PROCEDIMIENTOS SANITARIOS Y ASISTENCIALES

Desarrollo de los temas

TEMA

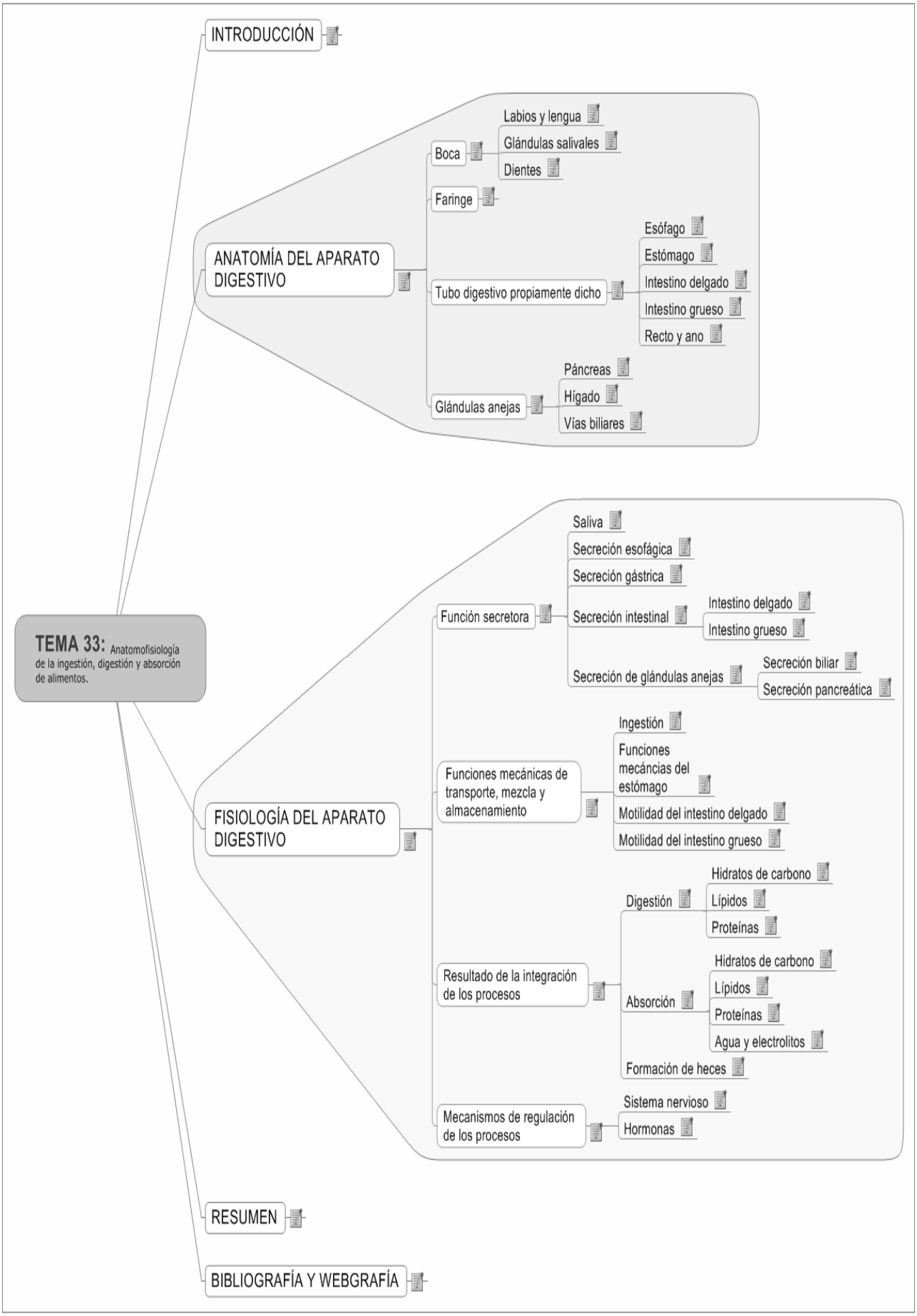
33

Anatomofisiología de la ingestión, digestión y absorción de alimentos.

elaborado por
EL EQUIPO DE PROFESORES
DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN

CEDE

ESQUEMA DE CONTENIDOS



GUIÓN - ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 4

2. ANATOMÍA DEL APARATO DIGESTIVO 5
2.1. Boca 6
2.1.1. Labios y lengua 7
2.1.2. Glándulas salivales 8
2.1.3. Dientes 10
2.2. Faringe 12
2.3. Tubo digestivo propiamente dicho 14
2.3.1. Esófago 16
2.3.2. Estómago 18
2.3.3. Intestino delgado 23
2.3.4. Intestino grueso 25
2.3.5. Recto y ano 27
2.4. Glándulas anejas 27
2.4.1. Páncreas 27
2.4.2. Hígado 31
2.4.3. Vías biliares 35

3. FISIOLOGÍA DEL APARATO DIGESTIVO 36
3.1. Función secretora 36
3.1.1. Saliva 36
3.1.2. Secreción esofágica 37
3.1.3. Secreción gástrica 37
3.1.4. Secreción intestinal 39
3.1.5. Secreción de glándulas anejas 41
3.2. Funciones mecánicas de transporte, mezcla y almacenamiento 45
3.2.1. Ingestión 45
3.2.2. Funciones mecánicas del estómago 46
3.2.3. Motilidad del intestino delgado 48
3.2.4. Motilidad del intestino grueso 49
3.3. Resultado de la integración de los procesos 50
3.3.1. Digestión 50
3.3.2. Absorción 54
3.3.3. Formación de heces 56
3.4. Mecanismos de regulación de los procesos 56
3.4.1. Sistema nervioso 57
3.4.2. Hormonas 57

RESUMEN 58

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA 61

1. INTRODUCCIÓN

El **aparato digestivo** es un conjunto de órganos que forman un tubo continuo desde la boca hasta el ano, al que se asocian dos importantes glándulas anejas, el hígado y el páncreas. Su función es la transformación de los alimentos complejos de modo que puedan absorberse y utilizarse por el organismo, suministrando un aporte continuo de agua, electrólitos y nutrientes. Las funciones de dicho sistema se cumplen mediante tres procesos fundamentales:

- **Transporte y mezcla de los alimentos** en el tubo digestivo. Para un procesado óptimo de los alimentos en el tubo digestivo, es crítico el tiempo durante el que dicho alimento permanece en cada parte del mismo. Además debe obtenerse un mezclado apropiado, para lo que serán necesarios distintos mecanismos de mezcla y propulsión.

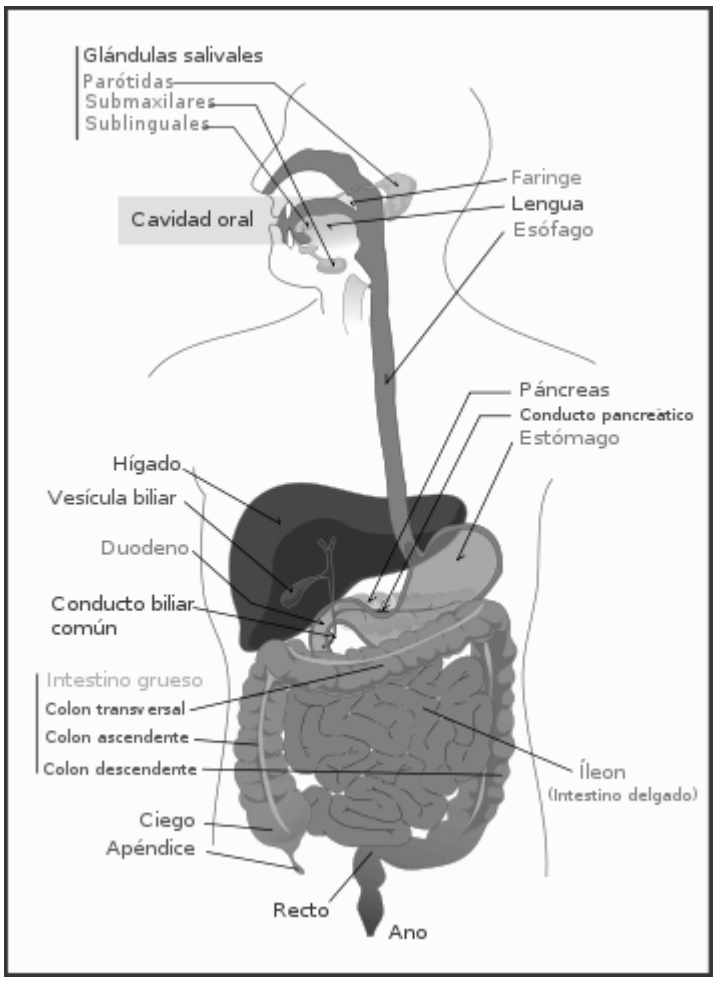
- **Secreción.** Las glándulas secretoras se encuentran a lo largo del tubo digestivo, secretan enzimas digestivas y moco lubrificante y protector.

- **Digestión y Absorción.** Con excepción de algunos minerales y vitaminas, se puede decir que el cuerpo vive de carbohidratos, grasas y proteínas. Sin embargo, ninguno de ellos puede absorberse como tal, por lo que carecen de valor nutritivo mientras que no sean digeridos.

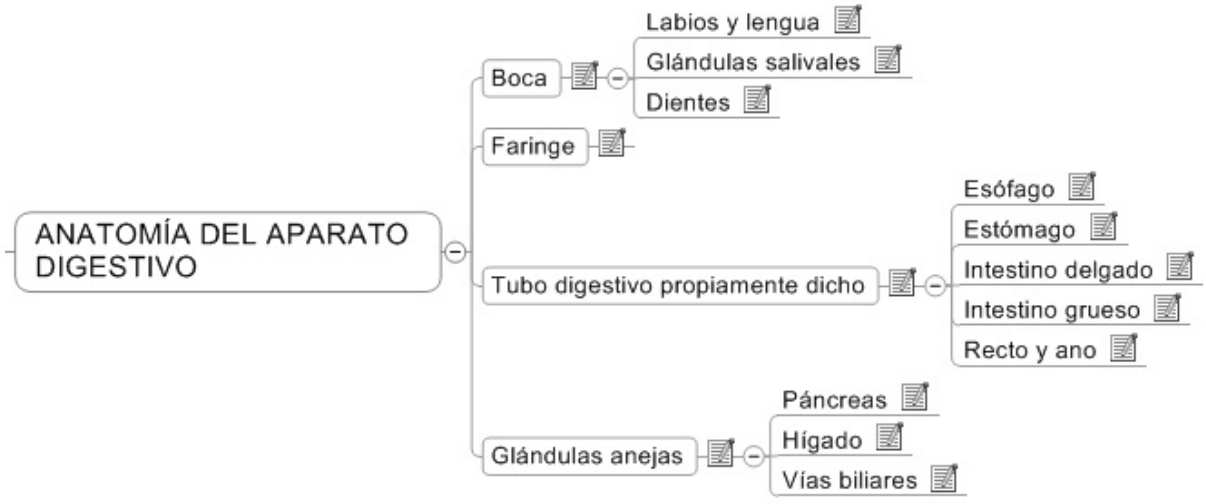
El control de estas funciones corre a cargo del sistema nervioso y hormonal. El tubo intestinal tiene un sistema nervioso intrínseco, llamado sistema nervioso entérico o intestinal, que comienza en el esófago y se extiende durante toda su trayectoria hasta el final del mismo, en el ano.

El aparato digestivo presenta las siguientes estructuras: boca, esófago, estómago, hígado, vesícula biliar, páncreas, duodeno, yeyuno, íleo, colon y ano. Cada una de estas partes se adapta a sus funciones específicas, algunas de simple paso del alimento, como el esófago, otras de almacenamiento, como el estómago, y otras para su digestión y absorción, como el intestino delgado.

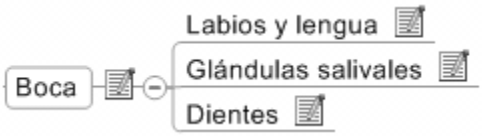
La siguiente imagen ilustra un esquema general del aparato digestivo, que pasaremos a ver en detalle en los siguientes epígrafes.



2. ANATOMÍA DEL APARATO DIGESTIVO

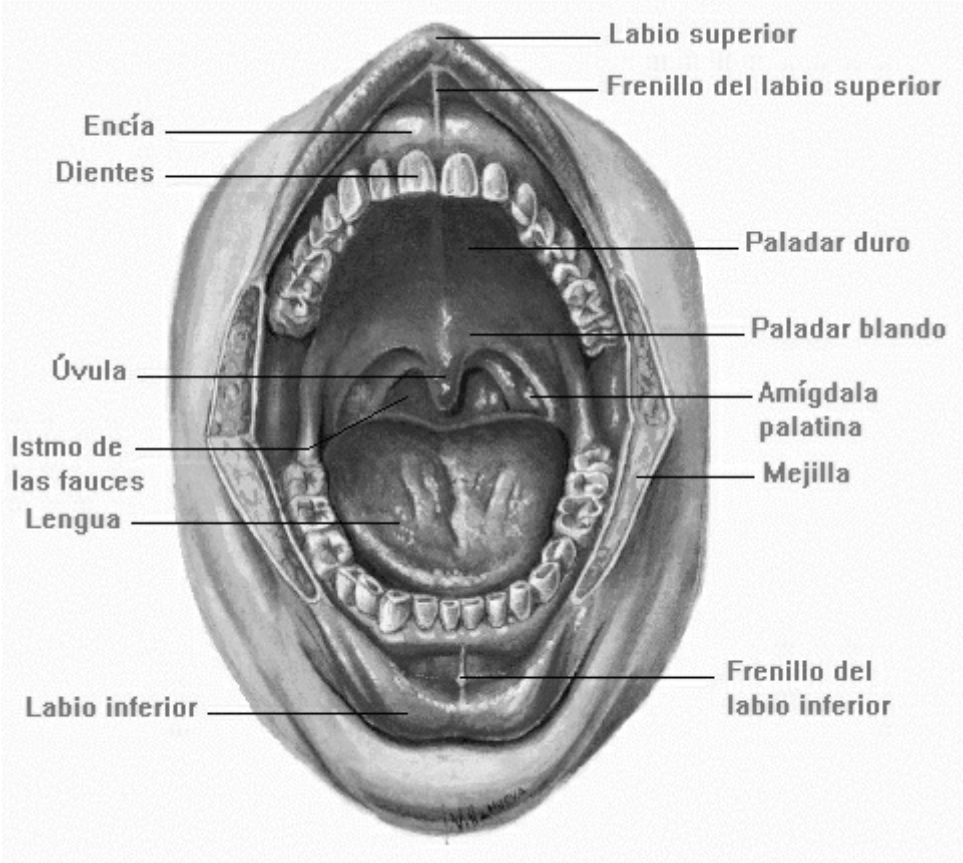


2.1. BOCA



La boca es el inicio del aparato digestivo, y en ella tienen lugar toda una serie de funciones, tanto mecánicas como químicas, que nos van a facilitar el trabajo de otros elementos del sistema, como son el estómago y el intestino. Para ello la boca es un órgano complejo, y en las funciones que en ella se desarrollan intervienen estructuras tan bien diseñadas como son los dientes, la lengua y las glándulas salivares. No olvidemos que la boca tiene otras funciones no digestivas, como son contribuir a la respiración en determinados casos, y a la fonación.

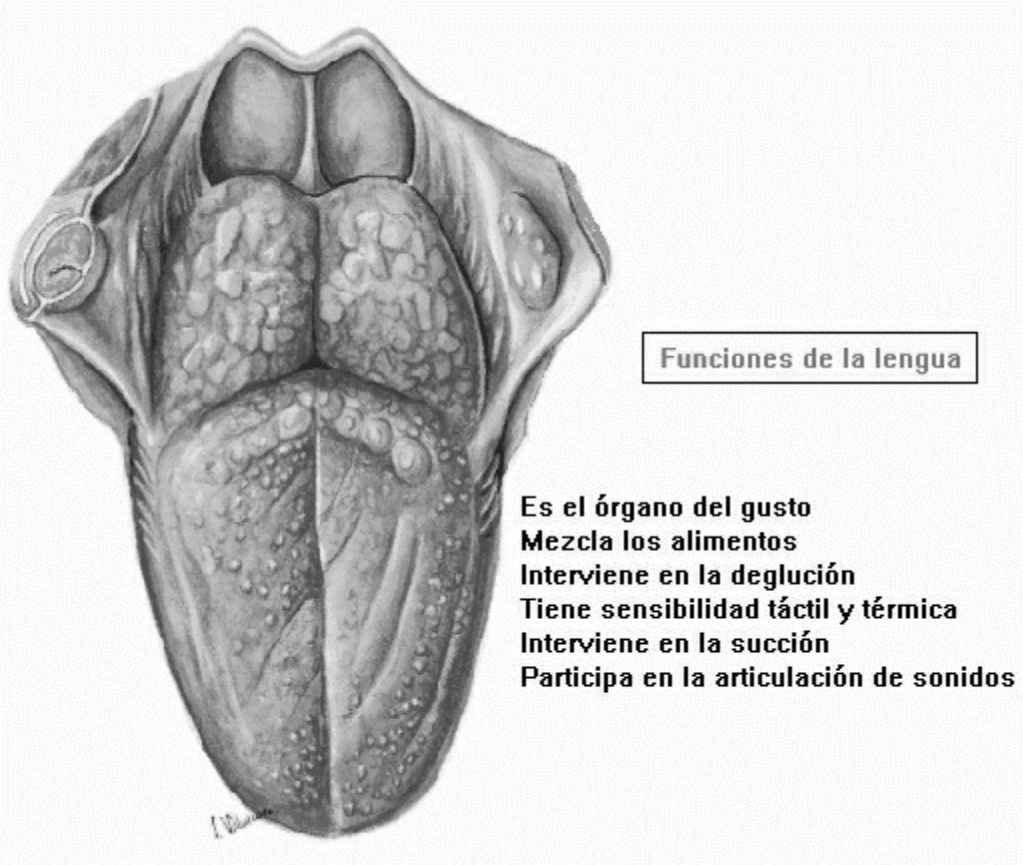
En su parte anterior se abre a través de la hendidura bucal; está limitada en su parte superior anterior por los labios, lateralmente por la mucosa de las mejillas, en su parte superior por el paladar, y en la parte inferior por la lengua; posteriormente conexiona, a través del istmo de las fauces, con la faringe. Las arcadas dentarias (maxilar superior e inferior y los dientes que en ellas se implantan) determinan la separación entre el vestíbulo bucal y la cavidad bucal propiamente dicha. La siguiente imagen ilustra esta descripción anatómica:



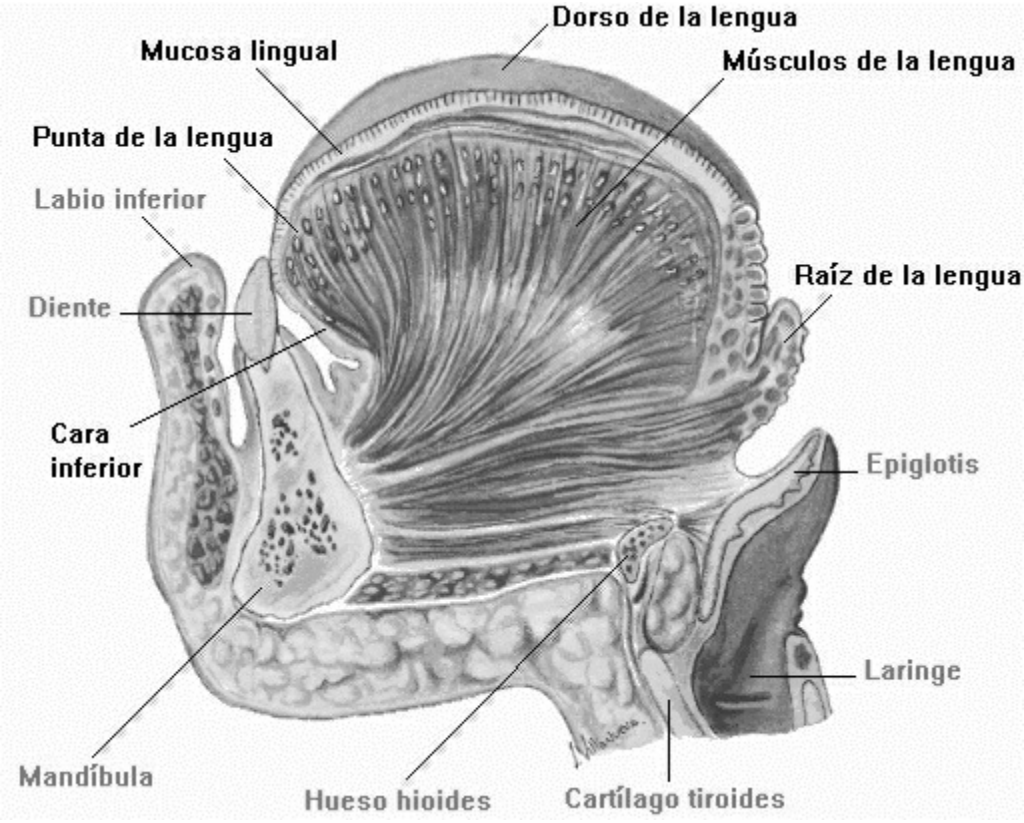
2.1.1. Labios y lengua

Los labios. Son pliegues cutáneos cuya superficie externa e interna esta revestida por la piel y la mucosa respectivamente. Entre cada labio y su correspondiente maxilar se extiende un pequeño pliegue mucoso vertical: frenillo labial. En el tejido submucoso se encuentran numerosas glándulas labiales.

La lengua. Es una masa alargada formada principalmente por músculos que se halla fijada al suelo de la cavidad bucal. En la mucosa sublingual se observan **papilas** de diferentes tipos: filiformes, fungiformes, caliciformes y foliáceas, que son pequeñas elevaciones de variable aspecto y localizadas a nivel del dorso, de los bordes y de la punta de la lengua.



En la siguiente imagen podemos ver la lengua en relación con las otras estructuras de la boca:



Las **glándulas linguales**, productoras de saliva, se encuentran en gran número, situadas lateralmente, inmediatamente por debajo de la mucosa del dorso de la lengua y complementan la acción del el resto de glándulas salivales.

2.1.2. Glándulas salivales

Las **glándulas salivales** en los mamíferos son glándulas exocrinas que producen la saliva, la cual es un líquido incoloro de consistencia acuosa o mucosa, se produce un litro al día (aprox.), es una solución de proteínas, glucoproteínas, hidratos de carbono y electrólitos y contiene células epiteliales descamadas y leucocitos. Las glándulas salivales grandes están representadas por 3 glándulas pares: las **glándulas sublinguales**: ubicadas en el tejido conectivo de la cavidad oral, **glándulas parótidas y submaxilar**: ubicadas por fuera de la cavidad oral.

Desde el punto de vista histológico, tenemos tres tipos:

- **Glándulas serosas** contienen sólo células glandulares serosas y secretan saliva fluída que contiene ptialina.
- **Glándulas mucosas** sólo tienen células glandulares mucosas.
- **Glándulas mixtas** contienen células mucosas y serosas, la secreción es viscosa e incluye mucina y ptialina.

Las glándulas cuentan con células mioepiteliales, que se localizan entre las células glandulares y la lámina basal. Son células aplanadas y su contracción ayuda a la expulsión de la saliva. Además cuentan con un sistema de conductos excretores. Las primeras porciones se denominan conductos intercalares, luego son intralobulares y se continúan en los conductos salivales o estriados.

Las glándulas salivales se encuentran alrededor de la boca y producen la saliva que humedece los alimentos para ayudar en el proceso de masticación y deglución. La saliva contiene enzimas (amilasa o ptialina) que comienzan el proceso de digestión, convirtiendo el almidón en maltosa.

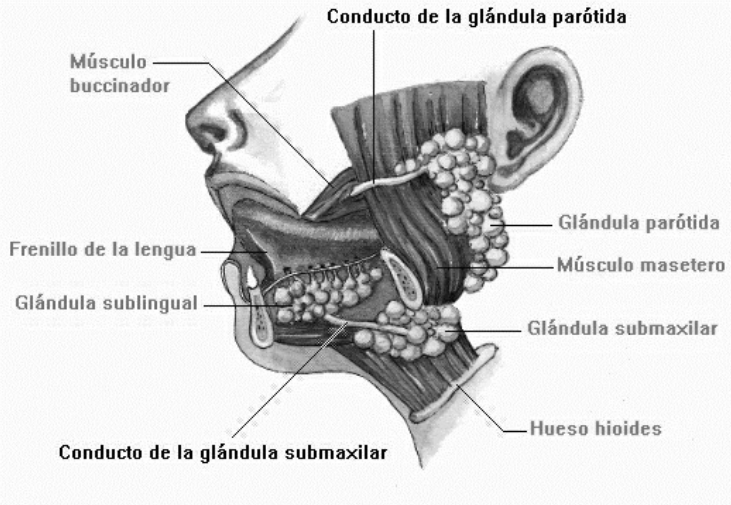
Las tres principales glándulas son las siguientes:

• **Glándula Parótida:** es una glándula tubuloacinosa que es *sólo serosa*, en el ser humano es la de mayor tamaño, está rodeada por una gruesa cápsula de tejido conectivo desde donde parten tabiques de tejido conectivo hacia el interior de la glándula que la dividen en finos lóbulos. El conducto excretor principal o conducto de “Stenon” o parotideo, desemboca en el vestíbulo de la boca, sobre la papila parotídea frente al segundo molar superior. situada a ambos lados de la cara, celda osteofibrosa dependiente de la aponeurosis cervical superficial por debajo del conducto auditivo eterno, por detras de la rama ascendente del maxilar inferior y por delante de la apofisis mastoides y estiloides, pesa alrededor de 25 gramos.

• **Glándula Submaxilar:** es seromucosa, con predominio mucoso y tiene una cápsula de tejido conjuntivo que lo recubre; está situado en la parte posterior del surco gingivobucal. De él se originan una serie de filetes que constituyen sus ramas eferentes que terminan en la glándula y el conducto Wharton.

• **Glándula Sublingual:** es tubuloacinar mixta con predominio mucoso. Las escasas células serosas están en forma semilunar alrededor de las celulas mucosas(medias lunas de Ganuzzi); el contenido seroso rodea al mucoso. La cápsula de tejido conectivo está poco desarrollada. Se encuentran 10 o 12 conductos excretores, el principal, el de “Bartholin” o sublingual, desemboca en la carúncula sublingual. En cuanto a las glándulas salivales podemos agregar que estas contienen enzimas como la lisozima que es un antibacteriano.

La siguiente figura ilustra la localización de estas glándulas:



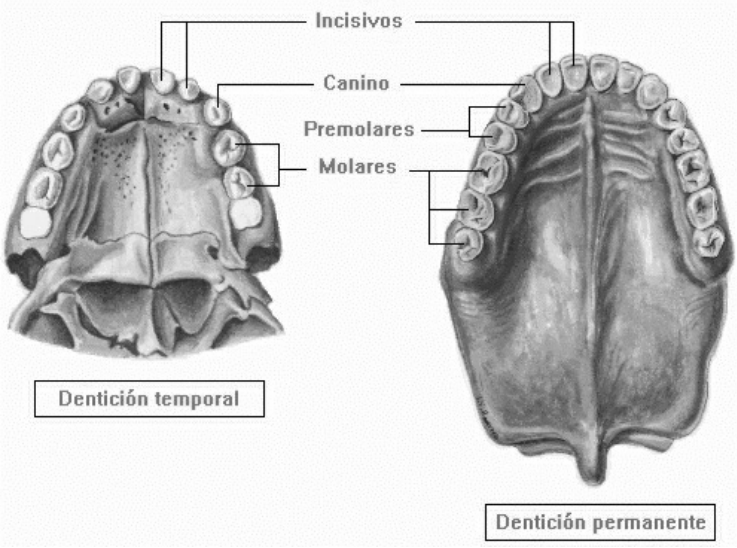
2.1.3. Dientes

El **diente** es un órgano anatómico duro, enclavado en los alvéolos de los huesos maxilares a través de un tipo especial de articulación denominada Gonfosis y en la que intervienen diferentes estructuras que lo conforman: cemento dentario y hueso alveolar ambos unidos por el ligamento periodontal. El diente está compuesto por calcio y fósforo, que le otorgan la dureza.

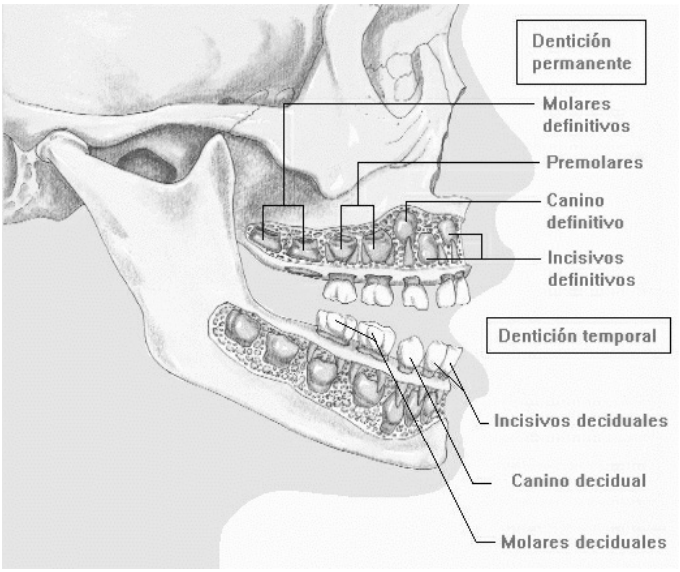
El diente **realiza la primera etapa de la digestión** y participa también en la comunicación oral.

El desarrollo dentario del diente es un conjunto de procesos muy complejos que permiten la erupción de los dientes por modificación histológica y funcional de las células embrionarias totipotentes. La posesión de dientes es común a muchas especies muy distintas, su desarrollo dentario es bastante parecido al de los humanos. En humanos, se requiere de la presencia de esmalte, dentina, cemento y periodonto para permitir que el ambiente de la cavidad oral sea propicio al desarrollo, el cual sucede durante el desarrollo fetal.

El ser humano tiene dos denticiones, una primera dentición infantil, o decidua, y la dentición permanente del adulto:



• **Primera dentición:** La primera dentición de *leche* comienza a perderse a los 8 ó 9 años de edad siendo sustituída por los dientes definitivos o *segunda dentición*. Hasta los 6 o 7 años de edad, la especie humana sólo posee 20 dientes, la llamada *dentición temporal* o *dentición caduca*, comúnmente denominada *de leche*, que será sustituida por un total de 32 dientes que constituyen la dentición definitiva o *dentición permanente*, existiendo cuatro grupos de dientes con funciones específicas. La función de estos primeros dientes es preparar el alimento para su digestión y asimilación en etapas en las que el niño está en máximo crecimiento; sirven de guía de erupción: mantienen el espacio para la dentición permanente; estimulan el crecimiento de los maxilares con la masticación; fonación: los dientes anteriores intervienen en la creación de ciertos sonidos. En la siguiente figura se ilustra la colocación de los dientes definitivos respecto de los de leche para el cambio de dentición:



• **Segunda dentición:** Después de la dentición decidua los dientes *de leche* son empujados por una segunda dentición. Estos primeros dientes caen de manera natural dejando surgir a los

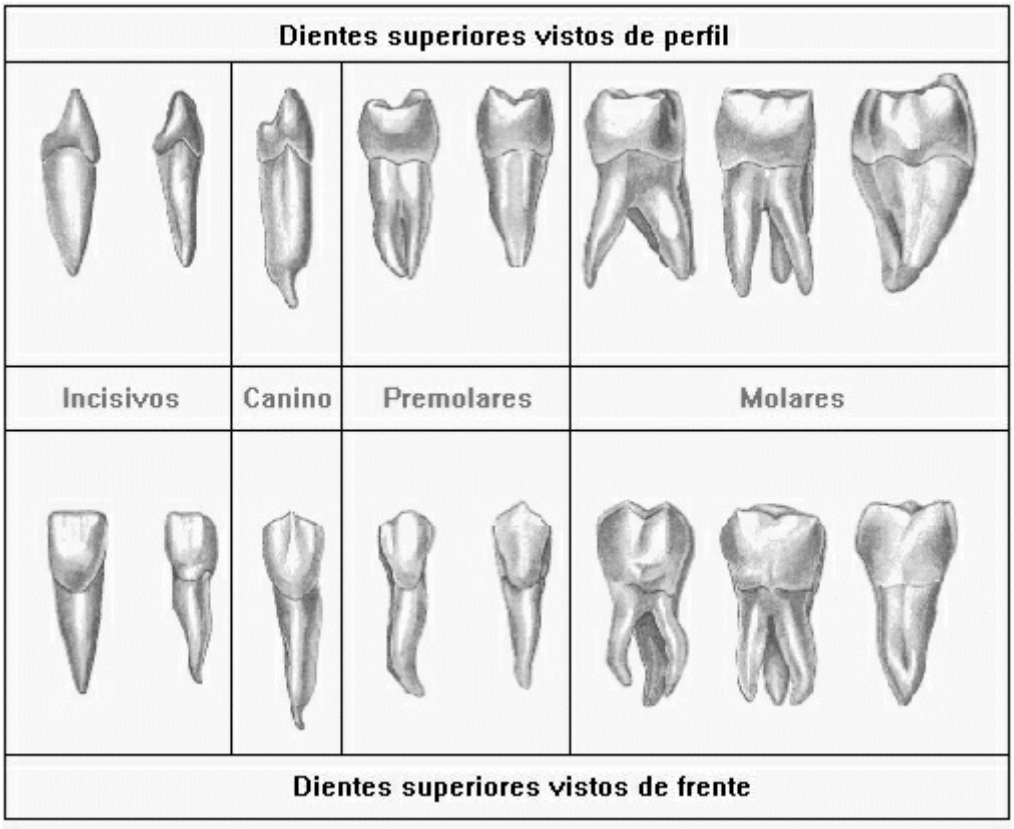
segundos, o dientes definitivos que, según la forma de la corona y por lo tanto su función, pueden ser:

– **Incisivos** (8 dientes): dientes anteriores con borde afilado. Su función principal es cortar los alimentos. Poseen una corona cónica y una raíz solamente. Los incisivos superiores son más grandes que los inferiores.

– **Caninos** (4 dientes): con forma de cúspide puntiaguda. Son llamados *colmillos* en los animales. Están situados al lado de los incisivos y su función es desgarrar los alimentos.

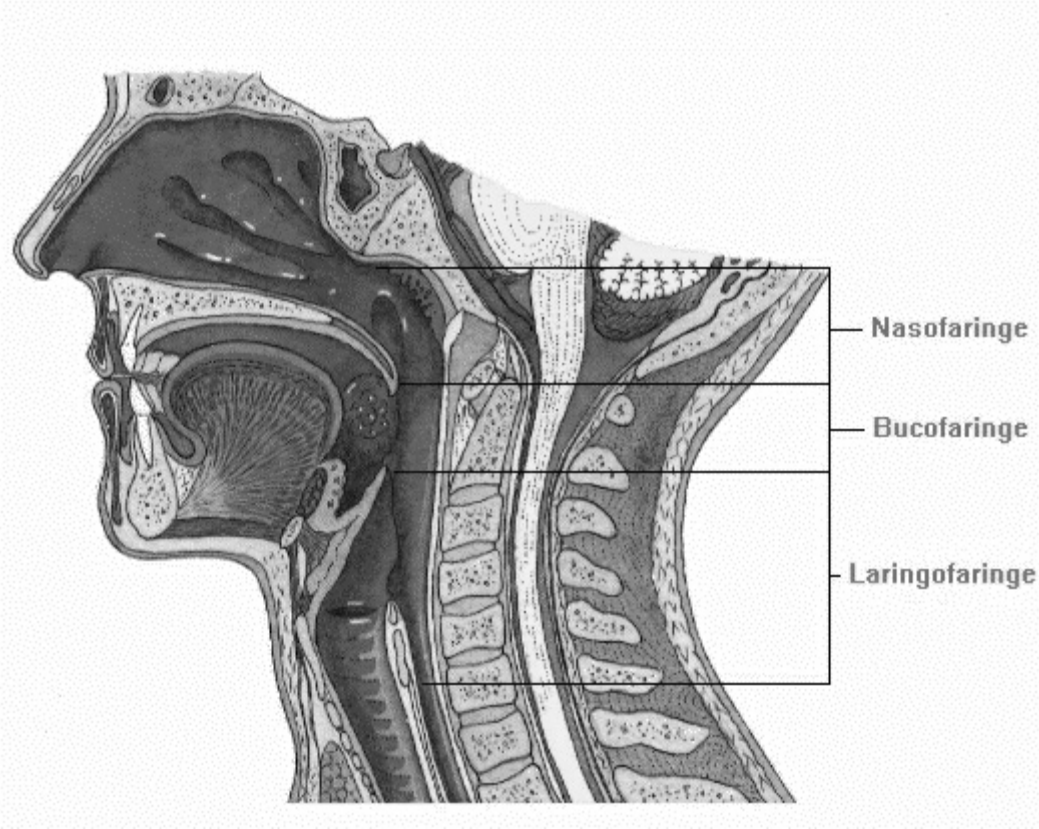
– **Premolares** (8 dientes): poseen dos cúspides puntiagudas. Facilitan la trituración de los alimentos.

– **Molares** (12 dientes): cúspides anchas. Tienen la misma función de los premolares. La corona de este tipo de dientes puede tener cuatro o cinco prominencias, al igual que dos, tres o cuatro raíces. Son los mas grandes.



2.2. FARINGE

La faringe es una estructura de unos 14 cm. de longitud, músculomembranosa, compuesta por: nasofaringe, bucofaringe y laringofaringe. Llega hasta nivel de la sexta cervical. En la siguiente figura puede apreciarse su disposición. Sus elementos son:



• **Nasofaringe:** se inicia a partir del orificio de las coanas (a partir de estos orificios delimitados por hueso ya estamos dentro de la cavidad nasal). En su interior contiene el orificio faríngeo de la trompa auditiva de Eustaquio (encargada de igualar las presiones del aparato estatoacústico con la presión atmosférica). También hallamos la Fosita de Rossenmüller o receso faríngeo, rodete faríngeo que en su parte final contiene la amígdala faríngea, que no debe confundirse con las dos amígdalas tubáricas que también se hallan en este espacio de la nasofaringe. Compuesto por una mucosa cuyo epitelio es cilíndrico (típico del aparato respiratorio).

• **Orofaringe:** delimitado por el istmo de las fauces (ya visto en la sección de la boca). También destacar otra estructura como es el surco glosoepiglótico (entre la raíz de la lengua y la epiglótis (entrada a la laringe) encargado de evitar entrada de la saliva en la vía respiratoria).Su mucosa tiene un epitelio plano estratificado sin capa córnea.

• **Laringofaringe:** contiene los pliegues aritenoepiglóticos y los recesos piriformes como estructuras más destacables. Su epitelio es idéntico al de la bucofaringe (estratificado plano).

La faringe está constituida por una serie de capas concéntricas en forma de U de concavidad anterior (unidas por la aponeurosis faríngea). Estas capas se insertan en el tubérculo faríngeo del esfenoides, cara interna de la apófisis pterigoides y arco del maxilar a través del ligamento pterigomaxilar.

Su **musculatura** está formada principalmente por los tres músculos constrictores de la faringe. Los tres se contraen sinérgicamente, si no tendremos problemas con la deglución. Estos músculos son:

• **Constrictor superior:** se origina en la apófisis pterigoides, detrás del rafe faríngeo. Tiene forma triangular.

• **Constrictor medio:** se origina en el hueso hioides, tiene una dirección oblicua, es el más pequeño. Se puede diferenciar del superior a través del músculo estilofaríngeo que pasa en medio de los dos.

• **Constrictor inferior:** se origina en el borde posterior del hioides y cricoides. Forma cuadrangular.

Además existe un músculo elevador faringe (**estilofaríngeo**), de función elevadora.

Por fuera toda la faringe está rodeada por una **capa adventicia**. Se relaciona con el espacio retrofaríngeo con la columna cervical, lateralmente tiene el paquete vasculonervioso del cuello. El ramillete de Rio Lano (conjunto de los tres músculos que se originan en la apófisis estiloides del cráneo) delimita dos espacios: preestilio (donde se encuentra glándula parótida) y el retroestilio (donde pasa la carótida interna, yugular interna y nervios IX, X y XII).

La irrigación está a cargo de la **arteria faríngea superior** (procedente de la arteria maxilar), **arteria faríngea media** (proveniente de la arteria facial y lingual) y la **arteria faríngea inferior** (procedente de la arteria tiroidea craneal (de la carótida externa) y la **tiroidea caudal** (de la arteria subclavia)). La irrigación venosa se realiza por tres **venas faríngicas** que drenan todas a la yugular interna.

En cuanto al **drenaje linfático**, está a cargo de ganglios de la carótida interna, externa y yugular interna.

Su **inervación** es la siguiente:

– **La parte motora:** glosofaríngeo, vago e hipogloso mayor.
– **La parte sensitiva:** nasofaringe por el nervio maxilar, orofaringe por el nervio glosofaríngeo, y la hipofaringe por el nervio vago.

2.3. TUBO DIGESTIVO PROPIAMENTE DICHO

El tubo digestivo, desde el esófago, hasta la última parte de Colon, comparte una estructura histológica común, compuesta por diversas capas, cuyo espesor y microestructura varía de unas otras.

Esa estructura común tiene una longitud en el hombre de 10 a 12 metros, siendo seis o siete veces la longitud total del cuerpo. En su trayecto a lo largo del tronco del cuerpo, discurre por delante de la columna vertebral. Comienza en la cara, desciende luego por el cuello, atraviesa las tres grandes cavidades del cuerpo: torácica, abdominal y pélvica. En el cuello está en relación con el conducto respiratorio, en el tórax se sitúa en el mediastino posterior entre los dos pulmones y el corazón, y en el abdomen y pelvis se relaciona con los diferentes órganos del aparato genitourinario.

El tubo digestivo procede embriológicamente del endodermo, al igual que el aparato respiratorio. Histológicamente está formado por cuatro capas concéntricas que son de adentro hacia afuera:

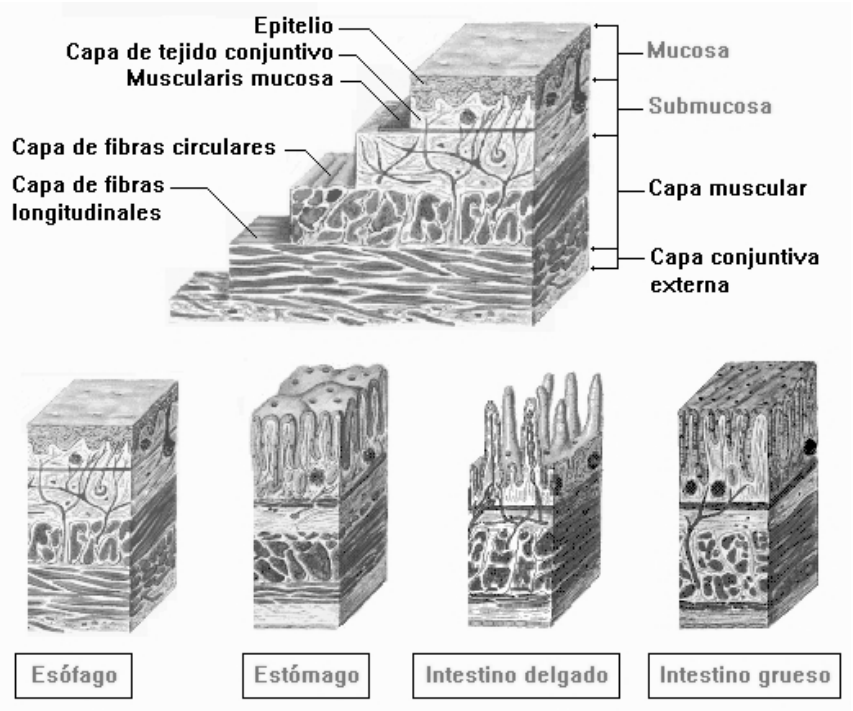
- **Capa interna o mucosa** (donde pueden encontrarse glándulas secretoras de moco y HCl vasos linfáticos y algunos nódulos linfoides). Incluye una **capa muscular interna** o **muscularis mucosae** compuesta de una capa circular interna y una longitudinal externa de músculo liso.

- **Capa submucosa** compuesta de tejido conectivo denso irregular fibroelástico. La capa submucosa contiene el llamado plexo submucoso de Meissner, que es un componente del sistema nervioso entérico y controla la motilidad de la mucosa y en menor grado la de la submucosa, y las actividades secretorias de las glándulas.

- **Capa muscular externa** compuesta, al igual que la muscularis mucosae, por una capa circular interna y otra longitudinal externa de músculo liso (excepto en el esófago, donde hay músculo estriado). Esta capa muscular tiene a su cargo los movimientos peristálticos que desplazan el contenido de la luz a lo largo del tubo digestivo. Entre sus dos capas se encuentra otro componente del sistema nervioso entérico, el plexo mientérico de Auerbach, que regula la actividad de esta capa.

- **Capa serosa o adventicia.** Se denomina según la región del tubo digestivo que reviste, como serosa si es intraperitoneal o adventicia si es retroperitoneal. La adventicia está conformada por un tejido conectivo laxo. La serosa aparece cuando el tubo digestivo ingresa al abdomen, y la adventicia pasa a ser reemplazada por el peritoneo.

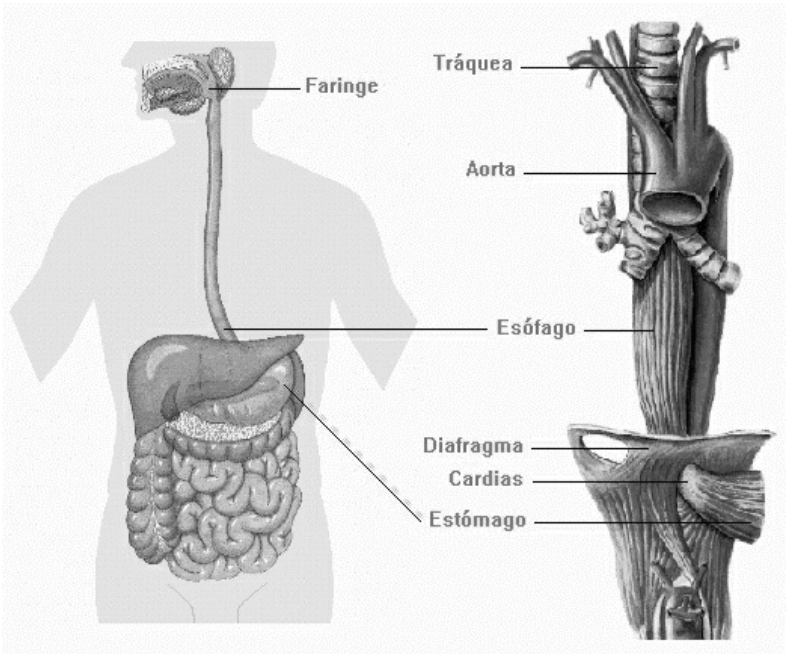
La siguiente figura ilustra esta estructura histológica, y las variaciones que sufre en cada tramo para adaptarse a su función específica:



La inervación de este tubo corre a carglo de los plexos submucoso y mientérico.

2.3.1. Esófago

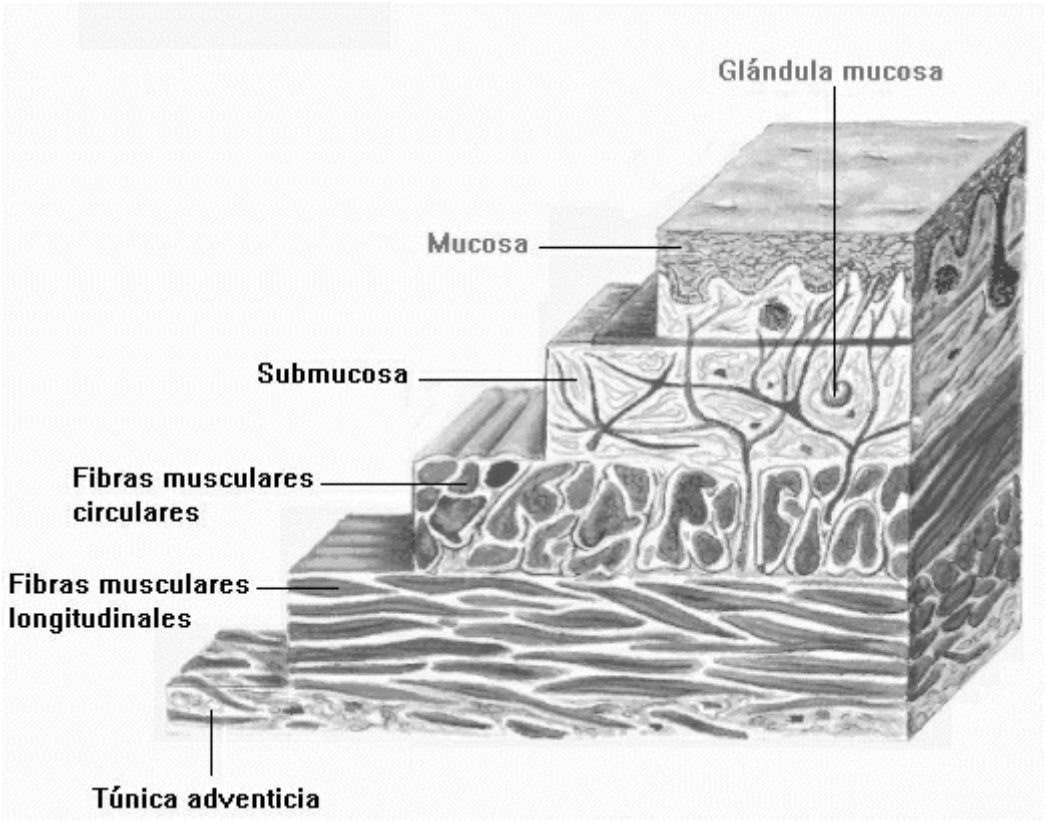
El **esófago** es la parte del tubo digestivo, de unos 20 centímetros de longitud, que comunica la faringe con el estómago. Se extiende desde la sexta o séptima vértebra cervical hasta la undécima vértebra torácica. A través del mismo pasan los alimentos desde la faringe al estómago.



El esófago discurre por el cuello y por el mediastino posterior (posterior en el tórax), hasta introducirse en el abdomen superior, atravesando el diafragma. En el recorrido esofágico encontramos distintas improntas producidas por las estructuras vecinas con las que está en íntimo contacto, como son:

- El cartílago cricoides de la laringe.
- El cayado aórtico de la arteria aorta.
- La aurícula izquierda del corazón.
- El hiato diafragmático, que es el orificio del diafragma por el que pasa el esófago.

Su estructura histológica corresponde a la general del tubo digestivo, con las modificaciones siguientes:



- **Mucosa:** epitelio estratificado (de varias capas de células) no queratinizado, que recubre la luz del esófago en su parte interna. Este epitelio está renovándose continuamente por la formación de nuevas células de sus capas basales. Para facilitar la propulsión del alimento hacia el estómago. El epitelio está recubierto por una fina capa de mucus, formado por las glándulas cardiales y esofágicas.

- **Capa muscular:** está formada a su vez por una capa interna de células musculares lisas concéntricas y otra capa externa de células musculares longitudinales, que cuando se contraen forman ondas peristálticas que conducen el bolo alimenticio al estómago.

• **Esfínter esofágico superior** (EES): divide la faringe del esófago. Está formado por el músculo cricofaríngeo que lo adhiere al cricoides. Este músculo es un músculo estriado (es decir, voluntario) que inicia la deglución.

• **Esfínter esofágico inferior** (EEI): separa el esófago del estómago. Realmente no es un esfínter anatómico, sino fisiológico, al no existir ninguna estructura de esfínter pero sí poseer una presión elevada cuando se mide en reposo. Este esfínter, disminuye su tono normalmente elevado, en respuesta a varios estímulos como:

- La llegada de la onda peristáltica primaria.
- La distensión de la luz del esófago cuando pasa el bolo alimenticio.
- La distensión gástrica.

La presión elevada en reposo se mantiene tanto por contribuciones de nervios como de músculos, mientras que su relajación ocurre en respuesta a factores neurogénicos.

Su función **exclusivamente motora** propulsa el bolo alimenticio a través del tórax en su tránsito desde la boca al estómago (no realiza funciones de absorción ni digestión). En la fase involuntaria de la deglución hay elevación del paladar blando, obstrucción de la nasofaringe y cierre de la glotis.

El paso del bolo a la hipofaringe produce relajación del esfínter superior e inicio de ondas peristálticas primarias y secundarias en el cuerpo del esófago (se estimulan receptores mecánicos que activan reflejos específicos para que esto se lleve a cabo). El tránsito esofágico es ayudado por la fuerza de gravedad. Cuando el bolo llega al esfínter esofágico inferior se produce la relajación de éste, por lo que permite su paso al estómago para que posteriormente el esfínter recupere su tono (que evita el reglujo gastroesofágico).

En lo que respecta a su vascularización, el esófago está irrigado por diferentes arterias según la porción que recorre:

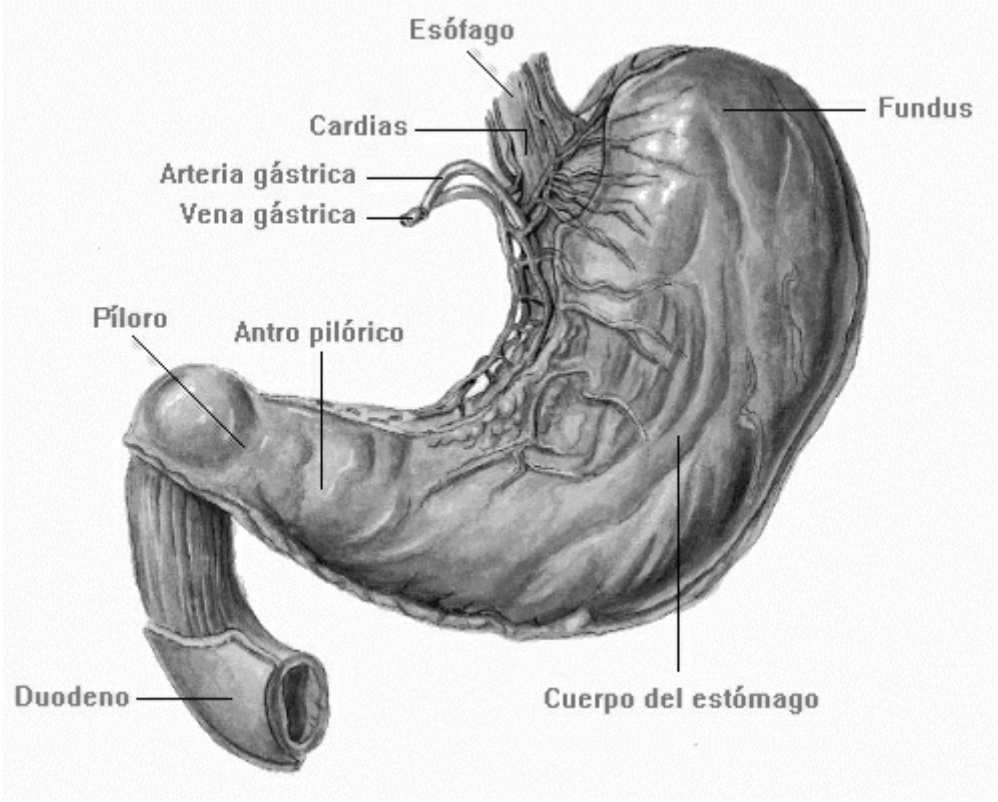
• En el cuello, está irrigado por arterias esofágicas superiores, ramas de la arteria tiroidea inferior que procede de la subclavia.
• En el tórax, por las arterias esofágicas medias, por arterias bronquiales y las intercostales, que son ramas directas de la aorta.
• En el abdomen, por las arterias esofágicas inferiores procedentes de las diafragmáticas inferiores de la arteria gástrica posterior.

2.3.2. Estómago

El **estómago** es la primera porción del aparato digestivo en el abdomen, excluyendo la pequeña porción de esófago abdominal. Funcionalmente podría describirse como un reservorio temporal del bolo alimenticio deglutido hasta que se procede a su tránsito intestinal, una vez bien mezclado en el

estómago. Es un ensanchamiento del esófago. Sirve para que el bolo alimenticio se transforme en una papilla llamada quimo.

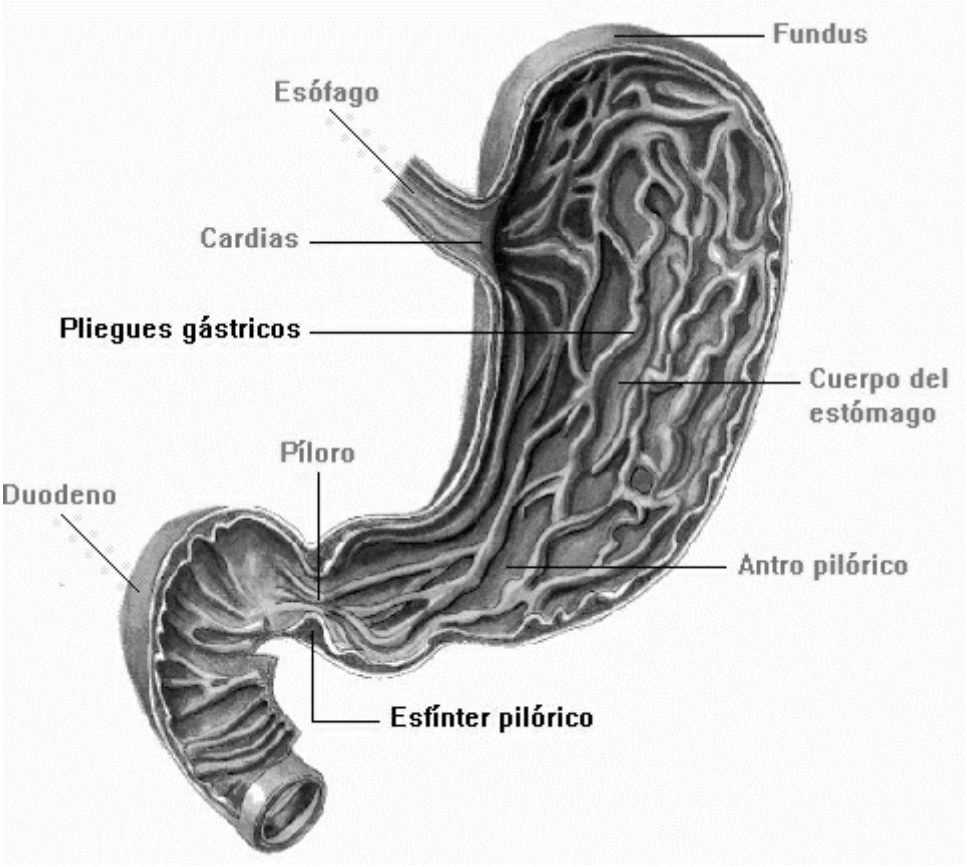
El estómago se localiza en la parte alta del abdomen, ocupando la mayor parte de la celda subfrénica izquierda. La parte de estómago que queda oculta bajo las costillas, recibe el nombre de Triángulo de Traube, mientras que la porción no oculta se denomina Triángulo de Labbé. Topográficamente, por tanto, se sitúa en el hipocondrio izquierdo y epigastrio. El cardias (extremo por donde penetra el esófago) se localiza a nivel de la vértebra D11, mientras que el píloro lo hace a nivel de L1. Sin embargo, hay considerable variación de unos individuos a otros.



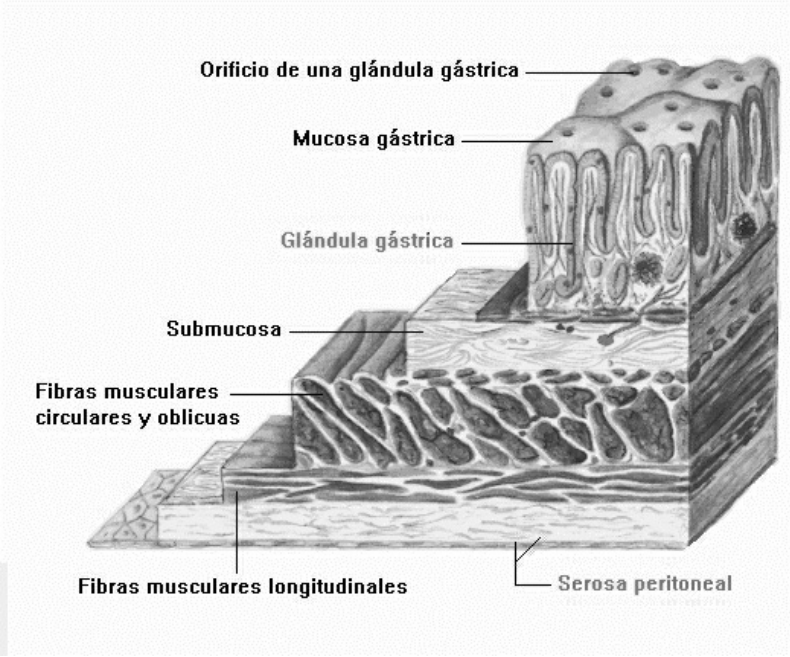
El esófago determina la incisura cardial, que sirve de válvula para prevenir el reflujo gastroesofágico. Hacia la izquierda y arriba (debajo de la cúpula diafragmática) se extiende el fundus o tuberosidad mayor, ocupado por aire y visible en las radiografías simples, que se continúa con el cuerpo, porción alargada que puede *colgar* más o menos en el abdomen, luego progresivamente sigue un trayecto más o menos horizontal y hacia la derecha, para continuar con la porción pilórica, que consta del antro pilórico y del conducto pilórico cuyo esfínter pilórico lo separa del duodeno. En este punto la pared se engruesa de manera considerable por la presencia de abundantes fibras circulares de la capa muscular que forman el esfínter pilórico.

La forma aplanada del estómago en reposo determina la presencia de una cara anterior, visible en el situs abdominis, y una cara posterior que mira a la transcavidad de los epiplones (cavidad omental), situada detrás. Asimismo, determina la presencia de un borde inferior (curvadura mayor) que mira abajo y a la izquierda, y un borde superior (curvatura menor) que mira arriba y a la derecha. Como con-

secuencia de los giros del estómago en período embrionario, por la curvadura mayor se continúa el estómago con el omento (epiplón) mayor, y la menor con el omento (epiplón) menor.



En cuanto a la estructura histológica, sigue manteniéndose la general del tubo digestivo, aquí con variaciones importantes:



• **Mucosa:** La túnica mucosa del estómago presenta múltiples pliegues, crestas y foveolas. Presenta a su vez tres capas:

– El epitelio.
– La lámina propia de la mucosa.
– La lámina muscular de la mucosa.

Epitelio superficial: es un epitelio cilíndrico simple mucíparo, que aparece bruscamente en el cardias, a continuación del epitelio plano estratificado no queratinizado del esófago. En el polo apical de estas células aparece una gruesa capa de moco gástrico, que sirve de protección contra las sustancias ingeridas, contra el ácido estomacal y contra las enzimas gástricas.

Glándulas del cardias: están situadas alrededor de la unión gastroesofágica. Las células endócrinas que posee en el fondo, producen gastrina.

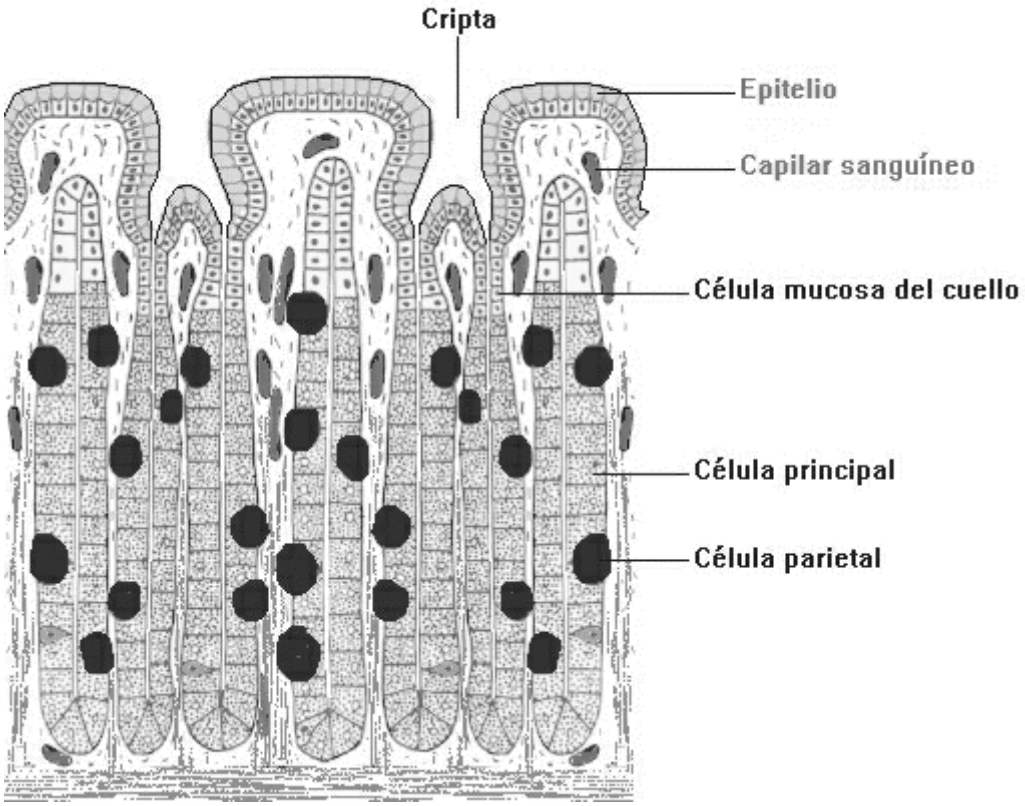
Glándulas oxínticas, gástricas o fúndicas: se localizan sobre todo en el fondo y cuerpo del estómago y producen la mayor parte del volumen del jugo gástrico. Están muy juntas unas con otras, tienen una luz muy estrecha y son muy profundas. Se estima que el estómago posee 15 millones de glándulas oxínticas, que están compuestas por cinco tipos de células:

– Principales o zimógenas: son las células que producen el pepsinógeno (I y II).
– Oxínticas o parietales: son las células que segregan el ácido clorhídrico y el factor intrínseco gástrico o factor intrínseco de Castle.
– Mucosas del cuello: segregan mucosa alcalina.
– Endocrinas: pueden ser células G (liberadoras de gastrina), D (segregan somatostatina), EC (segregan serotonina) o células cebadas (liberadoras de histamina).
– Células madre: se supone que generan todos los tipos celulares, excepto las células endócrinas.

Glándulas pilóricas: están situadas cerca del píloro. Segrega principalmente secreción viscosa y espesa, que es el mucus para lubricar el interior de la cavidad del estómago, para que el alimento pueda pasar, protegiendo así las paredes del estómago.

Lámina propia de la mucosa: formada por tejido conectivo laxo, posee glándulas secretoras de mucus y enzimas.

Lámina muscular de la mucosa: que presenta dos capas, poco diferenciadas entre sí.



• **Submucosa:** Formada por tejido conjuntivo moderadamente denso (tejido de sostén que conecta o une las diversas partes del cuerpo), en el cual se encuentran numerosos vasos sanguíneos, linfáticos y terminaciones nerviosas. Esta debajo de la mucosa.

• **Túnica muscular:** La túnica muscular está formada de adentro hacia afuera por fibras oblicuas, el estrato circular y el estrato longitudinal. La túnica muscular gástrica puede considerarse como el *músculo gástrico* porque gracias a sus contracciones, el bolo alimenticio se mezcla con los jugos gástricos y se desplaza hacia el píloro con los movimientos peristálticos. La túnica muscular posee sus fibras en distintas direcciones, desde más interno a más externo, teniendo fibras oblicuas, un estrato circular y un estrato longitudinal . En un corte transversal se distingue claramente esta diferencia en la disposición de las fibras musculares. Se puede observar que el estrato circular, en algunos lugares está engrosado formando los esfínteres que regulan el paso de los alimentos.

• **Túnica serosa:** La túnica serosa, constituida por tejido conectivo laxo tapizado por una capa epitelial llamada mesotelio, envuelve al estómago en toda su extensión, expandiéndose en sus curvaturas para formar el omento menor, el omento mayor y el ligamiento gastrofrénico.

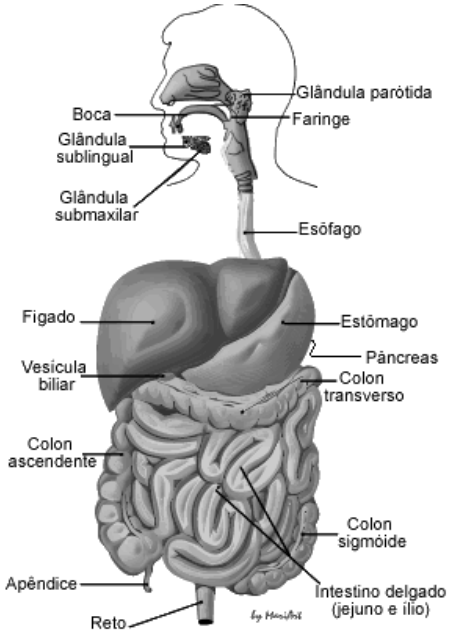
En cuanto a la inervación, el estómago está controlado por el sistema nervioso autónomo, siendo el nervio vago el principal componente del sistema nervioso parasimpático. La acidez del estómago está controlada por tres moléculas que son la acetilcolina, la histamina y la gastrina.

Las **funciones** gástricas estriban, principalmente, en **recibir** los alimentos, **retenerlos**, actuando como reservorio el tiempo suficiente para que actúen sobre ellos las secreciones que él mismo segrega y que constituyen el jugo gástrico, **mezclarlos** íntimamente con dicho jugo para contribuir a la digestión de los mismos y **evacuarlos** rítmicamente al duodeno cuando su estado fisicoquímico lo permite, en la proporción y momento adecuados a la capacidad duodenal.

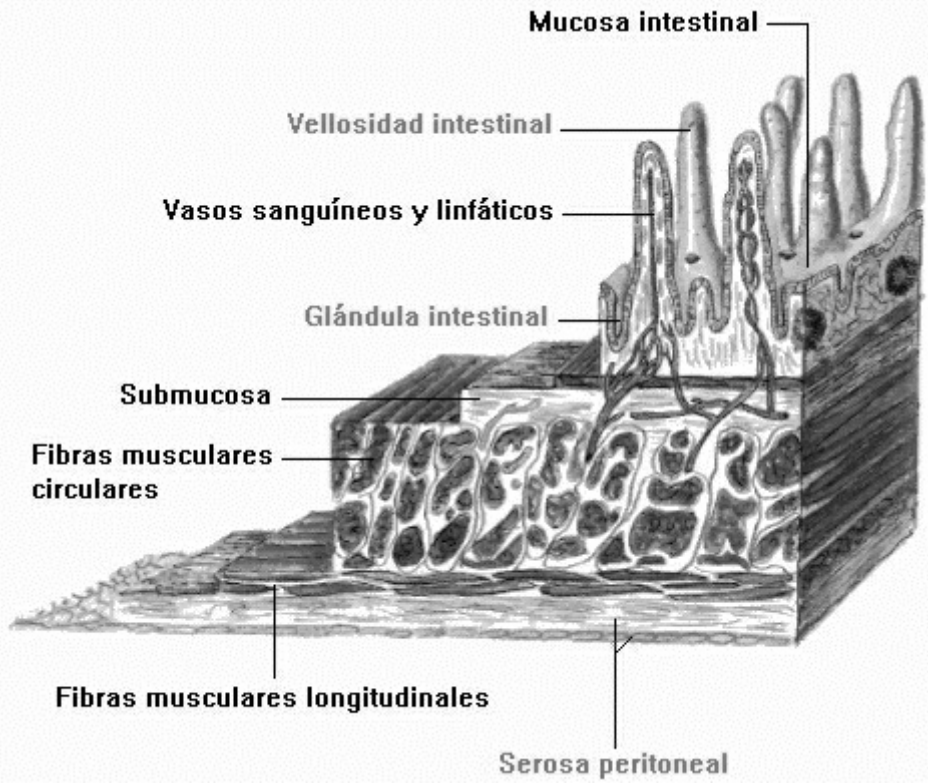
2.3.3. Intestino delgado

El intestino delgado se inicia en el duodeno (tras el píloro) y termina en la válvula ileocecal, por la que se une a la primera parte del intestino grueso. Su longitud es variable y su calibre disminuye progresivamente desde su origen hasta la válvula ileocecal y mide de 6 a 7 metros de longitud.

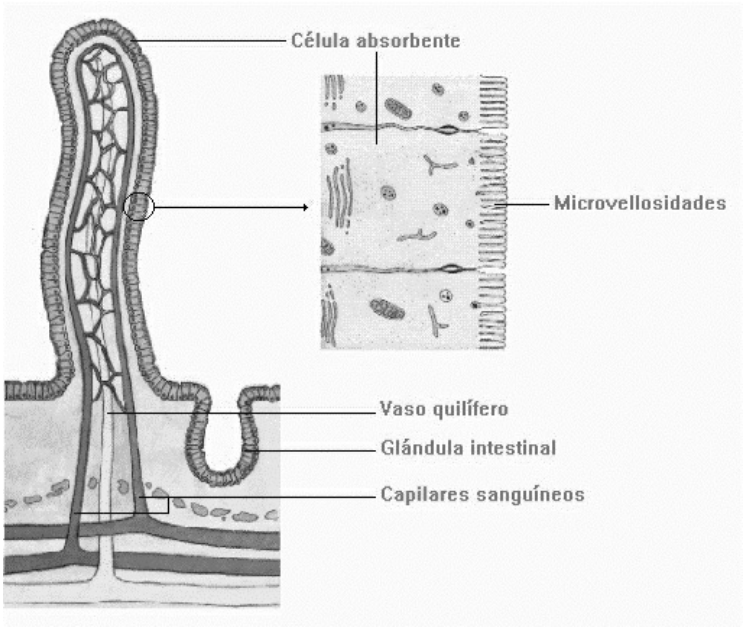
El duodeno, que forma parte del intestino delgado, mide unos 25-30 cm de longitud; el intestino delgado consta de una parte próxima o yeyuno y una distal o íleon; el límite entre las dos porciones no es muy aparente. El duodeno se une al yeyuno después de los 30 cm a partir del píloro. El yeyuno-íleon es una parte del intestino delgado que se caracteriza por presentar unos extremos relativamente fijos: El primero que se origina en el duodeno y el segundo se limita con la válvula ileocecal y primera porción del ciego. Su calibre disminuye lenta pero progresivamente en dirección al intestino grueso. El límite entre el yeyuno y el íleon no es apreciable. Al intestino delgado, principalmente al duodeno, se vierten una diversidad de secreciones, como la bilis y el jugo pancreático.



La **pared del intestino delgado responde a la estructura** de cuatro capas, de fuera a dentro, **serosa peritoneal, capa muscular submucosa y mucosa**. La última está formada por el **corion** –trama conjuntiva rica en linfocitos– y por el **epitelio absorbente**, constituido por una sola capa de células cilíndricas con núcleo central y polo libre dotado del llamado **borde estriado o ribete en cepillo**. Entre ellas se hallan dispersas **células caliciformes**, las **células epiteliales** se encargan de la absorción de los alimentos.



La **superficie del intestino delgado** está aumentada por las siguientes estructuras: **válvulas conniventes o de Kerkring** –repliegues permanentes de la mucosa–; **vellosidades intestinales** –prominencias alargadas de la mucosa, contiguas siempre a una glándula de Liberkühn– y **microvellosidades** –que integran el llamado borde estriado o ribete en cepillo, están limitadas por una doble membrana recubierta de vello o pelusa constituidos por finísimos filamentos de naturaleza mucopolisacárida.

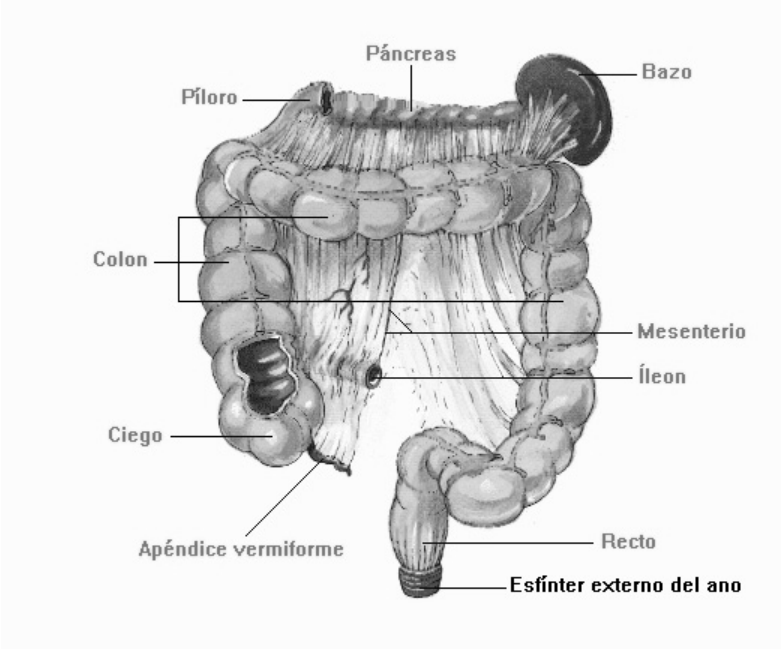


La **irrigación** del intestino delgado corre a cargo del tronco celíaco y de la arteria mesentérica superior. La **inervación** corresponde al simpático.

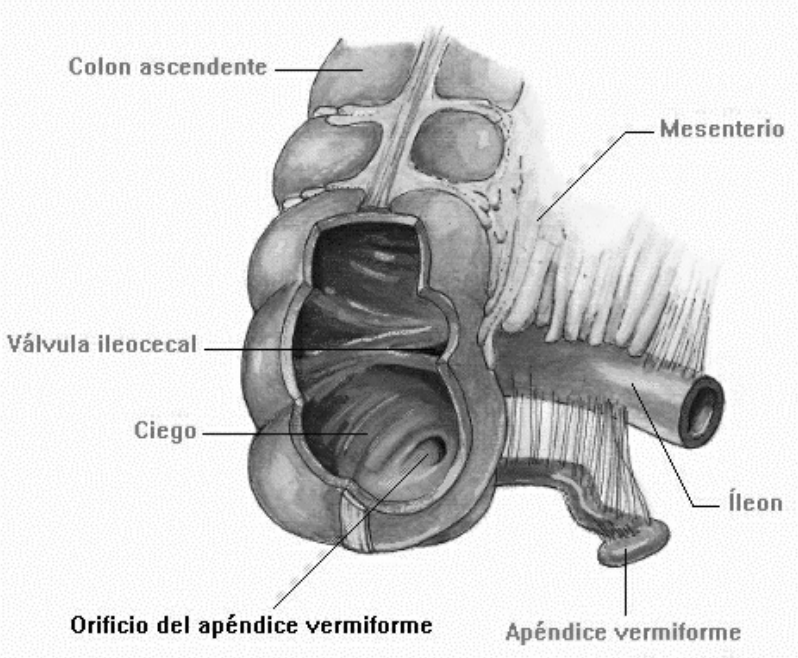
En el intestino delgado, principalmente en el duodeno se realiza la digestión de proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, y carbohidratos.

2.3.4. Intestino grueso

El intestino grueso se inicia a partir de la válvula ileocecal en un fondo de saco denominado ciego de donde sale el apéndice vermiforme y termina en el recto.

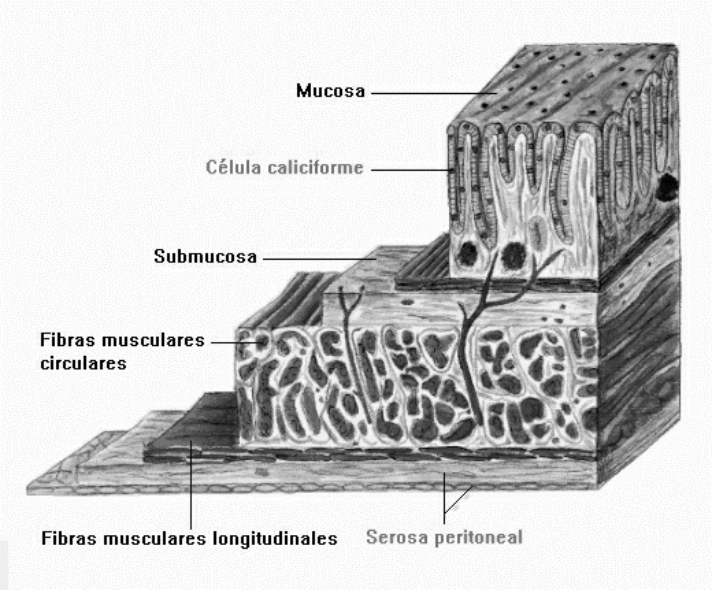


Desde el ciego al recto describe una serie de curvas, formando un marco en cuyo centro están las asas del yeyuno íleon. Su longitud es variable, entre 120 y 160 cm, y su calibre disminuye progresivamente, siendo la porción más estrecha la región donde se une con el recto o unión **rectosigmoidea** donde su diámetro no suele sobrepasar los 3 cm, mientras que el ciego es de 6 o 7 cm.



Tras el ciego, la porción ascendente del intestino grueso es denominada como **colon ascendente** con una longitud de 15 cm, para dar origen a la siguiente porción que es el **colon transverso** con una longitud media de 50 cm, originándose la última, porción que es el **colon descendente** con 10 cm de longitud. Por último se diferencia el colon sigmoideo, recto y ano. El recto es la parte terminal del tubo digestivo.

El intestino grueso, como el resto del tubo digestivo, mantiene la estructura de cuatro capas: **serosa, muscular, submucosa y mucosa**. La mucosa presenta las siguientes peculiaridades: carece de microvellosidades y de válvulas conniventes, pero es rica en glándulas de Liberkühn.



La **irrigación** corresponde a las arterias procedentes de la mesentérica superior e inferior. La **inervación** es también de tipo simpático.

Fisiológicamente el intestino comprende, **funciones mecánicas** –tono y motilidad intestinal–, **químicas** –digestión y absorción de alimentos– y de **formación de heces**.

2.3.5. Recto y ano

El recto constituye la porción distal del tubo digestivo. En él cabe distinguir dos partes: la **ampolla rectal** y el **canal anal**. Desde el punto de vista de la mucosa destacan las siguientes estructuras: **válvulas de Houston, columnas de Morgagni, válvulas semilunares y papilas anales**.

El ano se define como la abertura perineal del intestino. Histológicamente comprende cuatro capas: **serosa, muscular, submucosa y mucosa**.

La **irrigación** corresponde a las arterias hemorroidales y la **inervación** es doble, autónoma y voluntaria.

En cuanto a la fisiología rectal se limita a desencadenar el **reflejo de defecación**.

2.4. GLÁNDULAS ANEJAS

2.4.1. Páncreas

El páncreas es un órgano impar que ocupa una posición profunda en el abdomen, adosado a su pared posterior **a nivel de las primera y segunda vértebras lumbares junto a las suprarrenales**, por detrás del estómago, formando parte del contenido del espacio retroperitoneal. Por estas razones es un órgano muy difícil de **palpar y en consecuencia sus procesos tumorales tardan en ser diagnosticados a través del examen físico**.

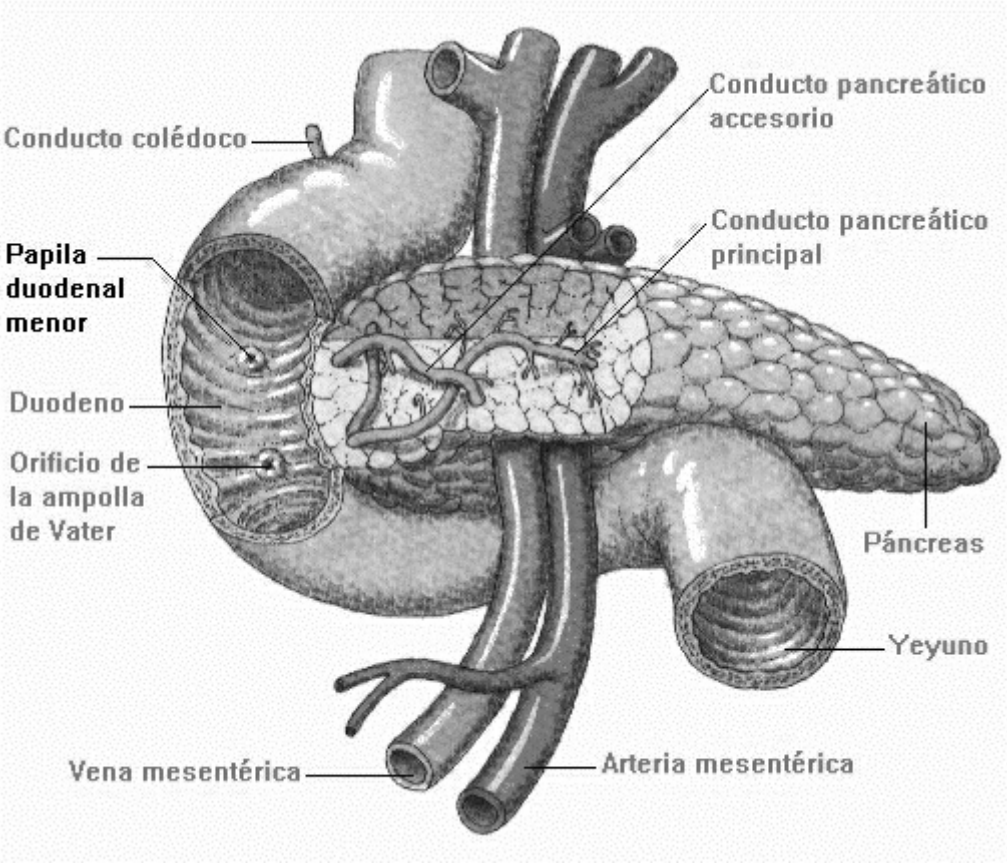
Es una glándula que pertenence a los sistemas digestivo y endocrino, pudiendo diferenciar ambas funciones:

- **Endocrina:** produce ciertas hormonas importantes, incluyendo insulina, glucagón y somatostatina.

• **Exocrina:** segrega jugo pancreático que contiene enzimas digestivas que pasan al intestino delgado. Estas enzimas ayudan en la ruptura de carbohidratos, lípidos, proteinas y ácidos nucléicos en el quimo.

Tiene forma cónica y su longitud oscila entre 15 y 20 cm, conuna anchura de unos 3,8 cm y un grosor de 1,3 a 2,5 centímetros. El peso es de unos 70 g.

Anatómicamente se distinguen las siguientes partes:



• **Cabeza:** Dentro de la curvatura duodenal, medial y superior.

• **Proceso unciforme:** Posterior a los vasos mesentéricos superiores, mediales e inferior.

• **Cuello:** Anterior a los vasos mesentéricos superiores. Posterior a él se crea la vena porta. A la derecha de la cabeza.

• **Cuerpo:** Continúa posterior al estómago hacia la derecha y ascendiendo ligeramente.

• **Cola:** Termina tras pasar entre las capas del ligamento esplenorenal. La única parte del páncreas intraperitoneal.

• **Conducto pancreático:** Llamado también Conducto de Wirsung. Empieza en la cola dirigiéndose a la derecha por el cuerpo. En la cabeza cambia de dirección a inferior. En la porción inferior de la cabeza se une al conducto colédoco acabando en la ampolla hepatopancreática o de Vater que se introduce en el duodeno descendente (segunda parte del Duodeno).

• **El conducto pancreático accesorio:** llamado también Conducto de Santorini, se forma de dos ramas, la 1ª proveniente de la porción descendente del conducto principal y la 2ª del proceso unciforme.

El canal común que lleva la bilis y las secreciones pancreáticas al duodeno está revestido por un complejo circular de fibras de músculo liso que se condensan en el esfíter de Oddi a medida que atraviesan la pared del duodeno.

La irrigación del páncreas es compleja, y proviene de la aorta abdominal:

• ***Cabeza y proceso unciforme*** son irrigados por las ramas anteriores y posteriores anastomosadas de las arterias pancreaticoduodenales inferiores y superiores.

– La arteria pancreaticoduodenal superior proviene de la gastroduodenal, que a su vez es rama de la arteria hepática común (rama del tronco celíaco de la **aorta abdominal**).
– La arteria pancreaticoduodenal inferior se origina de la arteria mesentérica superior, otra rama de la aorta abdominal.

• ***Cuello, cabeza y cola*** poseen irrigación superior e inferior.

– La superior desde la arteria esplénica (del tronco celíaco) que en su trayecto hacia el bazo da múltiples ramas para el páncreas que se anastomosan con la irrigación inferior de cuello, cabeza y cola.

– La inferior se da gracias a la rama pancreática dorsal de la arteria esplénica que al anastomosarse con parte de la pancreaticoduodenal inferior genera la arteria pancreática transversa inferior.

La histología del páncreas presenta dos partes diferenciadas:

• ***La parte exocrina*** contiene unas glándulas llamadas **ácinos serosos** que son redondos u ovalados con células epiteliales. Formados por las celúlas acinosas y en parte por las centroacinosas.

• ***La parte endocrina*** se agrupa en islotes de Langerhans. Los islotes de Langerhans consisten en cúmulos de células secretoras de hormonas que producen insulina, glucagon y somatostatina. Estas células son:

Célula alfa

Tipo de célula pancreática ubicada en lugares denominados *islotes de Langerhans*. Estas células alfa sintetizan y liberan glucagón. El glucagón aumenta el nivel de glucosa sanguínea al estimular la formación de este carbohidrato a partir del glucógeno almacenado en hepatocitos. También ejerce efecto en el metabolismo de proteínas y grasas. La liberación del glucagón es inhibida por la hiperglucemia. Representan entre el 10-20% del volumen del islote y se distribuyen de forma periférica.

Célula beta (Beta Cell)

Tipo de célula pancreática ubicada en los islotes de Langerhans. Las células beta producen y liberan insulina, hormona que regula el nivel de glucosa en la sangre (facilitando el uso de glucosa por parte de las células, y retirando el exceso de glucosa, que se almacena en el hígado en forma de glucógeno).

En los diabéticos tipo I, las células beta han sido dañadas y no son capaces de producir la hormona.

Célula delta (Delta Cell)

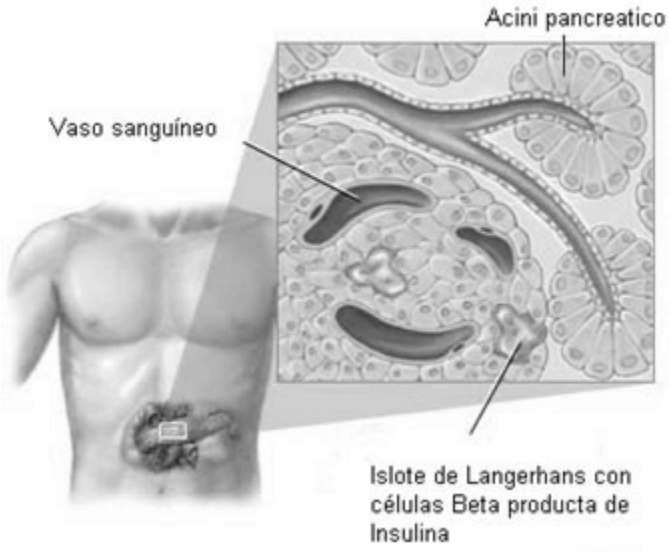
Tipo de célula en el páncreas (en lugares denominados *islotes de Langerhans*). Las células delta producen somatostatina, hormona que se cree que regularía la producción y liberación de la insulina por las células beta y la producción y liberación de glucagón por las células alfa.

Célula epsilon (Epsilon Cell)

Tipo de célula en el páncreas (en los islotes de Langerhans). Estas células hacen que el estómago produzca y libere la hormona Grelina.

Célula F (PP CELL)

Tipo de célula en el páncreas (en lugares denominados *islotes de Langerhans*). Estas células producen y liberan Polipéptido Pancreático.

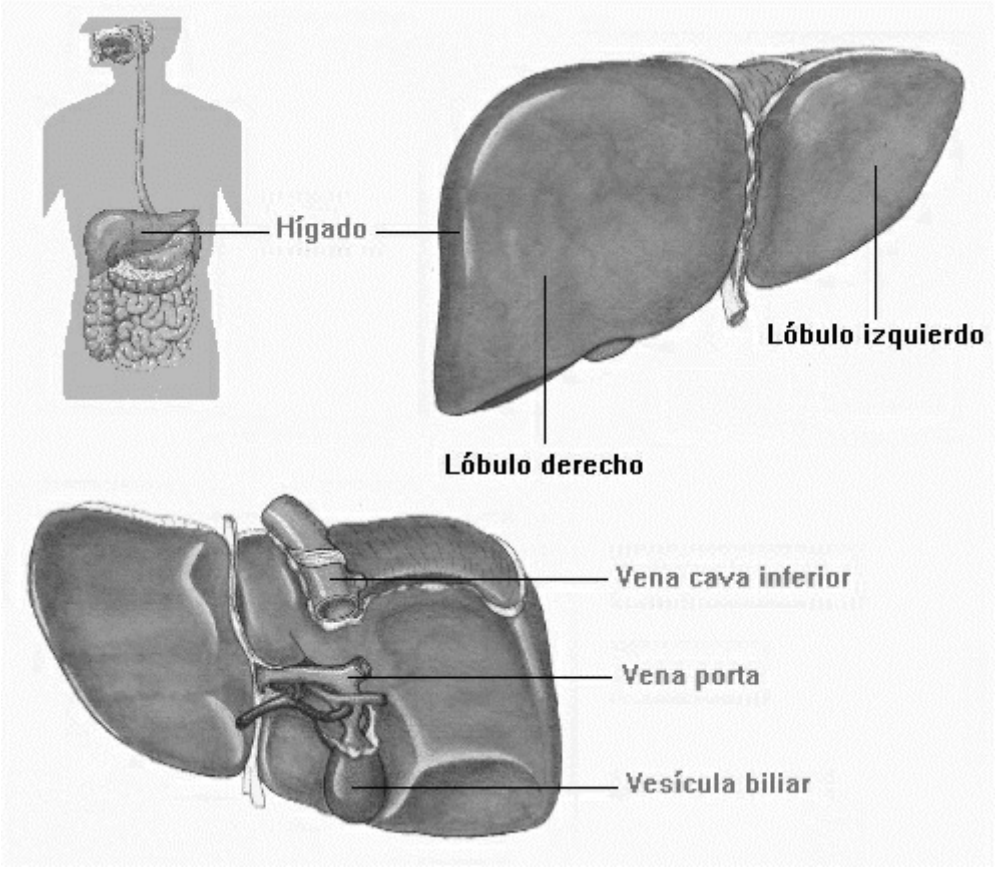


2.4.2. Hígado

El **hígado** es un órgano o víscera del cuerpo humano y, a la vez, la glándula más voluminosa de la anatomía y una de las más importantes en cuanto a la actividad metabólica del organismo. Desempeña funciones únicas y vitales como la síntesis de proteínas plasmáticas, función desintoxicante, almacén de vitaminas, glucógeno, etc. Además, es el responsable de eliminar de la sangre las sustancias que pueden resultar nocivas para el organismo, transformándolas en otras innocuas.

El hígado se localiza en la región del hipocondrio derecho del abdomen (no suele sobrepasar el límite del reborde costal), llenando el espacio de la cúpula diafragmática, donde puede alcanzar hasta la quinta costilla, y se relaciona con el corazón a través del centro frénico, a la izquierda de la cava inferior. Su consistencia es blanda y depresible, y está recubierto por una cápsula fibrosa, sobre la cual se aplica el peritoneo, parte de la superficie del hígado (excepto en el área desnuda del hígado, que corresponde a su superficie postero-superior).

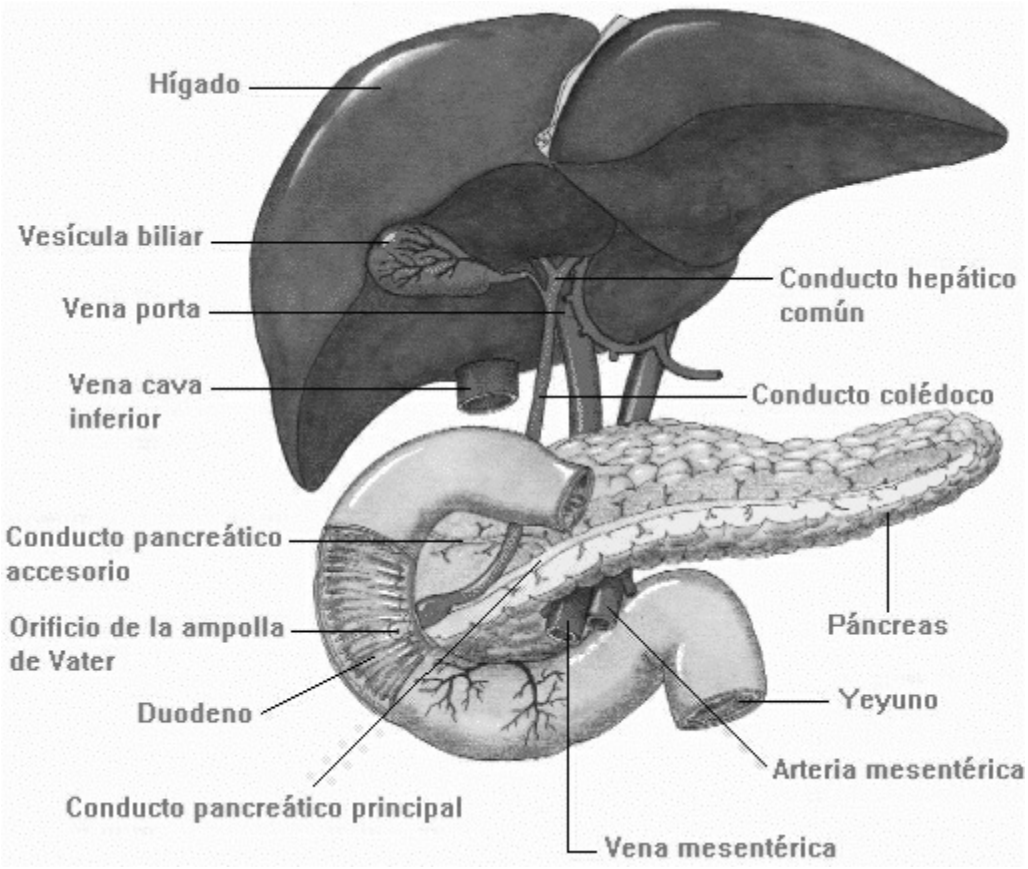
Macroscópicamente se trata de un órgano de color rojo pardo, de consistencia: friable (frágil), que está constituido por un parénquima, rodeado por una fina cápsula fibrosa, llamada *cápsula de Glisson*. Su longitud en el adulto es de aproximadamente 28 por 15 cm en sentido anteroposterior, y 8 cm de espesor a nivel del lóbulo derecho. Su eso aproximado 1500 g.



Está dividido en cuatro lóbulos:

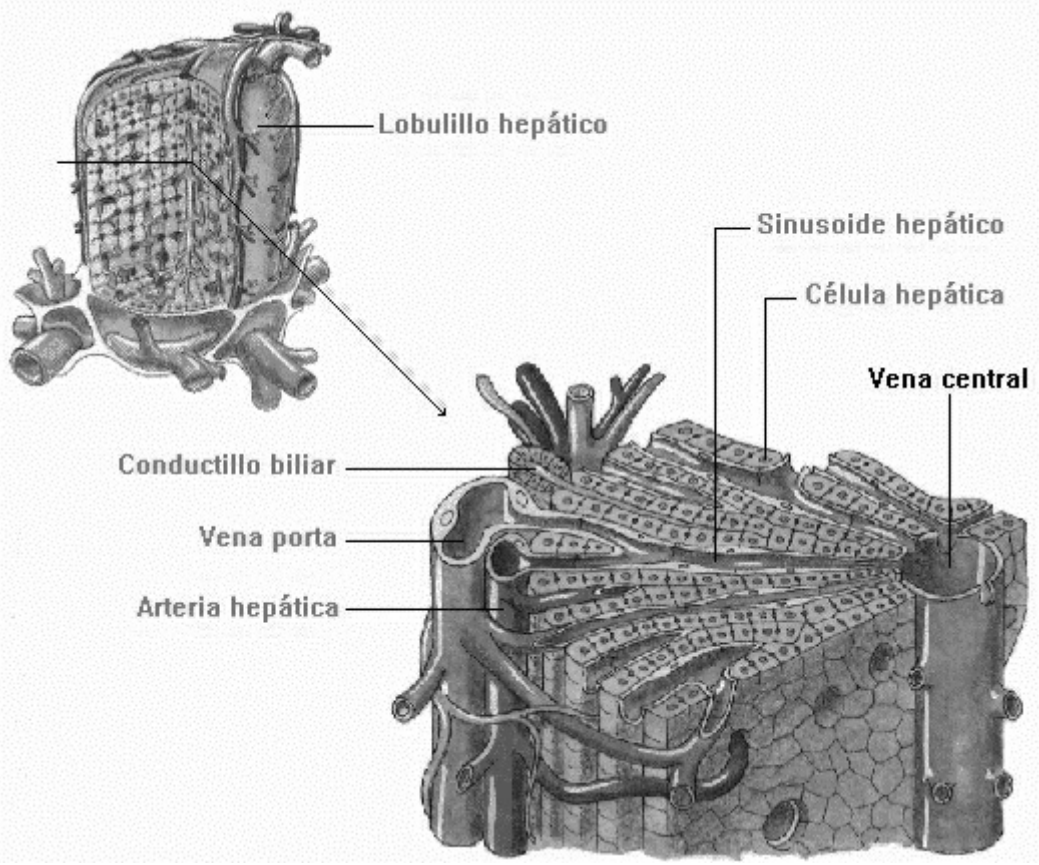
- ***Lóbulo derecho***, situado a la derecha del ligamento falciforme.
- ***Lóbulo izquierdo***, extendido sobre el estómago y situado a la izquierda del ligamento falciforme.
- ***Lóbulo cuadrado***, visible solamente en la cara inferior del hígado; se encuentra limitado por el surco umbilical a la izquierda, el lecho vesicular a la derecha y el hilio del hígado por detrás.
- ***Lóbulo de Spiegel*** (*lóbulo caudado*), situado entre el borde posterior del hilio hepatico por delante, la vena cava por detrás.

Clínicamente, y quirúrgicamente sobre todo, se emplea el concepto de segmento hepático, basándose en las divisiones arteriales y en el hecho de que haya pocas anastomosis entre segmentos. Si miramos por la cara anterosuperior del hígado, podemos distinguir de derecha a izquierda un segmento posterior, en el borde del lado derecho, seguido de un segmento anterior, un segmento medial y un segmento lateral que forma el límite izquierdo.



La base del hígado da entrada al hilio hepático, que no es sino la zona de entrada de la vena porta, la arteria hepática y la salida del conducto hepático. La estructura del hígado, en lóbulos y lobulillos, va a seguir las divisiones de la vena portal. Tras la división en ramos segmentarios, las ramas de la vena porta, acompañadas de las de la arteria hepática y de las divisiones de los conductos hepáticos, se encuentran juntas en el espacio porta (vena interlobulillar, arteria interlobulillar y conductillos interlobulillares). Esto da una estructura funcional única, el **lobulillo hepático o Hepatón** constituido por columnas o travéculas de células hepáticas y por sinusoides intracelulares.

En el estudio histológico del lobulillo encontramos los siguientes elementos:



• **Espacio porta:** trama de sostén de los elementos vasculares.

• **Células hepáticas o hepatocitos:** de forma poliédrica, con núcleo único y central, con uno o más nucleolos, el citoplasma contiene gran cantidad de glucógeno, en su interior pueden observarse cantidades variables de distintos pigmentos, se disponen en cordones unicelulares y se hallan sostenidas por fibras de reticulina y separadas por sinusoides.

• **Sinusoides hepáticos:** constituyen una red vascular uniendo el territorio sanguíneo con el subhepático.

• **Células Kupffer:** son células fagocitarias.

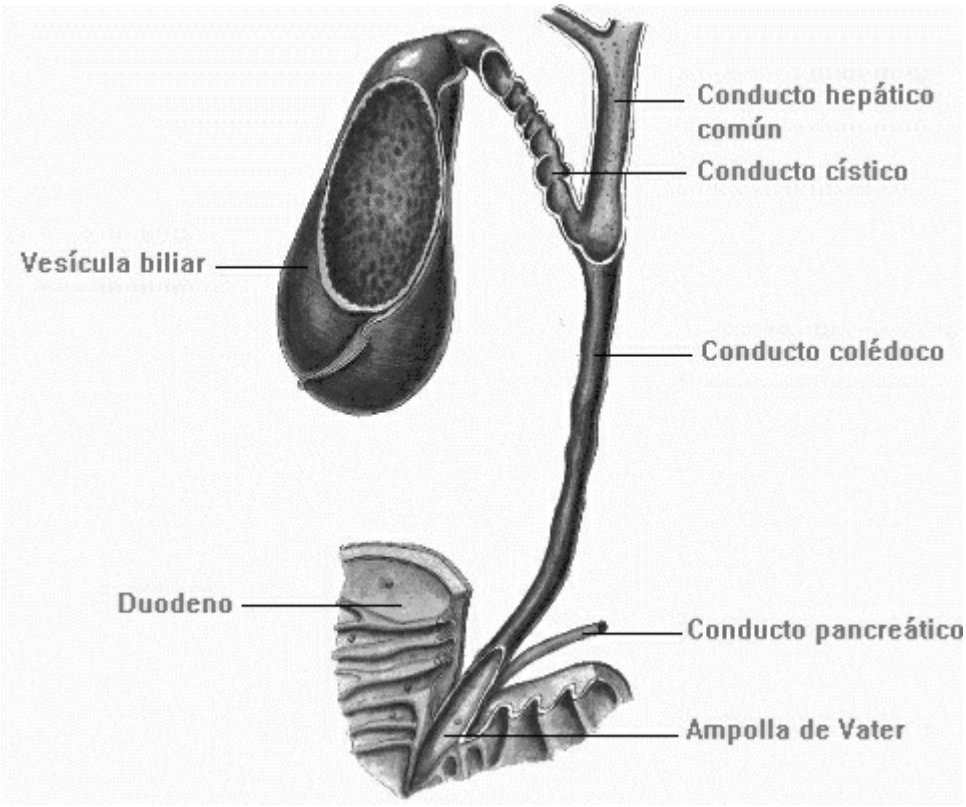
• **Venas centrolobulillares:** situadas en el centro de los lobulillos hepáticos, representan la raíz de la vena suprahepática.

En cada hepatocito aparecen dos bordes con microvellosidades. Un lado se encuentra en contacto con la sangre de la pared celular.

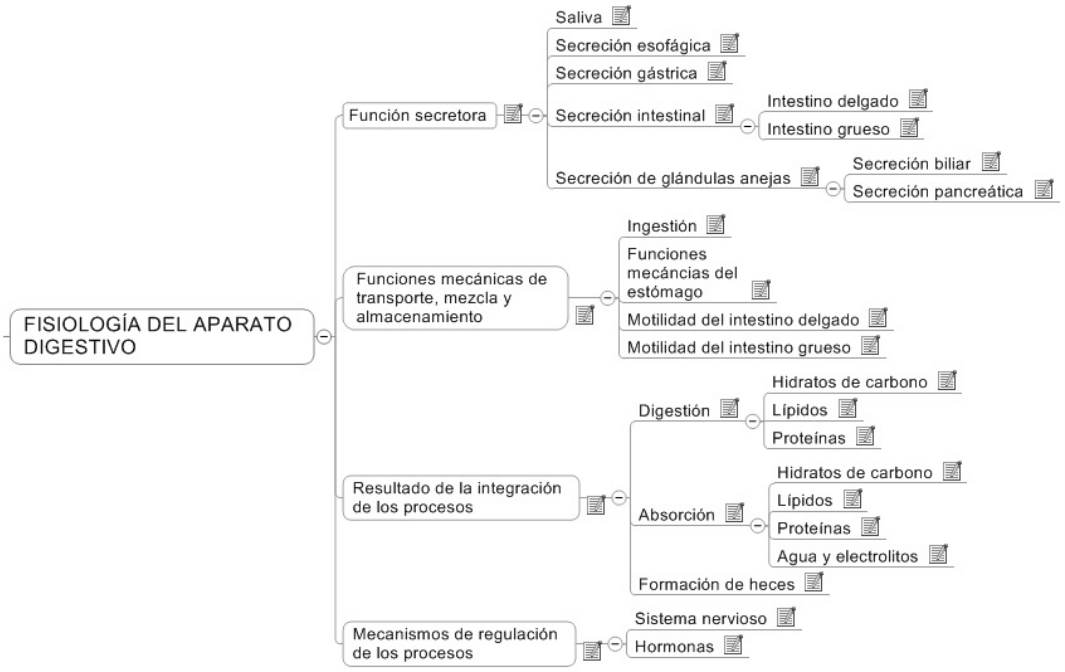
2.4.3. Vías biliares

Anatómicamente distinguimos: vesícula biliar, colédoco, esfínter de Oddi, ampolla de Vater, conducto pancreático y conducto cístico.

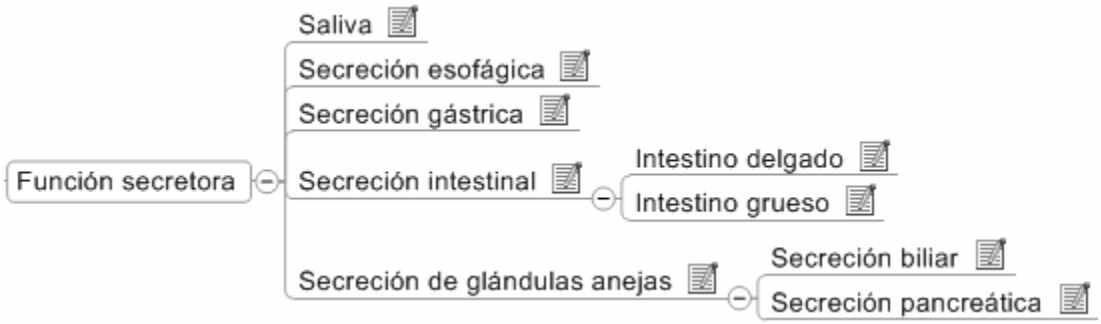
La bilis sale del hígado por dos **conductos hepáticos** que se reúnen formando el **colédoco**, el que llega a su vez el **conducto cístico**, desembocadura de la vesícula biliar. El colédoco termina junto con el conducto pancreático de Wirsung en la **ampolla de Vater**, que se abre en el duodeno; en la terminación del colédoco se encuentra el **esfínter de Oddi**.



3. FISIOLOGÍA DEL APARATO DIGESTIVO



3.1. FUNCIÓN SECRETORA



3.1.1. Saliva

Composición de la saliva. La saliva es la secreción de tres pares de glándulas principalmente, a saber, **parótidas, submandibulares y sublinguales**; se produce en el hombre de 0.8 a 1.5 litros en 24 horas, su reacción es débilmente ácida, neutra o débilmente alcalina, pH 6.2 a 7.4.

La saliva contiene dos tipos principales de secreción proteínica:

a) **Secreción serosa**, que contiene **ptialina** (α-amilasa); se trata de un enzima que tiene por objeto digerir los almidones, y

b) **Secreción mucosa** que contiene **mucina**, cuyo objetivo es la lubrificación. Las glándulas parótidas secretan solo el tipo seroso, mientras que las glándulas submandibulares y sublinguales secretan los dos tipos.

Funciones de la saliva. Son de carácter digestivo y mecánico:

1. La **función digestiva** se debe a la acción de la ptialina, que transforma el almidón; comienza en la boca y prosigue en el estómago hasta que el jugo gástrico ácido penetra en el bolo alimenticio e inactiva el enzima.

2. Las **funciones mecánicas** son: inhibición y lubrificación de los alimentos, disolvente, protectora.

3.1.2. Secreción esofágica

La secreción esofágica es de carácter totalmente mucoide y funciona, sobre todo, para lubricar y favorecer la deglución.

3.1.3. Secreción gástrica

La mucosa gástrica posee tres clases de glándulas, según hemos visto en el estudio anatómico:

- **Cardíacas**, que secretan mucus.
- **Pilóricas**, que secretan un jugo alcalino rico en mucus.
- **Principales o fúndicas** que poseen tres tipos de células: parietales u oxínticas, productoras de ácido clorhídrico y factor intrínseco, principales o pépticas o gástricas, secretoras de pepsinógeno, y mucosas, secretoras de mucina.

Composición del jugo gástrico. Sus principales elementos son el ácido clorhídrico, los pepsinógenos, la mucina y el factor intrínseco.

- El **ácido clorhídrico**. Cuando se estimulan las células oxínticas secretan una solución ácida que contiene aproximadamente 160 milimol de HCl por litro, concentración que es casi exactamente isotónica con los líquidos del cuerpo. El pH de esta solución es aproximadamente 0.8, muy ácido. La formación del ácido clorhídrico por las células oxínticas ocurre en las siguientes etapas:

1. El ión cloruro es transportado activamente desde el citoplasma de las células oxínticas a la luz de los canalículos, y a su vez se extraen, también activamente, iones sodio. Ello crea un potencial negativo de –40 a –70 mV en los canalículos, que a su vez causa difusión pasiva de iones potasio y un cierto número de iones sodio con carga positiva del ci-

toplasma celular también hacia los canalículos. Como consecuencia entran cloruro de potasio y cantidades mucho menores de cloruro sódico a la luz canalicular.

2. El agua se disocia en iones hidrógeno e iones hidroxilo en el citoplasma celular. Los primeros son secretados a continuación activamente hacia los conductillos a cambio de iones potasio, y este proceso activo de intercambio esta canalizado por H+, K+ y ATP-asa. Además los iones Na+ son activamente absorbidos por la bomba. En consecuencia, se reabsorben la mayor parte de los iones potasio que han sido secretados junto con los iones cloruro, y los iones hidrógeno toman su lugar en los canalículos, produciendo ácido clorhídrico a concentración muy elevada.

3. El agua pasa por ósmosis a través de las células hacia los canalículos. Por tanto, la secreción final de los canalículos es una solución que contiene 155 milimoles/l de HCl, 15 milimoles/l de KCl, y una muy pequeña cantidad de NaCl.

4. Finalmente, el dióxido de carbono, que se ha formado mediante el metabolismo celular o ha pasado de la sangre a la célula, se combina con los iones hidrógeno, formados en el primer paso durante la disociación del agua, por influencia de la anhidrasa carbónica, para formar ácido carbónico, que a su vez se disocia en iones bicarbonato e hidrógeno. El ion bicarbonato, a su vez, difunde al exterior de la célula en dirección a la sangre a cambio de iones cloruro que entran en ella, y más tarde se secretan hacia los canalículos.

• Los **pepsinógenos**, en número de tres y secretados por las células principales se transforman en **pepsinas**, forma activa de éstos, por acción del ácido clorhídrico y pepsina ya formada. La pepsina es un enzima proteolítico activo en medio muy ácido, pH óptimo 1.8 a 3.5, pero a pH superior a 5.0 tiene poca actividad proteolítica y pronto se inactiva por completo. Por ello, para la digestión de proteínas en el estómago, la secreción de ácido clorhídrico es tan necesaria como la de pepsina.

• **Mucina.** Es una mucoproteína con función protectora, neutraliza el exceso de ácido clorhídrico e impide la acción de la pepsina sobre la mucosa gástrica. Es un moco viscoso y alcalino, fundamentalmente insoluble, que cubre la mucosa con una película de gel de más de 1 mm, suministrando así una importante protección a la víscera, además de contribuir a la lubrificación de los alimentos.

• **Factor intrínseco.** Junto con el HCl, las células oxínticas secretan una sustancia llamada factor intrínseco, esencial para la absorción de vitamina B_{12} en el íleon.

• **Otros enzimas: Lipasa gástrica, amilasa gástrica y una gelatinasa**.

Regulación de la secreción gástrica

La secreción gástrica está regulada por mecanismos nerviosos y hormonales.

Los neurotransmisores básicos u hormonas que estimulan directamente la secreción por las glándulas gástricas son: **acetilcolina, gastrina e histamina**. Todas estas acciones se realizan tras la unión con receptores de las células secretoras. Posteriormente a ésta, se activan los procesos de secreción. La acetilcolina provoca la secreción de todos los tipos de células secretoras de las glándulas gástricas, HCl, pepsinógeno, moco y gastrina. Por otra parte, la gastrina y la histamina son potentes estimulantes de la secreción de ácido.

Hay también otras sustancias que estimulan la secreción de las células gástricas, como los aminoácidos circulantes, la cafeína y posiblemente el alcohol.

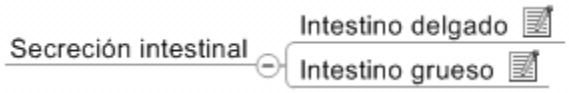
Se dice que la secreción gástrica ocurre en tres etapas separadas: cefálica, gástrica e intestinal, pero realmente estas tres etapas se confunden:

1. **Etapa cefálica.** Tiene lugar incluso antes de que los alimentos lleguen al estómago. Se debe al aspecto, olor, recuerdo y sabor de los alimentos, cuanto mayor sea el apetito más intensa será la estimulación.

2. **Etapa gástrica.** Cuando los alimentos llegan al estómago, excitan los reflejos vagovagales, los reflejos entéricos locales y el mecanismo de la gastrina, que a su vez inicia una secreción de jugo gástrico que perdura durante las varias horas que el alimento permanece en el estómago.

3. **Fase intestinal.** La presencia de alimento en la parte alta del intestino, sobre todo en el duodeno, también hace que el estómago secrete pequeñas cantidades de jugo gástrico.

3.1.4. Secreción intestinal



Intestino delgado

Secreción de moco por las glándulas de Brunner. Estas glándulas producen grandes cantidades de moco en respuesta a:

- Estímulos directos, táctiles o irritantes de la mucosa adyacente.
- Estímulo vagal, que desencadena simultáneamente la secreción gástrica y la de estas glándulas.
- Hormonas gastrointestinales, en especial la secretina.

La función principal de las glándulas de Brunner es proteger la mucosa duodenal contra el jugo gástrico.

Secreción de los jugos digestivos intestinales. Localizadas en toda la superficie del intestino delgado se encuentran unas pequeñas hendiduras, llamadas **criptas de Lieberkühn**. Las células epiteliales de estas criptas elaboran las secreciones intestinales de pH ligeramente alcalino en los límites de 7.5 a 8.0. Son reabsorbidas con rapidez por las vellosidades intestinales. La circulación del líquido desde las criptas hasta las vellosidades brida un soporte acuoso para la reabsorción de sustancias desde el quimo al entrar éste en contacto con las vellosidades, siendo ésta una de las funciones principales del intestino delgado.

Enzimas en la secreción del intestino delgado. Peptidasas, para dividir los polipéptidos en aminoácidos; sacarasa, maltasa, isomaltasa y lactasa, para desintegrar disacáridos en monosacáridos; lipasa intestinal, división de grasa neutras en glicerol y ácidos grasos. Todos estos enzimas están en el borde ciliado de las células epiteliales. Por tanto, probablemente catalicen la hidrólisis de los alimentos en la superficie externa de las microvellosidades, antes de que tenga lugar la absorción de los productos finales de la digestión.

Regulación de la secreción del intestino delgado

1. Estímulos locales: reflejos locales (estímulos táctiles e irritativos), la mayor parte de la secreción en el intestino delgado ocurre como respuesta a la presencia del quimo en el intestino.
2. Regulación hormonal: secretina y colecistocinina.

Intestino grueso

Secreción de moco. La mucosa del intestino grueso, al igual que la del intestino delgado, está revestida por criptas de Liberkühn, pero a diferencia del anterior carece de vellosidades. Además, sus células epiteliales casi no contiene enzimas. Esta región está revestida casi por completo de células mucosas que secretan solo moco. Éste contiene gran cantidad de iones bicarbonato que se vierten al mismo por transporte activo de las células epiteliales.

La magnitud de la secreción está regulada por estímulos táctiles directos de las células mucosas y por reflejos nerviosos locales.

Sus funciones son:

- **Evitar** las excoriaciones de la mucosa.
- **Asegurar** la cohesión del bolo fecal.
- **Proteger** la mucosa contra la actividad bacteriana y por su alcalinidad protege contra los ácidos formados en el seno de la masa fecal.

3.1.5. Secreción de glándulas anejas

Secreción biliar

Una de las funciones del hígado es la secreción de bilis, normalmente entre 600 y 1200 ml/día. La bilis tiene dos importantes **funciones**:

1. Importante papel en la digestión y absorción de grasas. Los ácidos biliares presentes en ella tienen dos efectos:

a. Contribuye a la emulsión de las grandes partículas grasas de los alimentos para convertirlas en partículas diminutas que pueden ser atrapadas por las lipasas del jugo pancreático.

b. Ayudan en el transporte y absorción de los productos finales de la digestión de la grasa a través de la membrana de la mucosa intestinal.

2. Es un medio que sirve para la excreción de diferentes productos de desecho de la sangre, como la bilirrubina y el exceso de colesterol.

Secreción de la bilis. Dos etapas:

1. Inicialmente, la bilis es secretada por los hepatocitos. Esta secreción inicial contiene gran cantidad de ácidos biliares, colesterol y otros constituyentes orgánicos que se secretan hacia los canalículos biliares que se encuentran entre los hepatocitos en las láminas hepáticas.

2. A continuación, la bilis fluye periféricamente hacia los tabiques interlobulillares, donde los canalículos vacían en conductos biliares terminales, a continuación, en conductos biliares progresivamente mayores, y finalmente alcanza el conducto hepático y el colédoco, desde los cuales o bien se vierte directamente en el duodeno, o bien se dirige a través del conducto cístico hacia la vesícula biliar. En su movimiento por los conductos biliares, se añade una segunda secreción a la bilis inicial. Ésta es una solución acuosa de iones sodio y bicarbonato.

Composición de la bilis. Las sales biliares son el componente más abundante y constituyen cerca de la mitad de los solutos totales, pero también se excretan en gran cantidad bilirrubina, colesterol, lecitina y los electrólitos ordinarios del plasma –sodio, potasio, calcio, cloruros y bicarbonatos–. Las sales biliares tienen dos actividades importantes en el aparato gastrointestinal.

1. En primer lugar, una acción detergente sobre las partículas grasas de los alimentos, disminuyen la tensión superficial de éstas.
2. En segundo lugar, ayudan a la absorción de los ácidos grasos, monoglicéridos, colesterol y otros lípidos.

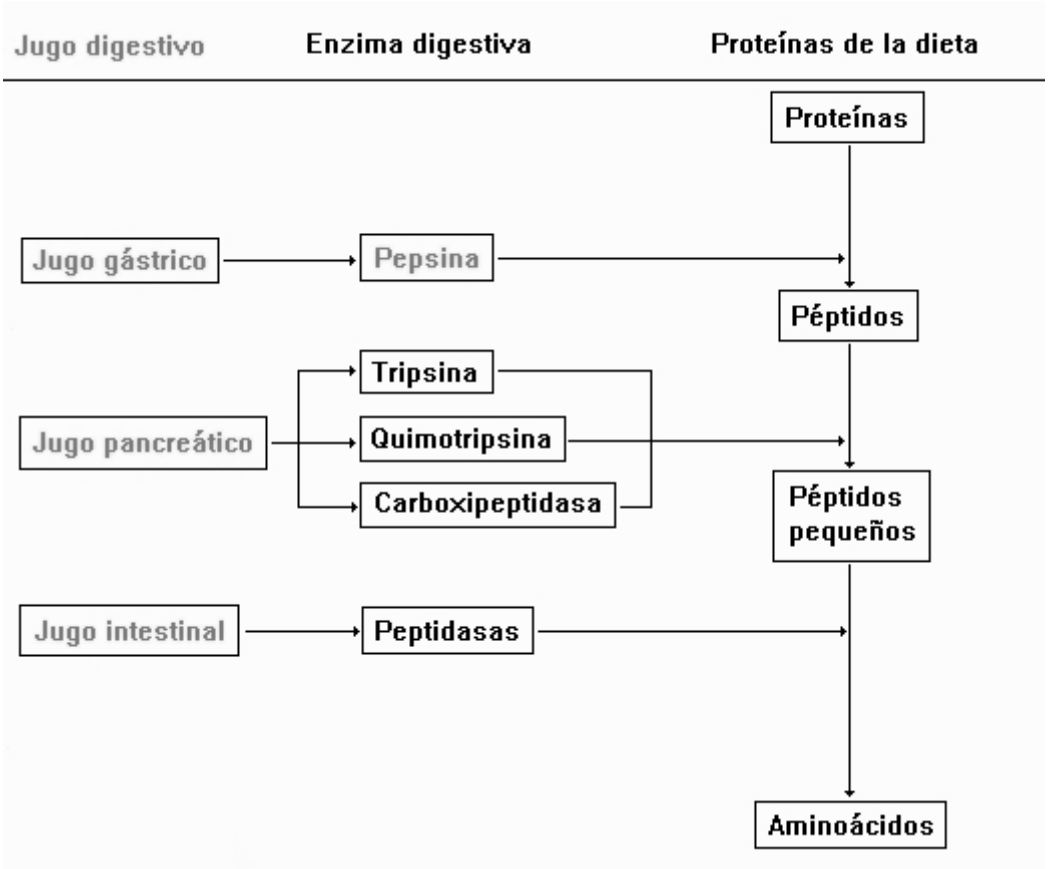
Circulación enterohepática de las sales biliares. Aproximadamente el 94% de las sales biliares se absorben por un proceso de transporte activo a través de la mucosa intestinal en el íleon paralítico. Penetran en la sangre portal y se dirigen hacia el hígado. Al llegar a éste, las sales biliares se absorben casi por completo durante su primer paso por los sinusoides venosos y, a continuación, se excretan de nuevo hacia la bilis. De esta manera, alrededor del 94% de todas las bilis son recirculadas en la bilis, completando todo el circuito unas 18 veces antes de ser eliminadas por las heces. Las pequeñas cantidades de sales biliares que se pierden de este modo son sustituidas por otras nuevas de manera continua por los hepatocitos. Esta red de circulación de las sales biliares se llama circulación enterohepática.

Secreción pancreática

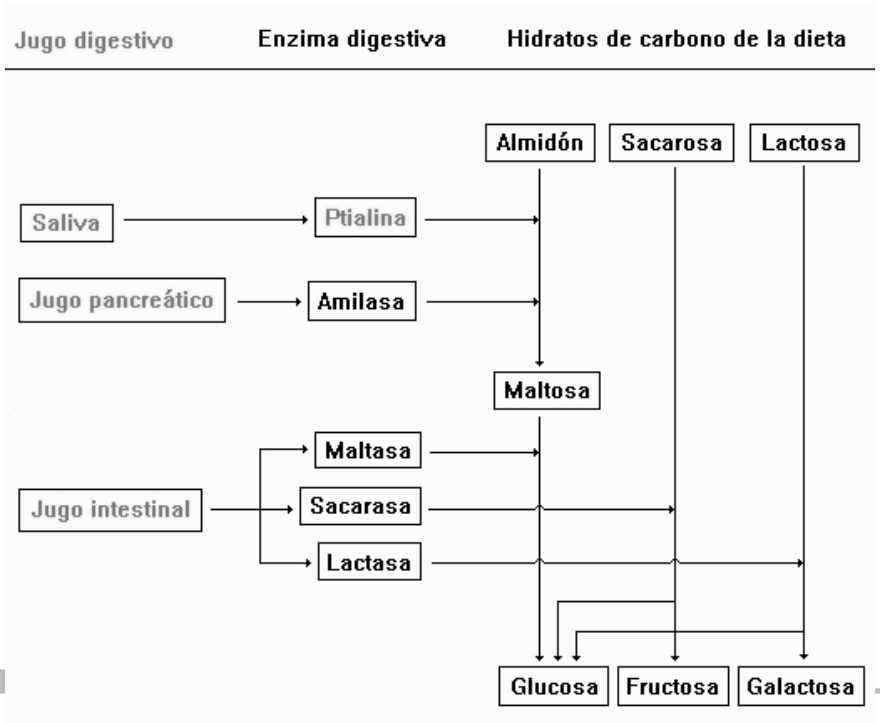
El jugo pancreático se secreta principalmente en respuesta a la presencia de quimo en las porciones altas del intestino delgado y sus características dependen en gran parte del tipo de alimento que contiene el quimo.

Características jugo pancreático. El jugo pancreático contiene enzimas que digieren los tres grandes grupos de alimentos: proteínas, hidratos de carbono y lípidos. También contiene grandes cantidades de iones bicarbonato, que desempeñan un importante papel neutralizando el quimo ácido vaciado por el estómago hacia el duodeno.

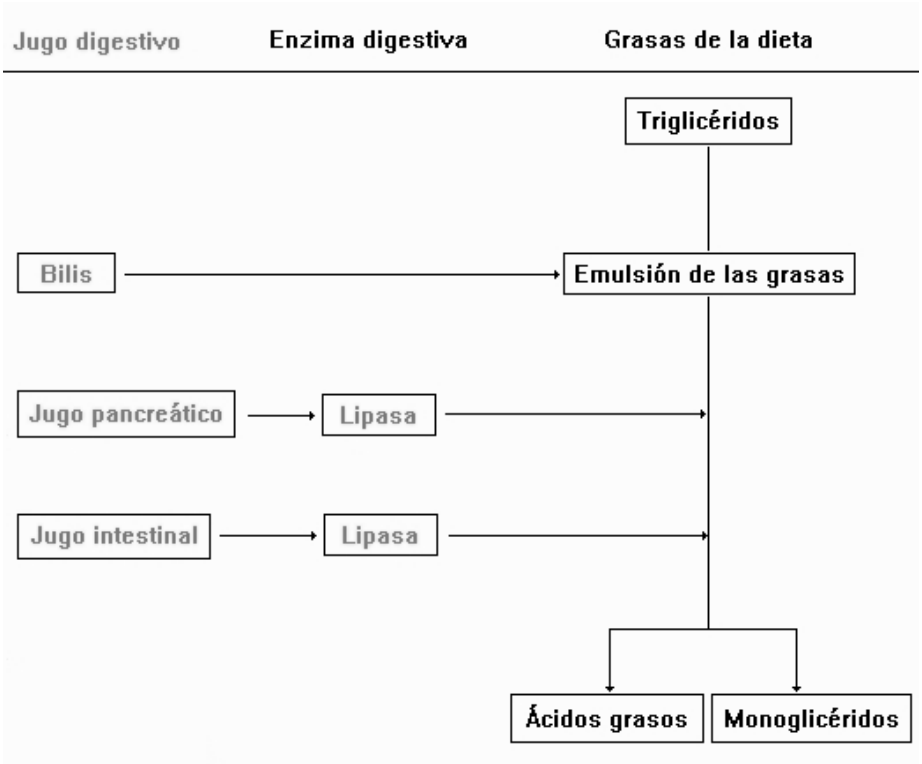
• **Enzimas proteolíticos:** los más importantes son la **tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa**. Menos importantes son: **elastasas y nucleasas**. La más abundante es la tripsina que junto a la quimotripsina desdoblan las proteínas, sin que lleguen a liberarse los aminoácidos individuales. Por otro lado, la carboxipeptidasa desdobla los aminoácidos individuales de los extremos carboxilo de los péptidos. Los enzimas proteolíticos se sintetizan en forma inactiva: tripsinógeno, quimotripsinógeno y procarboxipeptidasa y se activan una vez secretadas a la luz del tubo digestivo.



• **Amilasas:** El enzima pancreática para la digestión de carbohidratos es la **amilasa pancreática**, que hidroliza almidones, glucógeno y otros muchos (excepto la celulosa) hasta formar disacáridos y algunos trisacáridos.



• **Lipasas:** Los enzimas que digieren las grasas son **la lipasa pancreática, la estearasa del colesterol y la fosfolipasa**.



Dos componentes importantes del jugo pancreático, **agua y bicarbonato**, son secretados principalmente por las células epiteliales de los conductos y conductillos que nacen en éstos.

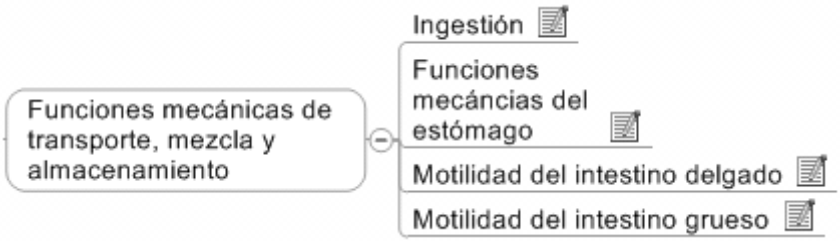
Estímulos de la secreción pancreática: Acetilcolina, sistema parasimpático. Gastrina. Colecistocinina (CCK) o pancreocinina. Secretina. Los tres primeros estimulan las células acinares del páncreas, induciendo, por tanto, la secreción de enzimas digestivas. La secretina, sin embargo, favorece la secreción de solución de bicarbonato por el epitelio ductal.

Fases de la secreción pancreática

• **Fase cefálica y gástrica.** Durante la fase cefálica de la secreción pancreática, las señales nerviosas en el estómago son también la causa de la secreción de acetilcolina por las terminaciones vagales del páncreas. Ello induce la secreción de cantidades moderadas de enzimas en los acinos pancreáticos. Durante la fase gástrica, la estimulación nerviosa de la secreción de enzimas continúa. La secreción de líquido es escasa en esta fase.

• **Fase intestinal.** Una vez que el quimo entra en el intestino delgado, la secreción pancreática se hace muy copiosa, fundamentalmente como respuesta a la estimulación de la secretina. Además, la CCK provoca un aumento de la secreción de enzimas.

3.2. FUNCIONES MECÁNICAS DE TRANSPORTE, MEZCLA Y ALMACENAMIENTO



3.2.1. Ingestión

La **masticación** es un proceso por el cual los alimentos son transformados en bolo alimenticio mediante corte, laceración y machacado por acción de las superficies triturantes de los dientes. Constituye el primer acto de la digestión.

La **deglución** es el conjunto de fenómenos que aseguran el tránsito normal de sustancias alimenticias, sólidas o líquidas, desde la boca al estómago, pasando a través de la faringe y del esófago. En general podemos dividir la deglución en: etapa voluntaria, etapa faríngea y etapa esofágica.

Etapa voluntaria de la deglución. Cuando el alimento está listo para ser deglutido, se comprime o expulsa voluntariamente hacia atrás por aplicación progresiva de la lengua contra el paladar; así la lengua empuja el bolo alimenticio hacia la faringe. A partir de aquí, la deglución se torna involuntaria o automática.

Etapa faríngea de la deglución. Constituye el paso del alimento de la faringe hacia el esófago. El bolo alimenticio estimula zonas receptoras del reflejo de la deglución que rodea el istmo de las fauces; de ahí salen impulsos hacia el tallo cerebral desencadenando una serie de contracciones musculares faríngeas: la tráquea se cierra, el esófago se abre, y la onda peristáltica rápida que se origina en la faringe empuja el bolo alimenticio hacia la parte superior del esófago.

Etapa esofágica de la deglución. En condiciones normales, el esófago presenta dos tipos de movimientos peristálticos: primario y secundario. El primario es la continuación de la onda peristáltica que comienza en la faringe y se extiende hacia el esófago durante la fase faríngea. Si la onda peristáltica primaria no llega a transportar la totalidad de los alimentos, la distensión del esófago origina una onda peristáltica secundaria; se diferencia de la primaria en que su origen es esofágico en vez de faríngeo.

Esfínter gastroesofágico. En el extremo inferior del esófago el músculo circular se encuentra engrosado y funciona como un **esfínter esofágico inferior o esfínter gastroesofágico**. Desde el punto de vista fisiológico este esfínter permanece en contracción tónica, en contraste con la parte alta y media del esófago, que normalmente se encuentra relajada. Sin embargo, cuando una onda peristáltica de deglución progresa a lo largo del esófago, el esfínter se relaja por delante de la misma, y permite la propulsión del alimento deglutido, que penetra en el estómago. La función principal del esfínter esofágico inferior es impedir el reflujo del contenido gástrico al esófago.

3.2.2. Funciones mecánicas del estómago

El estómago tiene una triple función motora:

1. Almacenar grandes cantidades de alimento hasta que sea posible enviarlos a porciones inferiores del tubo digestivo.

2. Mezclar estos alimentos con la secreción gástrica hasta obtener una sustancia semilíquida llamada **quimo**. Cuando el estómago está lleno, hay **ondas constrictoras** débiles, llamadas asimismo **ondas de mezcla**, que se mueven hacia el antro a lo largo de la pared aproximadamente una vez cada 20 segundos. Estas ondas son causadas por un **ritmo eléctrico básico**, que consiste en "ondas lentas" eléctricas que aparecen espontáneamente en la musculatura longitudinal de la pared del estómago. A medida que las ondas se mueven a lo largo del estómago, además de mezclar con las secreciones el alimento almacenado, tienen efecto propulsor débil que mueve este contenido hacia la zona del antro. Cuando el estómago está completamente vacío, permanece en reposo hasta la entrada de nuevos alimentos. A medida que las ondas constrictoras del cuerpo del estómago progresan hacia el antro suelen intensificarse; algunas son sumamente fuertes y forman **anillos constrictores peristálticos** de gran potencia que fuerzan el contenido antral hacia el píloro. La apertura del píloro es tan pequeña que sólo son vaciados hacia el duodeno unos pocos milímetros del contenido antral con cada onda peristáltica. Después de que el alimento se ha mezclado con las secreciones gástricas, la mezcla resultante que pasa al intestino se llama **Quimo**, cuyo aspecto es de pasta lechosa, lodosa o semilíquida. El grado de fluidez del quimo depende de las proporciones relativas de alimento y secreciones gástricas, así como del grado de digestión logrado. Cuando el estómago está vacío durante mucho tiempo, se producen las llamadas **contracciones de hambre**.

3. Vaciar progresivamente el contenido del estómago en las porciones siguientes, con una velocidad tal que resulte compatible con su digestión y absorción por el intestino delgado. El vaciamiento del estómago depende, sobre todo, de la intensidad de las contracciones peristálticas del antro, pero también depende del distinto grado de resistencia al paso del quimo que opone el píloro. Las contracciones del peristaltismo antral, en general, son débiles, sin embargo, aproximadamente el 20% del tiempo que el alimento permanece en el estómago, estas ondas se hacen muy intensas, empezando en la incisura angular del estómago y extendiéndose hacia el antro. Al vaciarse cada vez más el estómago, estas contracciones comienzan más arriba en el cuerpo, y exprimen gradualmente las porciones más bajas de los alimentos almacenados, añadiéndolos al quimo situado en el antro. Por lo tanto, la intensidad del peristaltismo antral es el factor fundamental que determina el ritmo de vaciamiento gástrico. El píloro constituye la apertura distal del estómago y a pesar de permanecer en contracción tónica, suele mantenerse algo abierto dejando salir el agua y otros líquidos con facilidad. Por otra parte, la constricción previene del paso de partículas de alimento de mayor tamaño hasta que no se han mezclado con el quimo y adquirido una consistencia casi líquida. No obstante, el grado de

constricción del píloro puede aumentar o disminuir bajo la influencia de señales nerviosas u hormonales.

Regulación del vaciamiento gástrico: El ritmo del vaciamiento gástrico se halla regulado por señales que comienzan en el estómago y el duodeno. En el estómago, promueven el vaciamiento gástrico:

1. Señales nerviosas causadas por la distensión del estómago por el propio alimento.
2. La hormona gastrina, liberada por la mucosa antral en respuesta a la presencia de ciertos tipos de alimentos en el estómago.

En el duodeno, en presencia de una cantidad excesiva de quimo, las señales producidas deprimen la bomba pilórica y suelen aumentar el tono del píloro.

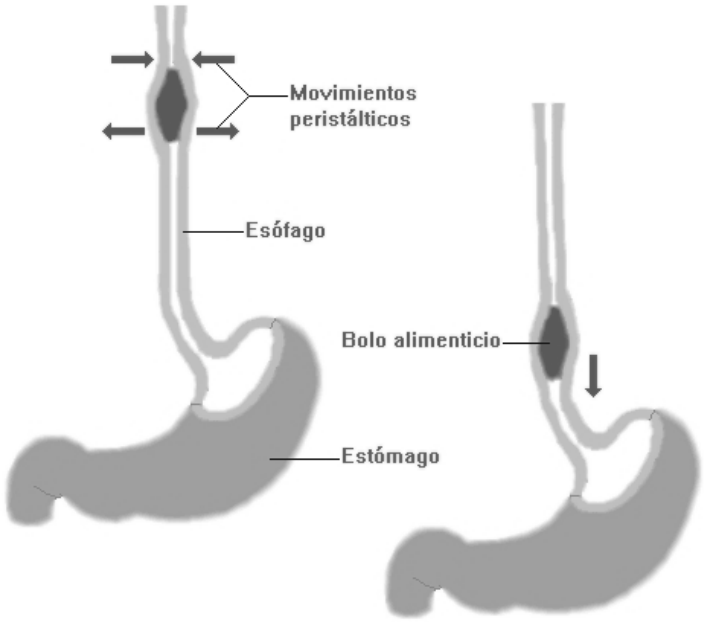
Factores que actúan en la regulación del vaciamiento gástrico: El vaciamiento gástrico depende hasta cierto punto de factores gástricos, como el grado de deplección del estómago y el efecto peristáltico de la gastrina en la zona antral. Sin embargo, el control más importante del vaciamiento gástrico tal vez dependa de señales de retroalimentación desde el duodeno, incluyendo tanto el reflejo enterogástrico como la retroalimentación hormonal. Estos dos mecanismos de retroalimentación inhibidora trabajan en conjunto para disminuir el ritmo de vaciamiento cuando: 1) hay demasiado quimo en el intestino delgado, o 2) el quimo es excesivamente ácido, contiene demasiada proteína o grasa, es hipotónico o hipertónico, o es irritante. De esta forma, el ritmo de vaciamiento del estómago queda limitado a la cantidad de quimo que pueda ser procesada por el intestino delgado.

Motilidad gástrica

A nivel gástrico la motilidad es de dos tipos:

1. Estática o tónica, llamada **peristólica** –se encarga de mantener normal la presión intragástrica, adecuando en todo momento el continente al contenido–.

2. Dinámica o **peristáltica** –constituida por contracciones anulares; las ondas peristálticas débiles no transportan el contenido gástrico, sino que mezclan los alimentos con el jugo y por ello se llaman ondas mezcladoras; las ondas energéticas cumplen una función impulsora motivando el paso del quimo del estómago al duodeno.



3.2.3. Motilidad del intestino delgado

Los movimientos del intestino delgado, como los del tubo digestivo a cualquier nivel, pueden ser divididos en:

– **Contracciones de propulsión** –que obligan a los alimentos a progresar hacia adelante a velocidad compatible con la digestión y la absorción, en forma de onda de contracción/ distensión–.

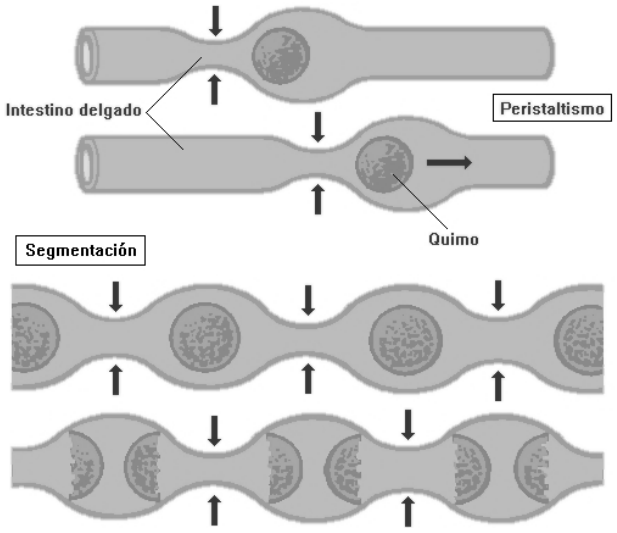
– **Movimientos de mezcla** –que aseguran un mezclado satisfactorio del contenido en todo momento y pueden ser pendulares y de segmentación rítmica–.

Sin embargo, esta separación es en gran medida artificial, porque prácticamente todos los movimientos del intestino delgado provocan cuando menos cierto grado de mezcla y de propulsión. La clasificación usual de estos procesos es la siguiente:

1. Contracciones de mezcla o segmentación. Cuando una porción del intestino es distendida por el quimo, desencadena contracciones concéntricas localizadas y especializadas a lo largo del intestino. Estas contracciones cortan el quimo, provocando la mezcla progresiva de las partículas de alimento sólido con las secreciones del intestino delgado.

2. Movimiento de propulsión. Las ondas peristálticas impulsan al quimo por el intestino delgado. Estas ondas pueden ser producidas por cualquier parte del tubo intestinal y se desplazan en dirección anal. La función de estas ondas peristálticas no sólo consiste en la progresión del quimo hacia la válvula ileocecal, sino también en la dispersión del quimo por la mucosa intestinal. Al llegar a la válvula ileocecal, el quimo puede quedar bloqueado durante horas, hasta que

la persona toma otro alimento; entonces un nuevo reflejo gastroentérico, llamado gastroilecal, intensifica el peristaltismo en el íleon y fuerza el paso del resto del quimo a través de la válvula ileocecal hacia el interior del ciego. La función principal de la válvula ileocecal es evitar el reflujo retrógrado del contenido fecal desde el colon hacia el intestino delgado.

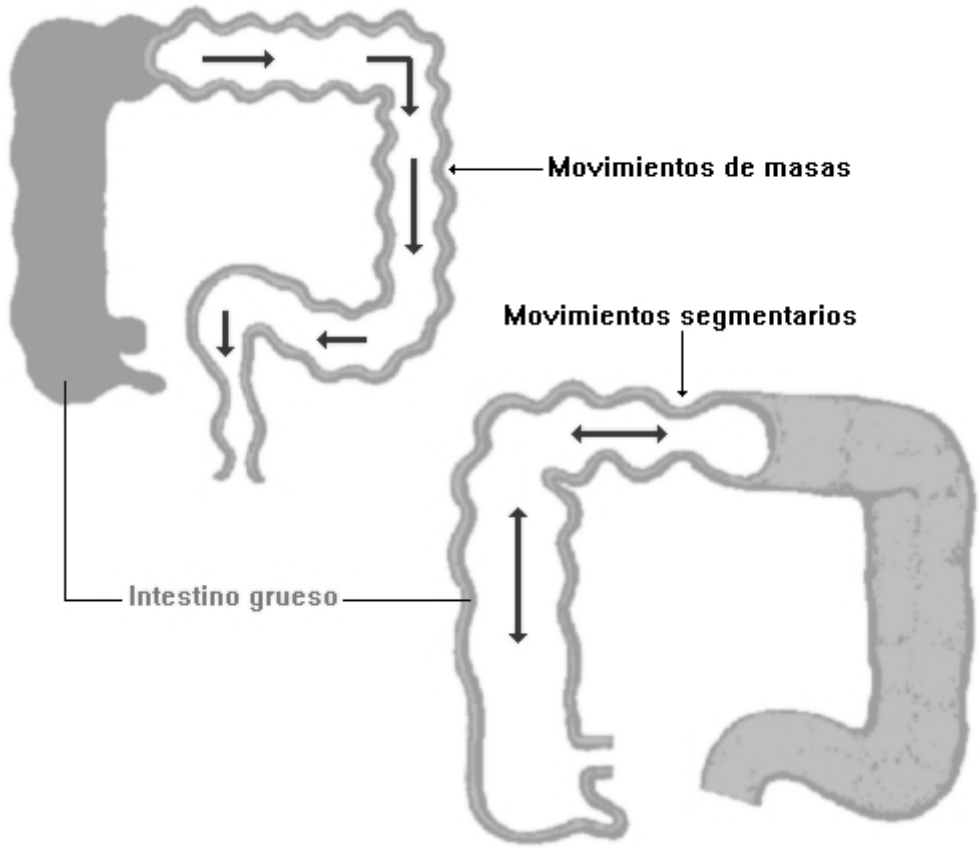


3.2.4. Motilidad del intestino grueso

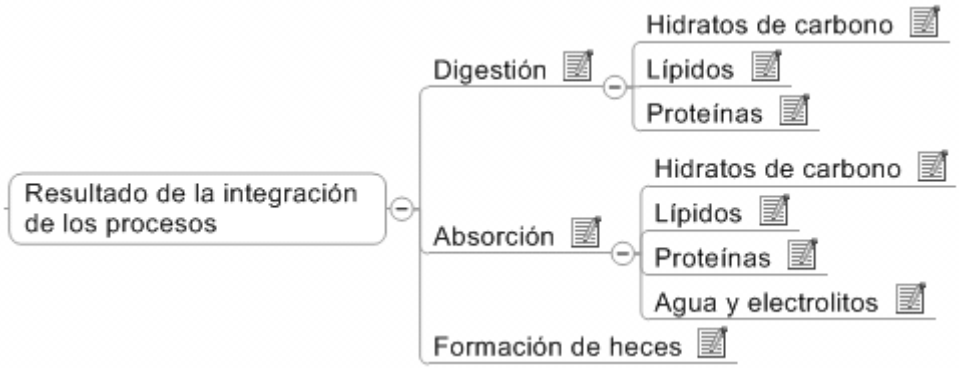
Las contracciones del colon suelen ser perezosas, ya que sus funciones no requieren movimientos intensos. Sin embargo, los movimientos conservan características similares a las del intestino delgado y pueden dividirse en movimientos mezcladores y propulsores.

1. Movimientos mezcladores: austras. Las contracciones combinadas de las fibras lisas circulares y longitudinales hacen que las porciones no estimuladas se abomben hacia afuera para formar **austras o saculaciones**.

2. Movimientos de propulsión. "Movimientos en masa". Se llama movimiento en masa a un tipo modificado de peristaltismo. Desde el comienzo del colon transverso al sigmoides, la propulsión se lleva a cabo por este tipo de movimientos. Éstos suelen ocurrir unas cuantas veces al día solamente y son más abundantes durante unos 15 minutos en la primera hora después del desayuno.



3.3. RESULTADO DE LA INTEGRACIÓN DE LOS PROCESOS



3.3.1. Digestión

En el proceso de la digestión los alimentos complejos se descomponen en monosacáridos, aminoácidos, ácidos grasos, glicerol y varios componentes más. Sólo estas unidades tan simples pueden ser utilizadas por las células o incorporadas al protoplasma viviente. La digestión es un proceso

fisiológico esencial. Los procesos digestivos son mecánicos y químicos. La digestión y la absorción se producen mientras el alimento se mueve lentamente a través del tubo digestivo. La fuerza propulsora la proporcionan casi siempre los cilios o las musculaturas especiales del mismo.

El tipo de actividad muscular que es característico de las vísceras huecas se denomina **peristalsis**. La peristalsis ha sido definida como una onda de contracción que va precedida de una onda de relajamiento. Además de la peristalsis existen otros movimientos de la musculatura. Un **tono rítmico** de los distintos estratos musculares produce variaciones lentas de las dimensiones del tubo digestivo. A veces, se aprecia superpuesta al tono rítmico, una fuerte **segmentación rítmica** –más frecuentemente en el duodeno y en el yeyuno– que esencialmente es un proceso mezclador. Los **movimientos pendulares** en los que participan tanto la musculatura longitudinal como la circular, producen movimientos rítmicos de vaivén de las vueltas del tubo digestivo y tienden a forzar al alimento a moverse de un lado a otro del bucle, produciendo un rápido mezclado. La actividad de la mucosa muscular puede ser también importante en el mezclado y transporte del alimento, pero en el intestino delgado probablemente sirve de forma especial para mover las microvellosidades alrededor del alimento.

Las glándulas del tubo digestivo medio o divertículo digestivo forman a partir del estómago una estructura especial. Estas glándulas foliculares comunican con el estómago mediante un sistema de conductos, y están recubiertas de células epiteliales que desempeñan varias funciones –elaboración de enzimas, fagocitosis, absorción, almacenamiento de alimento y excreción–.

Hidratos de carbono

Tres fuentes principales de carbohidratos en la dieta humana: sacarosa, lactosa y almidones; otros carbohidratos ingeridos en menor proporción son: amilosa, glucógeno, alcohol, ácido láctico, ácido pirúvico, pectinas, dextrinas... La dieta también contiene gran cantidad de celulosa, pero el tubo digestivo del hombre no secreta enzimas capaces de hidrolizarla.

Durante la masticación los alimentos se mezclan con saliva, que contiene ptialina secretada principalmente por las glándulas parótidas. Esta enzima hidroliza el almidón hasta maltosa y otros polímeros de la glucosa –maltotriosa y dextrinas α-límite–. El alimento permanece en la boca un breve período de tiempo y probablemente no se hidroliza más del 3 al 5% de los almidones que se están comiendo. La actividad de la amilasa salivar es bloqueada por la secreción gástrica, pues su poder enzimático desaparece cuando el pH cae por debajo de 4. Antes de que el alimento se haya mezclado por completo con la secreción gástrica, se habrán hidrolizado un 30-40% de los almidones.

La secreción pancreática también contiene gran cantidad de α-amilasa, pero es varias veces más potente que la amilasa salivar. Aproximadamente entre 15 y 30 min después de vaciarse el quimo del estómago hacia el duodeno y de mezclarse con el jugo pancreático, todos los almidones son digeridos por la amilasa. En general, casi todos los almidones se convierten en maltosa y otros polímeros de la glucosa antes de alcanzar el duodeno.

Las células epiteliales que revisten el interior del intestino delgado contienen cuatro enzimas: lactasa, sacarasa, maltasa y α-dextrina, capaces de desdoblar los monosacáridos lactosa, sacarosa y maltosa así como los pequeños polímeros de glucosa. Estas enzimas están localizadas en las membranas de las microvellosidades del ribete en cepillo, y los disacáridos son digeridos al entran en contacto con este borde:

- Lactosa galactosa + glucosa.
- Sacarosa fructosa + glucosa.
- Maltosa glucosa + glucosa.

Lípidos

Las grasas más abundantes en los alimentos son las grasas neutras o triglicéridos; aunque también contienen pequeñas cantidades de fosfolípidos, colesterol y ésteres de colesterol.

Prácticamente toda la digestión de la grasa ocurre en el intestino delgado. La primera parte en la digestión de la grasa consiste en desintegrar los grandes glóbulos de grasa en otros de menor tamaño, de forma que los enzimas digestivos hidrosolubles puedan actuar sobre la superficie de los mismos. Este proceso recibe el nombre de emulsión de la grasa y se logra por influencia de la bilis secretada por el hígado, que contiene gran cantidad de sales biliares y el fosfolípido lecitina, (no contiene enzimas), compuestos muy importantes en la digestión de la grasa. La porción liposoluble de la sal biliar se disuelve en la capa superficial del glóbulo de grasa, proyectando la porción polar hacia el exterior; este efecto disminuye en gran medida la tensión superficial de la grasa en la interfase y facilita la fragmentación del glóbulo por agitación en el intestino delgado.

Las lipasas son fermentos hidrosolubles que sólo pueden actuar en la superficie de las gotas de grasa, de aquí la importancia de aumentar la superficie de éstas (la superficie de la gota de grasa es inversamente proporcional al diámetro de dichas gotas).

El fermento más importe en la digestión de triglicéridos es la lipasa pancreática, que desdobla estos compuestos en ácidos grasos y 2-monoglicéridos. La acumulación de ácidos grasos y monoglicéridos bloquea rápidamente el proceso de digestión. Para evitar este bloqueo las sales biliares suprimen estos compuestos casi a la misma velocidad de formación mediante la formación de micelas. Estas micelas se disuelven en el agua de los líquidos digestivos y persisten en solución estable a pesar de su gran tamaño.

Las micelas de las sales biliares también actúan como medio de transporte de los monoglicéridos y los ácidos grasos hacia el borde del cepillo de las células epiteliales en que se absorben. Al descargar estas sustancias en el borde del cepillo, las sales biliares quedan de nuevo libres en el quimo para emplearse una y otra vez en el proceso de transporte.

Tanto los ésteres de colesterol como los fosfolípidos sufren hidrólisis por acción de las lipasas de la secreción pancreática, que liberan los ácidos grasos de su molécula. Los enzimas son: hidrolasa de los ésteres de colesterol y la fosfolipasa A2. Las micelas de las sales biliares desempeñan el mismo papel de transporte con el colesterol libre y porciones restantes de las moléculas digeridas de fosfolípidos.

Proteínas

Las proteínas de la dieta están formadas por largas cadenas de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

La pepsina es el enzima peptídica más importante del estómago y tiene una actividad máxima a pH 2 o 3, resultando completamente inactiva a pH 5, por lo tanto los jugos gástricos han de ser ácidos para que sea activo. Este enzima sólo comienza la digestión de las proteínas, proporcionando del 10 al 30% de la digestión total de las mismas.

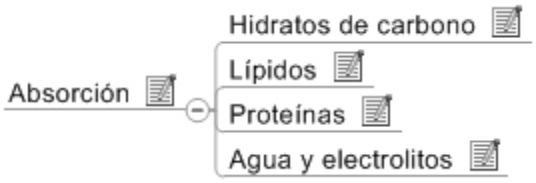
La mayor parte de la digestión de las proteínas se produce en el intestino delgado, en el duodeno y el yeyuno, por acción de los enzimas proteolíticos de la secreción pancreática. Cuando los enzimas dejan el estómago lo hacen en forma de proteasas, peptonas y grandes polipéptidos, productos que son atacados en el momento de abandonar el estómago por los enzimas pancreáticos: tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa. Las dos primeras desdoblan las moléculas proteicas en pequeños polipéptidos, a continuación la carboxipeptidasa separa los aminoácidos individuales A partir de los extremos carboxilos de los polipéptidos. Sin embargo, sólo un pequeño porcentaje de las proteínas son digeridas totalmente en sus aminoácidos constituyentes por los jugos pancreáticos.

La digestión total de las proteínas en la luz intestinal se logra mediante las células epiteliales que revisten las vellosidades del intestino delgado, principalmente del duodeno y yeyuno. En la membrana celular que rodea las vellosidades de las células epiteliales existen multitud de peptidasas, que hacen protrusión por las membranas hacia el exterior, donde entran en contacto con los líquidos intestinales. La aminopolipeptidasa y las diversas dipeptidasas desdoblan los grandes polipéptidos en tri y dipéptidos, y algunos de ellos incluso a aminoácidos. Estos di y tripéptidos, y los aminoácidos son transportados fácilmente por la membrana de las vellosidades hacia el interior de la célula epitelial.

En el citosol de la célula existen numerosas peptidasas que en cuestión de minutos digieren la práctica totalidad de los dipéptidos restantes, dando lugar a aminoácidos sencillos; estos aminoácidos pasan por el lado opuesto de la célula epitelial hacia la sangre.

Más del 99% de los productos de digestión de las proteínas se absorben en forma de aminoácidos sencillos y sólo existe una absorción escasa de péptidos.

3.3.2. Absorción



Los monosacáridos, los aminoácidos y el resto de los productos de la digestión deben pasar a los tejidos antes de que puedan realizar sus funciones esenciales en la célula. El proceso mediante el cual son transferidos desde los centros de digestión se denomina absorción –paso desde el tracto digestivo a los fluidos circulatorios–.

En todos los vertebrados una porción de la pared del intestino delgado está implicada en la absorción, aunque puede darse una cierta absorción en casi todos los puntos del tubo digestivo.

La pared del intestino está plegada y acanalada de forma diversa para proporcionar una intensa superficie para la absorción: Pliegues de Kercking → Vellosidades → Microvellosidades.

Las microvellosidades son órganos absorbentes altamente especializados que poseen un núcleo que contiene una red de capilares que derivan de los vasos sanguíneos de la pared del tubo digestivo. Cada una contiene, también, un capilar linfático central o vaso quilífero que comienza en un ciego que se encuentra bajo el epitelio, en las proximidades de la punta de la vellosidad, y que drena hacia los principales canales linfáticos de la pared del tubo digestivo.

La opinión general es que los lípidos pasan primordialmente a los vasos quilíferos mientras que los azúcares y los aminoácidos son absorbidos directamente por los capilares sanguíneos.

Tanto las vellosidades como los repliegues intestinales contienen músculo liso y los movimientos rítmicos que se producen de esta forma son importantes para poner a las vellosidades en contacto con el contenido intestinal y mantener la circulación en los vasos quilíferos, linfáticos y pequeños vasos sanguíneos.

Hidratos de carbono

Carbohidratos

Prácticamente todos los carbohidratos se absorben en forma de monosacáridos; sólo una pequeña fracción se absorbe en forma de disacáridos y apenas nada como moléculas de mayor tamaño. El transporte de la mayoría de los monosacáridos a través de la membrana intestinal se produce contra gradientes de concentración. A la vez, el transporte puede ser selectivo, el orden de preferencia y sus velocidades relativas de transporte, en comparación con la glucosa, es:

- Galactosa 1.1.
- Glucosa 1.0.
- Fructosa 0.4.
- Manosa 0.2.
- Xilosa 0.15.
- Arabinosa 0.1.

Hay una velocidad máxima de transporte para cada tipo de monosacárido. El que más rápidamente se transporta es la galactosa.

Lípidos

- Los **monoglicéridos** y ácidos grasos son disueltos en la porción lipídica de ácidos biliares formando las micelas; en esta forma son transportados hacia las superficies de las microvellosidades. Para entrar en contacto con estas superficies, tanto monoglicéridos como ácidos grasos difunden en el líquido de la zona e inmediatamente después a través de la membrana epitelial donde son muy solubles, lo que permite que se disuelvan en la membrana y difundan hacia el interior de la célula. Una vez que los ácidos grasos y los monoglicéridos entran en el interior de la célula epitelial, son captados por el retículo endoplasmático liso y en él se combinan para formar principalmente triglicéridos. Otros monoglicéridos se digieren aún más, dando glicerol y ácidos grasos, por acción de una lipasa de la célula epitelial.

- Los **triglicéridos** formados se unen a colesterol y fosfolípidos formando unos glóbulos miscibles en los líquidos de la célula. Parte de su superficie queda cubierta por β-lipoproteínas. El conjunto es denominado Quilomicrones, éstos difunden por exocitosis al espacio que separa las células. Desde las caras laterales de las células epiteliales, los quilomicrones siguen a través de la membrana basal hacia el quilífero central de la vellosidad y de aquí son impulsados, junto a la linfa, hacia el conducto torácico para vaciarse en las grandes venas del cuello.

- Pequeñas cantidades de **ácidos grasos de cadena corta** son absorbidos directamente hacia la sangre portal; esto es debido a que son más hidrosolubles, lo que permite la difusión directa de estos ácidos grasos desde las células epiteliales hacia la sangre capilar de la vellosidad.

Proteínas

La mayor parte de las proteínas se absorben en la membrana luminal de las células epiteliales en forma de di y tripéptidos y algunos aminoácidos libres. La energía necesaria para este transporte procede de un mecanismo de cotransporte de sodio; es decir casi todos los péptidos y aminoácidos se unen a proteínas de transporte específicas que también precisan la unión de sodio antes de que pueda tener lugar el transporte. Este transporte de denomina cotransporte o transporte activo secundario de aminoácidos y péptidos.

Otros aminoácidos se transportan mediante proteínas de transporte especiales de la membrana, probablemente siguiendo procesos de difusión facilitada.

Agua y electrolitos

Se realiza en el intestino grueso. Prácticamente, toda la absorción que tiene lugar en el intestino grueso ocurre en la mitad proximal, por lo que se denomina colon de absorción; la mitad distal, cuya función principal consiste en almacenar los materiales fecales, recibe el nombre de colon de almacenamiento.

La mucosa del intestino grueso, como la del intestino delgado, tiene gran capacidad para absorber activamente sodio, y el potencial eléctrico creado provoca la absorción de cloruro. Además, secreta en forma activa iones bicarbonato mientras absorbe simultáneamente una cantidad similar de iones cloruro. El bicarbonato ayuda a neutralizar los productos ácidos terminales de la acción bacteriana en el colon. La absorción de sodio crea un gradiente osmótico a través de la mucosa del intestino grueso que a su vez provoca la absorción de agua.

El colon proximal contiene muchas bacterias, sobre todo colibacilos. Esta flora puede digerir pequeñas cantidades de celulosa. La actividad bacteriana tiene como consecuencia, además, la formación de vitamina K, vitamina B12, tiamina, riboflamina y varios gases que contribuyen a la flatulencia cólica, en especial dióxido de carbono, hidrógeno y metano.

3.3.3. Formación de heces

Unas tres cuartas partes de las heces es agua, las sustancias sólidas de la cuarta parte restante corresponden a bacterias muertas, grasas, sustancias inorgánicas, proteínas y restos no digeribles, componentes sólidos de jugos digestivos, como pigmentos biliares y detritus celulares. El color pardo de las heces se debe a la estercobilina y la urobilina, derivados de la bilirrubina. El olor se debe principalmente a los procesos microbianos, que varia de una persona a otra según el tipo de flora y la alimentación. Las sustancias odoríferas así producidas son, indol, escatol, mercaptanos y ácido sulfídrico.

3.4. MECANISMOS DE REGULACIÓN DE LOS PROCESOS

El paso regulado del alimento a través del tubo digestivo proporciona tiempo suficiente para una acción enzimática efectiva y una absorción apropiada antes de que se evacuen los residuos.

En la coordinación de las funciones digestivas participan tanto mecanismos humorales como nerviosos.

3.4.1. Sistema nervioso

El tubo digestivo tiene un sistema nervioso intrínseco, llamado sistema nervioso entérico o intestinal, que comienza en el esófago y se extiende durante toda su trayectoria hasta el final del mismo, en el ano. El sistema entérico se compone principalmente de dos plexos, uno externo **plexo mioentérico de Auerbach**, que se encuentra entre dos gruesas capas de músculo liso, una longitudinal y otra circular, es primordialmente responsable de los movimientos del tubo digestivo, y otro interno denominado **plexo de Meissner o submucoso** que se sitúa en la submucosa y controla las actividades de las glándulas productoras de enzimas.

El suministro nervioso autónomo del tubo digestivo es doble con fibras simpáticas y parasimpáticas que son responsables de actividades opuestas.

Se han identificado diferentes neurotransmisores secretados por las neuronas entéricas: acetilcolina, noradrenalina, dopamina, serotonina, adenosintrifosfato, colecistocinina, sustancia P, péptido intestinal vasoactivo, somatostatina, leuencefalina, metencefalina y bombesina. Estas sustancias transmisoras constituyen una mezcla de agentes inhibidores y excitadores, pero su función aún no es bien conocida.

3.4.2. Hormonas

Se han descrito una serie de hormonas producidas por el epitelio gastrointestinal y que participan en la regulación de las secreciones de las glándulas digestivas.

En el aparato digestivo se deben movilizar una serie de jugos digestivos y regular el paso de alimento a través de las diferentes zonas a velocidad que permitan la acción de los enzimas de forma adecuada y para que los alimentos digeridos puedan ser absorbidos. Para hacer frente a esta complejidad de necesidades existe una secuencia de hormonas así como un control autónomo altamente organizado.

Las hormonas más importantes son:

- **Gastrina:** Segregada por la mucosa gástrica es responsable de la producción equilibrada de HCl en el estómago. Los mecanismos nerviosos de tipo local, iniciados por la presencia del alimento, provocan la producción de gastrina y esto a su vez estimula a las células epiteliales. El mecanismo secretor de gastrina es responsable del control del volumen de HCl; la presencia de HCl actúa como retroinhibidor de la secreción de gastrina. La gastrina es el primer eslabón del control hormonal de la actividad digestiva.

- **Enterogastrona:** Cuando las grasas y el HCl penetran en el intestino las células de la mucosa intestinal liberan una segunda sustancia, la enterogastrona, que inhibe la secreción del jugo

gástrico –particularmente la de HCl–. De esta manera, la presencia de alimento parcialmente digerido en el intestino disminuye gradualmente la actividad del estómago.

• **Secretina y pancreocimina:** Encargadas del control endocrino del páncreas. La secretina formada por la mucosa del duodeno en respuesta al jugo gástrico de naturaleza ácida procedente del estómago, grasas digeridas, o bilis, inicia una copiosa producción de jugo pancreático; este ácido posee un bajo contenido enzimático pero es rico en sales que pueden ser importantes para neutralizar el quimo ácido. Además, tiene un efecto inhibidor leve en la motilidad de la mayor parte del tubo digestivo. La pancreozimina es segregada bajo la estimulación de las proteínas parcialmente digeridas e induce el flujo de una secreción rica en enzimas.

• **Colecistocinina:** Producida principalmente por la mucosa del yeyuno en respuesta a la presencia de sustancias grasas en el contenido intestinal, tiene un efecto muy potente para aumentar la contractibilidad de la vesícula biliar, expulsando así la bilis hacia el intestino delgado, en donde ayuda en la emulsificación de grasas. También inhibe, hasta cierto punto, la motilidad del estómago. Hoy en día parece que la pancreozimina es bioquímicamente idéntica a la colecisticinina. Actualmente se piensa que los polipéptidos pancreozimina y colecistocinina son un único factor denominado Factor CCK-PZ.

• **Péptido inhibidor gástrico:** Secretado por la mucosa del intestino delgado en su región superior, principalmente en respuesta al contenido graso y en menor grado al contenido en carbohidratos, tiene un efecto moderado, disminuyendo la actividad motora del estómago y retrasando en consecuencia el vaciamiento de su contenido hacia el duodeno cuando la parte proximal del intestino delgado está sobrecargada de alimento.

RESUMEN

El objetivo del aparato digestivo es la transformación de los alimentos, de forma que éstos puedan ser utilizados por el organismo. Este objetivo se lleva a cabo a través de los siguientes procesos: transporte, mezcla, secreción, digestión y absorción. El sistema nervioso y el hormonal tiene la función de dirigir y controlar estos procesos.

La boca constituye la porción inicial del tubo digestivo, en ella tiene lugar la primera transformación de los alimentos que se ponen en contacto, tras la masticación, con las enzimas salivares. Esta primera porción está limitada por los labios, las mejillas, el paladar y la lengua. Posteriormente, se encuentra la faringe, que es compartida por el aparato respiratorio y, seguidamente el esófago, que es un conducto musculomembranoso que va desde la faringe hasta el cardias. El paso del alimento a través de éste se debe a la contracción progresiva de las fibras musculares involuntarias existentes en su trayecto.

A continuación se halla el estómago, dilatación sacciforme limitada por el cardias y el píloro; se reconocen en ella tres porciones: fundus, cuerpo gástrico y antro pilórico. La mucosa de revestimiento de esta víscera presenta células especializadas encargadas de la secreción mucinosa glandular, de

clorhídrico y de pepsina, que facilitan la digestión de los alimentos. En su porción más inferior se halla una zona de secreción alcalina. La pared gastroduodenal consta de cuatro capas, a saber, serosa, muscular, submucosa y mucosa.

A nivel de la mucosa gástrica encontramos tres clases de glándulas cardíacas (secretan mucus), pilóricas (secretan un jugo alcalino rico en mucus) y principales o fúndicas (poseen tres tipos de células: parietales u oxínticas, productoras de ácido clorhídrico y factor intrínseco; principales o pépticas o gástricas, secretoras de pepsinógeno, y mucosas, secretoras de mucina). Los principales elementos del jugo gástrico son el ácido clorhídrico, los pepsinógenos, la mucina y el factor intrínseco. La secreción gástrica está regulada por mecanismos nerviosos y hormonales, acetilcolina, gastrina e histamina son los neurotransmisores que estimulan directamente dicha secreción. Esta secreción ocurre en tres etapas separadas: cefálica, gástrica e intestinal.

A la salida del estómago, el alimento, se ponen en contacto con las enzimas pancreáticas y la bilis a través del conducto de Wirsurng y del colédoco respectivamente. Seguidamente se encuentra el intestino delgado, tubo que describe numerosas flexuosidades, las asas intestinales, y que aumenta su superficie mediante las válvulas conniventes, las vellosidades y las microvellosidades. Se distinguen tres porciones: duodeno, yeyuno e íleon. El intestino delgado se pone en contacto, a través de la válvula ileocecal, con el colon. Éste consta de colon ascendente, colon transverso y colon descendente. Tanto el intestino delgado como el grueso, al igual que el estómago, presentan cuatro capas: serosa, muscular, submucosa y mucosa; presentando, en cada caso, peculiaridades propias. La porción terminal del tubo digestivo, constituida por el recto, está dotada de una estructura muscular que facilita la expulsión del material fecal.

A nivel del intestino delgado existe una secreción de moco por parte de las glándulas de Brunner, cuya función principal es la de proteger la mucosa duodenal contra el jugo gástrico. El jugo intestinal, secretado en las criptas de Lieberkühn, contiene diferentes enzimas: peptidasas (que actúan transformando los polipéptidos en aminoácidos); sacaras, maltasa, isomaltasa y lactasa (que desintegran disacáridos en monosacáridos); lipasa intestinal (que divide las grasas neutras en glicerol y ácidos grasos). Probablemente, estos enzimas catalizan la hidrólisis de los alimentos antes de que tenga lugar la absorción de los productos finales de la digestión. La mayor parte de la estimulación de la secreción intestinal corre a cargo de reflejos locales, aunque también intervienen hormonas como la secretina y la colecistocinina. Sin embargo, la principal secreción del colon, a cargo de las células mucosas, es moco; el cual contiene gran cantidad de iones bicarbonato y su función es evitarlas posibles excoriaciones de la mucosa, así como asegurar la cohesión del bolo fecal.

Las glándulas anejas al tubo digestivo, hígado, páncreas y vías biliares, secretan diferentes jugos, a distintos niveles, los cuales son imprescindibles para una correcta digestión, transporte y absorción de los alimentos. La bilis contribuye en la emulsión, transporte y absorción de partículas grasas, así como en la excreción de productos de desecho (bilirrubina, colesterol); su principal componente son las sales biliares de acción detergente sobre partículas grasas. El jugo pancreático es secretado en respuesta a la presencia de quimo en las porciones altas del intestino delgado; contiene enzimas digestivas

de proteínas, carbohidratos y lípidos como tripsina, quimotripsina, carbosipeptidasa, etc., también contiene iones bicarbonato que actúan como neutralizantes.

A través del proceso de la digestión los alimentos son descompuestos en unidades simples, monosacáridos, aminoácidos, glicerol y ácidos grasos, los cuales pueden se incorporados y utilizados por las células. Los procesos digestivos son mecánicos y químicos. La fuerza propulsora, necesaria para que el alimento recorra el tubo digestivo, la proporcionan casi siempre los cilios o las musculaturas especiales del mismo. El tipo de actividad muscular denomina peristalsis (onda de contracción precedida de una onda de relajamiento); otros movimientos de esta musculatura son: tono rítmico, segmentación rítmica y movimientos pendulares.

Las amilasas salivares y pancreáticas hidrolizan el almidón y el glucógeno a disacáridos, los cuales son escindidos por las disacaridasas localizadas en el borde ciliado en el interior de las microvellosidades de las células epiteliales del intestino. Así, la lactosa se rompe en glucosa y fructosa, y la maltosa, en dos moléculas de glucosa. Los monosacáridos, tales como la glucosa y la galactosa, son absorbidos por transporte activo.

Las proteínas de la dieta se degradan inicialmente en el estómago por efecto de la pepsina. Pero la mayor parte de éstas son degradadas a dipéptidos y tripéptidos, y una pequeña cantidad de aminoácidos, en el intestino delgado. Los dipéptidos y los tripéptidos se hidrolizan por efecto de la dipeptidasa en el borde ciliado del epitelio intestinal. Los únicos que experimentan un transporte activo son los L-aminoácidos. Más del 99% de los productos de digestión de las proteínas se absorben en forma de aminoácidos sencillos y sólo existe una absorción escasa de péptidos.

La grasa ingerida es digerida principalmente en el intestino delgado. El intervalo de tiempo necesario para el vaciamiento gástrico es mayor después de una comida rica en grasas que después de una que contenga menores cantidades de ésta. La grasa de la dieta se digiere y se absorbe de acuerdo con la siguiente secuencia: hidrólisis de los triglicéridos por la lipasa pancreática a ácidos grasos libres y 2-monoglicéridos; formación de micelas por agregación de los ácidos grasos y los 2-monoglicéridos con las sales biliares; paso de las micelas al interior de las células de la mucosa yeyunal donde tiene lugar la esterificación y la formación de quilomicrones y, finalmente, transporte de estos quilomicrones desde las células de la mucosa a los linfáticos intestinales.

Para que los alimentos sean digeridos y absorbidos de forma apropiada, su paso a través del tubo digestivo, así como el tiempo que permanece en cada porción ha de ser regulado. Esta regulación es coordinada tanto por mecanismos nerviosos como humorales. En el primer caso, la regulación corre a cargo del plexo mioentérico de Auerbach (responsable de los movimientos del tubo digestivo), y del plexo de Meissner o submucoso (controla las actividades de las glándulas productoras de enzimas). El suministro nervioso autónomo del tubo digestivo es doble con fibras simpáticas y parasimpáticas que son responsables de actividades opuestas. Se han identificado diferentes neurotransmisores (acetilcolina, noradrenalina, dopamina, serotonina, adenosintrifosfato, colecistocinina, sustancia P, péptido intestinal vasoactivo, somatostatina, leuencefalina, metencefalina y bombesina), cuya función aún no es bien conocida.

Por otro lado, la regulación depende de sustancias hormonales como son la gastrina, enterogastrona, secretina y pancreocimina, colecistocinina, péptido inhibidor gástrico, etc.

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

• FRISTSCH, Helga; KÜHNEL. **Atlas de antomía de órganos internos**. Editorial Médica Panamericana.

• GUYTON. **Tratado de fisiología médica**. 11 Edición. Editorial Elsevier España.

• NETTER. **Anatomía humana. Sistema respiratorio**. Editorial Masson.

• PUTZ, Reinhard V. y PABST (2002). **Atlas de anatomía: tronco, vísceras y miembro inferior (T. II)** (2 1ª Ed.). Editorial Médica Panamericana.

• WIKIPEDIA: http://es.wikipedia.org/wiki/Digesti%C3%B3n.

• **Apuntes Medicina Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México**: http://www.facmed.unam.mx/.