

# El aparato digestivo

## El aparato digestivo y la homeostasis

**El aparato digestivo contribuye a la homeostasis degradando los alimentos de manera que las células del organismo puedan absorberlos y utilizarlos.**

**También absorbe agua, vitaminas y minerales y elimina desechos.**





Los alimentos que ingerimos contienen gran variedad de nutrientes, que se utilizan para formar nuevos tejidos y reparar los dañados. Los alimentos son también imprescindibles para la vida porque constituyen la única fuente de energía química. Sin embargo, la mayoría de los alimentos que ingerimos consisten en moléculas que son demasiado grandes para ser usadas por las células. Por lo tanto, deben reducirse a moléculas lo suficientemente pequeñas como para entrar en las células, proceso conocido como **digestión**. Los órganos que intervie-

nen en la degradación de los alimentos forman el **aparato digestivo**.

La especialidad médica que estudia la estructura y la función del estómago y el intestino, así como el diagnóstico y el tratamiento de sus enfermedades es la **gastroenterología** (gastro-, de *gastros*, estómago; entero-, de *enteron*, intestino, y -logía, de *lógos*, estudio).

La rama de la medicina dedicada al diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del recto y ano se llama **proctología** (procto, de *prooktós*, ano).

## GENERALIDADES DEL APARATO DIGESTIVO

### ▶ OBJETIVOS

Identificar los órganos del aparato digestivo.

Describir los procesos básicos que se llevan a cabo en el aparato digestivo.

Dos grupos de órganos componen el aparato digestivo (fig. 24-1): el tracto gastrointestinal (GI) y los órganos digestivos accesorios.

El **tracto gastrointestinal (GI)**, o **tubo digestivo**, es un tubo continuo que se extiende desde la boca hasta el ano. Entre los órganos del tracto gastrointestinal se incluye la boca, gran parte de la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. La longitud del tracto GI medido en un cadáver es aproximadamente de 9 metros. En el individuo vivo es mucho más corto porque los músculos de las paredes de los órganos del tracto GI tienen un tono basal permanente (contracción sostenida). Entre los **órganos digestivos accesorios** se hallan los dientes, la lengua, las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar y el páncreas. Los dientes colaboran en la degradación física de los alimentos y la lengua participa en la masticación y la deglución. Los otros órganos digestivos accesorios nunca entran en contacto directo con los alimentos, sino que producen y almacenan sustancias que pasan al tracto GI a través de conductos; estas secreciones contribuyen a la degradación química de los alimentos.

Básicamente, el aparato digestivo realiza seis procesos:

**1. Ingestión.** Este proceso implica la ingestión de alimentos sólidos y líquidos por la boca.

**2. Secreción.** Cada día, las células del tracto GI y de los órganos digestivos accesorios secretan en total unos 7 litros de agua, ácido, *buffers* (sustancias amortiguadoras) y enzimas hacia la luz (espacio interior) del tubo.

**3. Mezcla y propulsión.** Mediante la contracción y relajación alternadas del músculo liso de las paredes del tracto GI, se mezclan el alimento y las secreciones y éstos son propulsados hacia el ano. La capacidad del tracto GI de mezclar y transportar el material en toda su longitud se denomina **motilidad**.

**4. Digestión.** Mediante procesos mecánicos y químicos convierte a los alimentos ingeridos en moléculas más pequeñas. En la **digestión mecánica** los dientes cortan y trituran los alimentos antes de la deglución, y luego el músculo liso del estómago y el intestino delgado se encargan de mezclarlos. De esta manera, las moléculas se disuelven y se mezclan completamente con las **enzimas** digestivas. En la **digestión química**, grandes moléculas de hidratos de carbono,

lípidos, proteínas y ácidos nucleicos de los alimentos se dividen en moléculas más pequeñas por **hidrólisis** (véase fig. 2-15). Las enzimas digestivas producidas por las glándulas salivales, la lengua, el estómago, el páncreas y el intestino delgado catalizan esas reacciones catabólicas. Pocas sustancias pueden absorberse sin digestión química. Éstas comprenden las vitaminas, iones, colesterol y agua.

**5. Absorción.** El ingreso de los líquidos secretados, los iones y los productos de la digestión en las células epiteliales que revisten la luz del tracto GI se llama **absorción**. Estas sustancias absorbidas pasan a la circulación sanguínea o linfática y llegan a las células de todo el organismo.

**6. Defecación.** Los residuos, las sustancias indigeribles, las bacterias, las células descamadas del revestimiento GI y los materiales digeridos pero no absorbidos en su trayecto por el tubo digestivo abandonan el cuerpo a través del ano en el proceso de **defecación**. El material eliminado constituye la materia fecal o **heces**.

### ▶ PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué componentes del aparato digestivo son órganos del tracto GI y cuáles son órganos digestivos accesorios?
2. ¿Qué órganos del aparato digestivo entran en contacto con los alimentos, y qué funciones cumplen en la digestión?
3. ¿Qué clase de moléculas sufren digestión química, y cuáles no?

## CAPAS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

### ▶ OBJETIVO

Describir la estructura y la función de las capas que constituyen la pared del tubo digestivo o tracto GI.

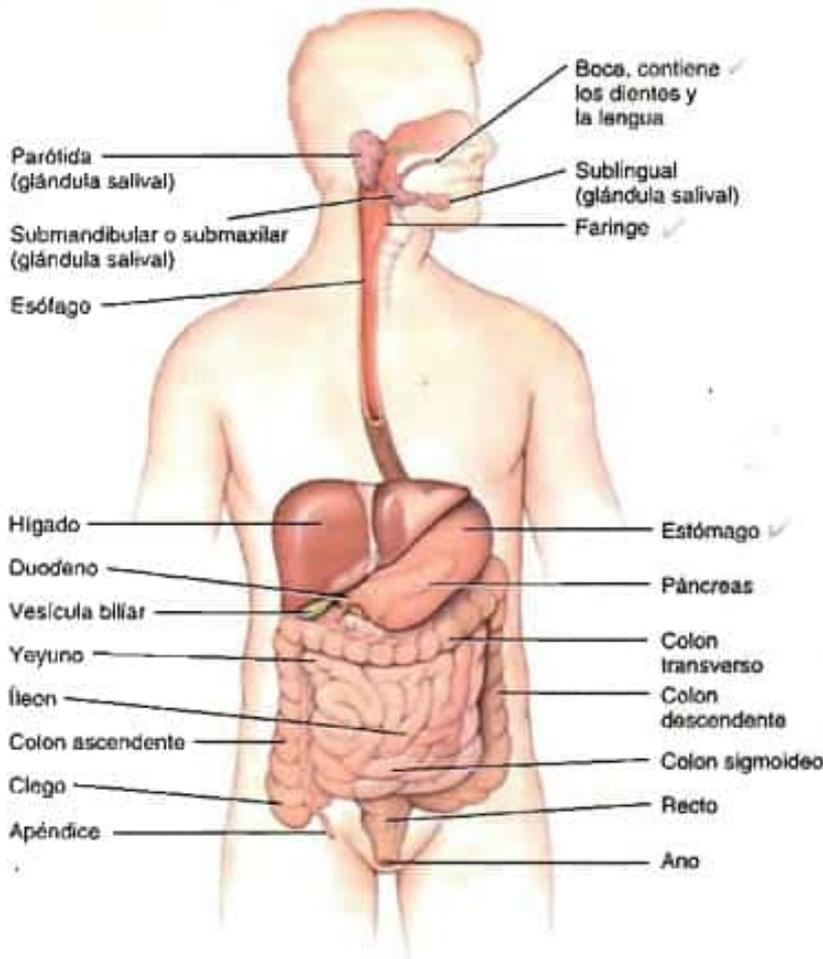
La pared del tracto GI desde el esófago inferior hasta el conducto anal presenta la misma estructura básica con cuatro capas de tejido, que de la profundidad a la superficie son: mucosa, submucosa, muscular y serosa (fig. 24-2).

### Mucosa

La **mucosa**, o revestimiento interior del tracto GI es, como su nombre lo indica, una membrana mucosa. Está compuesta por 1) una capa de epitelio en contacto directo con el contenido luminal, 2) una capa de tejido conectivo llamado **lámina propia** y 3) una fina capa de músculo liso (*muscularis mucosae*).

Fig. 24-1 Órganos del aparato digestivo.

Los órganos del tracto gastrointestinal (GI) son la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. Los órganos digestivos accesorios están representados por los dientes, la lengua, las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar y el páncreas.



Vista lateral derecha de la cabeza y el cuello y vista anterior del tronco

#### Funciones

1. **Ingestión:** introducción de alimentos en la boca.
2. **Secreción:** liberación de agua, ácidos, amortiguadores y enzimas en la luz del tracto GI.
3. **Mezcla y propulsión:** batido y progresión de los alimentos a lo largo del tracto GI.
4. **Digestión:** degradación mecánica y química de los alimentos.
5. **Absorción:** paso de los productos digeridos del tracto GI a la sangre y la linfa.
6. **Defecación:** eliminación de las heces del tracto GI.

¿Qué estructuras del aparato digestivo secretan enzimas digestivas?

1. El **epitelio** de la boca, faringe, esófago y conducto anal está constituido principalmente por epitelio pavimentoso o plano estratificado no queratinizado, que cumple funciones protectoras. Un epitelio cilíndrico simple con funciones de secreción y absorción reviste el estómago y el intestino. Las uniones estrechas que asocian íntimamente a las células del epitelio simple entre sí restringen las filtraciones intercelulares. La velocidad de renovación de las células epiteliales del tracto GI es rápida: cada 5 a 7 días se descaman y son reemplazadas por células nuevas. Localizadas entre las células epiteliales, existen células **exocrinas** que secretan mucus y líquido hacia la luz del tubo y diversos tipos de células **endocrinas**, llamadas **células enteroendocrinas**, que secretan hormonas en la sangre.

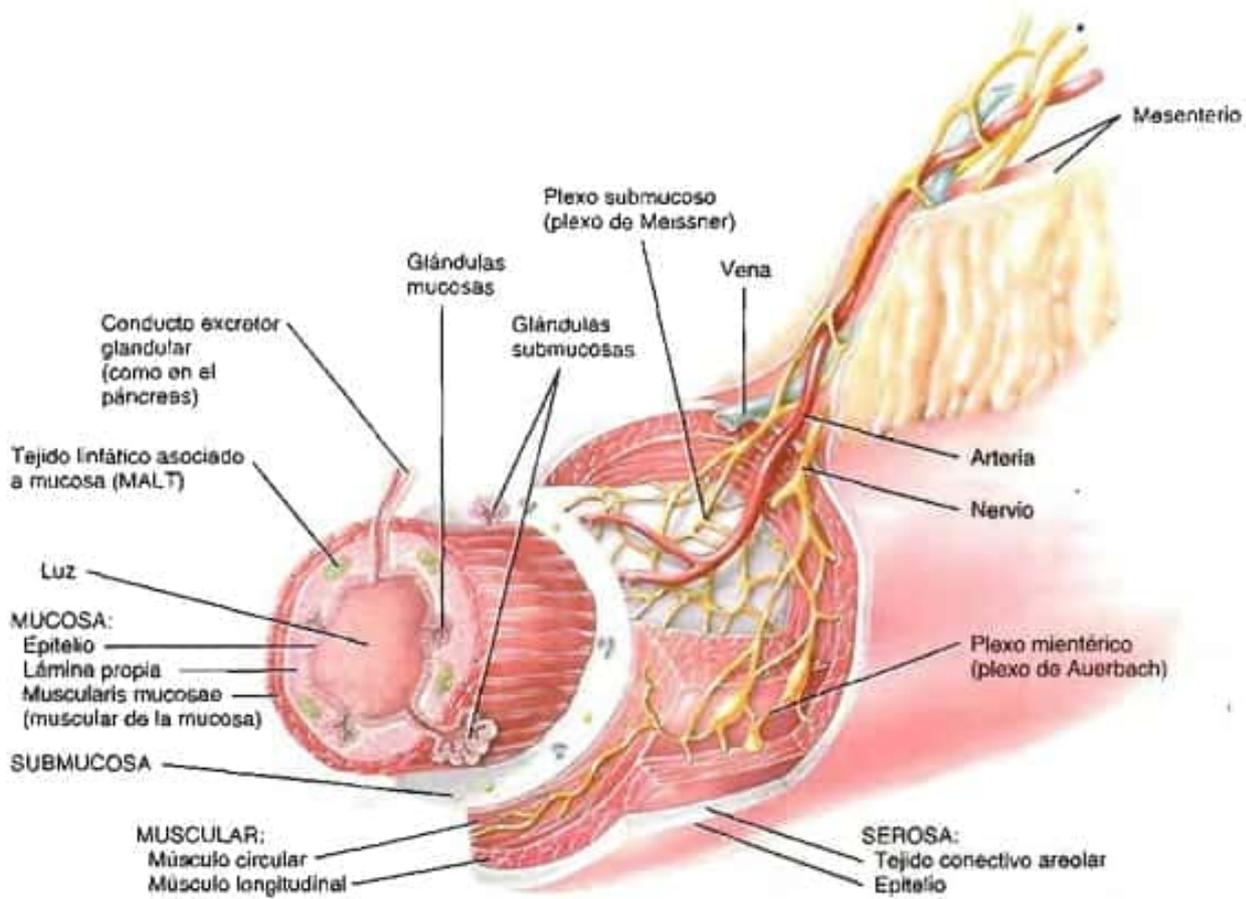
2. La **lámina propia** es tejido conectivo areolar que contiene muchos capilares sanguíneos y vasos linfáticos, a lo largo de los

cuales los nutrientes absorbidos en el tracto GI llegan a los otros tejidos del cuerpo. Esta capa sostiene al epitelio y lo fija a la capa muscular de la mucosa (véase más adelante). La lámina propia contiene además la mayor parte de las células del **tejido linfático asociado con la mucosa (MALT)**. Estos nódulos linfáticos voluminosos contienen células del sistema inmunitario que protegen contra las enfermedades (véase cap. 22). El MALT se presenta a lo largo de todo el tubo digestivo, especialmente en las amígdalas, el intestino delgado, el apéndice y el intestino grueso.

3. Una fina capa de fibras musculares lisas llamadas **muscularis mucosae** forma en la membrana mucosa del estómago y del intestino delgado gran cantidad de pequeños pliegues, los cuales incrementan la superficie de digestión y absorción. Los movimientos de esta capa aseguran que todas las células encargadas de

**Fig. 24-2 Capas del tubo digestivo.** Variaciones de esta estructura básica pueden observarse en el esófago (fig. 24-9), el intestino delgado (fig. 24-18) y en el intestino grueso (fig. 24-23).

Las cuatro capas del tubo digestivo, de la profundidad a la superficie, son la mucosa, la submucosa, la muscular y la serosa.



¿Cuáles son las funciones de la lámina propia?

la absorción estén completamente expuestas al contenido del tubo digestivo.

### Submucosa

La **submucosa** consiste en tejido conectivo areolar que une la mucosa a la muscular. Contiene gran profusión de capilares sanguíneos y linfáticos que reciben las moléculas de alimento absorbidas. Además, en la submucosa se encuentra una extensa red neuronal conocida como **plexo submucoso** (descrito más adelante). En la submucosa también hay glándulas y tejido linfático.

### Muscular

La **muscular** de la boca, la faringe y el esófago superior y medio contiene **músculo esquelético** que produce la deglución voluntaria. El músculo esquelético también forma el esfínter anal externo,

que permite el control voluntario de la defecación. A lo largo del resto del tubo, la muscular consiste en **músculo liso** que generalmente se dispone en dos capas: una capa interna de fibras circulares y una externa de fibras longitudinales. La contracción involuntaria del músculo liso contribuye a degradar los alimentos, mezclarlos con las secreciones digestivas y propulsarlo a lo largo del tubo. Entre las capas de la muscular se encuentra un segundo plexo neuronal, el **plexo mientérico** (descrito más adelante).

### Serosa

Aquellas partes del tracto GI suspendidas dentro de la cavidad abdominal constan de una capa superficial llamada **serosa**. Como su nombre lo indica, es una membrana serosa compuesta por tejido conectivo areolar y epitelio pavimentoso simple (mesotelio). La serosa también se denomina **peritoneo visceral** porque forma parte de una porción del peritoneo, que examinaremos en detalle más adelante.

te. El esófago carece de serosa: en su lugar, una capa simple de tejido conectivo areolar llamada *adventicia* forma la capa superficial de este órgano.

► PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿En qué lugares del tracto GI la muscular está compuesta por músculo esquelético? ¿El control del músculo esquelético es voluntario o involuntario?
- Nombre las cuatro capas del tracto gastrointestinal y describa sus funciones.

## INERVACIÓN DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

► OBJETIVO

Describir la inervación del tracto GI.

El tracto gastrointestinal está regulado por una red neural intrínseca conocida como sistema nervioso entérico y por una red extrínseca que forma parte del sistema nervioso autónomo.

### Sistema nervioso entérico

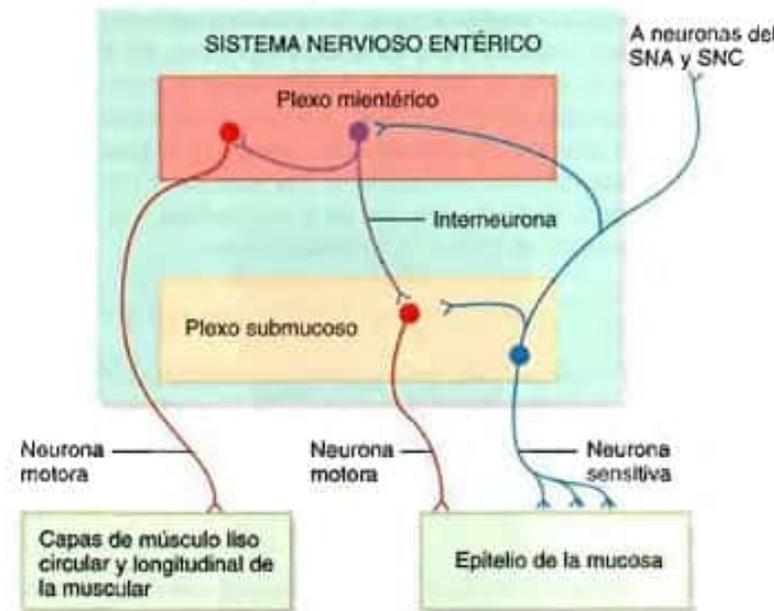
Se describió el sistema nervioso entérico (SNE), el "cerebro digestivo", en el capítulo 12. Consiste aproximadamente en 100 millones de neuronas distribuidas desde el esófago hasta el ano. Las neuronas del SNE se organizan en dos plexos: el plexo mientérico y el plexo de la submucosa (véase fig. 24-2). El **plexo mientérico** (*mio-*, de *myós*, músculo), o plexo de Auerbach, se localiza entre las capas longitudinal y circular de músculo liso de la túnica muscular. El **plexo submucoso**, o plexo de Meissner, está dentro de la submucosa. Los plexos del SNE están compuestos por motoneuronas, interneuronas y neuronas sensitivas (fig. 24-3). Como las motoneuronas del plexo mientérico inervan las capas circular y longitudinal de músculo liso de la muscular, este plexo controla sobre todo la motilidad (movimiento) del tracto GI, particularmente la frecuencia y la fuerza de la contracción de la capa muscular. Las motoneuronas del plexo submucoso inervan las células secretoras de la mucosa epitelial y controlan de tal modo las secreciones de los órganos del tubo digestivo. Las interneuronas de SNE conectan las neuronas de ambos plexos, mientérico y submucoso. Las neuronas sensitivas del SNE inervan la mucosa epitelial. Algunas de estas neuronas sensitivas funcionan como *quimiorreceptores*, es decir, receptores que se activan por la presencia de ciertas sustancias químicas de los alimentos localizadas en la luz del tubo digestivo. Otras neuronas sensitivas funcionan como *mecanorreceptores*, o receptores de estiramiento, que se activan cuando los alimentos distienden (estiran) las paredes del tubo digestivo.

### Sistema nervioso autónomo

Aunque las neuronas del SNE pueden funcionar independientemente, dependen de la regulación por las neuronas del sistema

Fig. 24-3 Organización del sistema nervioso entérico.

El sistema nervioso entérico está constituido por neuronas dispuestas dentro de los plexos mientérico y de la submucosa.



¿Cuáles son las funciones de los plexos mientérico y de la submucosa del sistema nervioso entérico?

nervioso autónomo. El nervio vago (X) lleva fibras parasimpáticas a casi todo el tracto GI, con la excepción de la última mitad del intestino grueso, inervado por fibras parasimpáticas provenientes de la médula espinal sacra. Esos nervios parasimpáticos mantienen conexiones con el SNE. Las neuronas parasimpáticas preganglionares del vago o de los nervios espléncicos de la pelvis hacen sinapsis con las neuronas parasimpáticas posganglionares de los plexos mientérico y de la submucosa. Algunas neuronas parasimpáticas posganglionares, en cambio, establecen sinapsis con neuronas del SNE: otras inervan directamente el músculo liso y las glándulas de la pared del tracto GI. La estimulación de los nervios parasimpáticos que inervan el tracto GI suele aumentar la secreción y la motilidad, por el incremento de la actividad de las neuronas del SNE.

Los nervios simpáticos destinados al tubo digestivo proceden de las regiones torácica y lumbar de la médula. Al igual que los nervios parasimpáticos, presentan conexiones con el SNE. Las neuronas simpáticas posganglionares hacen sinapsis con las neuronas localizadas en los plexos mientérico y submucoso. Generalmente, los nervios simpáticos que se dirigen al tracto GI causan una disminución de la secreción y motilidad por inhibición de las neuronas del SNE. Diversas emociones, como la cólera, el miedo o la ansiedad pueden retardar la digestión por la estimulación de los nervios simpáticos del tracto GI.

## Vías reflejas gastrointestinales

Muchas neuronas del SNE son componentes de las *vías reflejas* que regulan la secreción y motilidad GI en respuesta a estímulos presentes en su luz. Los componentes iniciales de la vía refleja digestiva típica son receptores sensitivos (como los quimiorreceptores y los mecanorreceptores), asociados con las neuronas sensitivas del SNE. Los axones de estas neuronas sensitivas pueden hacer sinapsis con otras neuronas localizadas en el SNE, SNC o SNA y llevar información a esas regiones acerca de la naturaleza del contenido y el grado de distensión (estiramiento) del tubo digestivo. Las neuronas del SNE, SNC o SNA activan o inhiben posteriormente a las glándulas y el músculo liso GI, alterando la secreción y a motilidad de éste.

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Cómo está regulado el sistema nervioso entérico por el sistema nervioso autónomo?
- ¿Qué es una vía refleja gastrointestinal?

## PERITONEO

### ► OBJETIVO

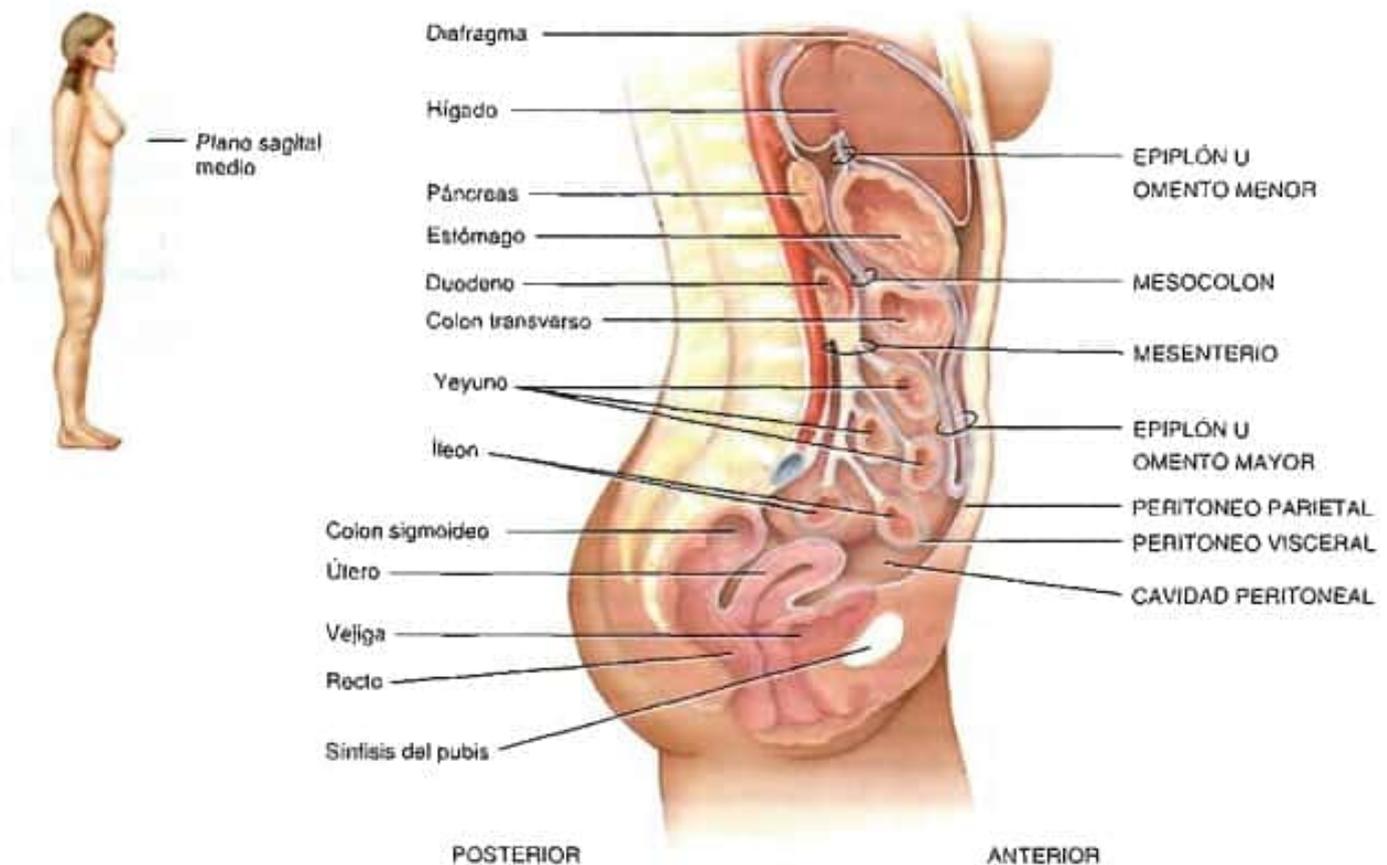
Describir el peritoneo y sus repliegues.

El **peritoneo** (de *peritēnein*, extender alrededor) es la membrana serosa más grande del organismo; consiste en una capa de epitelio pavimentoso simple (mesotelio) con una capa de sostén subyacente formada por tejido conectivo areolar. El peritoneo se divide en el **peritoneo parietal**, que reviste la pared de la cavidad abdominopelviana y el **peritoneo visceral**, que cubre de modo total o parcial algunos órganos de la cavidad y forma su serosa (fig. 24-4a). El espacio delgado que contiene líquido seroso y que se sitúa entre las porciones parietal y visceral del peritoneo se llama **cavidad peritoneal**. En ciertas enfermedades, la cavidad peritoneal se puede distender por acumulación de grandes volúmenes de líquido, proceso denominado **ascitis**.

Como veremos en breve, algunos órganos se localizan en la pared abdominal posterior y están recubiertos por el peritoneo sólo en su cara anterior. Estos órganos, incluyendo los riñones y el páncreas, se denominan **retroperitoneales** (retro-, de *retro*, detrás).

**Fig. 24-4** Relación de las hojas peritoneales entre sí y con los órganos del aparato digestivo. El tamaño de la cavidad peritoneal en (a) fue exagerado con el fin de destacarla.

El peritoneo es la serosa más grande del organismo.

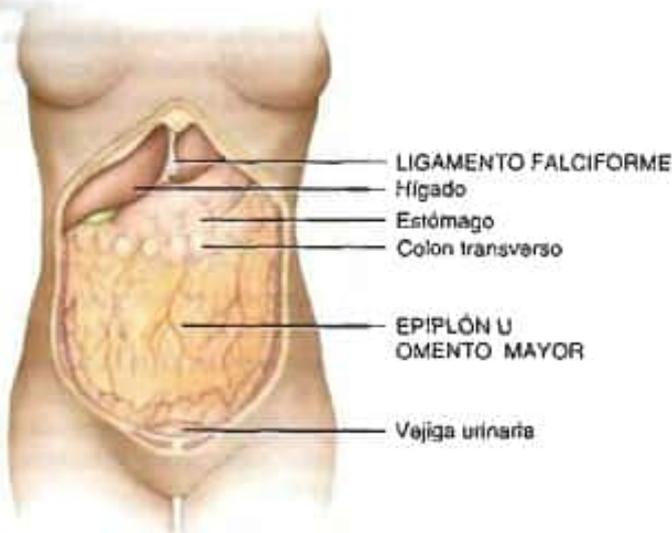


(a) Corte sagital y medio que muestra los repliegues peritoneales.

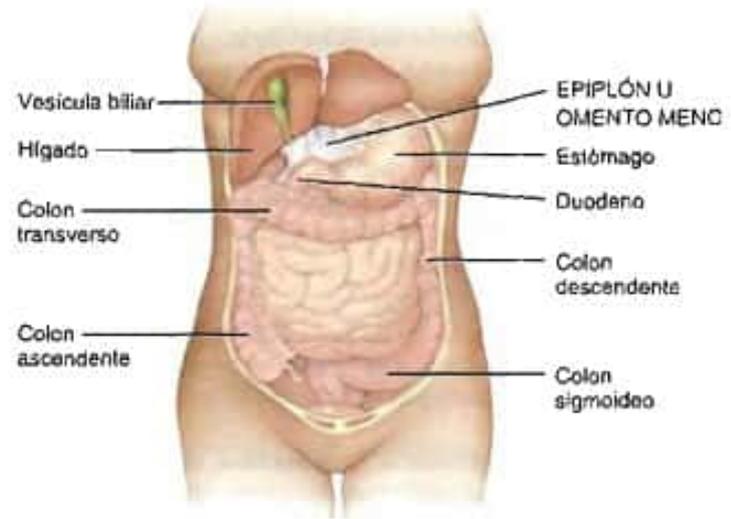
A diferencia del pericardio y la pleura, que revisten uniformemente al corazón y los pulmones, el peritoneo forma grandes repliegues entre las vísceras. Estos repliegues unen los órganos entre sí y con la pared de la cavidad abdominal y contienen vasos sanguíneos, linfáticos y nervios que se dirigen a los órganos abdominales. Los cinco repliegues peritoneales más importantes son el epiplón u

omento mayor, el ligamento falciforme, el epiplón u omento menor, el mesenterio y el mesocolon.

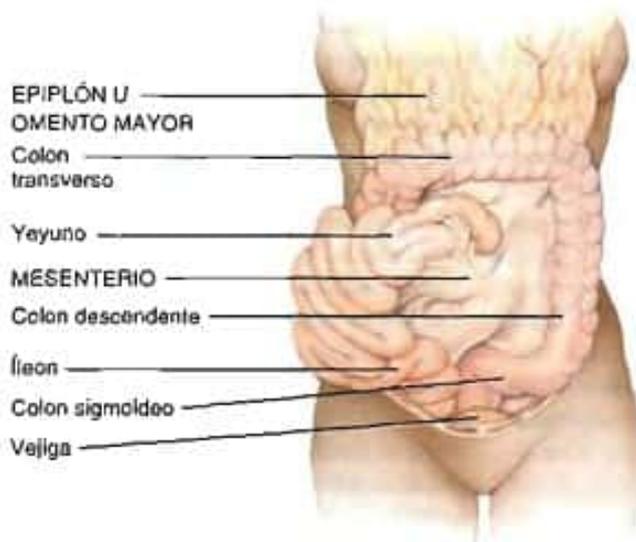
1. El **eiplón u omento mayor**, (de *oméntum*, piel gruesa) la hoja más grande del peritoneo, cae sobre el colon transverso y cubre el intestino delgado como un "delantal adiposo" (figs. 24-4a y d).



(b) Vista anterior



(c) Epiplón menor, vista anterior (hígado y vesícula biliar levantados)



(d) Vista anterior (eiplón mayor levantado e intestino delgado desplazado hacia la derecha)

¿Qué pliegue peritoneal une el intestino delgado con la pared abdominal posterior?

Está compuesto por dos hojas que se pliegan sobre sí mismas y forman en total cuatro capas. Desde sus inserciones a lo largo del estómago y el duodeno, el epiplón mayor se extiende hacia abajo por delante del intestino delgado. Luego se vuelve y asciende insertándose en el colon transversal. En el epiplón mayor se suele observar una considerable cantidad de tejido adiposo. Éste puede acrecentarse en gran medida con el aumento de peso y dar lugar al característico “vientre de cerveza” visto en algunas personas con sobrepeso. Los numerosos ganglios linfáticos presentes en el epiplón mayor colaboran con los macrófagos y las células plasmáticas productoras de anticuerpos a combatir y limitar las infecciones del tracto GI.

2. El **ligamento falciforme** (falsi-, de *falx*, hoz, y *forme*, de forma) une el hígado a la pared abdominal anterior y al diafragma (fig. 24-4b). El hígado es el único órgano digestivo que está unido a la pared abdominal anterior.

3. El **epiplón (omento) menor** se origina como dos pliegues en la serosa del estómago y el duodeno y suspende a estos dos órganos del hígado (fig. 24-4a y c). Contiene algunos ganglios linfáticos.

4. El **mesenterio** (de *meso-*, medio), una hoja del peritoneo con aspecto de abanico, une el intestino delgado a la pared abdominal posterior (fig. 24-4a y d). Se extiende desde esta pared, envuelve al intestino delgado y regresa a su origen formando una estructura de dos capas. Entre ambas capas se disponen vasos sanguíneos y vasos y ganglios linfáticos.

5. Un repliegue peritoneal, el **mesocolon**, une el intestino grueso a la pared abdominal posterior (fig. 24-4a). También contiene vasos sanguíneos y linfáticos. Juntos, el mesenterio y el mesocolon, fijan al intestino en su posición, pero permiten movimientos como las contracciones musculares necesarias para mezclar e impulsar el contenido de la luz a lo largo del tubo digestivo.

## Peritonitis

Una causa común de peritonitis, la inflamación aguda del peritoneo, es su contaminación con microorganismos infecciosos, que pueden provenir de heridas accidentales o quirúrgicas de la pared abdominal o la perforación o ruptura de algún órgano abdominal. Si, por ejemplo, las bacterias irrumpen en la cavidad peritoneal a través de una perforación intestinal o la ruptura del apéndice, pueden producir una peritonitis aguda potencialmente fatal. Una forma de peritonitis más leve (aunque dolorosa) puede ser el resultado del roce de las superficies peritoneales inflamadas entre sí. La peritonitis es particularmente grave en los pacientes bajo diálisis peritoneal, un procedimiento en el que el peritoneo se usa para filtrar la sangre cuando los riñones no funcionan en forma adecuada. ■

## ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Dónde se localizan el peritoneo parietal y el peritoneo visceral?
- Describir los sitios de inserción y las funciones del mesenterio, mesocolon, ligamento falciforme, epiplón (omento) menor y epiplón (omento) mayor.

## BOCA

### ► OBJETIVOS

- Identificar la localización de las glándulas salivales, y describir la función de sus secreciones.
- Describir la estructura y las funciones de la lengua.
- Identificar las partes de un diente típico, y comparar los dientes deciduos con los permanentes.

La **boca** (de *bucca*, abertura), también denominada **cavidad bucal** u **oral**, está formada por las mejillas, el paladar duro, el paladar blando y la lengua (fig. 24-5). Las **mejillas** forman las paredes laterales de la cavidad bucal. Están cubiertas por piel en el exterior y por una mucosa en el interior, que consiste en epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado. El músculo buccinador y el tejido conectivo se localizan entre la piel y la mucosa de las mejillas. La porción anterior de éstas termina en los labios.

Los **labios** (de *labium*, borde carnosos) son pliegues carnosos que rodean la abertura de la boca. Contienen el músculo orbicular de los labios y están cubiertos externamente por piel y revestidos por dentro por mucosa. La superficie interna de cada labio se une a la encía correspondiente por un pliegue mucoso de la línea media, llamado **frenillo del labio**. Durante la masticación, la contracción de los músculos buccinador y del orbicular de los labios ayuda a mantener los alimentos entre los dientes superiores e inferiores. Estos músculos también participan en el habla.

El **vestíbulo** (entrada a un conducto) de la cavidad bucal es el espacio limitado hacia afuera por las mejillas y los labios y hacia adentro por las encías y los dientes. La **cavidad bucal** propiamente dicha es un espacio que se extiende desde las encías y los dientes hasta las **fauces**, el paso entre la cavidad bucal y la faringe (garganta).

El **paladar duro**—la parte anterior del techo de la boca— está constituido por los huesos maxilar y palatino y se halla revestido de mucosa; establece un límite óseo entre las cavidades bucal y nasal. El **paladar blando**, que representa la porción posterior del techo de la boca, es un tabique muscular en forma de arco entre la orofaringe y la nasofaringe, revestido por una membrana mucosa.

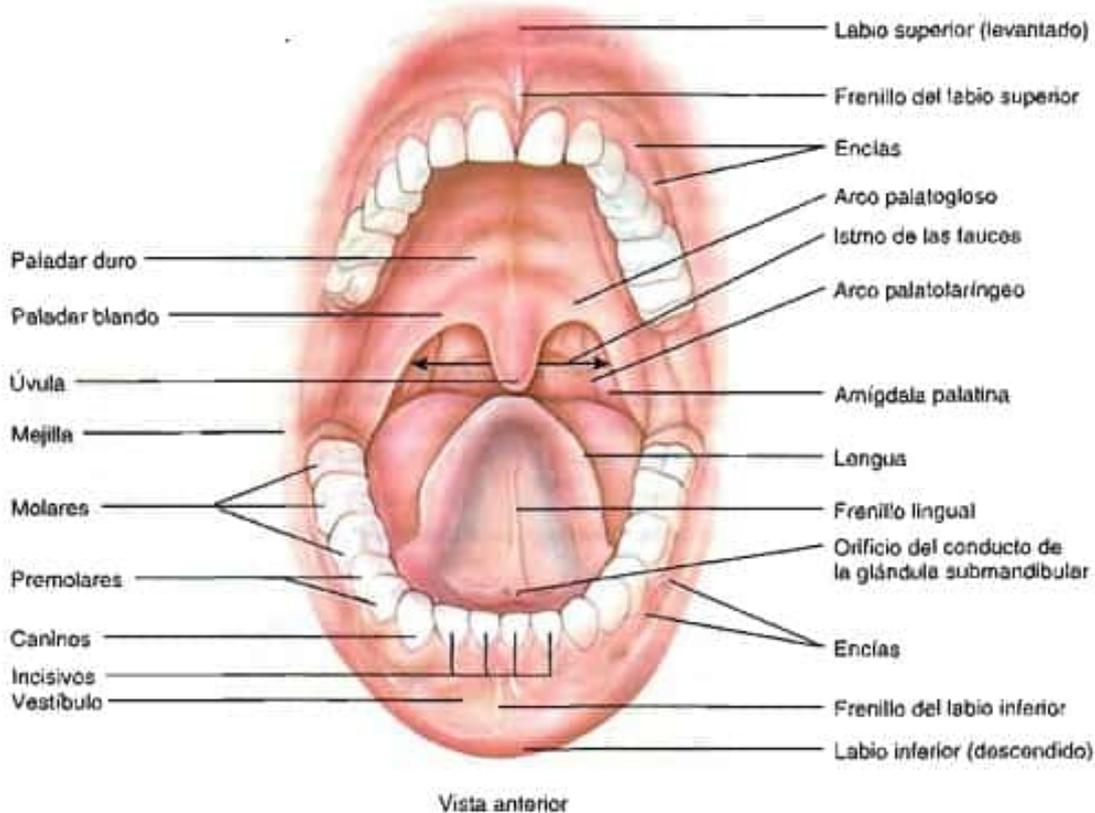
Pendiendo del borde libre del paladar blando hay una masa muscular cónica llamada **úvula** (= uva pequeña). Durante la deglución, el paladar blando y la úvula se elevan y ocluyen la nasofaringe, lo cual evita que los alimentos y los líquidos deglutidos ingresen en la cavidad nasal. Desde la base de la úvula parten dos pliegues musculares que recorren los lados del paladar blando: hacia adelante, el **arco palatogloso** se extiende hacia el borde de la base de la lengua; hacia atrás, el **arco palatofaríngeo** se extiende hasta el borde de la faringe. Las amígdalas palatinas se sitúan entre estos arcos, y las amígdalas linguales se hallan en la base de la lengua. Siguiendo del borde posterior del paladar blando, la boca se abre en la orofaringe a través del istmo de las fauces (fig. 24-5).

## Glándulas salivales

Las **glándulas salivales** liberan en la cavidad bucal una secreción llamada saliva. Habitualmente, se secreta suficiente saliva co-

Fig. 24-5 Estructuras de la boca.

La boca está formada por las mejillas, el paladar blando, el paladar duro y la lengua.



¿Cuál es la función de la úvula?

mo para humedecer las mucosas de la boca y la faringe y mantener limpios la boca y los dientes. Cuando los alimentos ingresan en la boca, aumenta la secreción de saliva que lubrica y disuelve los alimentos e inicia su digestión química.

La mucosa de la boca y la lengua contiene glándulas salivales pequeñas que se abren, directa o indirectamente, a través de pequeños conductos, en la cavidad bucal. Entre estas glándulas se encuentran las *glándulas labiales, bucales y palatinas* en los labios, mejillas y paladar, respectivamente, y las *glándulas linguales* en la lengua, las cuales contribuyen, poco a la secreción la saliva.

Sin embargo, la mayor parte de la saliva se secreta en las **glándulas salivales mayores**, que no están contenidas en la mucosa de la boca y cuyos conductos desembocan en la cavidad bucal. Hay tres pares de glándulas salivales mayores: la *parótida*, la *submandibular* o *submaxilar*, y la *sublingual* (fig. 24-6a). Las **glándulas parótidas** (par-, de *pará*, al lado de, y *otós*, oído) se localizan por debajo y por delante de las orejas, entre la piel y el músculo masetero. Cada una secreta saliva en la cavidad bucal mediante el **conducto parotídeo** que atraviesa el músculo buccinador para abrirse en el vestíbulo frente al segundo molar superior. Las **glándulas submandibulares** (*submaxilares*) se hallan sobre el piso de la boca, en posición medial y parcialmente inferior al cuerpo de la mandíbula. Sus conduc-

tos, los **conductos submandibulares**, discurren por debajo de la mucosa a cada lado de la línea media del piso de la boca y entran en la cavidad bucal lateralmente al frenillo de la lengua. Las **glándulas sublinguales** se encuentran por debajo de la lengua y por encima de las glándulas submandibulares. Sus conductos, los **conductos sublinguales menores**, se abren en el piso de la boca.

### Composición y funciones de la saliva

La composición química de la **saliva** es del 99,5% de agua y 0,5% de solutos. Entre estos solutos hay iones, como sodio, potasio, cloruro, bicarbonato y fosfato, algunos gases disueltos y varias sustancias orgánicas, como urea y ácido úrico, mucus, inmunoglobulina A, la enzima bactericida lisozima y la amilasa salival, la enzima digestiva que actúa sobre el almidón.

No todas las glándulas salivales aportan los mismos componentes. La glándula parótida secreta un líquido acuoso (seroso) que contiene amilasa salival. Como la glándula submandibular contiene células similares a las de la glándula parótida, sumadas a algunas células mucosas, secreta un líquido que contiene amilasa pero es más espeso por el contenido de mucus. Las glándulas sublinguales contienen, en su gran mayoría, células mucosas, por lo cual secretan un

líquido mucho más espeso que contribuye sólo con una cantidad muy pequeña de amilasa salival.

El agua de la saliva suministra el medio propio para disolver los alimentos de manera que puedan ser detectados por los receptores del gusto y comenzar las secreciones digestivas. Los iones cloruro de la saliva activan la amilasa salival, enzima que comienza la degradación del almidón. Los iones bicarbonato y fosfato amortiguan los alimentos ácidos que entran en la boca y por lo tanto la saliva es ligeramente ácida (pH 6,35-6,85). Las glándulas salivales (al igual que las glándulas sudoríparas de la piel) ayudan a eliminar desechos moleculares del cuerpo, lo cual explica la presencia de urea y ácido úrico en la saliva. El moco lubrica los alimentos para que puedan movi-

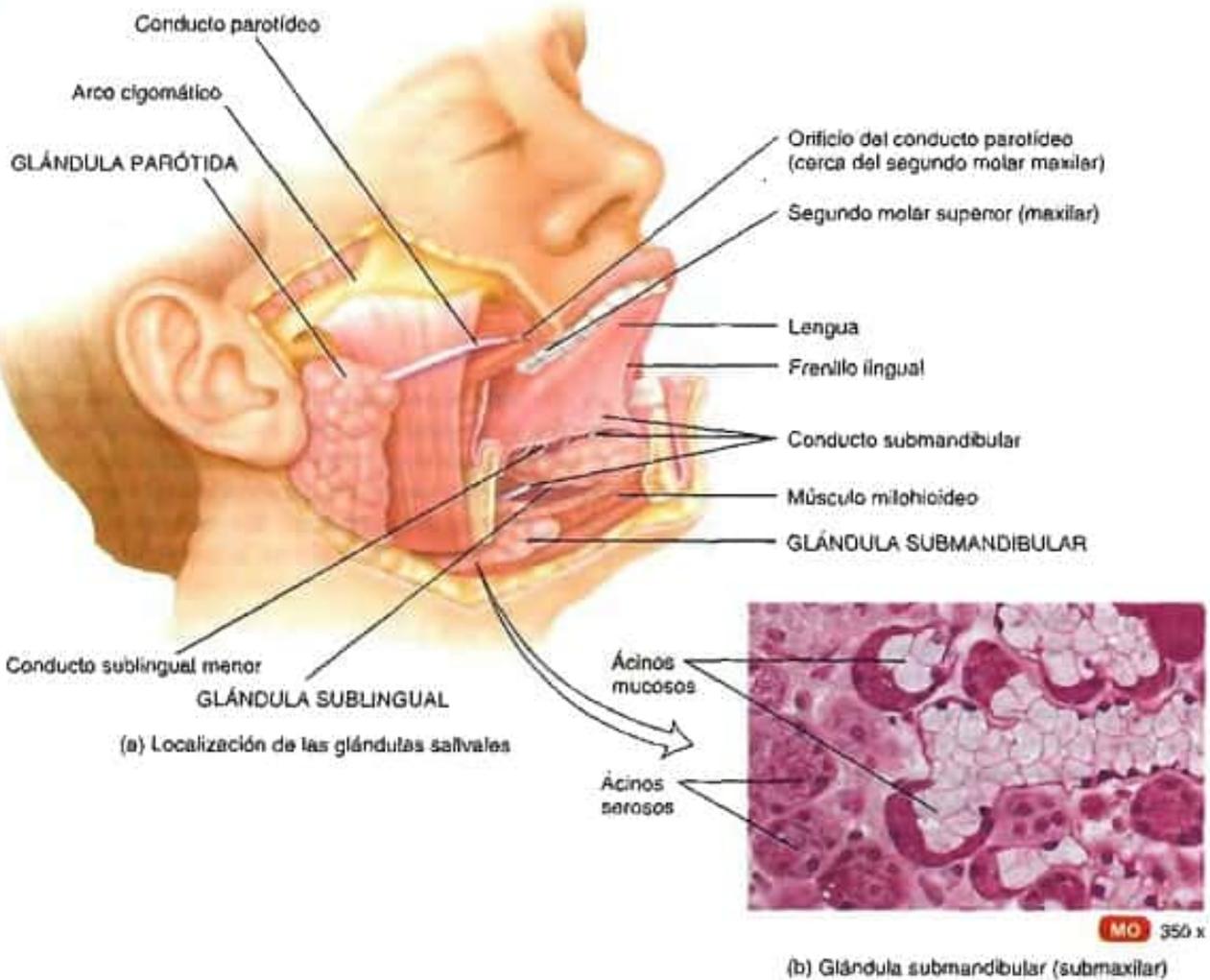
lizarse fácilmente en la boca, formen un bolo y sean deglutidos. La inmunoglobulina A (IgA) impide la adhesión de microorganismos de manera que no puedan franquear el epitelio, y la enzima lisozima destruye a las bacterias; sin embargo, estas sustancias no tienen una concentración suficiente para eliminar todas las bacterias bucales.

### Salivación

La secreción de saliva, o **salivación**, está controlada por el sistema nervioso autónomo. El volumen de saliva secretada por día varía considerablemente pero se mantiene en un promedio de 1 000-1 500 mL. En condiciones normales, la estimulación parasimpática

**Fig. 24-6** Las tres glándulas salivales principales: parótida, sublingual y submandibular. La glándula submandibular, mostrada en la microfotografía óptica en (b), consiste principalmente en ácinos serosos (partes de la glándula secretoras de líquido seroso) y unos pocos ácinos mucosos (porciones de la glándula secretoras de moco); la glándula parótida sólo contiene ácinos serosos; y la glándula sublingual consiste sobre todo en ácinos mucosos y unos pocos ácinos serosos.

**La saliva lubrica y disuelve los alimentos y comienza la digestión química de los carbohidratos y los lípidos.**



¿Cuál es la función de los iones cloruro de la saliva?

promueve la secreción continua de una cantidad moderada de saliva, que mantiene las membranas mucosas húmedas y lubrica los movimientos de la lengua y los labios durante el habla. La saliva luego se deglute y ayuda a mantener húmedo el esófago. Por último, la mayoría de los componentes de la saliva se reabsorben, lo cual evita la pérdida de líquido. La estimulación simpática predomina durante el estrés, y causa la sequedad bucal. Si el cuerpo se deshidrata, las glándulas salivales cesan de secretar saliva para conservar agua: esta sequedad de la boca contribuye a la sensación de sed. El beber no sólo restaura la homeostasis del agua, sino que también humedece la boca.

El tacto y el gusto del alimento también son potentes estimulantes de la secreción de las glándulas salivales. Algunas sustancias químicas de los alimentos estimulan a receptores del gusto presentes en la lengua y los impulsos son transmitidos desde los receptores hasta los dos núcleos salivales del tronco encefálico (**núcleos salivales superior e inferior**). Los impulsos parasimpáticos retornan por fibras de los nervios facial (VII) y glossofaríngeo (IX) y estimulan la secreción de saliva. La saliva continúa secretándose en abundancia por algún tiempo después de que se ingieren los alimentos; este flujo de saliva limpia la boca y diluye y amortigua el remanente de sustancias químicas irritantes, como una sabrosa (aunque picante) salsa. El oler, ver o pensar en la comida puede también estimular la secreción de saliva.

## Paperas

Aunque cualquiera de las glándulas salivales puede ser el asiento de una infección nasofaríngea, los virus de las paperas (*paramixovirus*) son los que principalmente atacan a las glándulas parótidas. Las **paperas** son la inflamación y el agrandamiento de las glándulas parótidas acompañado de fiebre moderada, malestar general, y dolor de garganta intenso, especialmente al tragar alimentos o jugos ácidos. La tumefacción aparece en uno o en ambos lados de la cara, justo por delante de la rama mandibular. En el 30% de los varones pospúberes afectados, los testículos también pueden inflamarse; la esterilidad raramente ocurre porque el compromiso testicular suele ser unilateral. Desde la aparición de la vacuna antiparotiditis en 1967, la incidencia de esta enfermedad declinó notablemente. ■

## Lengua

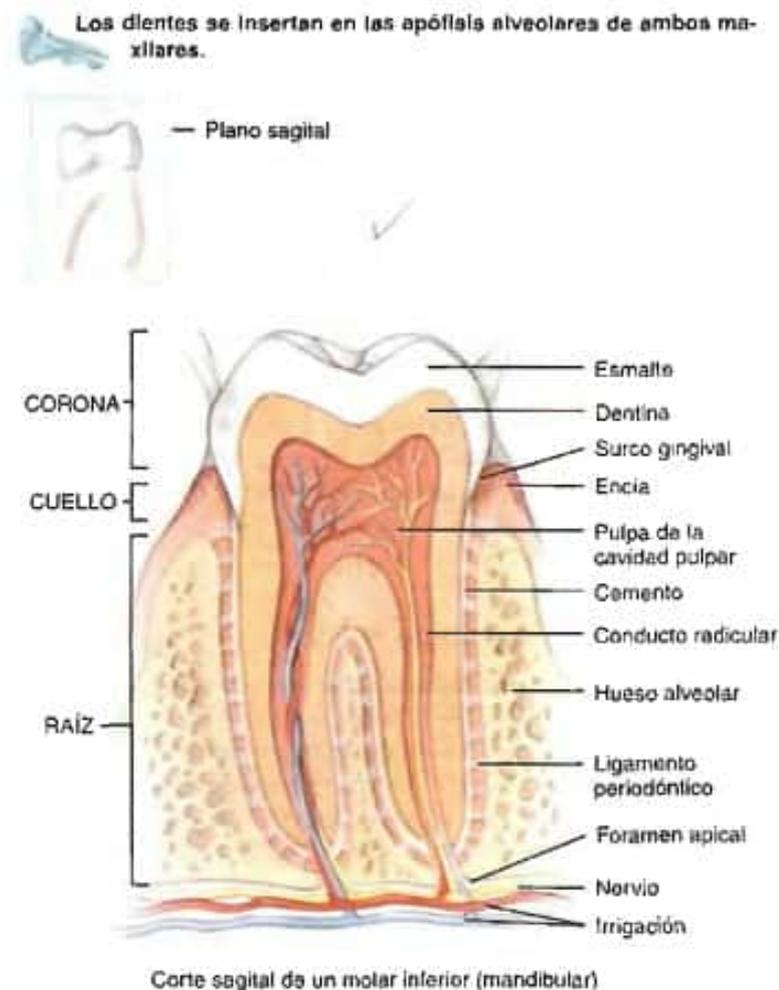
La **lengua** es un órgano digestivo accesorio compuesto por músculo esquelético cubierto por mucosa. Junto con sus músculos asociados, forman el piso de la cavidad bucal. La lengua se divide simétricamente en dos mitades por un tabique medio que se extiende en toda su longitud y se inserta por debajo en el hueso hioides, en la apófisis estiloides del hueso temporal y en la mandíbula. Cada mitad de la lengua consiste en un complemento idéntico de músculos extrínsecos e intrínsecos.

Los **músculos extrínsecos**, que se originan por fuera de la lengua (en los huesos de la zona) y se insertan en el tejido conectivo de ésta, son los músculos hiogloso, geniogloso y estilogloso (véase **fig. 11-7**). Los músculos extrínsecos mueven la lengua de lado a lado y de adentro hacia afuera para acomodar los alimentos durante la masticación, formar el bolo alimenticio y llevarlo hacia

atrás para deglutirlo. También forman el piso de la boca y mantienen a la lengua en su posición. Los **músculos intrínsecos** se originan y se insertan en el tejido conectivo de la lengua. Modifican la forma y el tamaño de la lengua para el habla y la deglución. Los músculos intrínsecos son los músculos longitudinal superior, longitudinal inferior, transverso y vertical de la lengua. El **frenillo lingual**, un repliegue de mucosa en la línea media de la superficie inferior de la lengua, está adherida al piso de la boca y limita el movimiento de la lengua hacia atrás (véanse **figs. 24-5 y 24-6**). Si el frenillo lingual es anormalmente corto o rígido —anormalidad llamada **anquiloglosia**— se dice que el individuo tiene la “lengua atada” y ello causa trastornos en el habla.

Las caras superior, dorsal y lateral de la lengua están cubiertas por **papilas**, proyecciones de la lámina propia revestidas de epitelio queratinizado (véase **fig. 17-2**). Muchas papilas tienen corpúsculos o bastones gustativos. Otras carecen de éstos, pero contienen receptores táctiles e incrementan la fricción entre la lengua y el alimento, lo cual facilita el movimiento de éstos en la cavidad bucal. Los dife-

**Fig. 24-7** Un diente típico y las estructuras que lo rodean.



 ¿Qué tipo de tejido es el principal componente del diente?

rentes tipos de receptores del gusto se describen en detalle en el capítulo 17. Las **glándulas linguales** de la lámina propia de la lengua secretan líquidos serosos y mucosos que contiene la enzima **lipasa lingual**, que actúa sobre los triglicéridos.

## Dientes

Los **dientes** (fig. 24-8) son órganos digestivos accesorios localizados en las apófisis alveolares de la mandíbula y del maxilar. Las apófisis alveolares están cubiertas por las **encías**, que se extienden ligeramente dentro de cada alveolo. Las cavidades alveolares están revestidas por el **ligamento o membrana periodóntica** (peri-, de *peri*, alrededor, y *-odóntos-*, diente), que consiste en tejido conectivo fibroso denso que fija el diente a las paredes alveolares.

Un diente típico tiene tres regiones externas principales: la **corona**, la **raíz** y el **cuello**. La **corona** es la parte visible sobre el plano de las encías. En el alveolo se insertan entre una y tres **raíces**. El **cuello** es la porción estrecha que une la corona y la raíz cerca de la línea de las encías.

Por dentro, la **dentina** forma la mayor parte del diente. Consiste en una membrana de tejido conectivo calcificado que le otorga a la **pieza dental** forma y rigidez. Es más fuerte que el hueso por su mayor contenido de sales de calcio (70% del peso seco).

La dentina de la corona está cubierta por el **esmalte**, que consiste principalmente en fosfato y carbonato de calcio. El esmalte es también más fuerte que el hueso por su contenido elevado de sales de calcio (alrededor del 95% del peso seco). En efecto, es la sustancia más fuerte del organismo. Sirve para proteger a los dientes del desgaste que se produce durante la masticación. También protege de los ácidos que pueden disolver fácilmente a la dentina. La dentina de la raíz está cubierta por el **cemento**, otra sustancia similar al hueso, que fija la raíz al ligamento periodóntico.

La dentina de los dientes circunscribe un espacio. La parte más grande, la **cavidad pulpar**, se halla por dentro de la corona y está rellena de **pulpa**, un tejido conectivo que contiene vasos sanguíneos, nervios y vasos linfáticos. Extensiones estrechas de la cavidad pulpar, llamados **conductos radiculares**, corren a lo largo de la raíz de los dientes. Cada conducto tiene una **abertura en la base**, el **foramen apical del diente**, dentro del cual discurren vasos sanguíneos, conductos linfáticos y nervios.



### Tratamiento de conducto

El **tratamiento de conducto** es un procedimiento complejo en el que todos los vestigios de la **pulpa** se extraen de la cavidad pulpar y los conductos radiculares de un diente enfermo. Después de hacer un orificio en el diente, los conductos radiculares se vacían e irrigan para eliminar las bacterias. Luego, los conductos se tratan con medicación y se cierran. La corona dañada se repara a continuación. ■

La rama de la odontología que se ocupa de la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades que afectan la pulpa, la raíz, el ligamento periodóntico y el hueso alveolar es la **endodoncia** (endo-, de *éndon*, dentro). La **ortodoncia** (orto-, de *orthós*, recto) es la rama de la odontología que se encarga de prevenir y corregir ali-

neamientos anormales de los dientes; **periodoncia** es la rama dedicada al tratamiento de procesos anormales de los tejidos que circundan a los dientes, como la gingivitis (inflamación de las encías).

Los seres humanos tienen **dos denticiones**, o dos clases de dientes: **deciduos** y **permanentes**. Los primeros —los **dientes deciduos** (de *deciduus*, caedizo), también llamados **dientes primarios** o **dientes de leche** comienzan a aparecer alrededor de los 6 meses de edad, después hacen erupción dos dientes por mes, aproximadamente, hasta completar 20 piezas (fig. 24-8b). Los incisivos, que están más cerca de la línea media, tienen forma de escoplo y están preparados para cortar el alimento. Según su posición, se denominan **incisivos centrales** o **laterales**. Al lado de los incisivos se encuentran los **caninos**, que tienen un extremo redondeado denominado **cúspide**. Los caninos se usan para desgarrar y desmenuzar los alimentos. Los incisivos y los caninos tienen sólo una raíz. Por detrás de los caninos se implantan los **primeros** y **segundos molares**, que presentan cuatro cúspides. Los molares superiores (maxilares) tienen tres raíces; los molares inferiores (mandibulares) tienen dos. Los molares trituran y muelen los alimentos preparándolos para su deglución.

Todos los dientes deciduos se pierden —generalmente entre los 6 y 12 años— y son reemplazados por los **dientes permanentes** (**secundarios**) (fig. 24-8b). La **dentadura permanente** consta de 32 dientes que aparecen entre los 6 años y la edad adulta. El modelo es semejante al de la dentadura decidua, con las excepciones siguientes. Los molares deciduos son reemplazados por los **primeros** y **segundos premolares** (**bicúspides**), que presentan dos cúspides y una raíz (los primeros premolares superiores tienen dos raíces) y se encargan de moler y triturar. Los molares permanentes, que hacen erupción después de los premolares, no reemplazan a ningún diente deciduo y aparecen a medida que la mandíbula crece y se acomodan en ella: los **primeros molares** a la edad de 6 años, los **segundos molares** a los 12 y los **terceros molares** (**muelas de juicio**) después de los 17 años.

A veces la mandíbula humana no tiene suficiente espacio por detrás de los segundos molares como para contener a los terceros molares. En tal caso, éstos permanecen en el hueso alveolar y se dicen que están “**impactados**” o “**retenidos**”. Habitualmente ejercen presión y dolor y necesitan ser extraídos quirúrgicamente. En algunas personas, los terceros molares pueden ser rudimentarios o no hacer erupción.

## Digestión mecánica y química en la boca

La **digestión mecánica** en la boca es el resultado de la **masticación**, en la cual los alimentos son manipulados por la lengua, triturados por los dientes y mezclados con la saliva. Esto los reduce a una masa blanda, flexible y fácil de deglutir denominada **bolo**. Las moléculas del alimento comienzan a disolverse en el agua de la saliva, una actividad importante porque las enzimas pueden actuar sobre aquéllas sólo en un medio líquido.

Las enzimas, la **amilasa salival** y la **lipasa lingual**, contribuyen a la **digestión química** en la boca. La **amilasa salival**, que se secreta en las glándulas salivales, inicia la degradación del almidón. Los hidratos de carbono de la dieta son monosacáridos y disacáridos o polisacáridos complejos como el almidón. La mayoría de los hidratos de carbono que ingerimos son almidón, pero sólo los monosacáridos pueden pasar al torrente sanguíneo. De este modo, el almidón y los disacári-

dos ingeridos deben degradarse a monosacáridos. La función de la amilasa salival es comenzar con la digestión del almidón desdoblándolo en moléculas más pequeñas como el disacárido maltosa, el trisacárido maltotriosa o los polímeros de glucosa de cadena corta llamados  $\alpha$ -dextrina. Aunque los alimentos se ingieren demasiado rápido como para que todo el almidón se degrade en la boca, la amilasa salival actúa sobre el almidón durante alrededor de una hora, tiempo en el cual los ácidos estomacales la inactivan. La saliva también contiene la **lipasa lingual**, secretada por las glándulas salivales de la lengua. Esta enzima se activa en el medio ácido del estómago y de este modo comienza a actuar después de que los alimentos se degluten. Degradada los triglicéridos de la dieta en ácidos grasos y diglicéridos. Un diglicérido es una molécula de glicerol unida a dos cadenas de ácidos grasos.

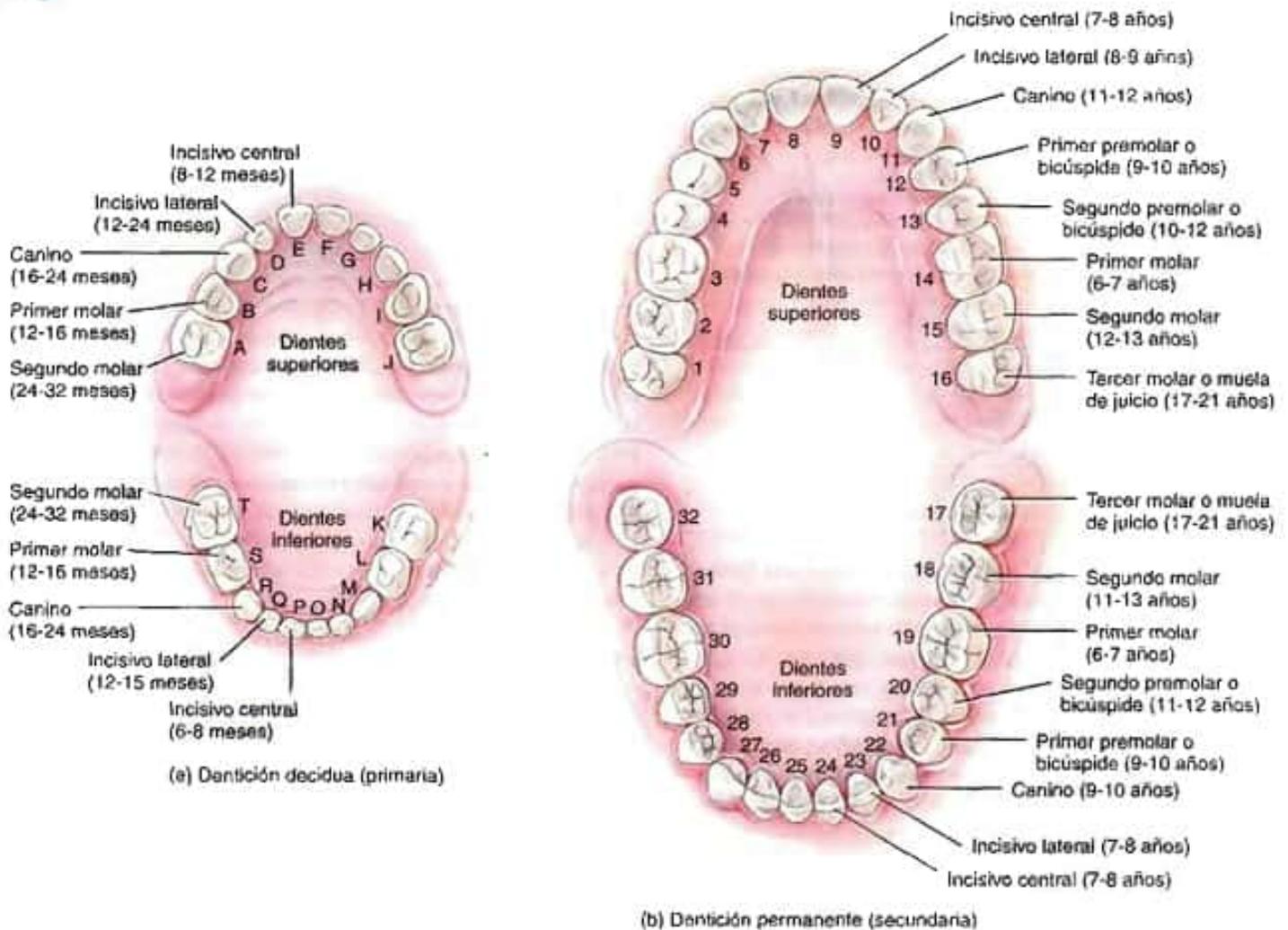
En el cuadro 24-1 se resume la actividad digestiva en la boca.

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

10. ¿Cuáles son las estructuras que forman la boca (cavidad bucal)?
11. ¿Cómo se distinguen las principales glándulas salivales de acuerdo con su localización?
12. ¿Cómo se regula la secreción de saliva?
13. ¿Qué función cumplen los incisivos, los caninos, los premolares y los molares?

**Fig. 24-8 Denticiones y época de erupción (indicado entre paréntesis).** Una letra (dientes deciduos) o un número (dientes permanentes) identifican a cada diente. Los dientes deciduos comienzan a hacer erupción a los 6 meses de edad, y a partir de allí aparecen dos dientes por mes, hasta que están presentes los 20 dientes de esa dentición.

Hay en total 20 dientes deciduos y 32 dientes permanentes.



¿Qué diente permanente no reemplaza a ningún diente deciduo?

**CUADRO 24-1** Resumen de las funciones digestivas en la boca

Estructura	Actividad	Resultado
<b>Mejillas y labios</b>	Mantienen la comida entre los dientes	Alimentos uniformemente desmenuzados durante la masticación
<b>Glándulas salivales</b>	Secretan saliva	Mantienen la boca y la faringe húmedas y lubricadas. La saliva ablanda, humedece y disuelve los alimentos y limpia la boca y los dientes. La amilasa salival degrada el almidón en moléculas más pequeñas
<b>Lengua</b>		
<b>Músculos extrínsecos</b>	Mueven a la lengua lateralmente y de adentro afuera	Mueven los alimentos para la masticación, forman el bolo y lo acomodan para la deglución
<b>Músculos intrínsecos</b>	Alteran la forma de la lengua	Deglución y habla
<b>Corpúsculos o botones gustativos</b>	Sirven como receptores del gusto y detectan la presencia de alimento en la boca	Secreción de saliva estimulada por impulsos nerviosos que van de los corpúsculos gustativos a los núcleos salivales del tronco encefálico y de éstos a las glándulas salivales
<b>Glándulas linguales</b>	Secretan lipasa lingual	Degradan los triglicéridos en ácidos grasos y diglicéridos
<b>Dientes</b>	Cortan, desgarran y desmenuzan los alimentos	Reduce los alimentos sólidos en partículas más pequeñas para su deglución

## FARINGE

### ► OBJETIVO

Describir la localización y función de la faringe.

Cuando los alimentos se degluten, pasan de la boca a la **faringe** (de *pharynx*, garganta), un conducto con forma de embudo que se extiende desde las coanas u orificios posteriores de las fosas nasales, hacia el esófago por detrás y la laringe por delante (véase **fig. 23-4**). La faringe está constituida por músculo esquelético y revestida por mucosa y comprende tres partes: la nasofaringe, la orofaringe y la laringofaringe. La nasofaringe interviene sólo en la respiración, pero la orofaringe y la laringofaringe tienen tanto funciones digestivas como respiratorias. Los alimentos ingeridos pasan de la boca a la orofaringe y la laringofaringe; las contracciones musculares de estos segmentos ayudan a propulsarlos hacia el esófago de allí hasta el estómago.

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

14. ¿A qué dos sistemas o aparatos pertenece la faringe?

## ESÓFAGO

### ► OBJETIVO

Describir la localización, anatomía, histología y funciones del esófago.

El **esófago** (*eso-*, de *oisein*, llevar, y *fago*, de *phagema*, alimento) es un tubo muscular colapsable, de alrededor de 25 cm de longitud, situado por detrás de la tráquea. Comienza en el límite inferior de la laringofaringe y atraviesa el mediastino por delante de la columna vertebral. Luego pasa a través del diafragma por un orificio denominado **hiato esofágico** y termina en la porción superior del estómago (véase **fig. 24-1**). A veces, parte del estómago protruye por encima del diafragma a través del hiato esofágico. Esta protrusión, llamada **hernia hiatal**, se describe al final de este capítulo.

### Histología del esófago

La **mucosa** del esófago consiste en un epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado, la lámina propia (tejido conectivo areolar) y la **muscularis mucosae** (músculo liso) (**fig. 24-9**). Cerca del estómago, la mucosa del esófago también contiene glándulas mucosas. El epitelio pavimentoso estratificado de los labios, la boca, la lengua, la orofaringe, la laringofaringe y el esófago brinda considerable protección contra la abrasión por las partículas de alimento que se mastican, se mezclan con secreciones y se degluten. La **submucosa** contiene tejido conectivo areolar, vasos sanguíneos y glándulas mucosas. La **túnica muscular** del tercio superior del esófago es músculo esquelético, en el tercio intermedio hay músculo esquelético y músculo liso, y el tercio inferior presenta músculo liso. En cada extremo del esófago, la muscular se vuelve ligeramente más prominente y forma dos esfínteres: el **esfínter esofágico superior** (EES), que consiste en músculo esquelético, y el **esfínter esofágico inferior** (EEI), que consiste en músculo liso. El esfínter esofágico superior regula la progresión del alimento desde la faringe hacia el esófago y el esfínter esofágico inferior hace lo propio desde el esófago hacia el estómago. La capa superficial del esófago se conoce como **adventicia**, más que serosa, porque el tejido conectivo areolar de esta capa no está cubierto por mesotelio y se mezcla con el tejido conectivo de las estructuras del mediastino a través de las cuales pasa. La **adventicia** une el esófago a las estructuras que lo rodean.

### Fisiología del esófago

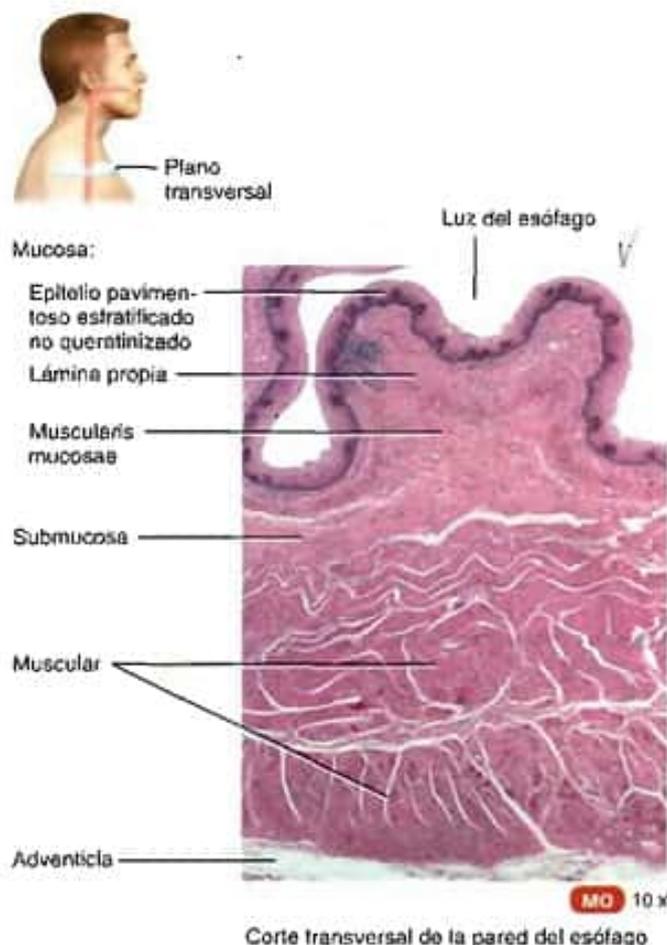
El esófago secreta moco y transporta alimentos hacia el estómago. No produce enzimas digestivas y no cumple funciones de absorción.

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

15. Describa la localización y la histología del esófago. ¿Cuál es su papel en la digestión?
16. ¿Cuáles son las funciones de los esfínteres superior e inferior del esófago?

**Fig. 24-9 Histología del esófago.** En el cuadro 4-11 se muestra una vista con gran aumento del epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado.

El esófago secreta moco y transporta los alimentos hacia el estómago.



Corte transversal de la pared del esófago

¿En qué capas del esófago se localizan las glándulas que secretan mucus?

## DEGLUCIÓN

### ▶ OBJETIVO

Describir las tres fases de la deglución.

Los alimentos se movilizan desde la cavidad bucal hacia el estómago mediante el acto de tragar o **deglutir** (fig. 24-10). La deglución es facilitada por la secreción de saliva y moco y en ella participan la boca, la faringe y el esófago. La deglución se produce en tres fases: 1) la fase voluntaria, en la que el bolo pasa hacia la orofaringe; 2) la fase faríngea, el paso involuntario del bolo a través de la faringe hacia el esófago y 3) la fase esofágica, también involuntaria, en la que el bolo alimenticio pasa del esófago al estómago.

La deglución comienza cuando el bolo es forzado hacia la parte posterior de la cavidad bucal y la orofaringe mediante el movimiento de la lengua hacia arriba y hacia atrás contra el paladar; estas acciones constituyen la **fase voluntaria** de la deglución. Con el paso del bolo a la orofaringe, comienza la **fase faríngea** involuntaria de la deglución (fig. 24-10b). El bolo estimula a receptores de la orofaringe, que envían impulsos al **centro de la deglución** del bulbo raquídeo y en la protuberancia inferior. Los impulsos que regresan hacen que el paladar blando y la úvula se muevan hacia arriba para cerrar la nasofaringe e impedir la entrada de los alimentos y el líquido en la cavidad nasal. Además, la epiglotis cierra la comunicación con la faringe, lo cual evita que el bolo entre en las vías respiratorias. El bolo se desplaza a lo largo de la orofaringe y la laringofaringe y, una vez que el esfínter esofágico superior se relaja, pasa hacia el esófago.

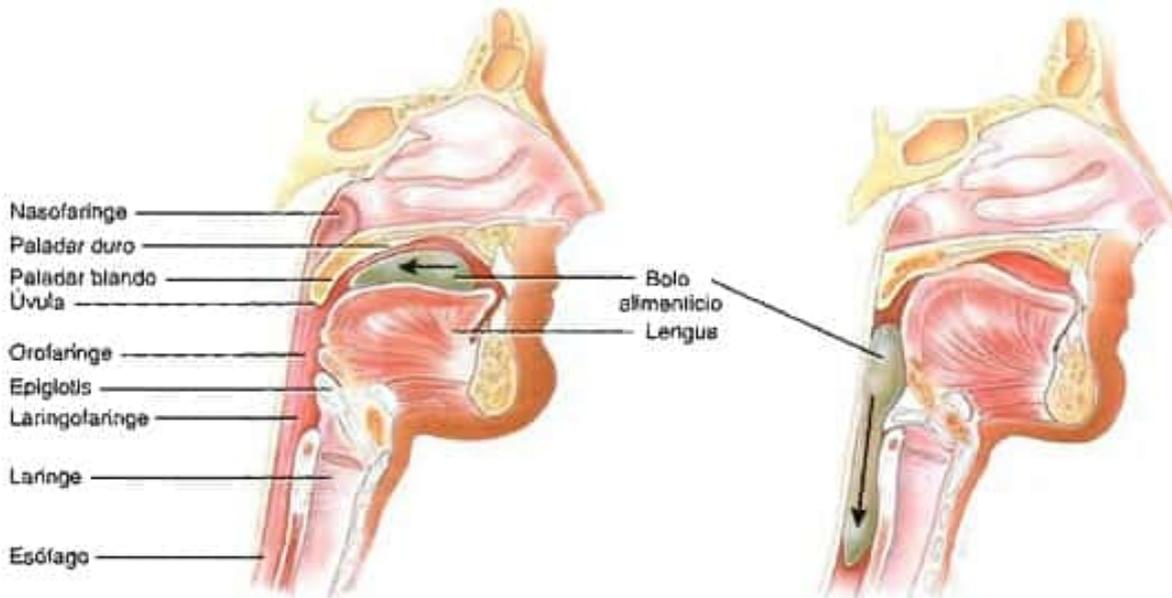
La **fase esofágica** de la deglución comienza cuando el bolo entra en el esófago. Durante esta fase, la **peristalsis** (-de *stalsis*, contracción), la progresión de contracciones y relajaciones coordinadas de las capas circular y longitudinal de la muscular, impulsa el bolo hacia adelante (fig. 24-10c) (la peristalsis también se observa en otras estructuras tubulares, como otros segmentos del tubo digestivo y los uréteres, conductos biliares y trompas uterinas; en el esófago está controlada por el bulbo raquídeo). En la porción del esófago inmediatamente superior al bolo, las fibras musculares circulares se **contraen**, estrechan la pared esofágica y fuerzan el bolo hacia el estómago. Entre tanto, las fibras longitudinales inferiores al bolo también se contraen, acortan esta sección y empujan sus paredes hacia afuera para que pueda recibir al bolo. Las contracciones se repiten en ondas que empujan al bolo hacia el estómago. A medida que éste se aproxima al extremo del esófago, el esfínter esofágico inferior se relaja y el bolo se mueve hacia el interior del estómago. El moco secretado por las glándulas esofágicas lo lubrica y reduce la fricción. El paso de alimentos sólidos o semisólidos de la boca al estómago dura entre 4 y 8 segundos; los alimentos muy blandos o líquidos pasan en 1 segundo, aproximadamente.

### Enfermedad por reflujo gastroesofágico

Si el esfínter esofágico inferior no puede cerrarse adecuadamente después de que los alimentos ingresaron en el estómago, el contenido gástrico puede refluir hacia la parte inferior del esófago. Esta afección se conoce como **enfermedad por reflujo gastroesofágico (RGE)**. El ácido clorhídrico (HCl) del contenido gástrico

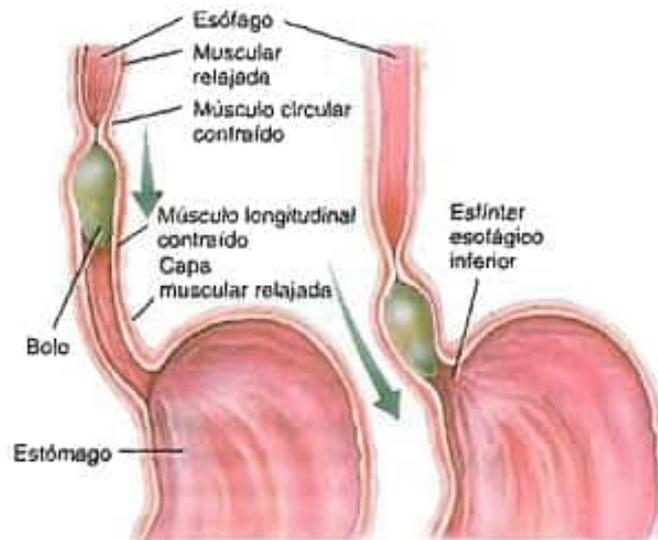
**Fig. 24-10 Deglución.** Durante la fase faríngea de la deglución (b) la lengua se apoya contra el paladar, la nasofaringe se cierra, la laringe se eleva, la epiglótis ocluye la laringe, y el bolo pasa hacia el esófago. Durante la fase esofágica de la deglución (c), los alimentos progresan a lo largo del esófago hacia el estómago por el peristaltismo.

La deglución es el mecanismo que hace progresar los alimentos desde la boca hacia el estómago.



(a) Posición de las estructuras antes de la deglución

(b) Durante la fase faríngea de la deglución



(c) Vista anterior de un corte frontal de la peristalsis en el esófago

¿La deglución es un acto voluntario o involuntario?

puede irritar la pared esofágica y ocasionar una sensación de ardor (pirosis); no está relacionada con ningún problema cardíaco. El consumo de alcohol y de tabaco puede causar la relajación del esfínter y acentuar el trastorno. Los síntomas del RGE a menudo pueden

controlarse evitando alimentos que estimulen fuertemente la secreción ácida gástrica (café, chocolate, tomate, grasas, jugo de naranja, menta, mentol y cebollas). Entre otras estrategias para reducir la acidez se encuentra el uso de fármacos de venta libre como los blo-

**CUADRO 24-2** Resumen de las funciones digestivas en la faringe y el esófago

Estructura	Actividad	Resultado
Faringe	Fase faríngea de la deglución	Paso del bolo de la orofaringe a la laringofaringe y al esófago; cierra el paso de aire
Esófago	Relajación del esfínter esofágico superior	Permite el paso del bolo de la laringofaringe al esófago
	Fase esofágica de la deglución (peristalsis)	Impulsa el bolo hacia abajo
	Relajación del esfínter esofágico inferior	Permite la entrada del bolo en el estómago
	Secreción de moco	Lubrica el esófago para facilitar el paso del bolo

queantes de los receptores de la histamina-2 ( $H_2$ ) por ejemplo el Tagamet HB® o Pepecid®, 30 a 60 minutos antes de comer para bloquear la secreción ácida, y la neutralización del ácido que ya ha sido secretado con antiácidos como Tums® o Malos®. Hay menos probabilidades de que aparezcan síntomas si se ingieren alimentos en pequeñas cantidades y si el paciente no se acuesta inmediatamente después de la comida. El reflujo gastroesofágico puede asociarse con cáncer de esófago. ■

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Qué significa la deglución?
- ¿Qué ocurre durante las fases voluntaria y faríngea de la deglución?
- ¿La peristalsis “empuja” o “tira” los alimentos a lo largo del tracto gastrointestinal?

## ESTÓMAGO

### ► OBJETIVO

Describir la localización, anatomía, histología y funciones del estómago.

El estómago es un ensanchamiento con forma de J del tubo digestivo, localizado por debajo del diafragma en el epigastrio, la región umbilical y el hipocondrio izquierdo (véase fig. 1-12a). Conecta el esófago con el duodeno, la primera porción del intestino delgado (fig. 24-11). Como los alimentos se ingieren más rápidamente de lo que el intestino puede digerir y absorber, una de las funciones del estómago es servir como una cámara de mezclado y reservorio de los alimentos. Después de la ingestión de éstos, el estómago fuerza a intervalos convenientes una pequeña cantidad de material hacia la primera porción del intestino delgado. La posición y el tamaño del estómago varían continuamente: el diafragma lo presiona hacia abajo en cada inspiración y lo atrae hacia arriba en cada espiración. Cuando está vacío, tiene el tamaño de una salchicha grande, pero es

la porción más distensible del tracto GI y puede dar cabida en su interior a una enorme cantidad de alimentos. En el estómago continúa la digestión del almidón, comienza la digestión de proteínas y triglicéridos, el bolo semisólido se convierte en líquido y algunas sustancias se absorben.

### Anatomía del estómago

El estómago tiene cuatro regiones principales: el cardias, el fundus, el cuerpo y el píloro (fig. 24-11). El cardias rodea el orificio superior del estómago. La porción redondeada que está por encima y hacia la izquierda del cardias es el fundus. Por debajo del fundus se extiende la porción central del estómago, llamado cuerpo. La región del estómago que lo conecta con el duodeno es el píloro (pil-, de *pylé*, puerta, y -oro, de *ourus*, guardar); tiene dos partes, el antro pilórico (de *antrum*, cavidad o caverna), que conecta con el cuerpo del estómago, y el canal pilórico, que conduce hacia el duodeno. Cuando el estómago está vacío, la mucosa se dispone en grandes pliegues, que pueden reconocerse a simple vista. El píloro comunica con el duodeno a través del esfínter pilórico. El borde interno cóncavo del estómago se llama **curvatura menor**, y el borde externo convexo es la **curvatura mayor**.

### Espasmo pilórico y estenosis pilórica

Dos anomalías del esfínter pilórico pueden presentarse en los lactantes. En el **espasmo pilórico**, las fibras musculares no experimentan la relajación normal, de modo que los alimentos no pueden pasar fácilmente del estómago al intestino delgado, el estómago se distiende demasiado y los niños a menudo vomitan para aliviar la presión. El espasmo del píloro se trata con fármacos que relajan las fibras musculares del esfínter pilórico. La **estenosis pilórica** es un estrechamiento del esfínter pilórico que debe corregirse quirúrgicamente. El síntoma distintivo es el **vómito en charro**: la expulsión de vómito líquido a distancia. ■

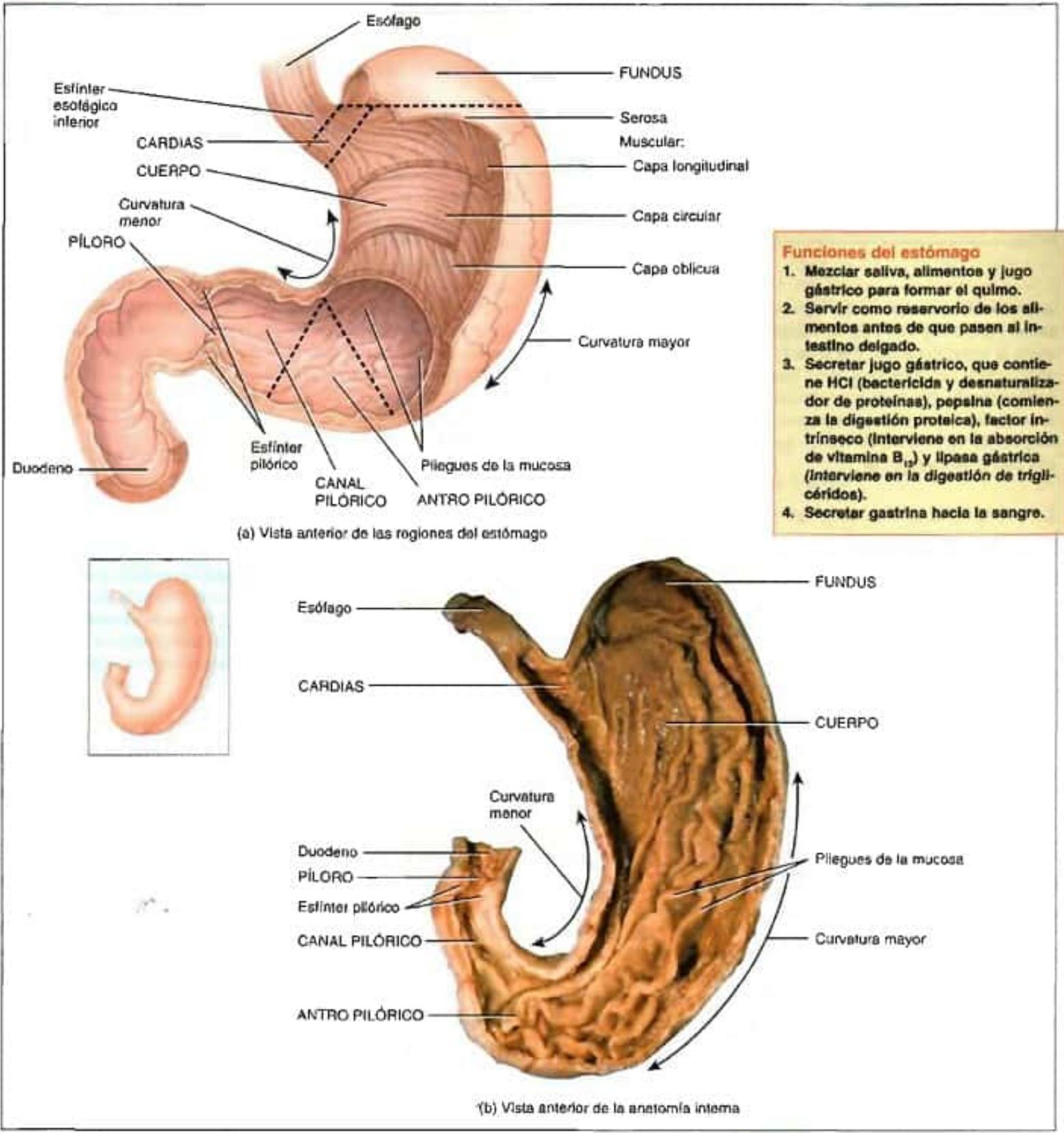
### Histología del estómago

La pared del estómago está compuesta por las mismas cuatro capas que el resto del tubo digestivo, con algunas modificaciones. La superficie de la **mucosa** es una capa de células epiteliales cilíndricas simples llamada **células mucosas superficiales** (fig. 24-12b). La mucosa contiene una **lámina propia** (tejido conectivo areolar) y una **muscularis mucosae** (músculo liso) (fig. 24-12b). Las células epiteliales se extienden hacia dentro de la lámina propia, donde forman columnas de células secretoras llamadas **glándulas gástricas**, que limitan con conductos estrechos que reciben el nombre de **criptas gástricas**. Las secreciones de las glándulas gástricas fluyen dentro de las criptas gástricas y de ahí hacia la luz del estómago.

Las glándulas gástricas contienen tres tipos de **células glandulares exocrinas** que secretan sus productos en la luz del estómago: células mucosas del cuello, células principales y células parietales. Las células mucosas superficiales y las **células mucosas del cuello** secretan moco (fig. 24-12b). Las células parietales producen factor intrínseco (necesario para la absorción de vitamina  $B_{12}$ ) y ácido clorhídrico. Las

Fig. 24-11 Anatomía externa e interna del estómago.

Las cuatro regiones del estómago son el cardias, el fundus, el cuerpo y el píloro.



¿Después de una ingesta importante de alimentos el estómago conserva todavía sus pliegues?

células principales secretan pepsinógeno y lipasa gástrica. Las secreciones de las células mucosas, parietales y principales forman el **jugo gástrico**, que llega a 2 000-3 000 mL por día. Además, dentro de las glándulas gástricas hay un tipo de células enteroendocrinas, las **células G**, que se localizan principalmente en el antrum pilórico y secretan la hormona gastrina en el torrente sanguíneo. Como veremos en breve, esta hormona estimula diversos aspectos de la actividad gástrica.

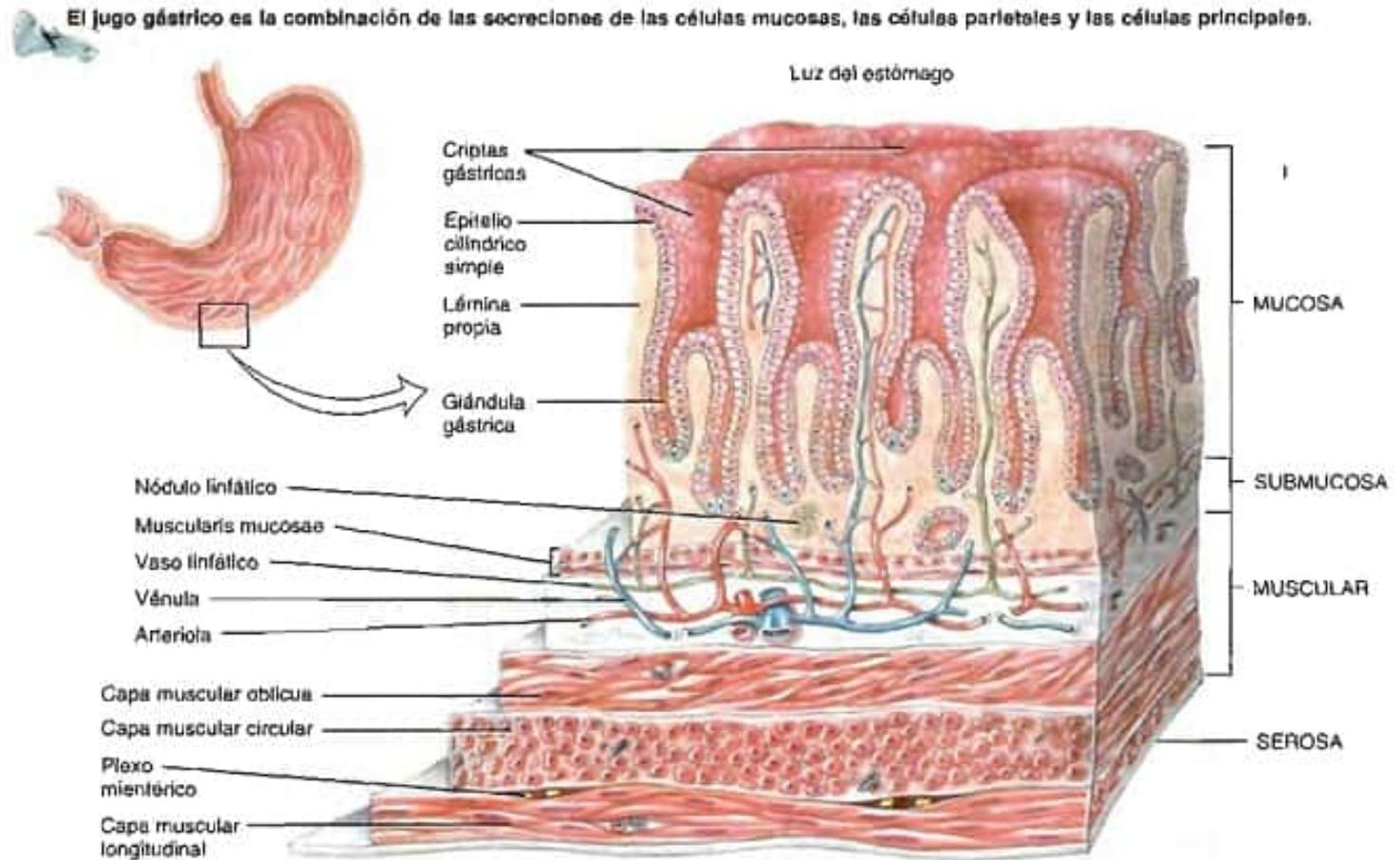
Tres capas adicionales yacen debajo de la mucosa. La **submucosa** del estómago está compuesta por tejido conectivo areolar. La **muscular** tiene tres capas de músculo liso (en lugar de las dos presentes en el intestino): una capa longitudinal externa, una capa circular media, y una capa oblicua interna. La capa oblicua está limitada casi exclusivamente al cuerpo del estómago. La **serosa** está compuesta por epitelio pavimentoso simple (mesotelio) y por tejido conectivo areolar; la porción de la serosa que cubre al estómago forma parte del peritoneo visceral. En la curvatura menor del estómago, el peritoneo visceral se extiende hacia arriba hasta el hígado como el epiplón (omento) menor. En la curvatura mayor del estómago, el peritoneo visceral continúa hacia abajo como epiplón (omento) mayor formando un delantal que cubre los intestinos.

## Digestión mecánica y química en el estómago

Algunos minutos después de que los alimentos entran en el estómago, se producen cada 15 a 25 segundos movimientos peristálticos suaves llamados **ondas de mezcla**. Estas ondas maceran los alimentos, los mezclan con las secreciones de las glándulas gástricas y los reducen a un líquido llamado **quimo** (de *khyuós*, jugo). Pocas ondas de mezcla se observan en el fundus, que principalmente tiene funciones de depósito. Mientras continúa la digestión, ondas de mezcla más vigorosas comienzan en el cuerpo del estómago y se intensifican a medida que llegan al píloro. El esfínter pilórico normalmente se mantiene casi, aunque no del todo, cerrado. Cuando los alimentos llegan al píloro, cada onda expulsa periódicamente 3 mL de quimo hacia el duodeno a través del esfínter pilórico, fenómeno conocido como **vaciamiento gástrico**. La mayor parte del quimo vuelve hacia el cuerpo del estómago, donde las ondas de mezcla continúan. La onda siguiente empuja el quimo nuevamente hacia adelante y fuerza su salida hacia el duodeno. Estos movimientos hacia adelante y hacia atrás del contenido gástrico son los responsables de la mezcla en el estómago.

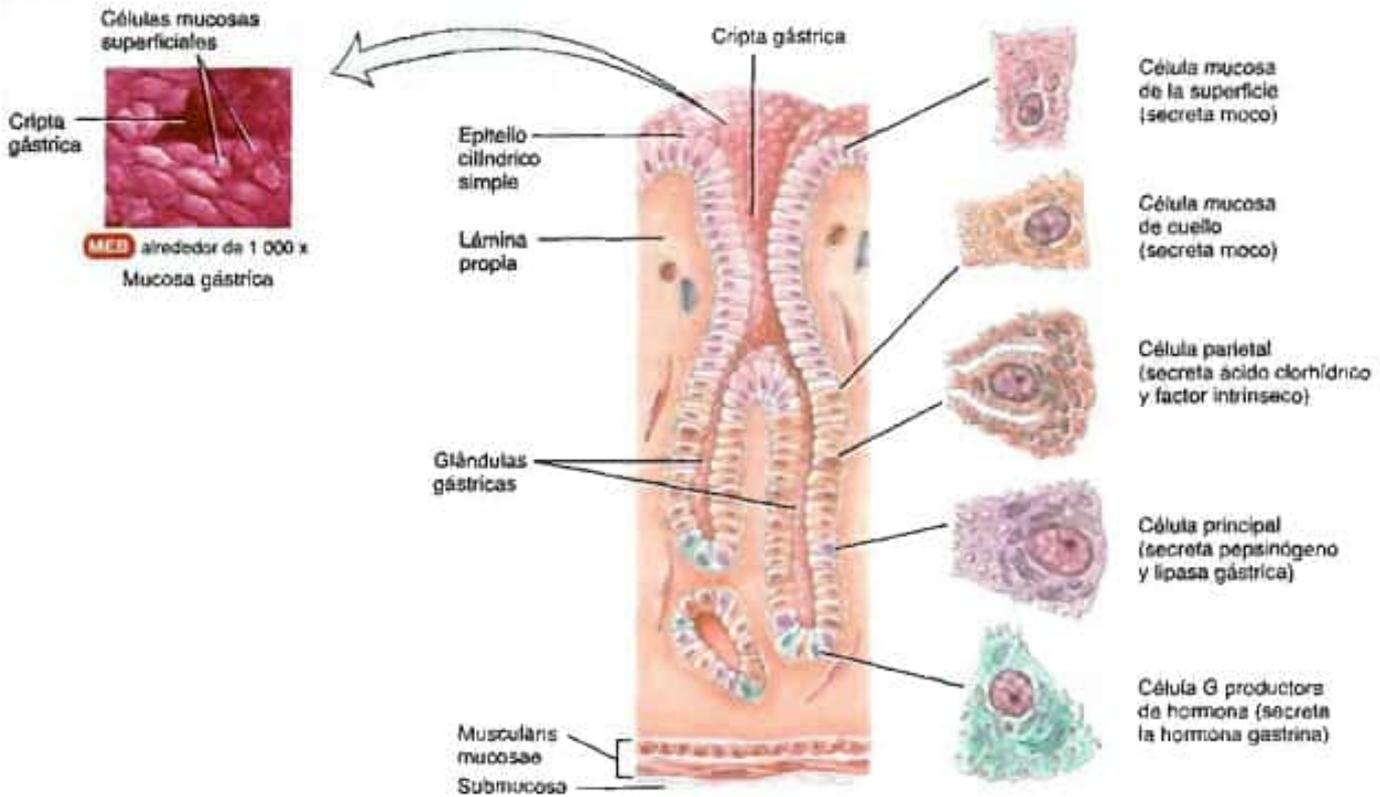
Fig. 24-12 Histología del estómago.

El jugo gástrico es la combinación de las secreciones de las células mucosas, las células parietales y las células principales.

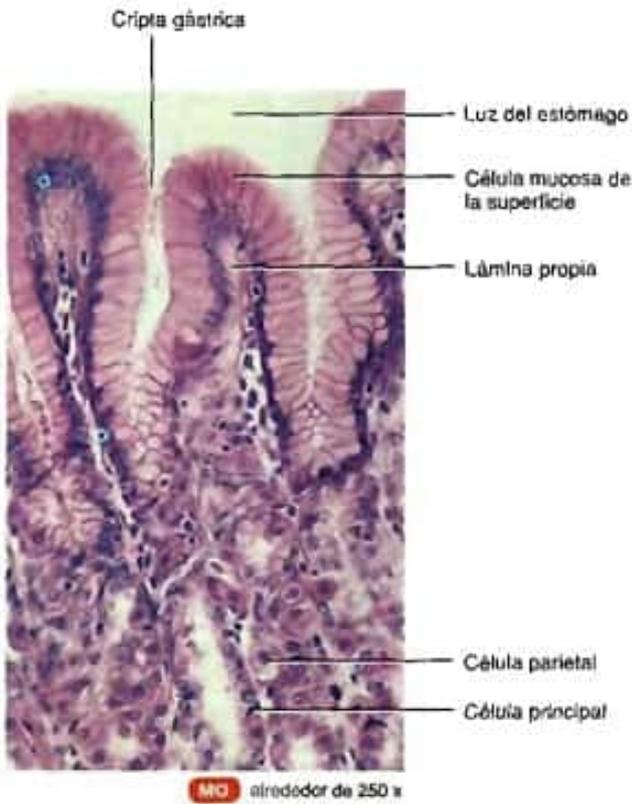


(b) Vista tridimensional de las capas del estómago

Fig. 24-12 (continuación)



(b) Corte de la mucosa gástrica que muestra las glándulas gástricas y sus tipos celulares



(c) Mucosa fúndica

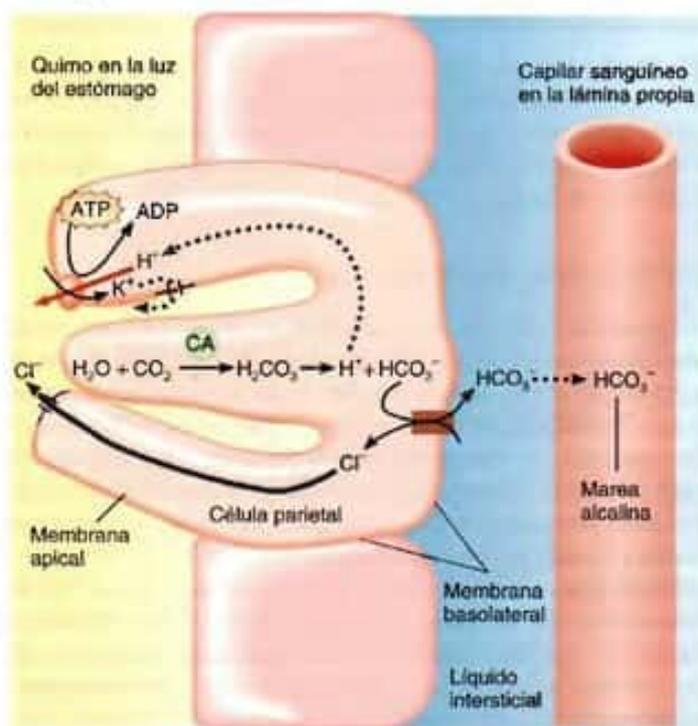
Los alimentos permanecen en el fundus alrededor de una hora sin mezclarse con el jugo gástrico. Durante este tiempo, la digestión por la amilasa salival continúa. Sin embargo, poco después, el quimo se mezcla con el jugo gástrico ácido, que inactiva a la amilasa salival y activa a la lipasa lingual, la cual comienza a digerir los triglicéridos en ácidos grasos y diglicéridos.

Si bien las células parietales secretan por separado iones hidrógeno ( $H^+$ ) e iones cloruro ( $Cl^-$ ) en la luz del estómago, el efecto conjunto es la secreción de ácido clorhídrico ( $HCl$ ). La **bomba de protones** motorizada por la  $H^+/K^+$  ATPasa transporta activamente  $H^+$  hacia la luz y capta iones potasio ( $K^+$ ) hacia la célula (fig. 24-13). Al mismo tiempo, el  $Cl^-$  y el  $K^+$  se difunden hacia la luz por canales de  $Cl^-$  y  $K^+$  de la membrana apical. La enzima *anhidrasa carbónica*, especialmente abundante en las células parietales, cataliza la formación de ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) a partir de agua ( $H_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Como el ácido carbónico se disocia, constituye una fuente importante de  $H^+$  para las bombas de protones aunque también genera iones bicarbonato ( $HCO_3^-$ ). El  $HCO_3^-$  se acumula en el citosol y sale de la célula parietal en intercambio con  $Cl^-$  a través del intercambiador o contrantransportador  $Cl^-/HCO_3^-$  de la membrana basolateral (próximo a la lámina propia). El  $HCO_3^-$  se difunde hacia los capilares sanguíneos más cercanos. Esta "marca alcalina" de iones bicarbonato que ingresan en el torrente sanguíneo después de una comida puede ser lo suficientemente importante como para aumentar levemente el pH sanguíneo y alcalinizar la orina.

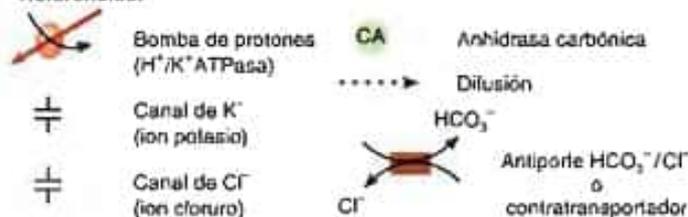
¿Dónde se secreta el HCl y cuáles son sus funciones?

**Fig. 24-13** Secreción de HCl (ácido clorhídrico) por las células parietales del estómago.

La bomba de protones dependiente de ATP secreta  $H^+$ ; el  $Cl^-$  se difunde hacia la luz del estómago por canales de  $Cl^-$ .



**Referencias:**



¿Qué molécula es la fuente de los hidrógenos que se secretan en el jugo gástrico?

La secreción de HCl por las células parietales puede ser estimulada de diversas maneras: liberación de acetilcolina (ACh) por neuronas parasimpáticas, secreción de gastrina por las células G, o histamina, que es una sustancia paracrina liberada por mastocitos en la proximidad de la lámina propia. La acetilcolina y la gastrina actúan estimulando a las células parietales para que secreten más HCl en presencia de histamina. En otras palabras, la histamina actúa sinérgicamente y potencia los efectos de la acetilcolina y la gastrina. Los receptores de estas tres sustancias están presentes en la membrana plasmática de las células parietales. Los receptores de histamina de las células parietales se llaman receptores  $H_2$ ; éstos median una respuesta diferente a las de los receptores  $H_1$  que intervienen en la respuesta alérgica.

El líquido gástrico muy ácido, destruye muchos microorganismos de los alimentos. El HCl desnaturaliza parcialmente las proteínas de los alimentos y estimula la secreción de hormonas que pro-

nueven el flujo biliar y del jugo pancreático. La digestión enzimática de las proteínas también comienza en el estómago. La única enzima proteolítica (digestión de proteínas) del estómago es la **pepsina**, que se secreta en las células principales. La pepsina separa uniones peptídicas entre aminoácidos y desdobra una cadena proteica de varios aminoácidos en fragmentos peptídicos de menor tamaño. La pepsina es más activa en el medio ácido del estómago (pH 2) y se inactiva con un pH más alto.

¿Qué impide a la pepsina digerir las proteínas de las células gástricas junto con los alimentos? Primero, la pepsina se secreta en su forma inactiva llamada *pepsinógeno*, en la cual no puede digerir las proteínas de las células principales que la producen. El pepsinógeno no se activa hasta que entra en contacto con el ácido clorhídrico secretado por las células parietales o con otras moléculas de pepsina activas. Segundo, las células epiteliales gástricas están protegidas de los jugos gástricos por una fina capa de 1-3 mm de moco alcalino secretado por las células mucosas superficiales y las células mucosas del cuello.

Otra enzima del estómago es la **lipasa gástrica**, que desdobra los triglicéridos de cadena corta de las moléculas grasas (como las encontradas en la leche) en ácidos grasos y monoglicéridos. Un monoglicérido consiste en una molécula de glicerol unida a una molécula de ácido graso. Esta enzima, que desempeña un papel limitado en el estómago del adulto, trabaja mejor con un pH de 5-6. Más importante que la lipasa lingual o la lipasa gástrica es la lipasa pancreática, enzima secretada por el páncreas en el intestino delgado.

En el estómago se absorbe sólo una pequeña cantidad de nutrientes porque las células epiteliales son impermeables a la mayoría de los materiales. Sin embargo, las células mucosas del estómago absorben agua, iones y ácidos grasos de cadena corta, así como algunos fármacos (aspirina especialmente) y el alcohol.

Después de 2 a 4 horas de haber comido, el estómago ya vació su contenido en el duodeno. Los alimentos ricos en hidratos de carbono son los que permanecen menos tiempo en el estómago; los alimentos ricos en proteínas permanecen un poco más, y el vaciamiento es el más lento después de una dieta que contiene grandes cantidades de triglicéridos.

En el **cuadro 24-3** se resumen las actividades digestivas del estómago.

## Vómito

El **vómito** o *emesis* es la expulsión del contenido de tracto GI superior (estómago y a veces el duodeno) por la boca. El estímulo más importante para el vómito es la irritación y distensión del estómago; otros estímulos son la vista de algo desagradable, la anestesia general, el vértigo y algunos fármacos como la morfina y los derivados de los digitálicos. Los impulsos nerviosos se transmiten al centro del vómito del bulbo raquídeo, y los impulsos descendentes se propagan por los órganos del tubo digestivo superior, el diafragma y los músculos abdominales. El acto de vomitar implica la compresión del estómago entre el diafragma y los músculos abdominales y la expulsión del contenido a través del esfínter esofágico. Los vómitos prolongados, especialmente en lactantes y personas de edad, pueden ser graves porque la pérdida del jugo gástrico ácido puede llevar a la alcalosis (pH sanguíneo más elevado que lo normal), la deshidratación y el daño del esófago y los dientes. ■

## ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

20. Compare el epitelio del esófago con el del estómago. ¿Cómo se adapta a la función de cada órgano?
21. ¿Cuál es la importancia de los pliegues de las células mucosas superficiales, del cuello, principales, parietales y G del estómago?
22. ¿Cuál es el papel de la pepsina? ¿Por qué se secreta en su forma inactiva?
23. ¿Cuáles son las funciones de la lipasa gástrica y la lipasa lingual en el estómago?

**CUADRO 24-3** Resumen de las funciones digestivas en el estómago

Estructura	Actividad	Resultado
<b>Mucosa</b>		
<b>Células principales</b>	Secretan pepsinógeno	La pepsina, en su forma activada, desdobla las proteínas en péptidos
	Secretan lipasa gástrica	Los triglicéridos se desdoblan en ácidos grasos y monoglicéridos
<b>Células parietales</b>	Secretan ácido clorhídrico	Bactericida de los alimentos; desnatura proteínas; convierte pepsinógeno en pepsina
	Secretan factor intrínseco	Necesario para la absorción de vitamina B <sub>12</sub> , que se usa para la formación de glóbulos rojos (eritropoyesis)
<b>Células mucosas de la superficie y células mucosas del cuello</b>	Secretan moco	Forman una barrera protectora que impide la digestión de la pared gástrica
	Absorción	Una pequeña cantidad de agua, iones, ácidos grasos de cadena corta y algunos fármacos pasan al torrente sanguíneo
<b>Células G</b>	Secretan gastrina	Estimula la secreción de HCl por las células parietales y de pepsinógeno por las células principales; contrae el esfínter esofágico inferior, aumenta la motilidad del estómago y relaja el esfínter pilórico
<b>Muscular</b>	Ondas de mezcla	Disuelven los alimentos y los mezclan con el jugo gástrico formando el quimo
	Peristalsis	Fuerza al quimo a pasar a través del esfínter pilórico
<b>Esfínter pilórico</b>	Se abre para permitir el paso del quimo al duodeno	Regula el paso del quimo desde el estómago hacia el duodeno; impide que el quimo refluya del duodeno al estómago

## PÁNCREAS

## ► OBJETIVO

Describir la localización, anatomía, histología y función del páncreas.

Desde el estómago, el quimo pasa al intestino delgado. Como la digestión química en el intestino delgado depende de la actividad del páncreas, del hígado y de la vesícula biliar, se considerará primero a estos órganos digestivos accesorios y su contribución a la digestión en el intestino delgado.

## Anatomía del páncreas

El páncreas (pan-, de *pán*, todo, y -creas, de *kreas*, carne), una glándula retroperitoneal que tiene alrededor de 12-15 cm de longitud y 2.5 cm de ancho, se halla por detrás de la curvatura mayor del estómago. Tiene una cabeza, un cuerpo y una cola, y está habitualmente conectado con el duodeno por dos conductos (fig. 24-14a). La cabeza es la porción ensanchada del órgano cercana a la curvatura del duodeno; por encima y a la izquierda de la cabeza se encuentran el cuerpo y la cola de forma ahusada.

El jugo pancreático se secreta en las células exocrinas dentro de conductillos que se unen íntimamente para formar dos largos conductos, el conducto pancreático y el conducto accesorio, que vuelcan las secreciones en el intestino delgado. El conducto pancreático (conducto de Wirsung) es el más grande de los dos. En la mayoría de las personas, se une con el conducto colédoco y entran en el duodeno como un conducto común llamado ampolla hepatopancreática (ampolla de Vater). La ampolla se abre en una elevación de la mucosa duodenal conocida como papila duodenal (carúncula) mayor, a unos 10 cm, por debajo del esfínter pilórico del estómago. El paso de los jugos pancreático y biliar por la ampolla hepatopancreática hacia el intestino delgado está regulado por una masa de músculo liso llamada esfínter de la ampolla hepatopancreática (esfínter de Oddi). El otro conducto del páncreas, el conducto accesorio (conducto de Santorini), sale del páncreas y desemboca en el duodeno a unos 2.5 cm por encima de la ampolla hepatopancreática.

## Histología del páncreas

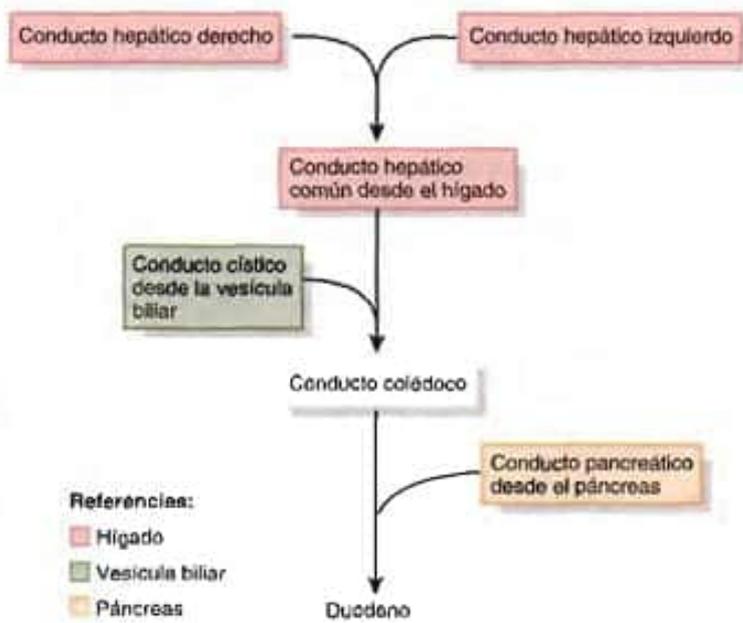
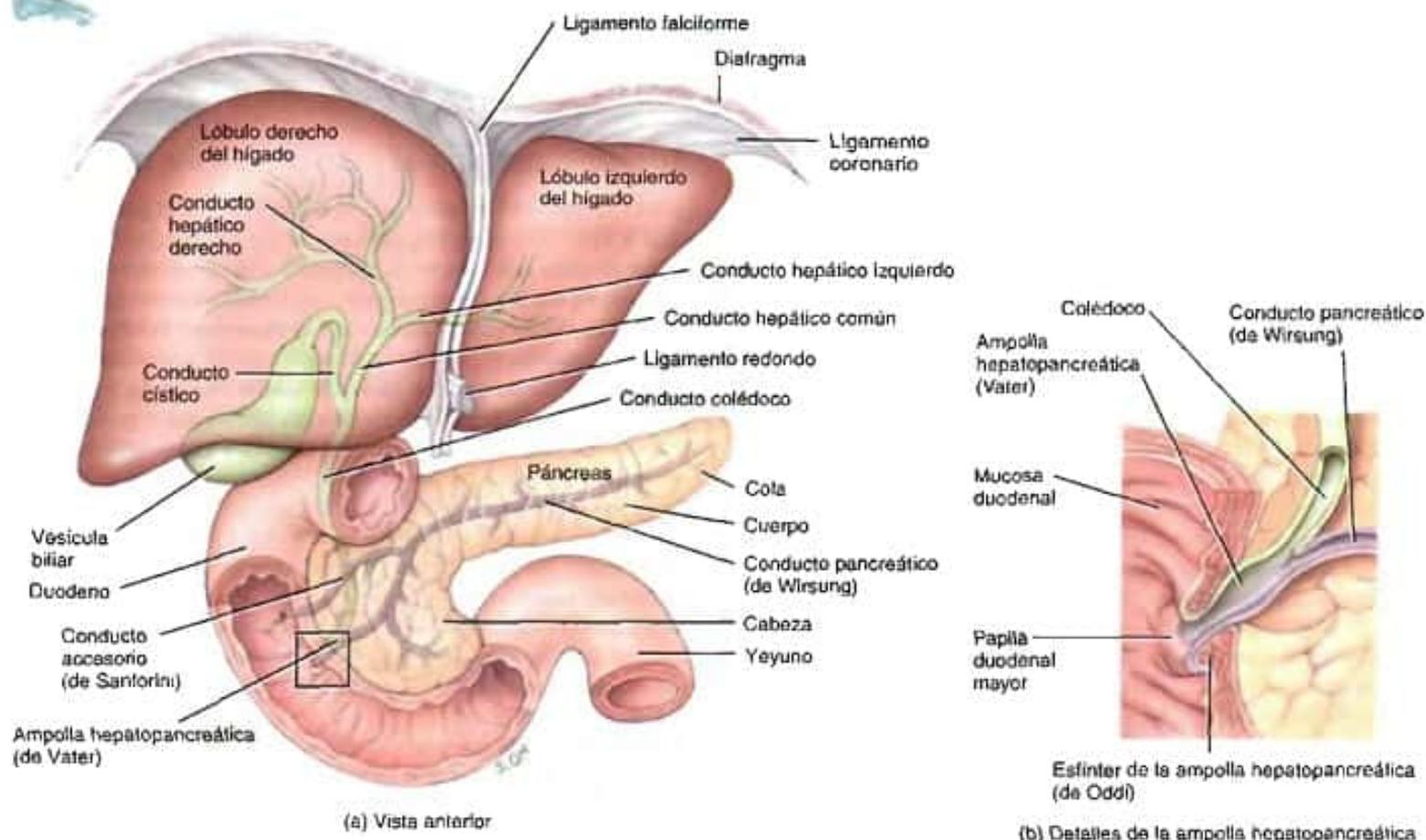
El páncreas está constituido por pequeñas agrupaciones de células epiteliales glandulares. Alrededor del 99% de los racimos, llamados ácinos, constituyen la porción exocrina del órgano (véase fig. 18-18b y c). Las células acinosas secretan una mezcla de líquido y enzimas digestivas llamada jugo pancreático. El 1% restante de los ácinos, los islotes pancreáticos (islotes de Langerhans), forman la porción endocrina del páncreas. Estas células secretan las hormonas glucagón, insulina, somatostatina y el polipéptido pancreático. Las funciones de estas hormonas se describen en el capítulo 18.

## Composición y funciones del jugo pancreático

Cada día el páncreas produce entre 1 200 y 1 500 mL de jugo pancreático, un líquido transparente e incoloro formado en su ma-

**Fig. 24-14** Relación del páncreas con el hígado, la vesícula biliar y el duodeno. En el recuadro se muestran en detalle los conductos colédoco y pancreático formando la ampolla hepatopancreática (ampolla de Vater) y vaciándose en el duodeno.

Las enzimas pancreáticas digieren el almidón (polisacáridos), las proteínas, los triglicéridos y los ácidos nucleicos.



**Referencias:**

- Hígado
- Vesícula biliar
- Páncreas

(c) Conductos que transportan la bilis desde el hígado y la vesícula biliar y el jugo pancreático desde el páncreas hacia el duodeno

yor parte por agua, algunas sales, bicarbonato de sodio y varias enzimas. El bicarbonato de sodio le da al jugo pancreático el pH alcalino (7,1-8,2) que amortigua el jugo gástrico ácido del quimo, frena la acción de la pepsina del estómago y crea el pH adecuado para la acción de las enzimas digestivas en el intestino delgado. Las enzimas del jugo pancreático son la **amilasa pancreática**, que digiere el almidón; varias enzimas que digieren proteínas como la **tripsina**, la **quimotripsina**, la **carboxipeptidasa** y la **elastasa**; la principal enzima digestiva de los triglicéridos en los adultos llamada **lipasa pancreática**, y enzimas que digieren a los ácidos nucleicos: la **ribonucleasa** y la **desoxirribonucleasa**.

Las enzimas que atacan a las proteínas son producidas como precursores inactivos, así como la pepsina se produce en el estómago como pepsinógeno. Como están inactivas, no digieren las células del propio páncreas. La tripsina se secreta en su forma inactiva llamada **tripsinógeno**. Las células acinosas pancreáticas también secretan la proteína denominada **inhibidor de la tripsina** que se combina con cualquier tripsina que se haya formado accidentalmente en el páncreas o en el jugo pancreático y bloquea su actividad. Cuando el tripsinógeno llega a la luz del intestino delgado, se

¿Qué tipo de líquido hay en el conducto pancreático? ¿En el conducto colédoco? ¿En la ampolla hepatopancreática?

encuentra con una enzima del borde en cepillo activadora llamada **enterocinasa**, que desdobra parte de la molécula de tripsinógeno para formar tripsina. A su vez, la tripsina actúa sobre los precursores inactivos (**quimotripsinógenos**, **procarboxipeptidasa** y **proelastasa**) para producir quimotripsina, carboxipeptidasa y elastasa, respectivamente.

## Pancreatitis y cáncer de páncreas

La inflamación del páncreas, asociada con el alcoholismo o con cálculos biliares crónicos se denomina **pancreatitis**. En un cuadro más grave, la **pancreatitis aguda**, vinculada con la ingesta de alcohol o la obstrucción del tracto biliar, las células pancreáticas pueden liberar tripsina en lugar de tripsinógeno o cantidades insuficientes de **inhibidor de la tripsina** y ésta comienza a digerir las células pancreáticas. Los pacientes con pancreatitis aguda habitualmente responden al tratamiento, pero los ataques recurrentes son la regla. En algunas personas la pancreatitis es idiopática, lo cual significa que se desconoce la causa. Otras causas de pancreatitis son la fibrosis quística, los niveles elevados de calcio (hipercalcemia) o de grasas (hiperlipidemia o hipertrigliceridemia) en la sangre, algunos fármacos y enfermedades autoinmunitarias. No obstante, casi en el 70% de los adultos con pancreatitis la causa es el alcoholismo. A menudo el primer episodio aparece entre los 30 y 40 años.

El **cáncer pancreático** suele afectar a personas de más de 50 años de edad y es más frecuente en los hombres. Típicamente, hay pocos síntomas hasta que la enfermedad llega a una etapa avanzada y con frecuencia no aparecen hasta que haya metástasis en otras partes del cuerpo, como los ganglios linfáticos, el hígado o los pulmones. La enfermedad es casi siempre fatal y es la cuarta causa más común de muerte por cáncer en los Estados Unidos. El cáncer pancreático se asocia a las comidas grasas, alto consumo de alcohol, factores genéticos, tabaquismo y pancreatitis crónica. ■

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

24. Describa el sistema de conductos que conecta el páncreas con el duodeno.
25. ¿Qué son los ácinos pancreáticos? ¿Cómo difieren sus funciones de las de las células de los islotes pancreáticos (islotes de Langerhans)?
26. ¿Cuáles son las funciones digestivas de los componentes del jugo pancreático?

## HÍGADO Y VESÍCULA BILIAR

### ► OBJETIVO

Describir la localización, anatomía, histología y funciones del hígado y la vesícula biliar.

El **hígado** es la glándula más voluminosa del cuerpo y pesa alrededor de 1.4 kg en el adulto promedio. De todos los órganos, le sigue sólo a la piel en tamaño. El hígado está por debajo del

diafragma y ocupa la mayor parte del hipocondrio derecho y parte del epigastrio en la cavidad abdominopelviana (véase **fig. 1-12a**).

La **vesícula biliar** es un saco piriforme localizado en una depresión de la cara inferior del hígado. Tiene una longitud de 7-10 cm y pende habitualmente del borde anteroinferior del hígado (**fig. 24-14a**).

### Anatomía del hígado y de la vesícula biliar

El hígado está cubierto casi por completo por el peritoneo visceral y revestido en su totalidad por una capa de tejido conectivo denso irregular que yace en la profundidad del peritoneo. El hígado se divide en dos lóbulos principales —un **lóbulo derecho** grande y un **lóbulo izquierdo** más pequeño— por el **ligamento falciforme**, una hoja del peritoneo (**fig. 24-14a**). Aunque algunos anatomistas consideran que el lóbulo derecho abarca al **lóbulo cuadrado** y al **lóbulo caudado**, sobre la base de la morfología interna (en especial la distribución de los vasos sanguíneos), los lóbulos cuadrado y caudado pertenecen al lóbulo izquierdo. El ligamento falciforme se extiende desde la cara inferior del diafragma entre los dos lóbulos principales hasta la cara superior del hígado y contribuye a sostenerlo en la cavidad abdominal. En el borde libre del ligamento falciforme está el **ligamento redondo**, un vestigio de la vena umbilical del feto (véase **fig. 21-30a y b**); este cordón fibroso se extiende desde el hígado hasta el ombligo. Las porciones derecha e izquierda del **ligamento coronario** son estrechas extensiones del peritoneo parietal que van del hígado al diafragma.

En la vesícula biliar se distingue un **fondo**, con proyecciones hacia abajo desde el borde inferior del hígado; el **cuerpo**, la porción central, y el **cuello**, la porción estrecha. El cuerpo y el cuello se proyectan hacia arriba.

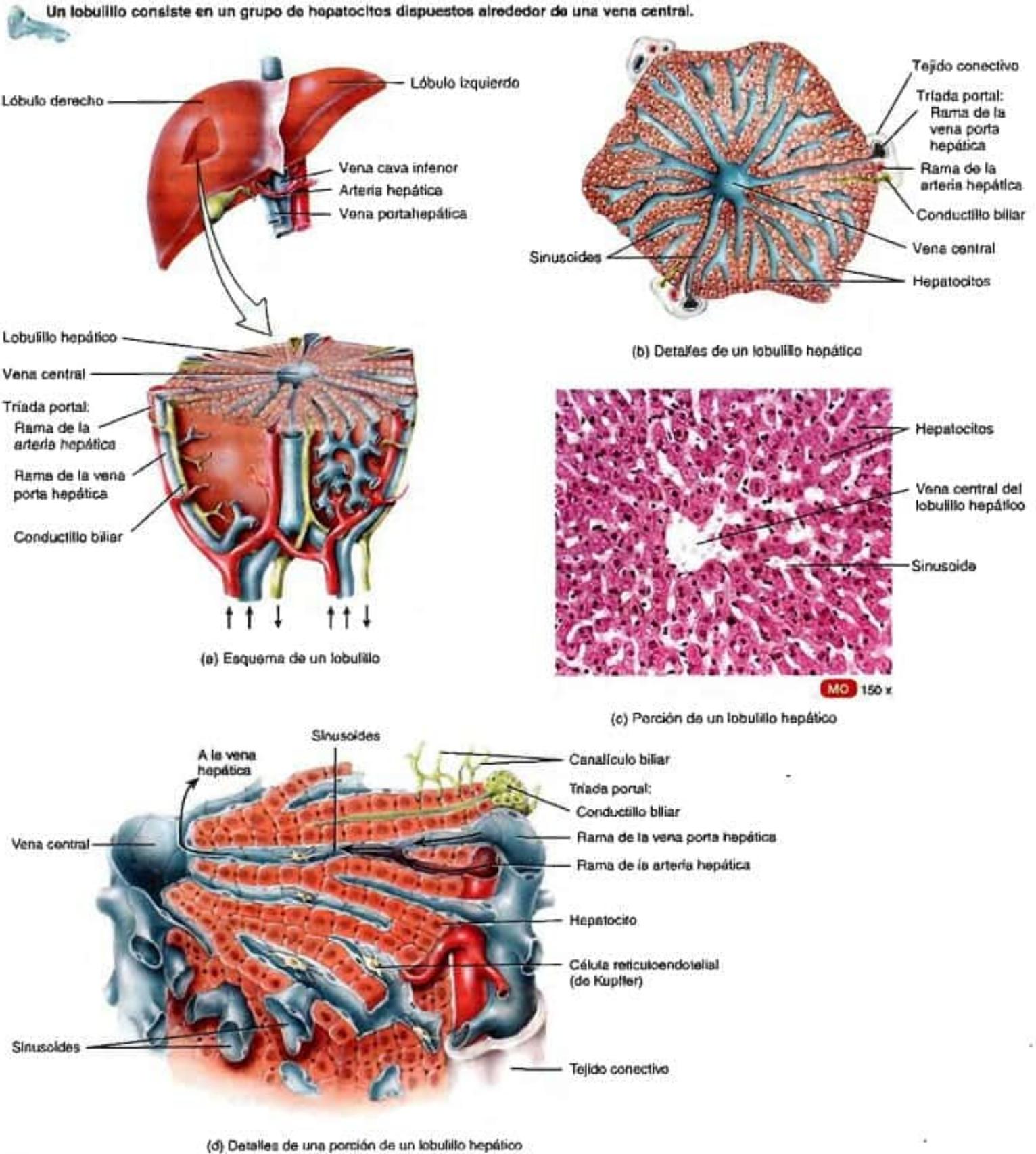
### Histología del hígado y de la vesícula biliar

Los lóbulos del hígado están formados por muchas unidades funcionales llamadas **lobulillos** (**fig. 24-15**). Un lobulillo tiene una estructura de seis lados (hexágono) constituida por células epiteliales especializadas, llamadas **hepatocitos** (hepato-, de *hépatos*, hígado, y -cito, de *kétos*, cavidad), organizado en láminas irregulares, ramificadas e interconectadas que rodean a una **vena central**. Además, el lobulillo hepático contiene capilares muy permeables llamados **sinusoides**, a través de los cuales circula sangre. En los sinusoides también están presentes las **células reticuloendoteliales** (de **Kupffer**), fagocitos que destruyen a los eritrocitos y glóbulos blancos viejos, bacterias y otros cuerpos extraños del torrente venoso provenientes del tracto gastrointestinal.

La bilis, que se secreta en los hepatocitos, entra en los **canales biliares**, estrechos conductos intercelulares que desembocan en **conductillos biliares** (**fig. 24-15a**), desde los cuales pasa a los **conductos biliares** en la periferia de los lobulillos. Los conductos biliares emergen y forman por último los **conductos hepáticos derecho e izquierdo**, que se unen y abandonan el hígado como **conducto hepático común** (véase **fig. 24-14**). El conducto hepático común se une al **conducto cístico** (de *kýstis*, vejiga) de la vesícula biliar para formar el **conducto colédoco**.

**Fig. 24-15** Histología de un lobulillo, la unidad funcional del hígado.

Un lobulillo consiste en un grupo de hepatocitos dispuestos alrededor de una vena central.



¿Qué tipo de célula del hígado es fagocítica?

La mucosa de la vesícula biliar presenta un epitelio cilíndrico simple organizado en pliegues o rugosidades parecidos a los del estómago. La pared de la vesícula biliar carece de submucosa. En el medio, la capa muscular de la pared consiste en fibras musculares lisas. La contracción de estas fibras expulsa el contenido de la vesícula biliar hacia el **conducto cístico**. La vesícula biliar está cubierta por fuera por el peritoneo visceral. Las funciones de la vesícula biliar son el almacenamiento y la concentración de la bilis producida por el hígado hasta diez veces antes de que pase al intestino delgado cuando sea requerida en éste. En el proceso de concentración, el agua y algunos iones se absorben en la mucosa vesicular.

### Ictericia

La **ictericia** es la coloración amarillenta de la esclerótica (blanco del ojo), la piel, y las mucosas por el aumento del componente de ese color llamado bilirrubina. Después de que la bilirrubina se forma a partir de la degradación del pigmento hemo de los glóbulos rojos viejos, se transporta al hígado, que la procesa y la excreta con la bilis. Las tres formas principales de ictericia son: 1) *ictericia prehepática*, causada por el exceso de producción de bilirrubina; 2) *ictericia hepática*, producida por enfermedad hepática congénita, cirrosis, o hepatitis; y 3) *ictericia extrahepática* que tiene su origen en el bloqueo del conducto por cálculos biliares o cáncer de intestino o de páncreas.

Como el hígado del recién nacido no está maduro en la primera semana de vida o más, muchos niños experimentan una forma leve de ictericia llamada *ictericia neonatal (fisiológica)* que desaparece a medida que el hígado madura. Habitualmente, es tratado exponiendo al recién nacido a luz azul, que convierte a la bilirrubina en sustancias que los riñones pueden excretar. ■

### Circulación hepática

El hígado recibe sangre de dos fuentes (**fig. 24-16**). De la arteria hepática obtiene sangre oxigenada, y por la vena porta recibe sangre desoxigenada que contiene nutrientes recién absorbidos, fármacos y posiblemente microorganismos y toxinas del tubo digestivo (véase **fig. 21-28**). Ramas de la arteria hepática y de la vena porta transportan sangre hacia los sinusoides hepáticos, donde el oxígeno, la mayoría de los nutrientes y algunas sustancias tóxicas son captados por los hepatocitos. Los productos elaborados por los hepatocitos y los nutrientes requeridos por otras células se liberan de nuevo hacia la sangre, que drena hacia la vena central y luego fluye hacia la vena hepática. Como la sangre proveniente del tubo digestivo pasa a través del hígado como parte de la circulación portal, este órgano suele ser lugar de metástasis de cánceres primarios del tubo digestivo. Las ramas de la vena porta, de la arteria hepática y del conducto biliar se acompañan uno al otro en su distribución por el hígado. En conjunto, estas estructuras se llaman **triada portal** (véase **fig. 24-15**). Las tríadas portales se localizan en los ángulos de los lobulillos hepáticos.

### Función y composición de la bilis

Cada día, los hepatocitos secretan entre 800 a 1 000 mL de bilis, un líquido de color pardoamarillento o verde oliva. Tiene un pH

de 7,6-8,6 y está compuesto en su mayor parte por agua, sales biliares, colesterol, el fosfolípido lecitina, pigmentos biliares y varios iones.

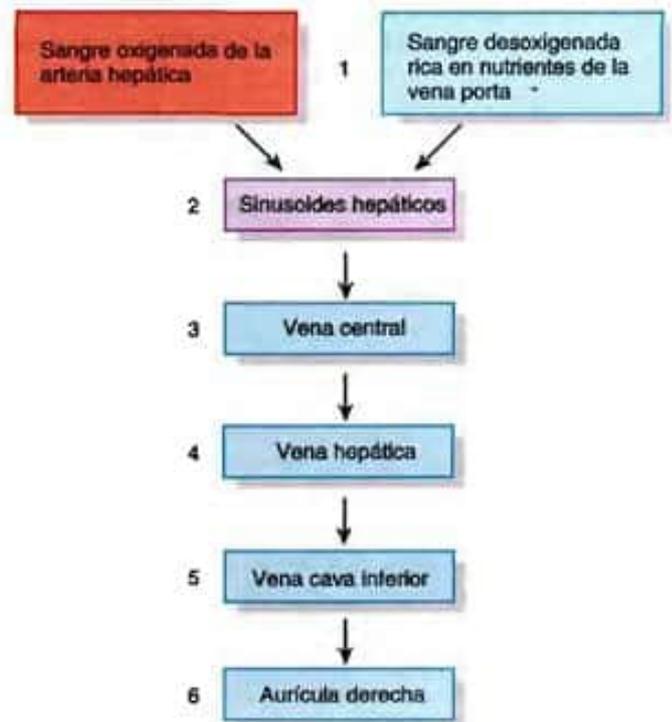
El pigmento principal es la **bilirrubina**. La fagocitosis de los glóbulos rojos envejecidos libera hierro, globina y bilirrubina (derivado del hemo) (véase **fig. 19-5**). El hierro y la globina se reciclan; la bilirrubina se secreta junto con la bilis y luego se degrada en el intestino. Uno de sus productos de degradación —la **estercobilina**— da a las heces su color pardusco normal.

La bilis es en parte un producto de excreción y en parte una secreción digestiva. Las sales biliares, que son sales de sodio y de potasio de los ácidos biliares (en especial de los ácidos quenodesoxicólico y cólico), desempeñan un papel en la **emulsificación**, la ruptura de grandes glóbulos lipídicos en una suspensión de glóbulos lipídicos más pequeños. Éstos presentan una enorme superficie que permite a la lipasa pancreática llevar a cabo la digestión de los triglicéridos más rápido. Las sales biliares también contribuyen a la absorción de los lípidos después de su digestión.

Aunque los hepatocitos liberan continuamente bilis, intensifican la producción y la secreción cuando la sangre portal contiene muchas sales biliares; de este modo, a medida que la digestión y la absorción continúan en el intestino delgado, la liberación de bilis au-

**Fig. 24-16** Flujo sanguíneo hepático: origen, trayecto intrahepático y retorno al corazón.

 El hígado recibe sangre oxigenada de la arteria hepática y sangre desoxigenada rica en nutrientes de la vena porta hepática.



 Durante las primeras horas después de la ingestión, ¿cómo cambia la composición química de la sangre a medida que ésta pasa por los sinusoides hepáticos?

menta. Entre las comidas, después de que se absorbió la mayor parte, la bilis fluye hacia la vesícula biliar para almacenarse, porque el esfínter de la ampolla hepatopancreática (esfínter de Oddi; véase fig. 24-14) obtura la entrada al duodeno.

## Cálculos biliares

Si la bilis tiene un contenido insuficiente de sales biliares o un exceso de colesterol, éste puede cristalizarse y formar **cálculos biliares**. A medida que crecen en tamaño y número, los cálculos pueden ocasionar una obstrucción mínima, intermitente o completa del flujo de la bilis de la vesícula al duodeno. El tratamiento consiste en usar fármacos que disuelvan los cálculos, la litotricia con ondas de choque o la cirugía. La *colecistectomía*—extirpación de la vesícula biliar y su contenido— es necesaria en aquellas personas con cálculos recurrentes o en quienes el tratamiento farmacológico o la litotricia están contraindicados. Más de 500 000 colecistectomías se realizan anualmente en los Estados Unidos. ■

## Funciones del hígado

Además de secretar bilis, necesaria para la absorción de los alimentos grasos, el hígado cumple otras funciones vitales:

- **Metabolismo de los hidratos de carbono.** El hígado es especialmente importante para mantener los niveles normales de glucosa en sangre. Cuando la glucemia es baja, el hígado puede desdoblar el glucógeno en glucosa y liberarla en el torrente sanguíneo. El hígado puede también convertir ciertos aminoácidos y ácido láctico en glucosa y puede convertir otros azúcares, como la fructosa y la galactosa, en glucosa. Cuando la glucemia es elevada, como ocurre después de comer, el hígado convierte la glucosa en glucógeno y triglicéridos para almacenarlos.
- **Metabolismo de los lípidos.** Los hepatocitos almacenan algunos triglicéridos; degradan ácidos grasos para generar ATP; sintetizan lipoproteínas, que transportan ácidos grasos, triglicéridos y colesterol hacia las células del organismo y desde éstas; sintetizan colesterol, y usan el colesterol para formar sales biliares.
- **Metabolismo proteico.** Los hepatocitos *desaminan* (eliminan el grupo amino,  $\text{NH}_2$ ) de los aminoácidos de manera que pueden utilizarse en la producción de ATP o convertidos en hidratos de carbono o grasas. El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) tóxico resultante se convierte luego en un compuesto menos tóxico, la urea, que se excreta con la orina. Los hepatocitos también sintetizan la mayoría de las proteínas plasmáticas, como la alfa y beta globulinas, la albúmina, la protrombina y el fibrinógeno.
- **Procesamiento de fármacos y hormonas.** El hígado puede detoxificar sustancias como el alcohol y excretar fármacos como la penicilina, eritromicina y sulfonamidas en la bilis. Puede también alterar químicamente o excretar hormonas tiroideas y hormonas esteroideas, como los estrógenos y la aldosterona.
- **Excreción de bilirrubina.** Como se mencionó, la bilirrubina, que deriva del hemo de los eritrocitos viejos, es captada por el hígado desde la sangre y se secreta con la bilis. La mayor parte

de la bilis se metaboliza en el intestino delgado por las bacterias y eliminada junto con las heces.

- **Síntesis de sales biliares.** Las sales biliares se usan en el intestino delgado para emulsionar y absorber los lípidos.
- **Almacenamiento.** Además del glucógeno, el hígado es el sitio primario de almacenamiento de algunas vitaminas (A, B<sub>12</sub>, D, E y K) y minerales (hierro y cobre), que se liberan del hígado cuando se requieren en alguna parte del cuerpo.
- **Fagocitosis.** Las células reticuloendoteliales estrelladas (Kupfer) del hígado fagocitan los glóbulos blancos, los glóbulos rojos envejecidos y algunas bacterias.
- **Activación de la vitamina D.** La piel, el hígado y los riñones participan en la síntesis de la forma activa de la vitamina D.

Las funciones del hígado relacionadas con el metabolismo se exponen con mayor detalle en el capítulo 25.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

27. Dibuje un diagrama de un lobulillo hepático y mencione sus componentes.
28. Describa el recorrido del flujo sanguíneo hacia el hígado, en su interior y desde este órgano.
29. ¿Cómo se conectan la vesícula biliar y el hígado con el duodeno?
30. Una vez formada la bilis en el hígado, ¿cómo se transporta hasta la vesícula biliar para su almacenamiento?
31. ¿Cuál es la función de la bilis?

## INTESTINO DELGADO

### OBJETIVO

Describir la localización, anatomía, histología y funciones del intestino delgado.

Los procesos más importantes de la digestión y la absorción de los nutrientes se producen en un órgano tubular largo, el **intestino delgado**, como consecuencia de lo cual su estructura se encuentra especialmente adaptada para estas funciones. Sólo su longitud ya provee una enorme superficie para la digestión y la absorción y esa superficie se incrementa aún más por la presencia de pliegues circulares, vellosidades y microvellosidades. El intestino delgado comienza en el esfínter pilórico del estómago, se pliega a través de la parte central e inferior de la cavidad abdominal y se abre por último en el intestino grueso. Alcanza un promedio los 2,5 cm de diámetro; su longitud es de alrededor de 3 metros en una persona viva y de unos 6,5 m en un cadáver a causa de la pérdida del tono muscular liso después de la muerte.

### Anatomía del intestino delgado

El intestino delgado se divide en tres regiones (fig. 24-17). El **duodeno**, el segmento más corto, es retroperitoneal. Comienza en

el esfínter pilórico del estómago y se extiende alrededor de 25 cm hasta que comienza el yeyuno. *Duodeno* significa "12"; porque su extensión equivale a 12 traveses de dedo. El *yeyuno* mide alrededor de 1 metro y se extiende hasta el íleon. *Yeyuno* significa "vacío", que es como se lo encuentra después de la muerte. La región final y más larga del intestino delgado, el *íleon*, mide alrededor de 2 metros y se une con el intestino largo mediante el esfínter o válvula ileocecal.

### Histología del intestino delgado

La pared del intestino delgado está compuesta por las cuatro capas que forman la mayor parte del tubo digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa (fig. 24-18a). La *mucosa* está compuesta por el epitelio, la lámina propia y la muscularis mucosae. La capa epitelial de la mucosa intestinal consiste en epitelio cilíndrico simple que contiene varios tipos de células (fig. 24-18b). Las *células absorptivas* digieren y absorben nutrientes del quimo intestinal. También están presentes las *células caliciformes*, que secretan moco. La mucosa del intestino delgado contiene varias hendiduras revestidas de epitelio glandular. Las células que las tapizan forman las *glándulas intestinales* (criptas de Lieberkühn) y secretan jugo intestinal (que se describe más adelante). Junto a las células ab-

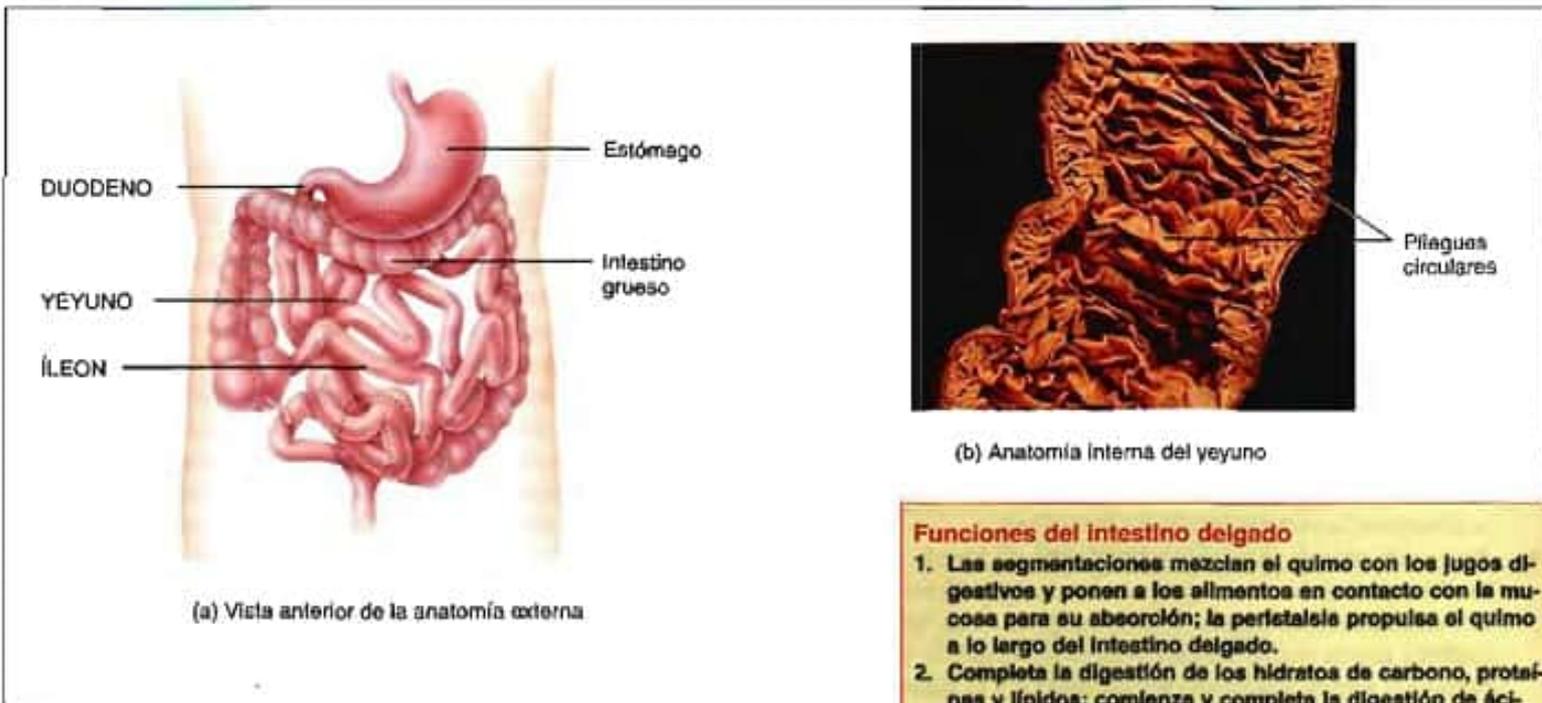
sortivas y a las células caliciformes, las glándulas intestinales también contienen células de Paneth y células enteroendocrinas. Las *células de Paneth* secretan lisozima, una enzima bactericida, y tienen capacidad fagocítica. Por lo que desempeña un papel importante en la regulación de la población bacteriana en el intestino delgado. Existen tres tipos de células enteroendocrinas en las glándulas intestinales del intestino delgado: *células S*, *células CCK* y *células K*, que secretan la hormona *secretina*, la *colecistocinina* o *CCK* y el *péptido insulínico dependiente de glucosa* o *GIP*, respectivamente.

La lámina propia de la mucosa del intestino delgado contiene tejido conectivo arcolar y tiene abundante tejido linfóide asociado a la mucosa (MALT). Los *ganglios linfáticos solitarios* son más numerosos en la porción distal del íleon (fig. 24-19c). Hay grupos de ganglios linfáticos conocidos como *folículos linfáticos agregados* (*placas de Peyer*) presentes en el íleon. La muscularis mucosae de la mucosa del intestino delgado contiene músculo liso.

La submucosa del duodeno presenta *glándulas duodenales* (*de Brunner*) (véase fig. 24-19a), las cuales secretan un moco alcalino que ayuda a neutralizar el ácido gástrico del quimo. A veces el tejido linfático de la lámina propia se extiende por la muscularis mucosae hasta la mucosa. La *muscular* del intestino delgado consiste en dos capas de músculo liso. La externa, más gruesa, contiene fi-

**Fig. 24-17 Anatomía del intestino delgado.** (a) Las regiones del intestino delgado son el duodeno, el yeyuno, y el íleon. (b) Los pliegues circulares aumentan la superficie dedicada a la digestión y la absorción en el intestino delgado.

La mayor parte de la digestión y la absorción tienen lugar en el intestino delgado.



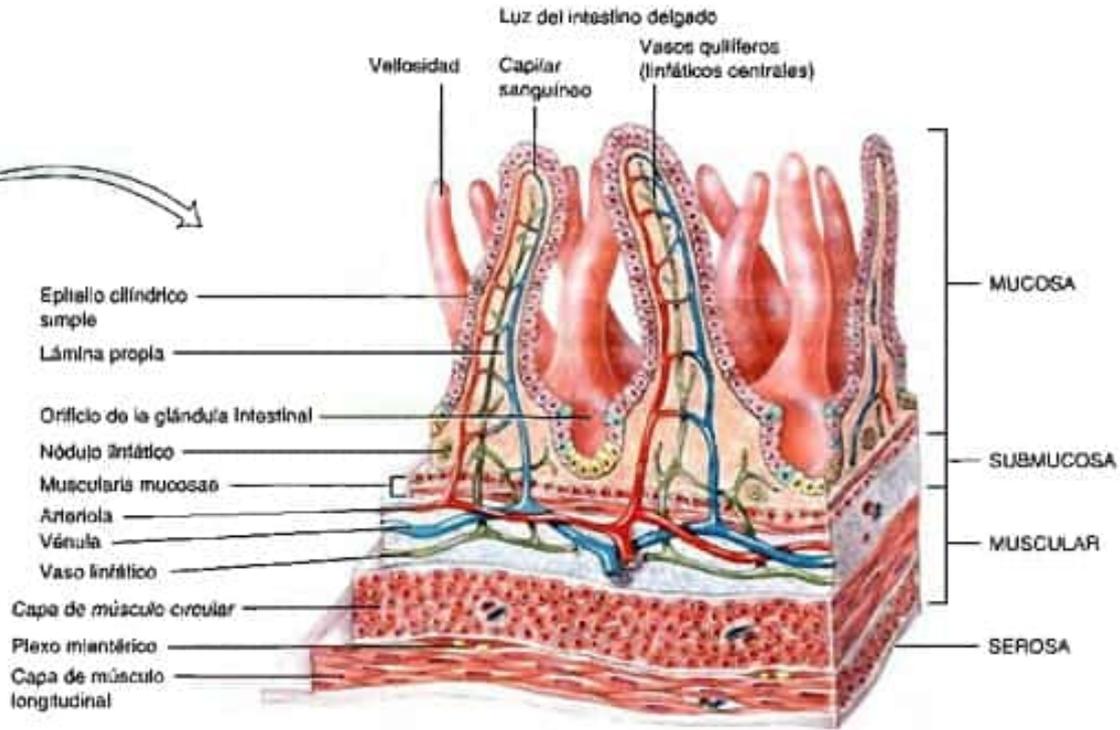
#### Funciones del intestino delgado

1. Las segmentaciones mezclan el quimo con los jugos digestivos y ponen a los alimentos en contacto con la mucosa para su absorción; la peristalsis propulsa el quimo a lo largo del intestino delgado.
2. Completa la digestión de los hidratos de carbono, proteínas y lípidos; comienza y completa la digestión de ácidos nucleicos.
3. Absorbe un 90% de los nutrientes y del agua que pasa a través del aparato digestivo.

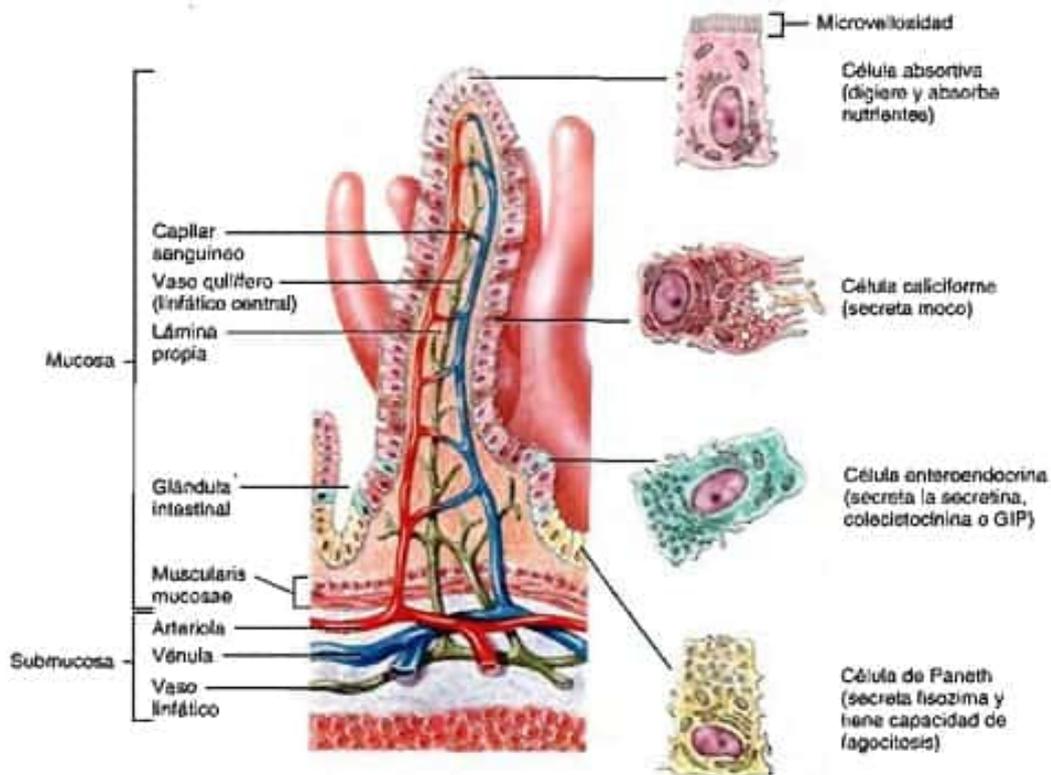
¿Cuál es la porción más larga del intestino delgado?

**Fig. 24-18 Histología del Intestino delgado.**

Los pliegues circulares, las vellosidades y las microvellosidades aumentan la superficie del Intestino delgado para la digestión y la absorción.



(a) Vista tridimensional de las tunicas del Intestino delgado que muestra las vellosidades



(b) Vista aumentada de una vellosidad que muestra los quilíferos, capilares, glándulas intestinales y tipos celulares



¿Cuál es la importancia funcional de la red de capilares sanguíneos y quilíferos del centro de cada vellosidad?

bras longitudinales; la interna, más fina, tiene fibras circulares. Excepto la mayor parte del duodeno, la **serosa** (o peritoneo visceral) cubre por completo al intestino delgado.

A pesar de que la pared del intestino delgado está compuesta por las mismas cuatro capas que el resto del tracto GI, tiene características estructurales especiales que facilitan los procesos de digestión y absorción. Entre esas características estructurales se hallan los pliegues circulares, las vellosidades y las microvellosidades. Los **pliegues circulares** son pliegues de la mucosa y la submucosa (véase **fig. 24-17b**). Estos repliegues permanentes, que tienen alrededor de 10 mm de largo, comienzan cerca de la porción proximal del duodeno y terminan cerca de la porción media del íleon. Algunas se extienden alrededor de toda la circunferencia del intestino y otras sólo por una parte de ella. Los pliegues circulares aumentan la superficie de absorción y hacen que el quimo describa una trayectoria circular en vez de moverse en línea recta, a medida que pasa por el intestino delgado.

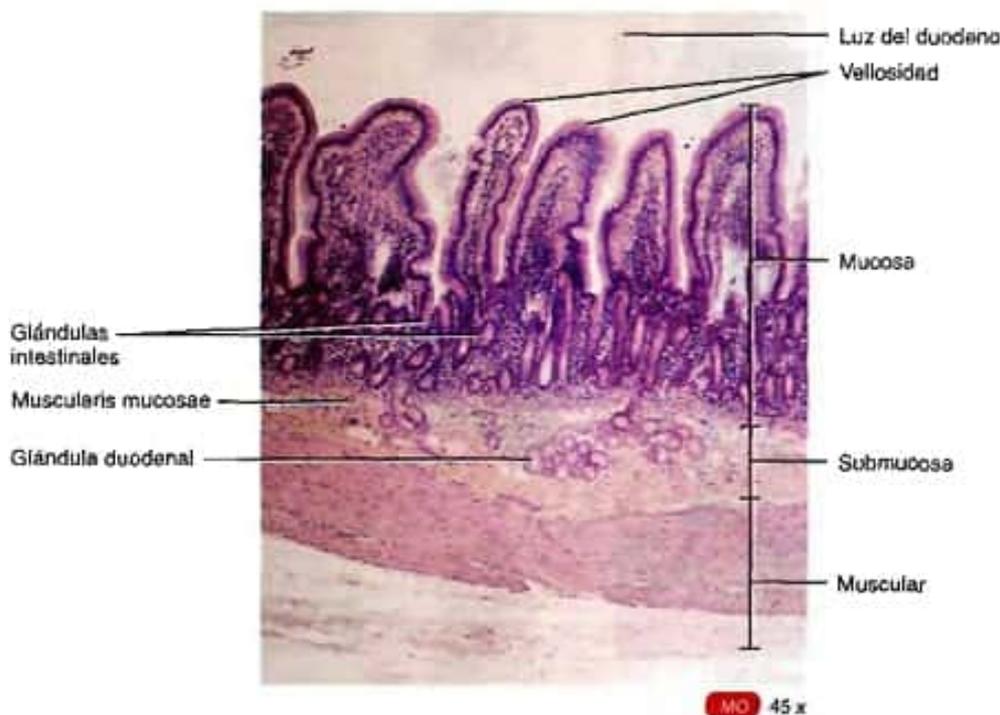
En el intestino delgado también hay **vellosidades** (de *villus*, manojo de pelo), proyecciones a manera de dedos de la mucosa que miden entre 0,5 y 1 mm de largo (véase **fig. 24-18a**). La enorme cantidad de vellosidades (20-40 por mm<sup>2</sup>) aumenta notablemente la superficie del epitelio disponible para la absorción y digestión y le otorga a la mucosa intestinal un aspecto aterciopelado. Cada vello-

sidad está cubierta por epitelio y tiene un núcleo de lámina propia; dentro del tejido conectivo de la lámina propia hay una arteriola, una vénula, una red de capilares sanguíneos y un vaso **quilífero** (quilo-, de *khlós*, jugo, y -fero, de *ferre*, llevar) o linfático central que es un capilar linfático. Los nutrientes absorbidos por las células epiteliales que cubren la vellosidad pasan a través de la pared del capilar o del vaso quilífero y entran en la sangre o la linfa, respectivamente.

Además de los pliegues circulares y las vellosidades, el intestino delgado también tiene **microvellosidades** (micro-, de *mikrós*, pequeño), que son proyecciones de la membrana apical (libre) de las células absortivas. Cada microvellosidad es una proyección cilíndrica de 1 µm de longitud, cubierta por una membrana que contiene un haz de 20 a 30 filamentos de actina. Con el microscopio óptico, las microvellosidades son demasiado pequeñas como observarlas individualmente; forman en cambio una línea vellosa, llamada **borde o ribete en cepillo**, que se extiende hacia la luz del intestino delgado (**fig. 24-19d**). Se estima que hay unos 200 millones de microvellosidades por milímetro cuadrado de intestino delgado. Como las microvellosidades aumentan enormemente la superficie de la membrana plasmática, grandes cantidades de nutrientes digeridos pueden difundirse dentro de las células absortivas en un período dado. El ribete en cepillo contiene además muchas enzimas con funciones digestivas (se describe más adelante).

**Fig. 24-19** Histología del duodeno y del íleon.

Las microvellosidades del intestino delgado contienen varias enzimas del ribete en cepillo que intervienen en la digestión de los nutrientes.

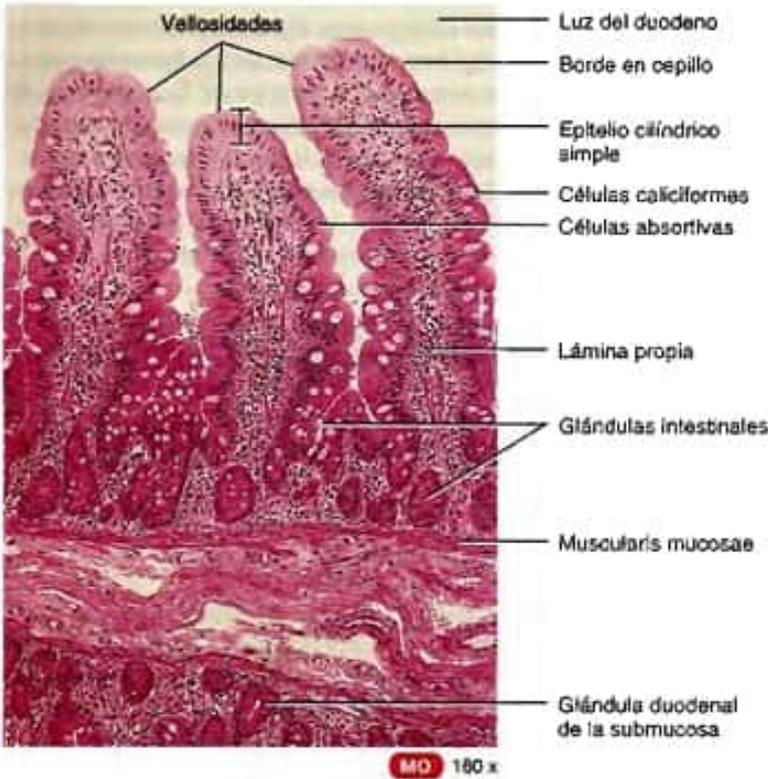


(a) Pared del duodeno

## Papel del jugo intestinal y las enzimas del borde en cepillo

Alrededor de 1-2 litros de **jugo intestinal**, un líquido amarillento, se secreta cada día. El jugo intestinal contiene agua y moco y es ligeramente alcalino (pH 7,6). En conjunto, los jugos pancreáticos e

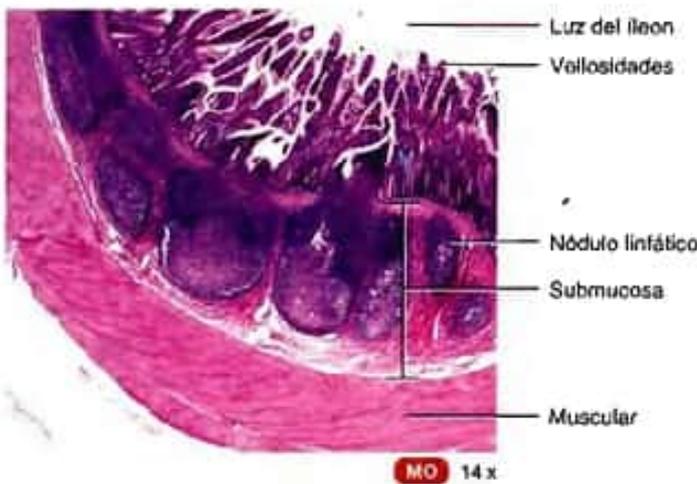
intestinal proveen un medio líquido que colabora con la absorción de las sustancias del quimo en el intestino delgado. Las células absorbivas del intestino delgado sintetizan diversas enzimas digestivas, llamadas **enzimas del borde o ribete en cepillo**, y se insertan en la membrana plasmática de las microvellosidades. De tal modo, una parte de la digestión enzimática se produce sobre la superficie de las células absorbivas que limitan la vellosidad, más que en la luz exclusivamente, como ocurre en otras partes del tracto GI. Entre las enzimas del borde en cepillo se encuentran cuatro enzimas encargadas de la digestión de hidratos de carbono, llamadas  $\alpha$ -dextrinasa, maltasa, sacarasa y lactasa; otras encargadas de la digestión de proteínas llamadas peptidasas (aminopeptidasa y dipeptidasa), y dos tipos de enzimas encargadas de la digestión de ácidos nucleicos, nucleosidasas y fosfatasa. Además, a medida que las células absorbivas se descaman en la luz del intestino delgado, se rompen y liberan enzimas que contribuyen a la digestión de los nutrientes del quimo.



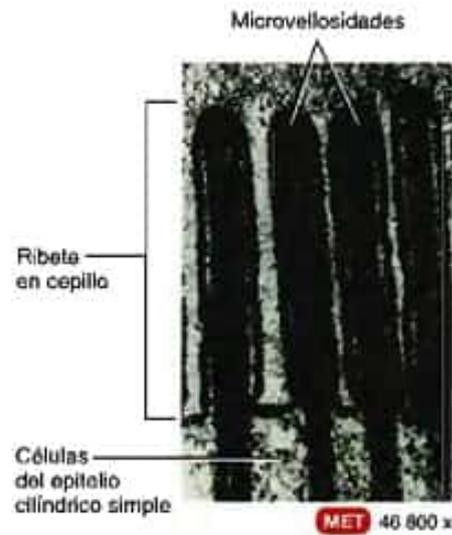
(b) Tres vellosidades del duodeno

## Digestión mecánica en el intestino delgado

Los dos tipos de movimiento del intestino delgado—segmentación y un tipo de peristalsis, el complejo motor migrante—están regulados principalmente por el plexo mientérico. Las **segmentaciones** consisten en contracciones localizadas de mezcla que tienen lugar en las porciones del intestino distendidas por el gran volumen del quimo. La segmentación mezcla el quimo con los jugos intestinales y pone las partículas de alimento en contacto con la mucosa para su absorción posterior; no impulsa el contenido intestinal a lo largo del tubo digestivo. La segmentación comienza con la contracción de las fibras musculares circulares de una porción del intestino delgado, acción que construye al intestino en segmentos. Luego se contraen las fibras musculares que rodean el punto medio de ca-



(c) Nódulos linfáticos del ileon



(d) Microvellosidades del duodeno

¿Cuál es la función del líquido secretado por las glándulas duodenales (de Brunner)?

da segmento y lo dividen nuevamente. Por último, las fibras que se contrajeron primero se relajan, y cada pequeño segmento se une con el siguiente formando nuevamente segmentos largos. A medida que se repite esta secuencia, el quimo se desplaza hacia adelante y hacia atrás. La segmentación es más rápida en el duodeno, alrededor de 12 veces por minuto y disminuye progresivamente a alrededor de 8 veces por minuto en el íleon. Este movimiento es similar a la compresión alternativa de la parte media y los extremos de un tubo de pasta dental tapada.

Después de la absorción de la mayor parte de los alimentos, lo cual reduce la distensión de la pared del intestino delgado, la segmentación cesa y comienza la peristalsis. El tipo de peristalsis que ocurre en el intestino delgado, denominado **complejo motor migrante (CMM)**, comienza en la porción inferior del estómago y lleva al quimo hacia adelante a lo largo del corto tramo de intestino delgado hasta su expulsión. El CMM migra lentamente por el intestino delgado y llega al final del íleon luego de 90-120 minutos. Otro CMM comienza en el estómago a continuación. En conjunto, el quimo permanece en el intestino delgado entre 3 y 5 horas.

### Digestión química en el intestino delgado

En la boca, la amilasa salival convierte el almidón (un polisacárido) en maltosa (un disacárido), maltotriosa (un trisacárido) y  $\alpha$ -dextrinas (una cadena corta de fragmentos ramificados de almidón con 5 a 10 unidades de glucosa). En el estómago, la pepsina convierte a las proteínas en péptidos (pequeños fragmentos de proteínas) y las lipasas lingual y gástrica convierten a los triglicéridos en ácidos grasos, diglicéridos y monoglicéridos. De esta manera, el quimo que entra en el intestino delgado contiene hidratos de carbono, proteínas y lípidos parcialmente digeridos. La digestión completa de hidratos de carbono, proteínas y lípidos es el resultado conjunto del jugo pancreático, biliar e intestinal en el intestino delgado.

### Digestión de los hidratos de carbono

A pesar de que la acción de la **amilasa salival** puede continuar en el estómago durante cierto tiempo, el pH ácido del estómago destruye a la amilasa salival y hace cesar su actividad. Por lo tanto poco almidón ha sido degradado en el momento en que el quimo abandona el estómago. El almidón que no se degradó todavía en maltosa, maltotriosa y  $\alpha$ -dextrina se hidroliza por acción de la **amilasa pancreática**, una enzima del jugo pancreático que actúa en el intestino delgado. A pesar de que la amilasa pancreática actúa sobre el glucógeno y el almidón, no tiene efecto sobre otro polisacárido, la celulosa, un producto vegetal indigerible a la que habitualmente nos referimos como "fibra" cuando pasa a lo largo del tubo digestivo. Una vez que la amilasa (salival o pancreática) dividió al almidón en pequeños fragmentos, una enzima del borde en cepillo llamada  **$\alpha$ -dextrinasa** actúa sobre las  $\alpha$ -dextrinas resultantes y separa una unidad de glucosa por vez.

Las moléculas de sacarosa, lactosa y maltosa ingeridas —tres disacáridos— no se degradan hasta llegar al intestino delgado. Tres enzimas del ribete en cepillo digieren a estos disacáridos en monosacáridos. La **sacarasa** desdobra la sacarosa en una molécula de glucosa y una de fructosa; la **lactasa** digiere la lactosa en una mo-

lécula de glucosa y una de galactosa; y la **maltasa** degrada la maltosa y la maltotriosa en dos o tres moléculas de glucosa, respectivamente. La digestión de los hidratos de carbono termina con la producción de monosacáridos, que el sistema digestivo puede absorber.



### Intolerancia a la lactosa

En algunas personas las células mucosas del intestino delgado no producen suficiente lactasa, que, como se expresó, es esencial para la digestión de lactosa. Esto determina la llamada **intolerancia a la lactosa**, en la cual la lactosa no digerida del quimo causa la retención de líquido en las heces; la fermentación bacteriana de la lactosa no digerida lleva a la producción de gases. Los síntomas de la intolerancia a la lactosa consisten en diarrea, gases, meteorismo y cólicos intestinales después de ingerir leche u otros productos lácteos. Los síntomas pueden ser menores o lo suficientemente graves como para requerir atención médica. La prueba del **hidrógeno espirado** se usa a menudo para el diagnóstico de la intolerancia a la lactosa. Muy poco hidrógeno se detecta en la espiración de una persona normal, pero éste es uno de los gases que se forman cuando la lactosa no digerida se fermenta por acción de las bacterias. El hidrógeno se absorbe en el intestino y se transporta por la sangre hasta los pulmones, donde se exhala. Las personas con intolerancia a la lactosa pueden tomar suplementos dietéticos para facilitar la digestión de la lactosa. ■

### Digestión de proteínas

Recordamos que la digestión de las proteínas comienza en el estómago, donde se desdoblán en péptidos por la acción de la **pepsina**. Las enzimas del jugo pancreático —**tripsina**, **quimotripsina**, **carboxipeptidasa** y **elastasa**— continúan la degradación de las proteínas en péptidos. Si bien todas esas enzimas convierten a la mayoría de las proteínas en péptidos, sus acciones difieren ligeramente en cuanto a la ruptura de las uniones peptídicas entre los distintos aminoácidos. La tripsina, la quimotripsina y la elastasa rompen la cadena peptídica entre un aminoácido y el siguiente; la carboxipeptidasa separa al aminoácido en el extremo carboxilo del péptido. La digestión proteica se completa por la acción de dos **peptidasas** del borde en cepillo: la aminopeptidasa y la dipeptidasa. La **aminopeptidasa** actúa sobre el aminoácido en el extremo amino del péptido. La **dipeptidasa** actúa sobre los dipéptidos (dos aminoácidos unidos por un enlace peptídico) y los convierte en aminoácidos simples.

### Digestión de los lípidos

Los lípidos más abundantes de la dieta son triglicéridos, constituidos por una molécula de glicerol unida a tres moléculas de ácidos grasos (véase fig. 2-17). Las enzimas que degradan triglicéridos y fosfolípidos se llaman **lipasas**. Hay tres tipos de lipasas que pueden participar en la digestión de los lípidos: la **lipasa lingual**, la **lipasa gástrica** y la **lipasa pancreática**. Si bien una parte de la digestión lipídica tiene lugar en el estómago por la acción de las lipasas lingual y gástrica, la mayor parte se produce especialmente en el intestino delgado por la acción de la lipasa pancreática. La lipasa pan-

creática degrada a los triglicéridos en ácidos grasos y monoglicéridos. Los ácidos grasos liberados pueden ser ácidos grasos de cadena corta (con menos de 10 a 12 carbonos) o ácidos grasos de cadena larga.

Antes de que un gran glóbulo lipídico y que contiene triglicéridos pueda ser digerido el intestino delgado debe experimentar primero la **emulsificación**, proceso en el cual el glóbulo lipídico grande se fracciona en muchos glóbulos lipídicos pequeños. Recuérdese que la bilis contiene sales biliares y sales de sodio y de potasio de los ácidos biliares (principalmente ácido quenodesoxicólico y ácido cólico). Las sales biliares son **anfipáticas**, lo cual significa que cada sal biliar tiene una región hidrófoba (no polar) y una región hidrófila (polar). La naturaleza anfipática de las sales biliares les permite emulsionar a un glóbulo lipídico grande; las regiones hidrófobas de las sales biliares interactúan con el glóbulo lipídico grande, mientras que las regiones hidrófilas de las sales biliares interactúan con el contenido acuoso intestinal. De tal

manera, el glóbulo lipídico grande se divide en muchos glóbulos lipídicos pequeños, de alrededor de 1 µm de diámetro. Los glóbulos lipídicos pequeños formados en el proceso de emulsificación representan una enorme superficie que le permite a la lipasa pancreática realizar su función más efectivamente.

**Digestión de los ácidos nucleicos**

El jugo pancreático contiene dos nucleasas: la **ribonucleasa**, que digiere el ARN, y la **desoxirribonucleasa**, que digiere el ADN. Los nucleótidos resultantes de la acción de estas dos nucleasas son luego digeridos por las enzimas **nucleotidasas** y **fosfatasa**s del ribete en cepillo en pentosas, fosfatos y bases nitrogenadas. Estos productos son absorbidos por transporte activo.

El **cuadro 24-4** resume las fuentes, sustratos y productos de las enzimas digestivas.

**CUADRO 24-4 Resumen de las enzimas digestivas**

Enzima	Origen	Sustratos	Productos
<b>Saliva</b>			
Amilasa salival	Glándulas salivales	Almidón (polisacáridos)	Maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) y α-dextrinas
Lipasa lingual	Glándulas linguales	Triglicéridos (grasas y aceites) y otros lípidos	Ácidos grasos y diglicéridos
<b>Jugo gástrico</b>			
Pepsina (activada a partir del pepsinógeno por el ácido clorhídrico)	Células principales	Proteínas	Péptidos
Lipasa gástrica	Células principales	Triglicéridos (grasas y aceites)	Ácidos grasos y monoglicéridos
<b>Jugo pancreático</b>			
Amilasa pancreática	Células acinosas	Almidón (polisacáridos)	Maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) y α-dextrinas
Tripsina (activada a partir del tripsinógeno por la enterocinasa)	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
Quimotripsina (activada a partir del quimotripsinógeno por la tripsina)	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
Elastasa (activada a partir de la proelastasa por la tripsina)	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
Carboxipeptidasa (activada a partir de la procarboxipeptidasa por la tripsina)	Células acinosas	Aminoácidos del extremo carboxilo de los péptidos	Aminoácidos y péptidos
Lipasa pancreática	Células acinosas	Triglicéridos (grasas y aceites) emulsionados por las sales biliares	Ácidos grasos y monoglicéridos
<b>Nucleasas</b>			
Ribonucleasa	Células acinosas	Ácido ribonucleico	Nucleótidos
Desoxirribonucleasa	Células acinosas	Ácido desoxirribonucleico	Nucleótidos
<b>Ribete en cepillo</b>			
α-Dextrinasa	Intestino delgado	α-Dextrinas	Glucosa
Maltasa	Intestino delgado	Maltosa	Glucosa
Sacarasa	Intestino delgado	Sacarosa	Glucosa y fructosa
Lactasa	Intestino delgado	Lactosa	Glucosa y galactosa
Enterocinasa	Intestino delgado	Tripsinógeno	Tripsina
<b>Peptidasas</b>			
Aminopeptidasa	Intestino delgado	Aminoácidos del extremo amino de los péptidos	Aminoácidos y péptidos
Dipeptidasa	Intestino delgado	Dipéptidos	Aminoácidos
Nucleotidasas y fosfatasa	Intestino delgado	Nucleótidos	Bases nitrogenadas, pentosas y fosfatos

el equilibrio osmótico con la sangre. Los electrolitos, monosacáridos y aminoácidos absorbidos establecen un gradiente de concentración para el agua que promueve su absorción por ósmosis.

En el **cuadro 24-5** se resumen las actividades del páncreas, el hígado, la vesícula biliar y el intestino delgado.

### Absorción del alcohol

La intoxicación y los efectos incapacitantes del alcohol dependen de sus niveles en sangre. Como es liposoluble, el alcohol comienza a absorberse en el estómago. Sin embargo, la superficie disponible para la absorción es mucho más grande en el intestino delgado, de manera

**CUADRO 24-5** Resumen de las actividades digestivas en el páncreas, el hígado, la vesícula biliar y el intestino delgado

Estructura	Actividad
<b>Páncreas</b>	Secreta jugo pancreático hacia el duodeno por medio del conducto pancreático (véase <b>cuadro 24-4</b> para las enzimas pancreáticas y sus funciones)
<b>Hígado</b>	Produce bilis (sales biliares) necesaria para emulsión y absorción de los lípidos
<b>Vesícula biliar</b>	Almacena, concentra y libera bilis hacia el duodeno por medio del conducto colédoco
<b>Intestino delgado</b>	Sitio principal de digestión y absorción de nutrientes y agua en el tubo digestivo
<b>Mucosa/submucosa</b>	
<b>Glándulas intestinales</b>	Secretan jugo intestinal
<b>Glándulas duodenales (de Brunner)</b>	Secretan un líquido alcalino que amortigua el ácido gástrico y mucus para protección y lubricación
<b>Microvellosidades</b>	Proyecciones microscópicas de las células epiteliales, cubiertas de membrana, que contienen enzimas del borde en cepillo (nombradas en el <b>cuadro 24-4</b> ), y que aumentan la superficie para la digestión y la absorción
<b>Vellosidades</b>	Proyecciones de la mucosa en forma de dedo que son los sitios de absorción de los alimentos digeridos y aumentan la superficie para la digestión y absorción
<b>Plegues circulares</b>	Plegues de la mucosa y la submucosa que aumentan la superficie para la digestión y absorción
<b>Muscular</b>	
<b>Segmentación</b>	Contracciones alternadas de las fibras circulares de músculo liso que producen la segmentación y la resegmentación de las secciones del intestino delgado; mezcla el quimo con los jugos digestivos y contribuye a que los alimentos entren en contacto con la mucosa para su absorción
<b>Complejo motor migrante (CMM)</b>	Tipo de peristalsis que consiste en ondas de contracción y relajación de las fibras de músculo liso circular y longitudinal a lo largo del intestino delgado; mueve el quimo hacia la válvula ileocecal

que cuando el alcohol pasa hacia el duodeno, se absorbe más rápidamente. De esta manera, cuanto más tiempo permanezca el alcohol en el estómago, más lentamente aumentarán los niveles de alcohol en sangre. Como los ácidos grasos del quimo retardan el vaciamiento gástrico, los niveles de alcoholemia se elevarán más lentamente cuando se consumen alimentos con alto contenido de grasas, como pizza, hamburguesas o nachos junto con bebidas alcohólicas. Además, la enzima alcohol deshidrogenasa, presente en las células mucosas gástricas, degrada una parte del alcohol a acetaldehído, que no es tóxico. Cuando la velocidad del vaciamiento gástrico está enlentecida más alcohol se absorberá y convertirá en acetaldehído proporcionalmente en el estómago, y de esta manera llegará menos alcohol al torrente sanguíneo. Para el mismo consumo de alcohol, las mujeres experimentan a menudo concentraciones de alcohol en sangre superior (y por lo tanto, experimentan una mayor intoxicación) que los hombres del mismo tamaño porque en las mujeres la enzima gástrica alcohol deshidrogenasa tiene niveles de hasta 60% menores que en los hombres. Los varones asiáticos también pueden tener niveles inferiores de esta enzima gástrica. ■

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

- Mencione las regiones del intestino delgado y describa sus funciones.
- ¿De qué manera se adaptan la mucosa y la submucosa para la digestión y la absorción?
- Describa los tipos de movimientos que ocurren en el intestino delgado.
- Explique las funciones de la amilasa pancreática, la aminopeptidasa, la lipasa gástrica y la desoxirribonucleasa.
- ¿Cuál es la diferencia entre la digestión y la absorción? ¿Cómo se absorben los productos finales de la digestión de carbohidratos, proteínas y lípidos?
- ¿Por qué vías los nutrientes absorbidos llegan al hígado?
- Describa la absorción de electrolitos, vitaminas y agua por el intestino delgado.

## INTESTINO GRUESO

### ► OBJETIVO

Describir la anatomía, la histología y las funciones del intestino grueso.

El intestino grueso es la porción terminal del tracto GI. Las funciones del intestino grueso son, sobre todo, la de completar la absorción, la producción de ciertas vitaminas, la formación de las heces y la expulsión de éstas del cuerpo.

### Anatomía del intestino grueso

El **intestino grueso**, que tiene alrededor de 1.5 m de largo y 6.5 cm de diámetro, se extiende desde el ileon hasta el ano. Está fija-

a la pared abdominal posterior por su **mesocolon**, que es una capa doble del peritoneo. Estructuralmente, las cuatro regiones principales del intestino grueso son el ciego, el colon, el recto y el canal anal (fig. 24-22a).

En la desembocadura del íleon en el intestino grueso se interpone un pliegue de la membrana mucosa, llamado **esfínter (válvula) ileocecal**, que permite el paso de los materiales del intestino delgado al intestino grueso. Por debajo del esfínter ileocecal se halla el **ciego**, una pequeña bolsa de 6 cm de largo. Unido al ciego hay una estructura tubular enrollada, que mide alrededor de 8 cm de largo, llamada **apéndice vermiforme** (vermi-, de *vermis*, gusano, y -forme, forma) o simplemente **apéndice** (de *appendix*, accesorio). El mesenterio del apéndice, llamado **mesoapéndice**, lo mantiene adosado a la parte inferior del mesenterio del íleon.

El extremo abierto del ciego se funde con un largo tubo llamado **colon** (pasaje de alimento) que se divide en las porciones ascendente, transverso, descendente y sigmoideo. El colon ascendente y descendente son retroperitoneales, no así el colon transverso y el colon sigmoideo. Fiel a su nombre, el **colon ascendente** asciende por el lado derecho del abdomen, llega a la superficie inferior del hígado y gira

abruptamente hacia la izquierda para formar la flexura cólica derecha (**ángulo hepático**). El colon continúa por el abdomen hacia el lado izquierdo como **colon transverso**. Se curva por debajo del borde inferior del bazo, donde forma la flexura colónica izquierda (**ángulo esplénico**) y desciende por debajo de la cresta iliaca como **colon descendente**. El **colon sigmoideo** (de *sigmoides*, parecido a la letra sigma) comienza cerca de la cresta iliaca izquierda, se proyecta hacia la línea media y se continúa con el recto cerca de la tercer vértebra sacra.

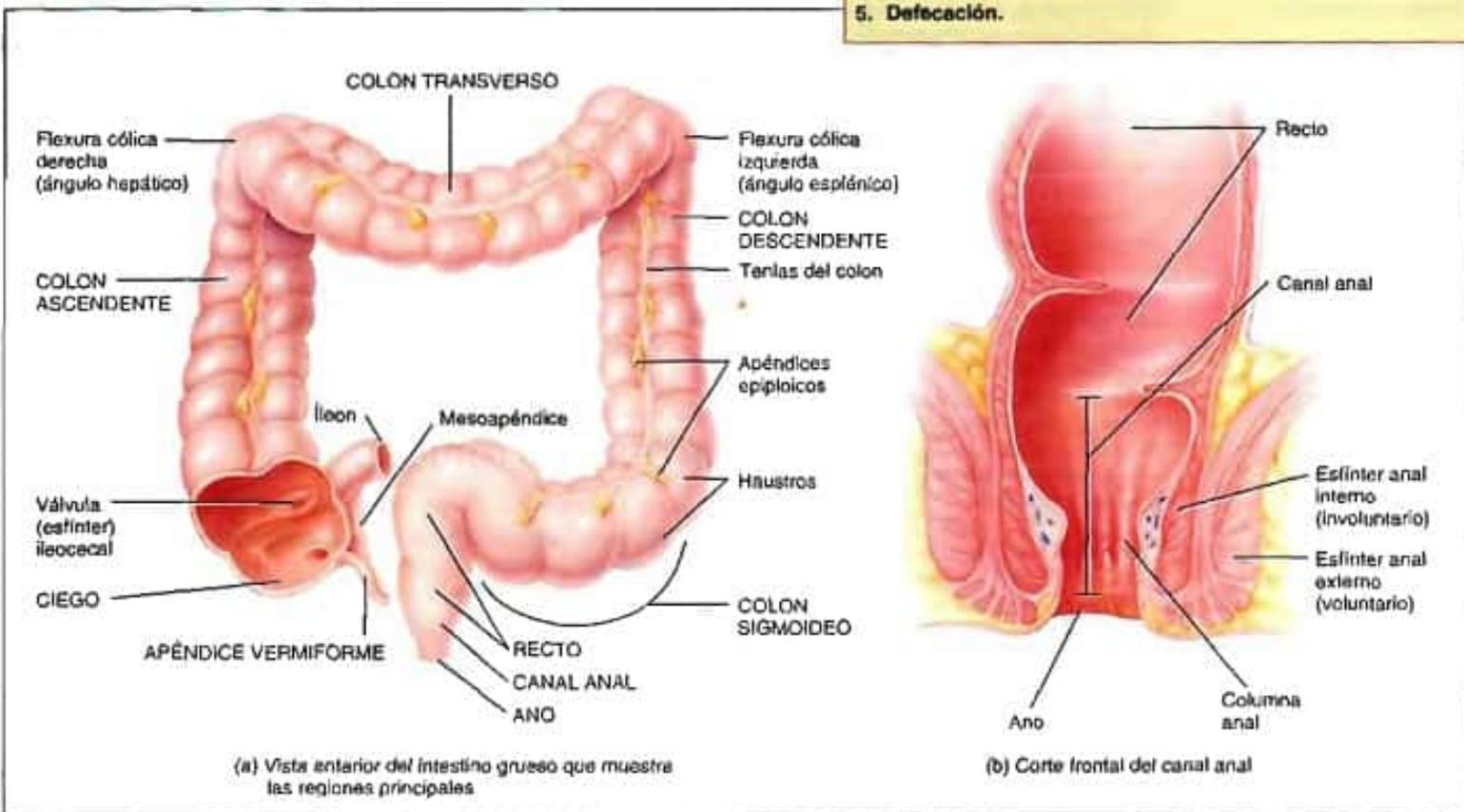
El **recto**, los últimos 20 cm del tubo digestivo, es anterior al sacro y al cóxis. Los últimos 2 a 3 cm del recto forman el **canal anal** (fig. 24-22b). La mucosa del canal anal está compuesta por pliegues longitudinales llamados **columnas anales**, que contienen una red de arterias y venas. En el orificio externo del conducto anal, llamado **ano**, hay un **esfínter anal interno** de músculo liso (involuntario) y un **esfínter anal externo** de músculo esquelético (voluntario). Nor-

Fig. 24-22 Anatomía del intestino grueso.

Las regiones del intestino grueso son el ciego, el colon, el recto y el conducto anal.

#### Funciones del intestino grueso

1. La propulsión haustral, el peristaltismo y los movimientos peristálticos en masa conducen el contenido del colon hacia el recto.
2. Las bacterias del intestino grueso convierten a las proteínas en aminoácidos, degradan los aminoácidos y producen algo de vitamina B y vitamina K.
3. Absorción de parte del agua, iones, y vitaminas.
4. Formación de las heces.
5. Defecación.



¿Qué segmentos del colon son retroperitoneales?

malmente estos esfínteres mantienen al ano cerrado, excepto durante la evacuación de las heces.

### Apendicitis

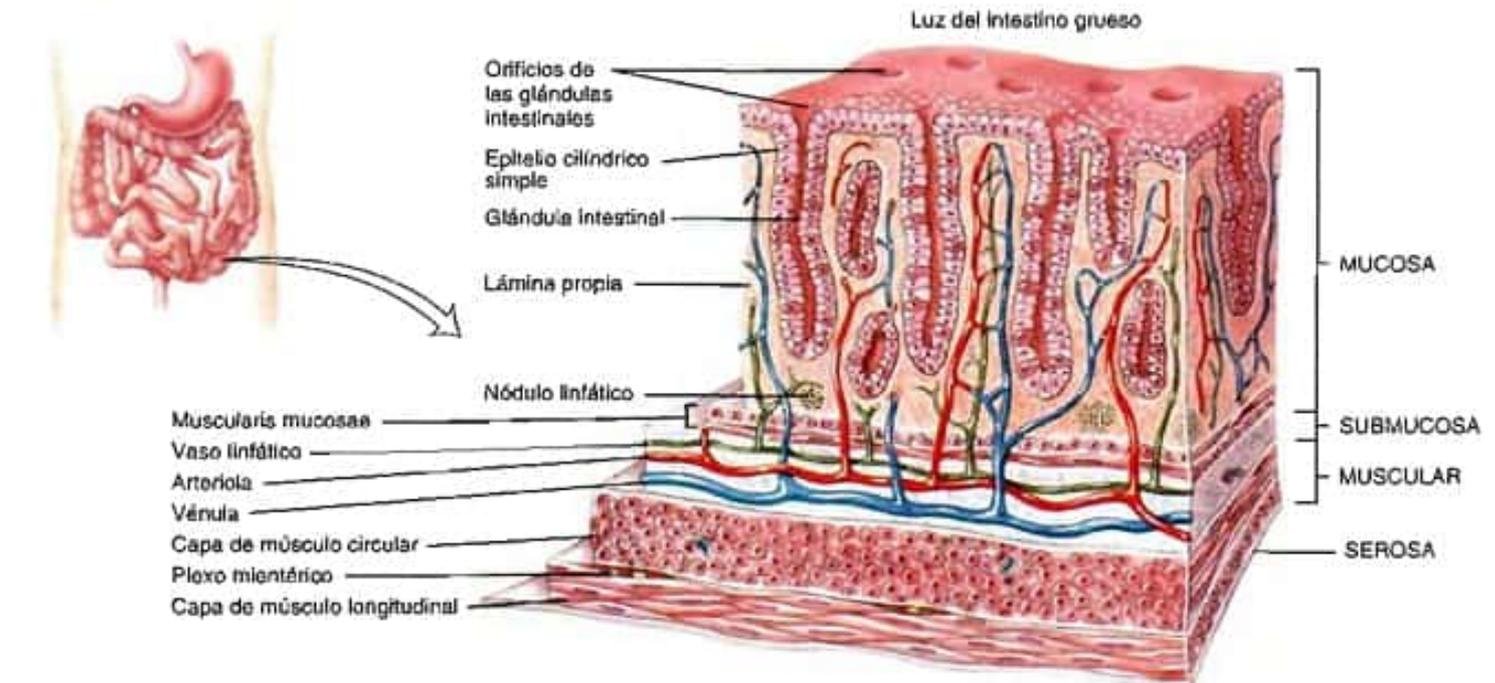
La inflamación del apéndice, llamada **apendicitis**, está precedida por la obstrucción de la luz del órgano por el quimo, una inflamación, un cuerpo extraño, un carcinoma de ciego, la estenosis o el vólvulo del ciego. Se caracteriza por fiebre alta, recuento elevado de glóbulos blancos y una neutrofilia mayor del 75%. La infección consecutiva puede causar edema e isquemia y progresar a la gangrena o la perforación en menos de 24 horas. Habitualmente, la apendicitis comienza con dolor referido en la región umbilical del abdomen, seguido de anorexia (pérdida del apetito), náuseas y vómitos. Al cabo de varias horas, el dolor se localiza en el cuadrante inferior derecho (CID) o la fosa iliaca derecha (FID) y es continuo, sordo e intenso y aumenta con la tos, el estornudo o los movimientos del cuerpo. Se recomienda la apendicectomía temprana (extirpación del apéndice) porque es más seguro operar que correr el riesgo de ruptura, peritonitis y gangrena. Aunque solía ser cirugía mayor en el pasado, hoy en día las apendicectomías se llevan a cabo por lo general por laparoscopia. ■

### Histología del intestino grueso

La pared del intestino grueso contiene las cuatro tunicas o capas encontradas en el resto del tubo digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La **mucosa** consiste en un epitelio cilíndrico simple, la lámina propia (tejido conectivo areolar) y la muscularis mucosae (músculo liso) (fig. 24-23a). El epitelio contiene en su mayor parte células absortivas y células caliciformes (fig. 24-23b y c). Las células absortivas participan principalmente en la absorción de agua; las células caliciformes secretan moco que lubrican el paso del contenido colónico. Tanto las células absortivas como las caliciformes se localizan en glándulas intestinales largas, rectas y tubulares (criptas de Lieberkühn) que se extienden por todo el espesor de la mucosa. Se pueden observar ganglios linfáticos solitarios en la lámina propia que se extienden a través de la muscularis mucosae hasta la submucosa. En comparación con el intestino delgado, la mucosa del intestino grueso no tiene tantas adaptaciones estructurales que incrementen el área de superficie. No hay pliegues circulares ni vellosidades; aunque las microvellosidades de las células absortivas están presentes. De esta manera, la absorción es mucho mayor en el intestino delgado que en el intestino grueso.

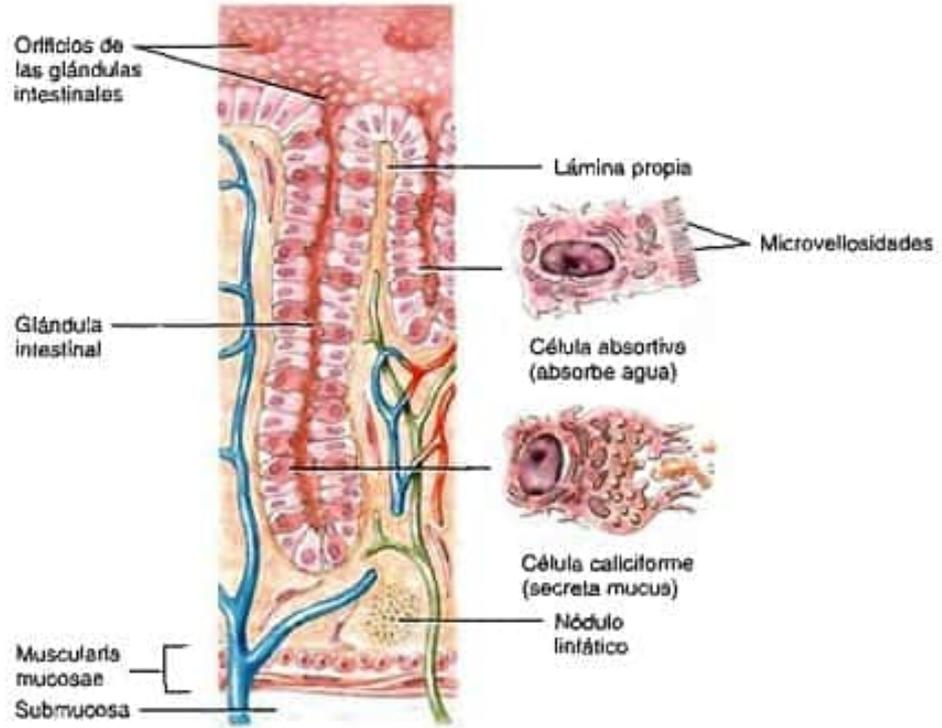
Fig. 24-23 Histología del intestino grueso.

Las glándulas intestinales están formadas por epitelio cilíndrico simple y células caliciformes y se extienden por todo el espesor de la mucosa.

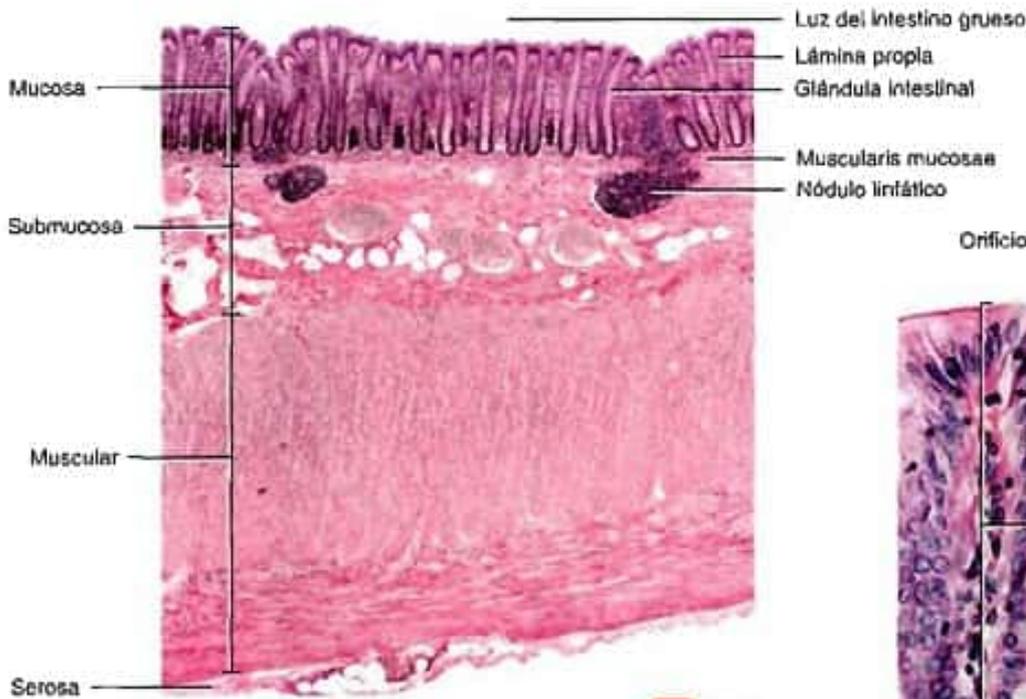


(a) Vista tridimensional de las capas del intestino grueso

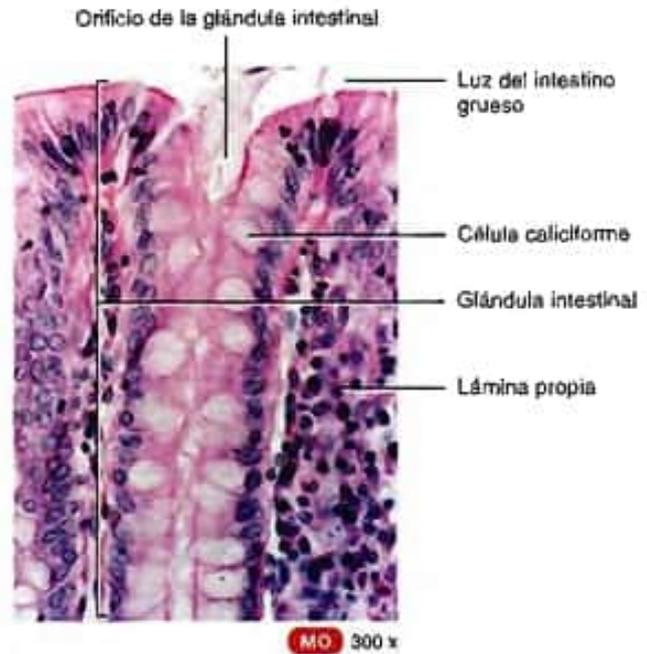
Fig. 24-23 (continuación)



(b) Corte de las glándulas intestinales y los tipos celulares



(c) Porción de la pared del intestino grueso



(d) Detalles de la mucosa del intestino grueso

¿Cuál es la función de las células caliciformes del intestino grueso?

La **submucosa** del intestino grueso está constituida por tejido conectivo areolar. La **muscular** presenta una capa longitudinal externa y una capa circular interna de músculo liso y una capa circular interna de músculo liso. A diferencia de otras partes del tubo digestivo, algunas porciones del músculo longitudinal son más gruesas y forman tres notables bandas longitudinales llamadas **tenías** (de *tænia*, cinta) colónicas dispuestas a lo largo de toda la longitud del intestino grueso (véase **fig. 24-22a**). Las tenías están separadas por porciones de la pared con menos músculo longitudinal o sin éste. Las contracciones tónicas de las bandas reúnen al colon en una serie de bolsas llamadas **haustra** (de *haustrum*, saco), que le da al colon su aspecto fruncido. Una capa simple de músculo liso circular se encuentra entre las tenías colónicas. La **serosa** del intestino grueso es parte del peritoneo visceral. Pequeñas bolsas de peritoneo visceral rellenas de grasa se insertan en las tenías del colon y se denominan **apéndices epiploicos u omentales**.

### Pólipos colónicos

Los **pólipos colónicos** suelen ser tumores benignos de crecimiento lento que se origina en la mucosa del intestino grueso. A menudo no causan síntomas. Si éstos aparecen, consisten en diarrea, presencia de sangre en las heces y secreción de mucus por el ano. Los pólipos se extirpan por colonoscopia o cirugía debido a que algunos de ellos pueden evolucionar a formas cancerosas. ■

### Digestión mecánica en el intestino grueso

El paso del quimo del ileon al ciego es regulado por la acción del esfínter ileocecal. En condiciones normales, la válvula está parcialmente cerrada, de manera que el quimo transita hacia el ciego en forma lenta. Enseguida después de una comida, un **reflejo gastroileal** intensifica la peristalsis en el ileon y propulsa al quimo hacia el ciego. La hormona gastrina también relaja el esfínter. Cuando el ciego está distendido, el grado de contracción del esfínter ileocecal aumenta.

Los movimientos del colon comienzan cuando las sustancias atraviesan la válvula ileocecal. Como el quimo se mueve a través del intestino delgado con una velocidad constante, el tiempo requerido para que el alimento llegue al colon está determinado por el tiempo de vaciamiento gástrico. A medida que los alimentos pasan por la válvula ileocecal, ocupan el ciego y se acumulan en el colon ascendente.

Un movimiento característico del intestino grueso es la **propulsión haustral**. En este proceso, los haustrós relajados se distienden a medida que se llenan. Cuando la distensión alcanza cierto grado, las paredes se contraen e impulsan el contenido hacia el haustro próximo. También se produce **peristaltismo**, aunque con un ritmo menor (3-12 contracciones por minuto) que en las porciones más proximales del tracto. Un tipo de movimiento final es el **peristaltismo en masa**, una fuerte onda peristáltica que comienza en la parte media del colon transversal y expulsa rápidamente el contenido del colon hacia el recto. Puesto que los alimentos en el estómago inician estos **reflejos gastrocólicos** en el colon, el peristaltismo en masa tiene lugar tres o cuatro veces por día, durante una ingesta o inmediatamente después.

### Digestión química en el intestino grueso

La etapa final de la digestión se lleva a cabo en el colon mediante la actividad de las bacterias que habitan en su luz. Las glándulas del intestino grueso secretan moco, pero no producen ninguna enzima. El quimo se prepara para su eliminación por la acción de las bacterias, que fermentan los restos de hidratos de carbono y liberan gases hidrógeno, dióxido de carbono y metano. Estos gases contribuyen a la formación de flatos en el colon, que se denominan **flatulencia** cuando es excesiva. Las bacterias también convierten los restos de proteínas en aminoácidos y degradan a éstos en sustancias simples: indol, escatol, sulfuro de hidrógeno y ácidos grasos. Una parte del indol y el escatol se elimina en las heces y le adjudican su olor; el resto se absorbe y transporta al hígado, donde se transforman en compuestos menos tóxicos y se excretan con la orina. Las bacterias también descomponen a la bilirrubina en pigmentos simples, como la estercobilina, que le otorga a las heces el color pardusco. Entre los productos bacterianos absorbidos en el colon se hallan varias vitaminas necesarias para el metabolismo normal, entre ellas las vitaminas B y la vitamina K.

### Absorción y formación de la materia fecal en el intestino grueso

Cuando el quimo permanece en el intestino grueso por 3 a 10 horas se vuelve sólido o semisólido por la absorción activa de agua denominándose entonces **materia fecal o heces**. Su composición química consiste en: agua, sales inorgánicas, células epiteliales descamadas de la mucosa del tracto gastrointestinal, bacterias, productos de la descomposición bacteriana, materiales digeridos pero no absorbidos y partes indigeribles de los alimentos.

Si bien el agua se absorbe en un 90% en el intestino delgado, el intestino grueso absorbe lo suficiente para convertirse en un órgano importante en el equilibrio del agua corporal. Del 0.5 – 1 litro de agua que ingresa en el intestino grueso, todo se absorbe por ósmosis excepto 100 a 200 mL. El intestino grueso también absorbe iones, como sodio y cloruro, y algunas vitaminas.

### Sangre oculta

El término **sangre oculta** se refiere a la sangre que no se detecta a simple vista. El valor diagnóstico más importante de la investigación de sangre oculta es detectar el cáncer colorrectal. Para ello se analizan habitualmente las heces y la orina. Existen varios productos disponibles para la detección rápida de sangre oculta en las heces. Estas pruebas se basan en los cambios de color cuando se agregan reactivos a las heces. La presencia de sangre oculta en la orina puede detectarse usando tiras reactivas. ■

### El reflejo de defecación

Los movimientos de **peristaltismo en masa** propulsan la materia fecal del colon sigmoideo al recto. La distensión resultante de la pared rectal estimula a receptores de estiramiento, que inician el **reflejo de defecación**. Éste se produce de la manera si-