuentran en la parte superior del cuello y son responsables de la renovación del epitelio tanto de las células superficiales de revestimiento como de todos los tipos celulares de la glándula.

Las células parietales u oxínticas producen el ácido clorhídrico. Se distinguen claramente de las demás por su voluminoso citoplasma eosinófilo, tienen una forma más o menos triangular y a veces presentan dos núcleos. Se localizan principalmente en la parte del cuello, aunque también se encuentran en la parte más profunda de la glándula.

Las células principales son más pequeñas y de citoplasma basófilo ya que su producto de secreción es la pepsina, que se sintetiza en forma de pepsinógeno inactivo. Esta secreción está estimulada por la gastrina, la histamina y la acetilcolina. Sin embargo, son inhibidas por la somatostatina. Su localización en esta

parte del estómago es principalmente en la parte inferior de la glándula.

Por último, las células endocrinas se distribuyen por toda la mucosa gástrica. Se diferencian por su morfología y sintetizan diversas hormonas y neurotransmisores.

Los últimos 5 cm del estómago constituyen la región pilórica que se caracteriza por la presencia de profundas foveolas y glándulas tubulosas ramificadas y enrolladas. Las células glandulares producen principalmente moco aunque también se localizan células parietales secretoras de pepsinas y células endocrinas secretoras de gastrina.

El epitelio del estómago descansa sobre una lámina basal bajo la cual se extiende la lámina propia de la mucosa. Esta capa está formada por tejido conjuntivo laxo rico en tejido linfoide difuso. Es delgada y contiene fibras de colágeno y reticulares. Debajo se encuentra la muscular de la mucosa que contiene dos capas, una con fibras musculares orientadas de forma circular y otra de forma longitudinal. A veces aparece una tercera orientada de forma oblicua.

La submucosa está formada por conectivo laxo con numerosos linfocitos y células plasmáticas. Contiene numerosos vasos sanguíneos y linfáticos.

Bajo la mucosa se encuentra la capa muscular formada por 3 capas de músculo liso: una interna oblicua, una intermedia circular y una externa longitudinal. Entre las capas longitudinal y circular se encuentran numerosas fibras nerviosas que forman el denominado plexo de Auerbach, las cuales coordinan las contracciones estomacales para digerir la comida.

La serosa del estómago es similar a la de otras partes del digestivo. Se continúa con el peritoneo de la cavidad abdominal y visceral.

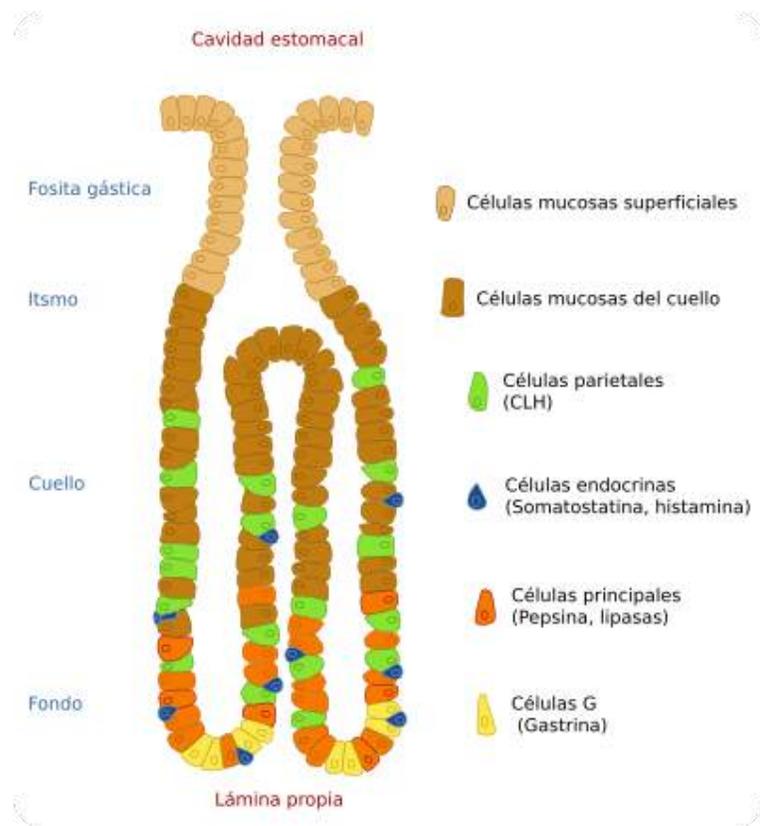


Figura 19: Tipos celulares más importantes que se encuentran en las glándulas gástricas. No se representan las células madre. Las células G es una variedad de células endocrinas liberadoras de hormonas, como somatostaina, gastrina, histamina, y otras.

7 Imagen; Intestino delgado

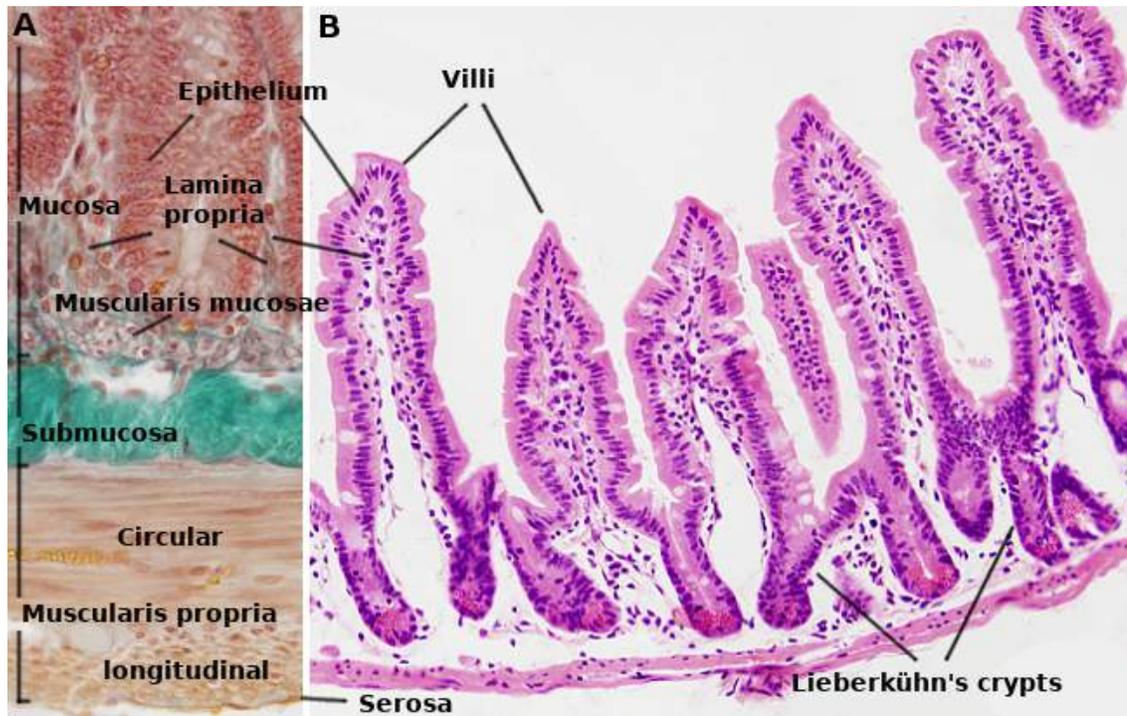


Figura 20: Órgano: Intestino delgado. Especie: Rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: Secciones de parafina teñidas con A) Tricrómico de Masson; B) hematoxilina-eosina

A continuación del estómago se encuentra el intestino delgado, que se extiende desde el orificio pilórico hasta la unión íleocecal, donde se continúa con el intestino grueso. Es un conducto largo, en humanos puede medir más de 6 metros de largo, que se divide en tres zonas: una próxima o duodeno que mide unos 20 cm, una media o yeyuno que representa aproximadamente dos quintas partes de la longitud total y otra final más larga denominada íleon.

La mayor parte de la digestión que se da en el sistema digestivo ocurre en el intestino delgado. El quimo son las porciones de comida ya parcialmente degradada que son liberadas desde el estómago. Cuando llegan a la región del duodeno entran en contacto con las secreciones enzimáticas pancreáticas y sales biliares, las cuales degradan aún más los alimentos. Además, en la superficie de las células del epitelio del intestino delgado también hay enzimas que ayudan en la digestión. El intestino es también la parte

del digestivo donde se produce una mayor absorción de los productos de la digestión, como los aminoácidos, azúcares y grasas. Además, se reabsorbe agua y electrolitos.

Al igual que el resto del tubo digestivo el intestino está formado por una mucosa, submucosa, muscular y una adventicia.

Mucosa

La mucosa del intestino delgado está formada por las tres capas típicas que aparecen en el resto del sistema digestivo: epitelio, lámina propia y muscular de la mucosa. La mucosa está caracterizada por la presencia de especializaciones cuyo objeto es aumentar la superficie interna del intestino. Con ello se consigue aumentar la superficie de absorción. En algunas especies, como en los humanos, existen unos repliegues alargados dispuestos circularmente o espiralmente de-

nominados pliegues circulares o pliegues de Kerckring. Implican a toda la mucosa y son abundantes en la parte más anterior del intestino, pero desaparecen en el íleon.

La superficie del intestino está tapizada por otras expansiones de la mucosa más pequeñas, de 0.5 a 2 mm de longitud, en forma de dedo de guante, denominadas vellosidades intestinales (Figuras 21 y 22). En la zona del duodeno tienen el extremo distal romo, pero en las porciones del yeyuno e íleon se vuelven puntiagudas. Con ellas se aumenta enormemente la superficie epitelial y, por tanto, la cantidad de células epiteliales disponibles para la absorción. Cada vellosidad está formada por epitelio cilíndrico simple que recubre su superficie, mientras que en su interior hay tejido conectivo laxo que constituye parte de la lámina propia de la mucosa. En este tejido conectivo aparecen numerosas células del sistema inmune y algunas células musculares lisas, además de fibroblastos. Una red importante de capilares sanguíneos con endotelio fenestrado, es decir, con aberturas en sus paredes, se distribuye por el interior de cada vellosidad. Este entramado de capilares permite retirar con gran eficiencia las sustancias que han sido incorporadas por las células epiteliales. También dentro de la vellosidad hay vasos linfáticos.

En la base de las vellosidades se encuentran las aberturas de secreción de las glándulas intestinales o criptas de Lieberkühn. Estas glándulas poseen su porción secretora en la capa muscular de la mucosa y sus conductos secretores corren por la lámina propia hasta fusionarse con el epitelio intestinal.

Como hemos comentado, el tejido conectivo que forma la lámina propia se encuentra en las vellosidades, pero también bajo el epitelio de la base de dichas vellosidades, así como rodeando las glándulas intestinales. Además, de las numerosas células del sistema inmune, es frecuente encontrar en la lámina propia agrupaciones de estos tipos celulares formando nódulos. En la zona del íleon los nódulos pueden agregarse formando las denominadas placas de Peyer.

La muscular de la mucosa contiene dos capas de fibras una interna circular y otra más externa cuyas células se orientan longitudinalmente.

La responsabilidad de la absorción de los alimentos recae sobre las células del epitelio intestinal. Hay al menos 5 tipos celulares: enterocitos, células caliciformes, células de Paneth, células enteroendocrinas y células M.

Los enterocitos son las células más frecuentes y principales responsables de la absorción de los productos de la digestión, aunque también liberan enzimas digestivas. La superficie libre de los enterocitos está tapizada con multitud de microvellosidades que aumentan enormemente la superficie útil de la membrana citoplasmática para incorporar alimentos. Ese efecto de aumento de superficie mediante pliegues se suma a las vellosidades intestinales y a los pliegues circulares. Los espacios intercelulares entre los enterocitos están sellados mediante uniones estrechas y uniones adherentes que impiden el paso de los productos de la digestión de forma inespecífica a través del epitelio. Esto provoca que la mayoría de las moléculas resultantes de la digestión que son incorporadas debe pasar por el interior de un enterocito. Por lo tanto, el paso de sustancias desde el interior del tubo digestivo hasta los vasos sanguíneos es un proceso controlado y selectivo.

Las células caliciformes son menos numerosas que los enterocitos y, al igual que éstos, se distribuyen a lo largo de todo el intestino. Su misión es producir y liberar sustancias mucosas que recubren la superficie epitelial libre. Las células de Paneth se sitúan en la base de las vellosidades intestinales. Liberan distintos tipos de enzimas y parecen ser responsables del control de la flora bacteriana que habita el digestivo. Las células enteroendocrinas liberan hormonas intestinales como la secretina, colecistoquinina, péptido inhibidor gástrico y motilina. Cada una de ellas con diferentes funciones, como por ejemplo actuar sobre la actividad hepática o regular las contracciones peristálticas del intestino. Las células M son células presentadoras de microorganismos y moléculas intestinales, que recogen en la luz del tubo digestivo, a las células del sistema inmune que se encuentran en la lámina media de la mucosa.

Submucosa

Está constituida por tejido conectivo denso, donde pueden aparecer adipocitos. En el duodeno la submu-

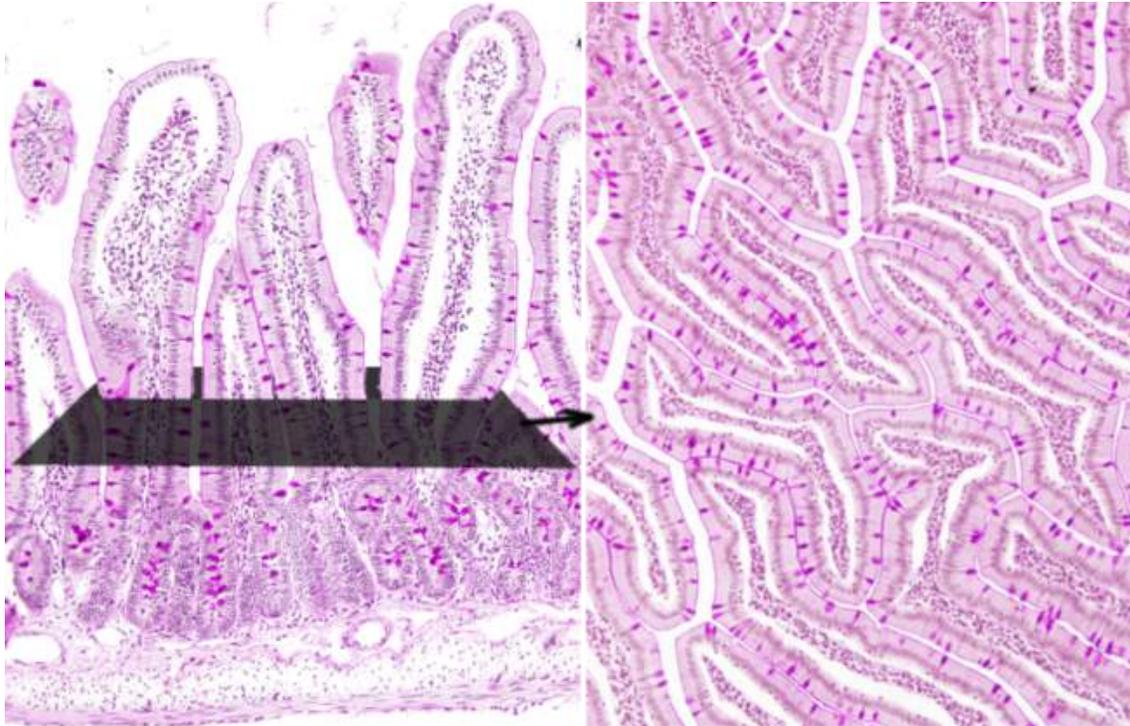


Figura 21: Imágenes del intestino delgado de rata. La imagen de la derecha muestra cómo se organizan las vellosidades intestinales cuando se observan en un plano de corte horizontal, paralelo a la superficie intestinal.

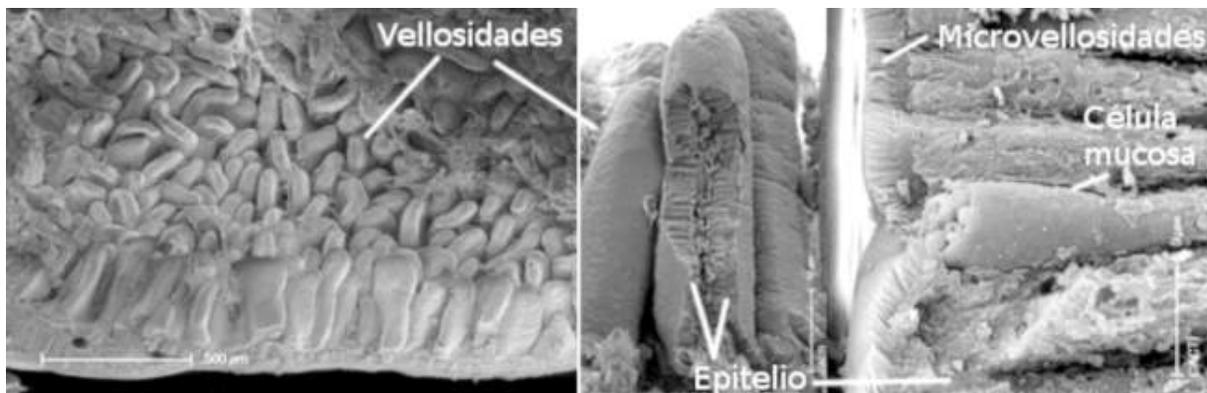


Figura 22: Imágenes tomadas con el microscopio electrónico de barrido correspondientes al intestino delgado donde se observan las vellosidades y también, a mayor aumento las microvellosidades del epitelio.

cosa contiene las denominadas glándulas submucosas o de Brunner, especializadas en la producción de una solución muy alcalina que parece tener la función de neutralizar el pH enormemente ácido del quimo producido por el estómago.

Muscular externa

Está formada por dos capas de músculo liso, la in-

terna con células orientadas circularmente, mientras que la externa lo hacen de forma longitudinal. Entre estas dos capas se encuentra el plexo de terminales nerviosas o plexo de Auerbach. Cada capa realiza un tipo de contracción con funciones diferentes. La capa interna provoca desplazamientos del material que se está digiriendo hacia adelante y hacia atrás, de manera que se mezcle bien con las sustancias digestivas

y también para que se renueve el líquido en contacto con las células epiteliales. La capa longitudinal produce contracciones en forma de onda que provocan el avance del material en digestión a lo largo del

intestino.

La adventicia es tejido conectivo que en algunas regiones está recubierto por el peritoneo.

8 Imagen; Intestino grueso

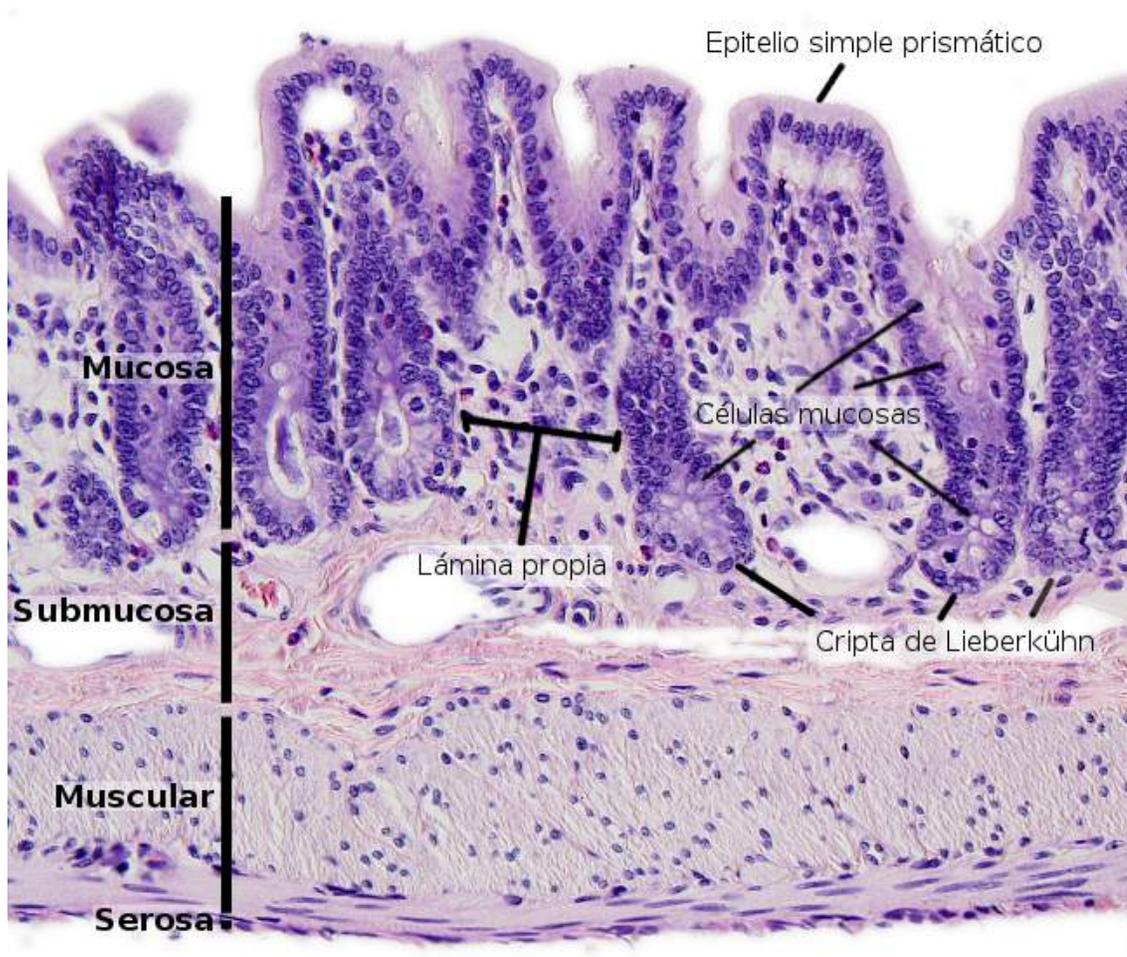


Figura 23: Órgano: Intestino grueso. Especie: Rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: Secciones de parafina teñidas con hematoxilina-eosina

El intestino grueso comprende la parte final del tubo digestivo y se divide a su vez en ciego, colon y recto. El colon posee una parte ascendente, una transversa, una descendente, además del colon sigmoide. El intestino grueso se conecta al intestino delgado mediante la válvula o esfínter íleo-cecal. El ciego posee una ramificación muy delgada llamada apéndice, de unos 5 a 13 cm de longitud, donde se acumulan muchos nódulos linfáticos. El intestino grueso se comunica con el exterior a través del ano. La zona donde el intestino grueso se une a la piel del ano se denomina unión ano-rectal. Aquí se produce la transición desde epitelio simple prismático a epitelio es-

tratificado plano queratinizado, típico de la epidermis. A este nivel existe un engrosamiento de la musculatura externa que forma el esfínter anal interno. También hay un esfínter externo formado por musculatura estriada.

El intestino grueso no tiene vellosidades ni pliegues circulares. Al igual que el resto del tracto digestivo, la pared del intestino grueso se puede dividir en 4 capas: mucosa, submucosa, muscular y serosa.

La mucosa está formada por un epitelio simple cilíndrico que forma numerosas glándulas mucosas tubulares denominadas criptas de Lieberkühn. Éstas aparecen como invaginaciones de las superficie epitelial. Una de las principales funciones del intestino grueso es la reabsorción de agua y electrolitos del proceso digestivo. También secreta una gran can-

tividad de moco que favorece el tránsito de los desechos semisólidos no digeridos. Las células mucosas son más abundantes en el epitelio del intestino grueso que en el del intestino delgado. La proporción entre células mucosas y células absorbentes, denominadas enterocitos, cambia de 4 a 1 en las porciones más próximas al intestino delgado a 1:1 en las zonas más próximas al ano. Las células epiteliales se renuevan constantemente: nacen en la base de las criptas y van desplazándose hacia la superficie del tubo digestivo donde mueren. Todo este proceso suele durar unos 5 días.

La lámina propia es similar a la del resto del tubo digestivo con sólo unas pocas peculiaridades como la carencia de vasos linfáticos o de una capa gruesa de colágeno entre la membrana basal del epitelio y los vasos sanguíneos próximos.

La muscular de la mucosa normalmente se organiza en dos capas de músculo liso con distinta orientación. En algunas zonas es delgada.

La submucosa está formada por tejido conectivo muy denso. Contiene vasos sanguíneos de gran calibre y algunas zonas con tejido adiposo.

La capa muscular se organiza de forma distinta. Existe una capa longitudinal de músculo liso que es más delgada que la capa circular. En humanos, sin embargo, la capa longitudinal se engruesa en tres lugares concretos para formar bandas que se pueden observar a simple vista.

La serosa es una capa muy delgada de conectivo que en algunos puntos se continúa con el peritoneo.

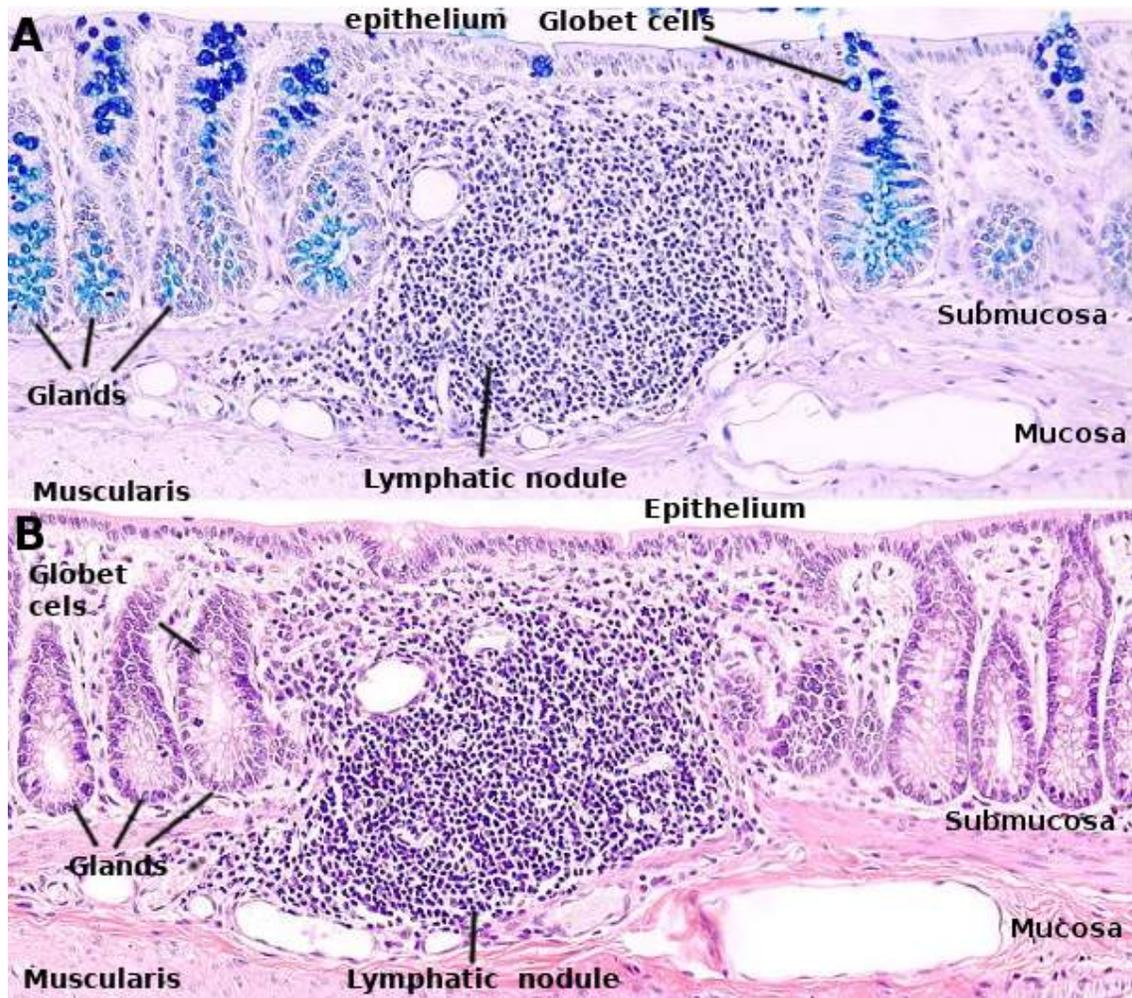


Figura 24: Intestino grueso de rata. La imagen A está teñida con hematoxilina-azul alcian, mientras que la B con hematoxilina eosina. Las células mucosas aparecen de azul con el azul alcian en la criptas de Lieberkühn. En la mucosa digestiva del intestino grueso es frecuente observar nódulos linfáticos, que invaden también la mucosa..

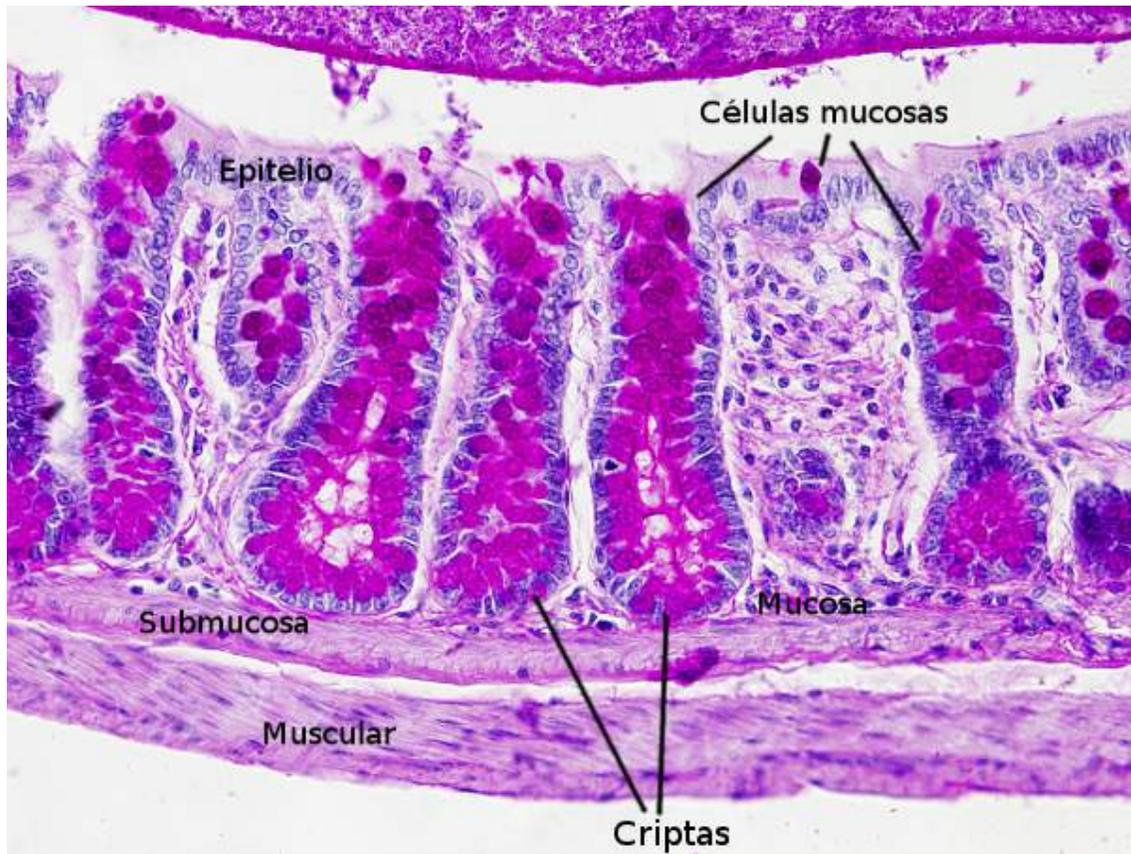


Figura 25: Intestino grueso de rata. La imagen muestra intestino grueso teñido con PAS-hematoxilina. Las células caliciformes aparecen de color rosado intenso.

9 Bibliografía

Amano O, Mizobe K, Bando Y, Sakiyama K. 2012. Anatomy and histology of rodent and human major salivary glands. *Acta histochemica et cytochemica*. 45: 241-250.

Iwasake S-I. 2002. Evolution of the structure and function of the vertebrate tongue. *Journal of anatomy*. 201: 1-13.