

---

# *FISIOLOGÍA DEL APARATO DIGESTIVO*

---

*María Cascales Angosto y Antonio L. Doadrio Villarejo*

---

## **Introducción**

---

El aparato digestivo es un verdadero sistema que se desarrolla a partir de una estructura única y continua. La totalidad de este aparato, incluidos sus conductos, es de procedencia endodérmica. Su estructura básica es la misma a lo largo de todo el recorrido, con una capa mucosa, submucosa, muscular y adventicia o serosa y plexos nerviosos intrínsecos submucosos y musculares, cuya actividad se modula por inervación extrínseca.

El aparato digestivo es un conjunto de órganos, con glándulas asociadas, que se encarga de recibir, descomponer y absorber los alimentos y los líquidos. Las diversas partes del sistema están especializadas para realizar las diferentes funciones: ingestión, digestión, absorción y excreción. Los alimentos avanzan a lo largo del tubo digestivo por acción de la gravedad y del peristaltismo. El peristaltismo propulsa los alimentos mediante la combinación de la contracción muscular de un área y la relajación de la siguiente. Varios esfínteres evitan el retroceso del alimento (reflujo). Los reflejos que actúan entre las distintas partes del tubo digestivo, junto a factores hormonales y neuronales, determinan el movimiento de los alimentos.

Desde la boca hasta el esfínter anal, el tubo digestivo mide unos once metros de longitud. En la boca ya empieza propiamente la digestión. Los dientes trituran los alimentos y las secreciones de las glándulas salivales los humedecen e inician su degradación química. Luego, el bolo alimenticio así formado en la boca, cruza la faringe, continúa por el esófago y llega al estómago, una bolsa muscular de litro y medio de capacidad, en condiciones normales, cuya mucosa segrega el potente jugo gástrico. En el estómago, el alimento se agita y procesa hasta convertirse en una mezcla denominada quimo.

A la salida del estómago, el tubo digestivo se prolonga con el intestino delgado, de unos seis metros de largo muy replegado sobre sí mismo. En su primera porción o duodeno recibe secreciones de las glándulas

intestinales, la bilis y los jugos del páncreas. Estas secreciones contienen una gran cantidad de enzimas que van degradando y transformando los alimentos en sustancias solubles simples.

El tubo digestivo continúa por el intestino grueso de algo más de metro y medio de longitud. Su porción final es el recto, que termina en el esfínter anal, por donde se evacúan al exterior los restos no digeridos de los alimentos.

En el proceso total de la digestión son muchos los órganos implicados: boca, esófago, estómago, intestinos (delgado y grueso), recto y ano, los cuales forman el aparato digestivo completo. Aunque no están considerados como parte del aparato digestivo, otros órganos se encuentran también implicados en la digestión. Estos son la lengua, las glándulas salivales, el páncreas, el hígado y la vesícula biliar.

### ¿Qué es la digestión?

---

La digestión es el proceso de transformación de los nutrientes, previamente ingeridos, en sustancias más sencillas y fáciles de absorber. La digestión ocurre tanto en organismos pluricelulares como a nivel celular y subcelular. En este proceso de transformación de los nutrientes participan diferentes tipos de enzimas. El aparato o sistema digestivo, es muy importante ya que los organismos heterótrofos dependen de fuentes externas de materias primas y energía para su crecimiento, mantenimiento, y funcionamiento. El alimento ingerido y procesado se emplea para obtener energía y generar y reparar tejidos. Los organismos autótrofos (las plantas, organismos fotosintéticos), por el contrario, no necesitan el sistema digestivo porque captan la energía lumínica directamente y la transforman en energía química, que va a ser utilizable posteriormente por los organismos heterótrofos.

El procesamiento de los alimentos en el tubo digestivo, o digestión, comprende una serie de etapas. En cada etapa de la transformación energética de un nivel a otro hay una pérdida de materia y energía utilizable, asociada al mantenimiento de los tejidos y también a la degradación del alimento en compuestos más simples, que después se reconstituirán en moléculas más complejas que necesita el organismo para reparar sus estructuras

### ¿Qué ocurre en la boca?

---

La digestión comienza en la boca con la masticación, la cual, no sólo disgrega los alimentos en pequeñas partículas mezclándolas con la saliva y enzimas, sino también actúa enviando un mensaje señalizador al organismo para que se prepare para comenzar el proceso digestivo. Se ha demostrado que la activación de los receptores del gusto en la boca y el proceso físico de la masticación envían señales al

sistema nervioso. Por ejemplo, el sabor del alimento desencadena una cascada de reacciones que conduce a que las paredes del estómago produzcan ácido, proceso denominado fase cefálica de la digestión. Por tanto, el estómago comienza a responder al alimento antes incluso de que éste abandone el espacio bucal.

La saliva, segregada por las glándulas salivales, se mezcla con el alimento facilitando la masticación. La saliva, además, contiene enzimas que comienzan la degradación del almidón y de las grasas. Por ejemplo, la digestión de los carbohidratos comienza con la enzima salival la alfa amilasa y la digestión de las grasas con la lipasa, enzima segregada por las glándulas sublinguales (Figura 1).

### ¿Qué ocurre en el esófago?

---

El esófago es un conducto o músculo membranoso, de aproximadamente de unos 30-35 cm de longitud, que recoge el bolo alimenticio tras la fase bucofaríngea de la deglución. En la parte superior del esófago, entre la faringe y el esófago, está el esfínter faringoesofágico, que permanece cerrado entre deglución y deglución impidiendo que el aire entre en el esófago durante la inspiración. En el extremo inferior del esófago, entre el esófago y el estómago, se sitúa el esfínter gastroesofágico. La función principal de este esfínter es impedir el reflujo del contenido gástrico hacia el esófago. En caso de fallo del esfínter gastroesofágico, se produce una ulceración, denominada esofagitis por reflujo. Gracias a una serie de movimientos peristálticos, el bolo alimenticio progresa hacia el estómago, para participar en la progresión ordenada del alimento. Por tanto, el esófago conecta la boca con el estómago y envía el alimento triturado y mezclado con la saliva al estómago. El esófago es la porción del tubo digestivo que establece la conexión entre el mundo externo y el tracto digestivo. Esta capacidad del esófago de separar la boca y el estómago es muy importante y se observa en casos del reflujo gastroesofágico, alteración en la cual la barrera esofágica no es efectiva y el contenido ácido del estómago se escapa al esófago. Es frecuente la experiencia de reflujo gastroesofágico, y en ese caso el esófago, con ayuda de otro componente de la saliva, el bicarbonato, tiene la capacidad de eliminar cualquier ácido estomacal del reflujo. En muchos casos, sin embargo, si este reflujo gastroesofágico ocurre con más frecuencia y se hace crónico puede causar esofagitis que cursa con dolor y afecta la digestión saludable.

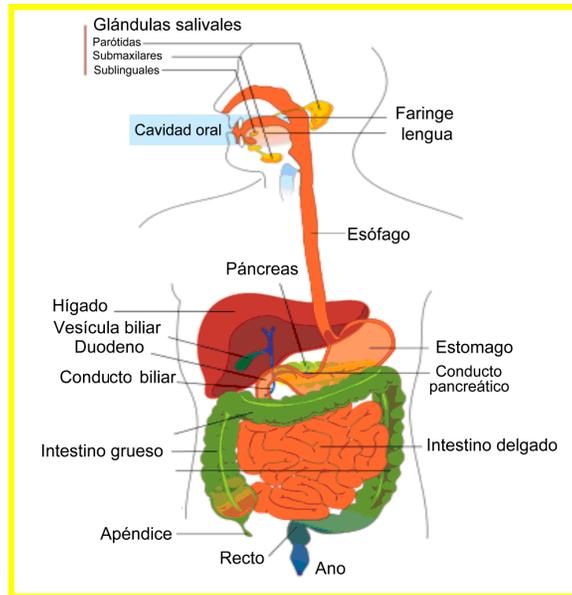


Figura 1. Esquema del tubo digestivo

### ¿Qué ocurre en el estómago?

El estómago se localiza entre el esófago (proximalmente) y el duodeno (distalmente) (Figuras 1 y 2). Es una cavidad amplia, dividida en varias partes, consiste en el *fundus* o fórnix, la parte más alta del estómago, situado en la zona superior y a la izquierda del orificio de comunicación con el esófago o cardias; el *corpus* la zona comprendida entre el fórnix y la incisura angular, limitado a ambos lados por las curvaturas mayor y menor, y el *antro*, la porción pilórica con forma de embudo, que es la zona comprendida entre la incisura angular y el esfínter pilórico, que separa al estómago del duodeno y que funciona como una válvula que regula el paso del alimento al intestino delgado.

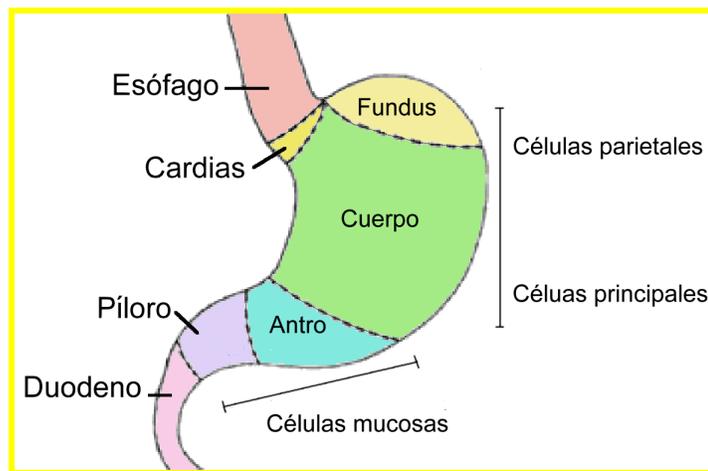
El estómago se comunica con el esófago a través de un esfínter llamado cardias, y con el duodeno a través del píloro. En el estómago existen diferentes tipos de células que participan en la secreción del jugo gástrico constituido principalmente por agua, mucina, ácido clorhídrico y pepsina. Los componentes del jugo gástrico son los responsables de la primera degradación que van a sufrir los nutrientes incluidos en el bolo alimenticio.

También en esta parte del tubo digestivo y gracias a la motilidad del mismo, se facilita la trituración de los alimentos sólidos y el vaciamiento hacia el duodeno.

La parte de la digestión que se realiza en el estómago se denomina “fase gástrica de la digestión”. El estómago es el primer lugar donde las proteínas se degradan en pequeños péptidos. Debido a su ambiente

ácido, el estómago es también una cámara de descontaminación para las bacterias y otros microorganismos potencialmente tóxicos, que pueden haber entrado en el sistema gastrointestinal a través de la boca.

El fundus y el cuerpo, son zonas gástricas que van siempre unidas, constituyendo la mayor parte del estómago en tamaño y volumen y formando el espacio donde se almacena el alimento antes de que sea enviado al intestino. Cuando el alimento alcanza esta zona, la mucosa que tapiza la superficie del fundus, produce ácido clorhídrico (HCl), generando un medio ácido fundamental para destruir las toxinas y bacterias del alimento, como también para iniciar la degradación de las proteínas al deshacer el complejo tridimensional de las cadenas proteicas, proceso este último, denominado desnaturalización de las proteínas.



*Figura 2. Secciones principales del estómago*

La mucosa del fundus gástrico segrega también pepsinógeno, proenzima presente en el estómago en forma inactiva hasta que, en presencia del medio ácido, se activa como pepsina. La pepsina es una enzima que actúa sobre las proteínas desnaturalizadas hidrolizando los enlaces peptídicos entre los aminoácidos y dando lugar a cadenas más pequeñas o péptidos.

La hidrólisis de las grasas es muy activa en el estómago. Las grasas ya han sido expuestas a la lipasa de la saliva, la cual ha iniciado la hidrólisis, pero es la lipasa gástrica, segregada por el estómago, la que va a ser la verdadera responsable de la hidrólisis de las grasas en humanos.

El antro, la parte inferior del estómago, contiene un mecanismo sensor denominado gastrina, para regular el nivel de ácido producido en el cuerpo del estómago y es el lugar donde la amplitud de las contracciones del estómago son mayores para dividir el bolo alimenticio en pequeñas porciones que puedan atravesar el píloro. El antro controla también el vaciado del estómago en el intestino a través del esfínter pilórico. De esta manera el alimento es enviado al intestino de manera controlada. La mezcla alimento-enzimas que abandona el estómago se denomina quimo. El movimiento del quimo a través del píloro estimula al intestino a liberar las hormonas secretina y colecistoquinina, que envían una señal al páncreas para liberar el jugo pancreático en el interior del lumen del duodeno, el primer segmento del intestino delgado.

Bajos niveles de ácido en el estómago, alteración denominada hipocloridia, es relativamente común, especialmente en ancianos. Se ha observado que la mitad de los individuos de más de sesenta años padecen de esta enfermedad. Una variedad de factores pueden inhibir la producción de ácido, entre ellos se encuentran la bacteria patogénica el *Helicobacter pylori*, y el frecuente uso de los antiácidos. La hipocloridia se asocia también con muchas enfermedades, tales como asma, hepatitis, artritis reumatoide, osteoporosis y *diabetes mellitus*. Algunos alimentos ayudan a combatir o proteger frente al *Helicobacter pylori*, y entre estos están las catequinas del te verde, algunas especias como la canela, carotenoides y vitamina C.

Además del ácido clorhídrico, la producción de enzimas pancreáticos y bicarbonato está también comprometida en algunas personas. Si es necesario, estos factores digestivos pueden ser reemplazados con un suplemento apropiado. Un mantenimiento de los enzimas digestivos puede obtenerse a partir de piña fresca o papaya que contienen la enzima bromelaina

### ¿Qué ocurre en el intestino?

---

En el intestino delgado tiene lugar la verdadera digestión de los alimentos en componentes elementales aptos para su absorción, y para ello es fundamental la participación de la bilis, el jugo pancreático, que contiene la amilasa, lipasa y tripsina, y el propio jugo intestinal secretado por las células intestinales.

Una vez que los alimentos se han escindido en sus componentes elementales, van a ser absorbidos principalmente en el yeyuno, ya que en el íleon tiene lugar la absorción de sales biliares y de vitamina B12. Además, sólo una pequeña parte de agua y electrolitos va a ser absorbida en el intestino grueso.

Por tanto, es en el intestino delgado donde tiene lugar la verdadera digestión y absorción de los alimentos, hecho fundamental para la nutrición del individuo

El intestino delgado se extiende desde el estómago hasta el colon. Es un conducto de 6 a 8 m de longitud, constituido por tres tramos: duodeno, yeyuno e íleon y está específicamente diseñado para la absorción de la mayoría de los nutrientes (Figura 3). Debido a su longitud, presenta una superficie expandida con plegamientos internos, denominados pliegos, vellosidades y microvellosidades, que incrementan su área superficial y elevan su capacidad para absorber los componentes alimenticios. Algunas enzimas están presentes en la superficie como las disacaridasas que hidrolizan la sacarosa, maltosa, lactosa, etc.

El duodeno tiene unos 25 cm de longitud y se extiende desde el píloro hasta el flexo duodenoyeyunal. Tiene forma curvada y se enrosca en torno al páncreas. En el duodeno desemboca el colédoco, a través del cual el duodeno recibe la bilis procedente del hígado, y el conducto pancreático, a través del cual recibe el jugo pancreático. El duodeno, la porción del intestino delgado más cercana al estómago, es una cámara de neutralización en la cual el quimo procedente del estómago se mezcla con bicarbonato procedente del jugo pancreático. El bicarbonato rebaja la acidez del quimo lo que permite que las enzimas funcionen degradando las macromoléculas todavía presentes. El jugo pancreático que se vierte en el duodeno, contiene muchos de los enzimas necesarios para la digestión de las proteínas, tales como la tripsina y la quimotripsina, que hidrolizan las proteínas y péptidos en pequeñas cadenas de 2 o 3 aminoácidos; y amilasa, que continúa la hidrólisis del almidón.

Aunque algunos nutrientes como el hierro y el calcio, se incorporan de manera más eficiente en el duodeno, es en el yeyuno el lugar donde se absorben la mayoría de nutrientes. Los aminoácidos y la mayoría de vitaminas y minerales se absorben también en el yeyuno. El proceso de absorción que utiliza el yeyuno se denomina absorción activa, ya que el organismo utiliza energía para seleccionar con exactitud los nutrientes que necesita. Estos nutrientes son transportados mediante canales o transportadores proteicos a través de las paredes celulares del yeyuno y así se incorporan a la vena porta, la cual los transporta al hígado.

La absorción activa de grasas también ocurre en el duodeno y yeyuno y requiere que la grasa sea dispuesta en pequeños agregados que pueden ser incorporados directamente por el organismo. El organismo utiliza la bilis como detergente para disolver las grasas. La bilis se produce en el hígado, se almacena en la vesícula biliar, y se libera en el duodeno después de cada comida, a través del canal

colédoco. Al unirse a la grasa de la dieta forma micelas, pequeñas gotas de grasa importantes en la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, y K), y colesterol.

La mayor parte de los carbohidratos se digieren también en el duodeno y yeyuno. Los monosacáridos, producto de la digestión de los carbohidratos, glucosa y galactosa son absorbidos activamente en el intestino mediante un proceso que requiere energía. La fructosa, otro monosacárido común, producto de la digestión de los carbohidratos se absorbe más lentamente por un proceso que no requiere energía.

El íleon es la porción final del intestino delgado que se comunica con el intestino grueso o colon a través de la *válvula ileocecal* (Figura 3).

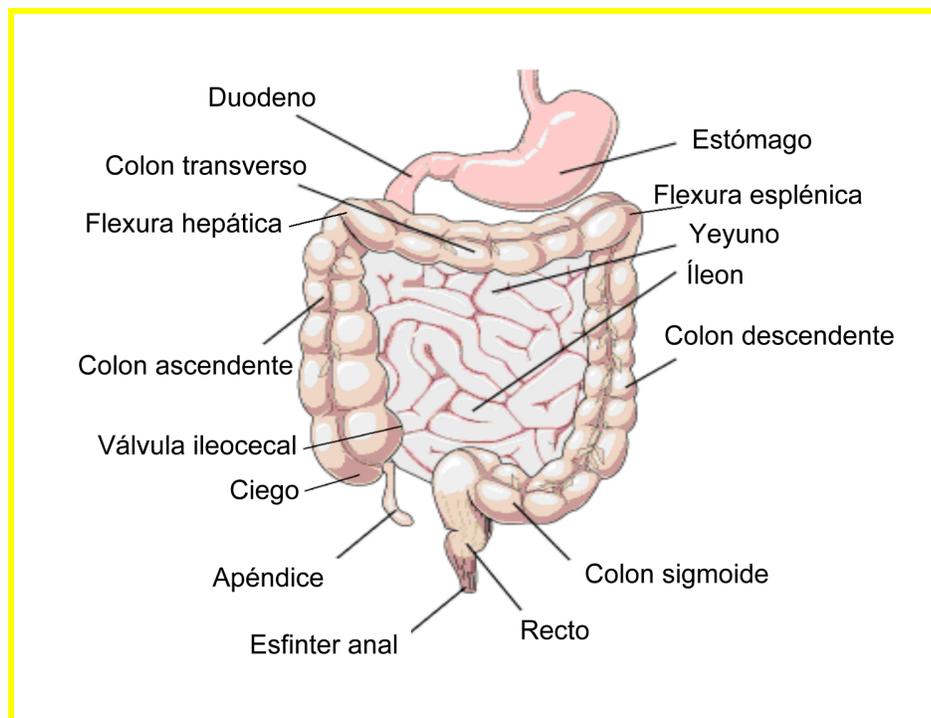


Figura 3. Esquema del intestino y el estómago

El íleon es el responsable de completar la digestión de los nutrientes y de reabsorber las sales biliares que han ayudado a solubilizar las grasas. Aunque la mayoría de los nutrientes se absorben en el duodeno y yeyuno, el íleon es el lugar donde se absorbe selectivamente la vitamina B12.

Al final del transporte a través del intestino delgado, han sido absorbidas alrededor del 90% de las sustancias del quimo, vitaminas, minerales y la mayoría de los nutrientes. Además, unos 10 litros de fluido se absorben cada día en el intestino delgado. Los carbohidratos complejos que resisten la degradación

enzimática, como las fibras y las células, permanecen, como una pequeña parte de otras moléculas de nutrientes que escapan del proceso de la digestión. Por ejemplo, cantidades del 3-5% de las proteínas ingeridas escapan a la digestión y continúan en el intestino grueso. La pared gastrointestinal es la barrera entre los alimentos ingeridos y el organismo, por tanto, la integridad de esta barrera es vital para la salud. Es importante mantener la capa mucosa que cubre las células en el tracto gastrointestinal, especialmente en el estómago. La capa mucosa es una manera de evitar los efectos agresivos del medio ácido estomacal. El alcohol, fármacos antiinflamatorios, aspirina y las bacterias patógenas como el, *Helicobacter pylori* reducen la capa mucosa y ocasionan lesiones en las paredes del estómago y en el intestino delgado superior.

La colina de la dieta, sustancia que proporciona el soporte nutricional para conseguir un epitelio mucoso sano, se encuentra en vegetales como la coliflor y la lechuga. La colina también puede obtenerse de la lecitina (fosfatidilcolina), que se encuentra en grandes concentraciones en huevos y soja.

Las células que tapizan el tracto gastrointestinal necesitan un suministro de energía para ejercer su misión de incorporación de nutrientes. El aminoácido glutamina, obtenido a partir de las proteínas, es el compuesto preferido por estas células. Se ha demostrado que los ácidos grasos de cadena corta pueden también mantener la barrera del intestino delgado porque sirven como suministro de energía alternativo. Las células de las paredes del intestino delgado requieren para mantenerse saludables de la presencia de la vitamina B5. Fuentes de estas vitaminas se encuentran en setas, coliflor, semillas de girasol, maíz, brócoli y yogur.

### ¿Qué ocurre en el intestino grueso?

---

El intestino grueso no está diseñado para intensificar la absorción, sino que está especializado para conservar el sodio y el agua que escapan a la absorción en el intestino delgado, aunque solo transporta un litro de fluido por día. El intestino grueso mide 1,5 m, incluyendo los segmentos finales, colon y recto.

Dado que la mayor parte de la digestión y absorción se realiza en el intestino delgado, el alimento que alcanza el intestino grueso, es principalmente fibra. Sin embargo, el tiempo durante el cual el alimento residual se mantiene en el intestino grueso excede a cualquier otro en la digestión. El promedio de tiempo que se mantiene en el estómago es de 1/2 a 2 horas, continúa a través del intestino delgado las siguientes 2 a 6 horas y necesita de 6 a 72 horas en el intestino grueso antes de la eliminación final de los residuos no absorbidos, por defecación.

Una razón para explicar por qué el alimento permanece tanto tiempo en esta porción del intestino, es que el intestino grueso es capaz de generar nutrientes del alimento. El alimento que alcanza el intestino grueso, fibra en su mayor parte, se somete a un ecosistema bacteriano que puede fermentar esta fibra y producir nutrientes necesarios para las células de colon. La fermentación colónica también produce una serie de ácidos grasos de cadena corta como propionato, butirato, acetato, requeridos para el crecimiento de las células colónicas y para muchas funciones del organismo.

Las bacterias “amigas” o beneficiosas, responsables de la fermentación colónica, se denominan probióticas (pro-vida e incluyen las *Bifidobacteria* y los *Lactobaccillus*). Además de proporcionar productos beneficiosos para la fermentación, las bacterias probióticas impiden que las bacterias patógenas colonicen el colon. Ciertas fibras procedentes del alimento, denominadas prebióticas, mantienen específicamente estas bacterias probióticas. Los prebióticos incluyen moléculas tales como la inulina y fructo oligosacáridos, que se encuentran en la achicoria y la alcachofa, e incluyen algunos otros carbohidratos tales como galacto oligosacáridos, arabino galactanos y arabino xilanos, los cuales se encuentran en fibras de soja, arroz y otros.

Es importante destacar que los probióticos y los prebióticos son dos grupos de productos que intervienen de manera notoria en la salud intestinal. ¿Qué contienen cada uno? Los probióticos incluyen las bacterias beneficiosas, antes citadas, y los prebióticos contienen sustancias, presentes de forma natural en diversos alimentos, que ayudan al crecimiento y el desarrollo de dichas bacterias. Los oligosacáridos de la soja son un buen ejemplo de prebióticos. Pues bien, se ha observado que los probióticos previenen problemas intestinales relacionados con el estrés crónico.

Los humanos llevamos siglos, posiblemente milenios, consumiendo probióticos y comprobando sus beneficios sin que se haya estudiado por qué se producen. De hecho, estas bacterias beneficiosas han estado siempre presentes en alimentos fermentados como el chucrut, el kéfir y en lácteos con cultivos de bacterias como el yogur, alimentos tradicionales en muchos países europeos y del Oriente Medio. El primer científico que vislumbró cómo actuaban los probióticos fue Metchnikoff (premio Nobel en 1907), cuando difundió la teoría de que el colon contiene bacterias putrefactas y que consumiendo leche fermentada es posible mejorar la salud general y prolongar la vida. Hoy sabemos que más de 400 especies de bacterias (buenas y malas), habitan nuestro tracto intestinal y trabajan en armonía para el mantenimiento de la salud. Si ese equilibrio se altera, todo el organismo se resiente. Los naturópatas utilizan los probióticos en todo tipo de patologías, desde artritis reumatoide a obesidad, pasando por eccema y migrañas.

La parte de la fibra que no se fermenta, proporciona volumen para la excreción de la masa fecal, y puede unirse a toxinas y productos de desecho ayudando a su eliminación por las heces. Finalmente, el recto y el ano permiten la controlada eliminación de las heces.

### Cómo interviene el páncreas

El *páncreas* es un órgano glandular alargado y cónico, localizado transversalmente en la parte dorsal del abdomen, detrás del estómago. El lado derecho del órgano, llamado cabeza del páncreas, es la parte más ancha y se encuentra en la curvatura del duodeno. La parte cónica izquierda, cuerpo del páncreas, se extiende ligeramente hacia arriba y su final, denominado cola, termina cerca del bazo. Está compuesto por numerosos lobulillos que tienen como función segregar poderosas enzimas digestivas que se vacían en el duodeno, y otros enzimas encargados de elaborar la insulina que libera en la sangre (Figuras 4 y 5).

Tiene dos conductos excretorios:

- el conducto de Wirsung o conducto pancreático, que se une al colédoco y desemboca en el duodeno (ampolla de Vater) y recibe colaterales del páncreas perpendicularmente, y
- el conducto de Santorini, conducto accesorio.

El páncreas puede considerarse como una fábrica de proteínas, ya que produce y secreta muchos de los enzimas necesarios para la digestión, incluyendo aquellos que digieren las propias proteínas (tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa y elastasa), las grasas (lipasa y fosfolipasa) y carbohidratos (alfa amilasa). El páncreas libera estas enzimas en el jugo pancreático, jugo que está enriquecido con bicarbonato necesario para neutralizar la acidez del quimo, que proviene del estómago. Más de un litro de jugo pancreático se produce cada día en respuesta a señales procedentes del propio alimento ingerido.

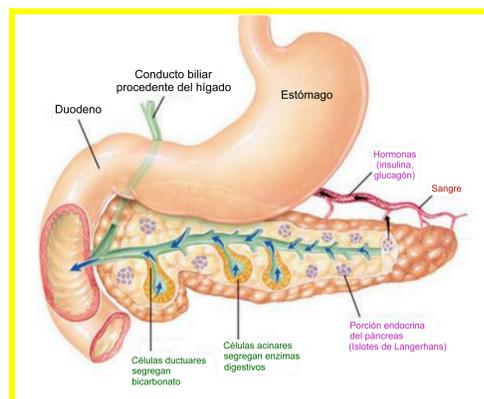


Figura 4. Estómago, páncreas y duodeno

El páncreas tiene funciones digestivas y hormonales. La llegada de alimentos ricos en ácidos grasos y aminoácidos estimula en la pared intestinal la liberación de la hormona secretina, la cual estimula la producción de jugo pancreático rico en enzimas. La función endocrina u hormonal del páncreas está llevada a cabo por los islotes de Langerhans, que están compuestos por células de varios tipos, que secretan hormonas en el torrente sanguíneo. Estas células se dividen en:

- células alfa, productoras de glucagón e implicadas en el metabolismo de la glucosa
- células beta, productoras de insulina, implicadas en la degradación de la glucosa
- células delta, productoras de somatostatina, inhibidora de secreciones y motilidad digestiva.

La función exocrina o digestiva es la encargada de proporcionar el jugo pancreático y la secreción de enzimas digestivas. Estas enzimas son secretadas mediante una red de conductos que se unen al conducto pancreático principal, que atraviesa el páncreas en toda su longitud. El jugo pancreático está compuesto de:

- agua y bicarbonato,
- amilasa pancreática que digiere los hidratos de carbono,
- lipasa pancreática que digiere los lípidos, y
- tripsina que digiere las proteínas

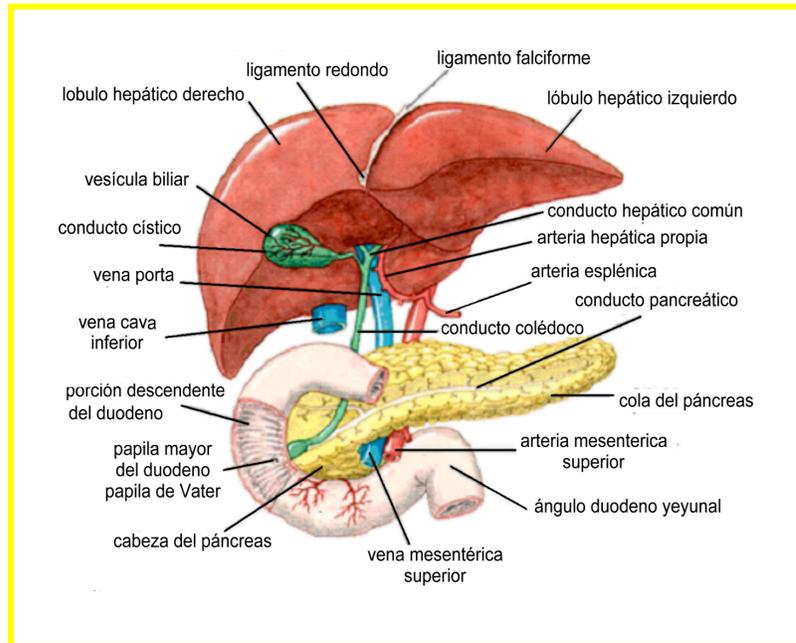
Dado que los tejidos y órganos están formados por proteínas, los enzimas pancreáticos que digieren las proteínas tienen la capacidad de digerir los propios tejidos. El organismo posee una intrincada protección para evitar que estos enzimas produzcan su auto digestión. El estómago y el tracto intestinal poseen una capa mucosa que protege de la digestión por estos enzimas proteolíticos. El páncreas utiliza otros mecanismos de protección: en primer lugar produce los enzimas en forma inactiva, como proenzimas. Por ejemplo, la tripsina se produce como tripsinógeno, el proenzima o la forma inactiva de la tripsina. El tripsinógeno se transporta al intestino donde se activa a tripsina por la acción catalítica de una proteasa que se encuentra en el borde de las células intestinales. Todas las enzimas pancreáticas excepto la lipasa y la alfa amilasa se segregan en forma de precursores enzimáticos, que son inactivos dentro del páncreas.

### *¿Cómo interviene el hígado?*

---

El hígado es uno de los órganos más activos del organismo. Es el órgano y la glándula de mayor tamaño y es vital por sus múltiples funciones metabólicas endocrinas y de desintoxicación. Con un peso aproximado de 1,5 Kg está situado debajo del diafragma. El hígado es el lugar de aclaramiento de todas las sustancias absorbidas en el tracto gastroduodenal, y tiene la capacidad de distinguir las toxinas y otras moléculas extrañas. Posee un poderoso sistema de detoxificación, mediante el cual los fármacos,

xenobióticos y toxinas son convertidos en moléculas fácilmente desechables por el riñón (orina) o por los intestinos (heces). Este órgano es también el encargado de sintetizar las principales proteínas que circulan en la sangre y produce la bilis, fluido importante para el metabolismo de las grasas, que se utiliza para la excreción del colesterol y otras moléculas liposolubles.



*Figura 5. Esquema del hígado y sus interacciones con la vesícula biliar el páncreas y el duodeno*

Una de las misiones importantes del hígado es el mantenimiento los niveles de glucosa sanguínea. Detecta las necesidades de glucosa del organismo y. proporciona glucosa para la digestión o se encarga de obtener glucosa por degradación del glucógeno, la forma en la cual la glucosa se almacena en hígado. El hígado posee una cantidad de glucógeno suficiente como para suministrar glucosa durante 24 horas. En casos de ayuno prolongado, cuando la glucosa no es suministrada por la dieta y las reservas de glucógeno se han agotado, el hígado se encarga de sintetizar glucosa a partir de aminoácidos u otras moléculas, en un proceso denominado gluconeogénesis.

El hígado es el órgano en el que se metabolizan las grasas. Puede sintetizar colesterol y es el lugar donde el colesterol se elimina de la sangre, en forma de ácidos biliares. Cada día el hígado secreta unos 500 ml de ácidos biliares que se utilizan en la disolución y digestión de las grasas.

### ¿Cómo actúa la vesícula biliar?

La vesícula biliar es el lugar de almacenamiento de los ácidos biliares producidos en el hígado. Después de ingerir el alimento, la vesícula biliar está señalizada para liberar su contenido en el duodeno y yeyuno donde se encuentra disponible para la digestión de las grasas.

La vesícula biliar está ubicada en la cara inferior del hígado, entre el lóbulo cuadrado y los lóbulos derecho e izquierdo, ocupando el surco anteroposterior derecho. Se une al hígado por la presencia de tejido conjuntivo y vasos. El fondo de la vesícula y sus caras inferior y lateral están revestidos de peritoneo. Mide 7–10 cm de largo y el ancho del fondo es de 2,5–3 cm. Su volumen es de 30 ml y está formada por varias porciones: el fondo, cuerpo, infundíbulo y cuello. Está irrigada por la arteria cística, que es rama de la arteria hepática, pero en algunas excepciones es rama de la gastroduodenal o de la mesentérica superior (Figura 5).

La vía biliar extrahepática está formada por los conductos hepático, cístico y colédoco. El hepático común se forma de la unión de ambos conductos hepáticos, el derecho y el izquierdo, mide 1,5 – 2 cm y 4 mm de diámetro. Está contenida en el ligamento hepatoduodenal, junto a la arteria hepática y a la vena porta. Se une con el conducto cístico y forma el colédoco. El conducto colédoco mide 7 cm de largo y 5 mm de diámetro y corre por el epiplón menor, junto a la vena porta y la arteria hepática. Se une al conducto pancreático principal o de Wirsung y forman la ampolla de Vater y el abombamiento de la mucosa duodenal en donde se encuentra la ampolla de Vater, es la papila duodenal o carúncula mayor. En 1/3 de los individuos el conducto de Wirsung y el colédoco desembocan separados. La porción intraparietal duodenal de ambos conductos está revestida por miocitos dispuestos circunferencialmente, formando lo que se conoce como esfínter de Oddi. La vía biliar está irrigada por arterias procedentes de la cística y por arterias procedentes de la pancreática duodenal derecha superior. Los canales linfáticos drenan en ganglios que rodean la vía biliar, y de ahí a los ganglios peripancreáticos y mesentéricos superiores.

### Regulación de las funciones del tubo digestivo

El tracto gastrointestinal dispone de un sistema nervioso entérico o intrínseco propio, también denominado “cerebro entérico” que puede regular la actividad motora y secretora del intestino independientemente del sistema nervioso autónomo (SNA). Está situado entre la musculatura longitudinal y circular: plexos mientéricos de Auerbach y la musculatura circular y la submucosa: plexos submucosos de Meissner. El primero regula el tono y ritmo de las contracciones y el segundo regula la función secretora de las células epiteliales. El SNA extrínseco tiene una influencia esencial sobre las funciones motoras y secretoras gastrointestinales, que está ricamente inervado por fibras parasimpáticas y simpáticas. Las primeras provienen del nervio vago y las segundas de los segmentos 5- 12 toracales y 1-3 lumbares. El

neurotransmisor para las fibras preganglionares es la acetilcolina y para las fibras postganglionares es la noradrenalina. El tracto gastrointestinal es uno de los órganos más ricos y activos en hormonas del organismo. Las hormonas y péptidos biológicamente activos del tracto gastrointestinal se resumen en la siguiente tabla:

<i>HORMONA</i>	<i>FUNCIÓN</i>
<i>Gastrina</i> <i>Secretina</i> <i>Colecistocinina</i>	Secreción estomacal, efectos tróficos Secreción pancreática (bicarbonato) Secreción pancreática (enzimas), contracción de la vesícula biliar.
<i>PÉPTIDOS ACTIVOS</i> <i>BIOLOGICAMENTE</i>  ( <i>Candidatos a hormonas</i> ) <i>Péptido pancreático</i> <i>Urogastrona</i> <i>Enteroglucagón</i> <i>Neurotensina</i> <i>GIP (glucosa dependent</i> <i>insulinotropic peptide)</i>	Inhibición de la secreción (estómago, páncreas) Inhibición de la secreción ( páncreas, bilis) Inhibición de la secreción ( estómago, páncreas) y estimulación del flujo hepático de la bilis. Inhibición de la secreción y vaciado estomacal: vasoconstricción liberación de insulina
<i>NEUROPÉPTIDOS</i> <i>VIP (péptido</i> <i>intestinal vasoactivo)</i> <i>Sustancia P</i> <i>Encefalinas, endorfinas</i>	Inhibición de la secreción pancreática, estímulo de la secreción pancreática (bicarbonato) y del flujo biliar, independiente de los ácidos biliares. Relajación de la musculatura lisa. Estimulación de las glándulas salivales y contracción de la musculatura lisa. Inhibición de la contracción de la musculatura lisa.

### Motilidad gastrointestinal

La función digestiva y resortiva del tracto gastrointestinal depende esencialmente de la motricidad de la musculatura parietal. Los patrones de motilidad más importantes son: el peristaltismo, la segmentación rítmica y la contracción tónica. El peristaltismo es el fenómeno por el cual se desplazan los alimentos en sentido descendente por el esófago y conlleva la contracción y el relajamiento alternos de los músculos del esófago. La contracción de la musculatura circular se propaga en forma de ondas a través del tubo intestinal, precediéndola casi siempre una onda de relajación. La mezcla del bolo alimenticio con los jugos

digestivos se realiza por el peristaltismo no-propulsivo, que se propaga sólo por trayectos cortos, así como por movimientos de segmentación. La segmentación consiste en la contracción simultánea de la musculatura circular de regiones vecinas y alternantes. Como la frecuencia de las contracciones disminuye de arriba abajo, el contenido del intestino se desplaza también lentamente hacia el esfínter anal por el peristaltismo no-propulsivo. Por la contracción tónica y duradera de determinadas regiones especializadas (esfínteres), se separan funcionalmente diversos espacios entre sí, por ejemplo, el esófago del estómago por el esfínter esofágico inferior y el íleo del ciego por la válvula de Bauhin. Al mismo tiempo se garantiza así un transporte dirigido sin reflujo.

## **Bibliografía consultada**

---

Boticario C y Cascales M (2012) Digestión y metabolism de nutrientes . UNED. Madrid ISBN 978 84 615 8137 5.

Heuman DM, Mills AS, McGuire HH. (1997) Gastroenterology. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Co.

Long C (2004) Lo esencial en el aparato digestivo, 2nd ed. Elsevier España. Madrid.

Mataix-Verdú J y Carazo-Marín E (1995) Nutrición para educadores. Díaz de Santos. Madrid.

Phan CT, Tso P. (2001) Intestinal lipid absorption and transport. Front Biosci. 6, 299-319.

Rosell Puig, W, González Fano B, Cué Mourellos C, Dovale Borjas C (2004). Organización de los sistemas orgánicos del cuerpo humano para facilitar su estudio. Educación Médica Superior (La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas) 18. ISSN 1561-2902.

Zubillaga M, Weill R, *et al.* (2001) Effect of probiotics and functional foods and their use in different diseases. Nutr Res. 21, 569-579.

<http://digestive.niddk.nih.gov/spanish/pubs/yrdd/>

[http://www.uco.es/master\\_nutricion/nb/Gil%20Hernandez/digestion.pdf](http://www.uco.es/master_nutricion/nb/Gil%20Hernandez/digestion.pdf)