



Tema 10. Fisiología Humana

10.1 Digestión y absorción

Germán Tenorio

Biología NS-Diploma BI



© Original Artist

Reproduction rights obtainable from

www.CartoonStock.com



search ID: rj00753

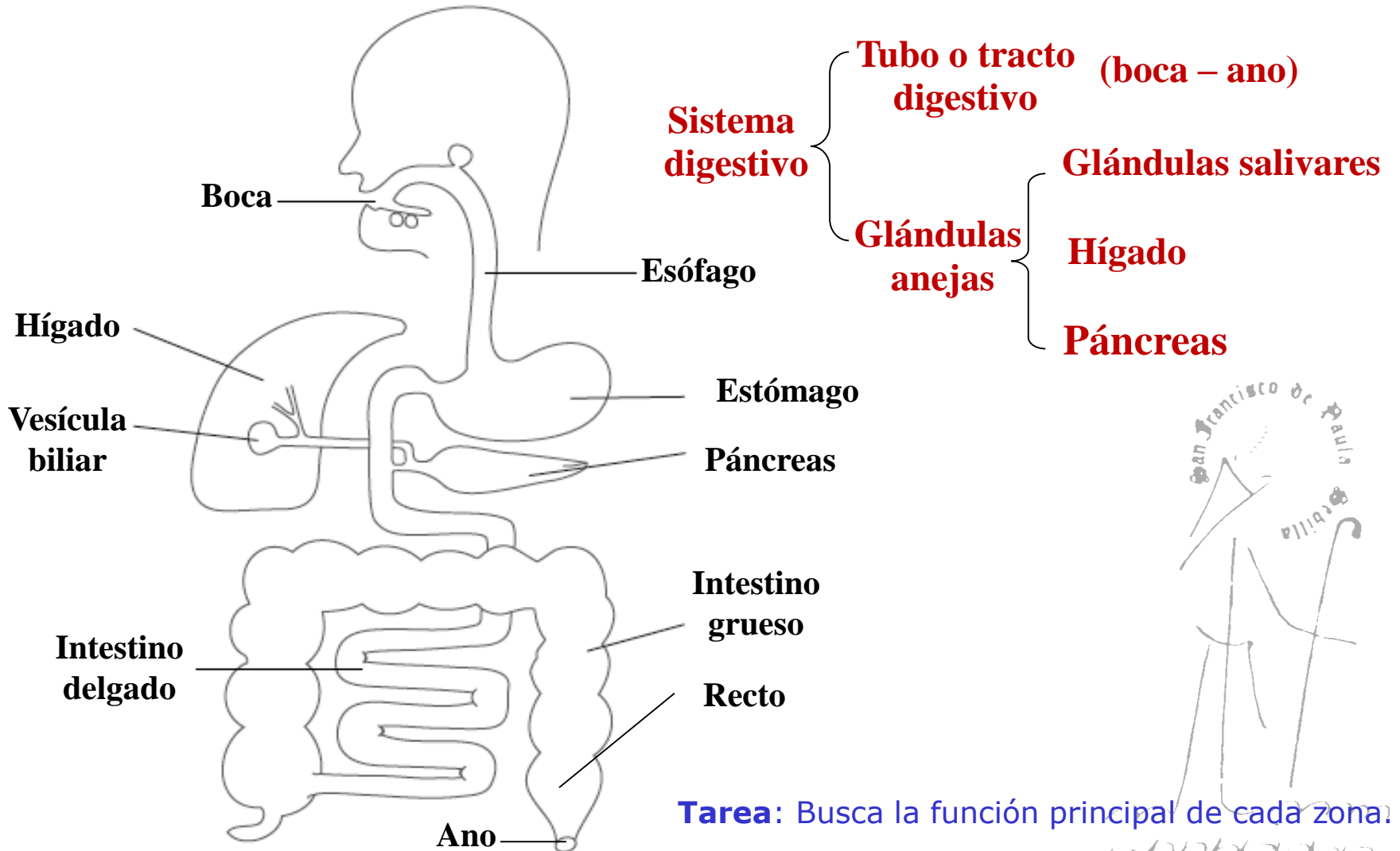
"That's the problem with Christian martyrs... the halos are so hard to digest."

Idea Fundamental: La estructura de la pared del intestino delgado permite en éste el movimiento, la digestión y la absorción del alimento.





HABILIDAD: Realización de un diagrama del Sistema digestivo



Tarea: Busca la función principal de cada zona!





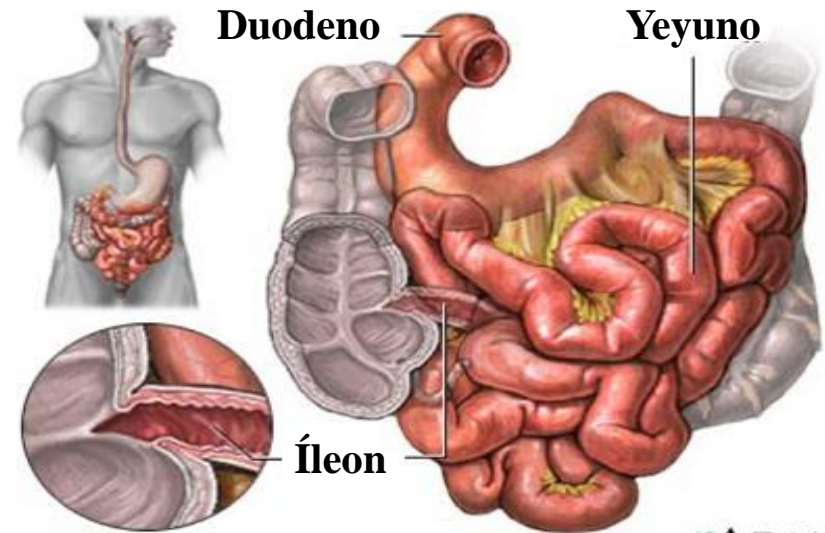
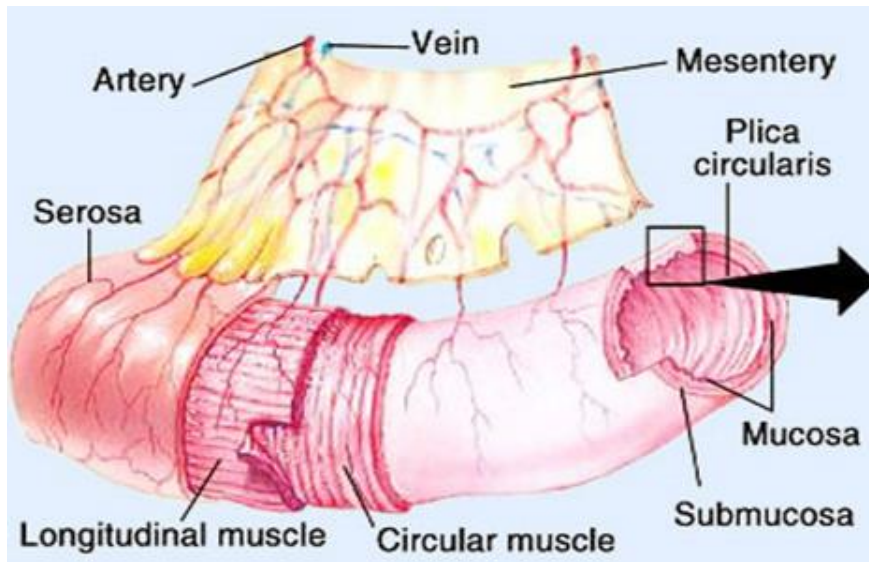
Fisiología del Sistema digestivo

Estructura	Función
Boca	Digestión mecánica del alimento mediante masticación y mezcla con la saliva, que contiene lubricante y enzimas que comienzan la digestión del almidón.
Esófago	Movimiento peristáltico del alimento desde la boca al estómago.
Estómago	Agitación y mezcla del alimento con ácido, que mata a posibles patógenos e inicia la digestión de las proteínas.
Hígado	Secreción de surfactantes en la bilis que emulsionan las gotas de grasa.
Vesícula biliar	Almacenamiento y control de la liberación de la bilis.
Páncreas	Secreción de enzimas lipasas, amilasas y proteasas que participan en la digestión química en el intestino delgado.
Intestino delgado	Digestión final de lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos, neutralizando la acidez del estómago y absorbiendo los nutrientes.
Intestino grueso	Reabsorción de agua además de formación y almacenamiento de las heces fecales. Alberga la flora intestinal que produce vitaminas B y K además de fermentar carbohidratos.



Intestino delgado

- El intestino delgado es un conducto de unos 6 m de largo, que se comunica con el estómago y el intestino grueso, y donde se distinguen 3 regiones: Duodeno (20 cm), yeyuno e íleon.
- La mayor parte de la **digestión** que se da en el sistema digestivo ocurre en el intestino delgado, así como la **absorción** de los nutrientes.



ADAM.

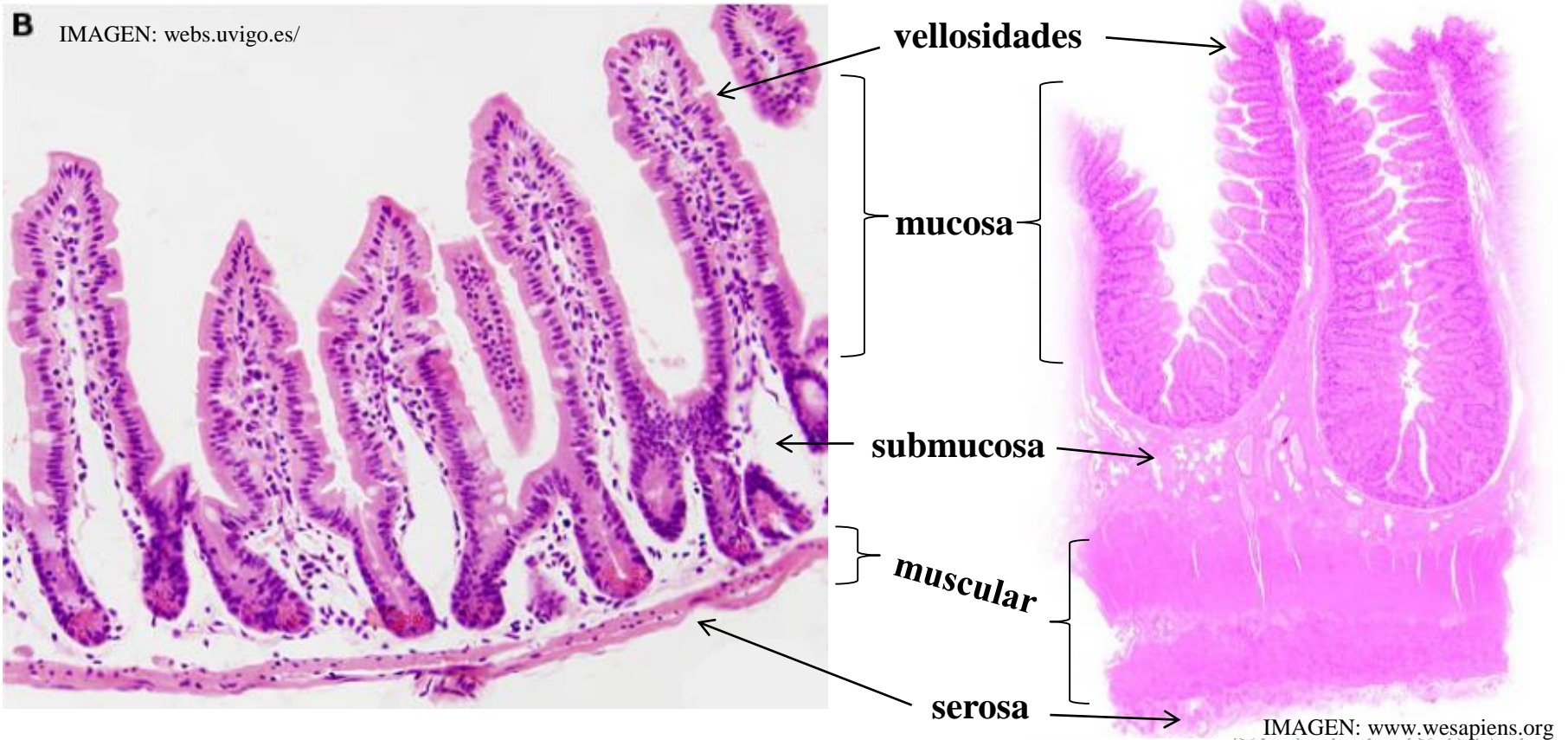
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/imagepages/19221.htm>

- Su estructura histológica es similar a la del esófago y estómago, estando formada por 4 capas: **mucosa** (tejido epitelial), **submucosa**, **muscular** (circular y longitudinal) y **serosa** o adventicia.



HABILIDAD: Identificación sección transversal del intestino delgado al microscopio

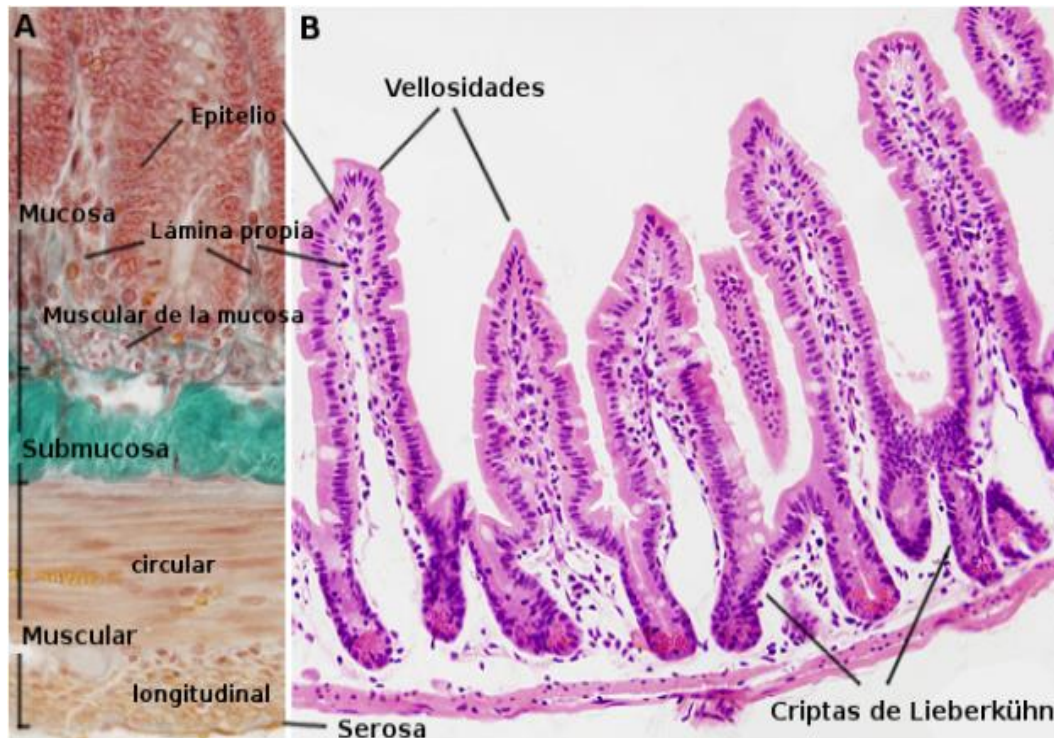
Tarea: Busca información para localizar cada una de las capas en la micrografía del intestino delgado. Localiza también las vellosidades y las células del epitelio.





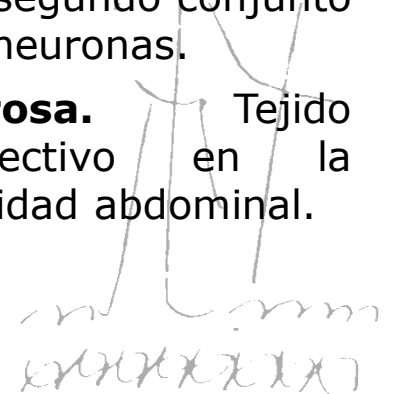
HABILIDAD: Identificación sección transversal del intestino delgado al microscopio

- **Mucosa.** Epitelio simple con vellosidades.
- **Submucosa.** Tejido conectivo donde transitan vasos sanguíneos y linfáticos, se sitúan una gran cantidad de glándulas y un conjunto de neuronas que forman parte del sistema nervioso entérico.



- **Muscular.** Conjunto de *fibras musculares lisas*, que forman una capa circular interna y una capa longitudinal externa, entre ambas se sitúa un segundo conjunto de neuronas.

- **Serosa.** Tejido conectivo en la cavidad abdominal.





HABILIDAD: Identificación sección transversal del intestino delgado al microscopio

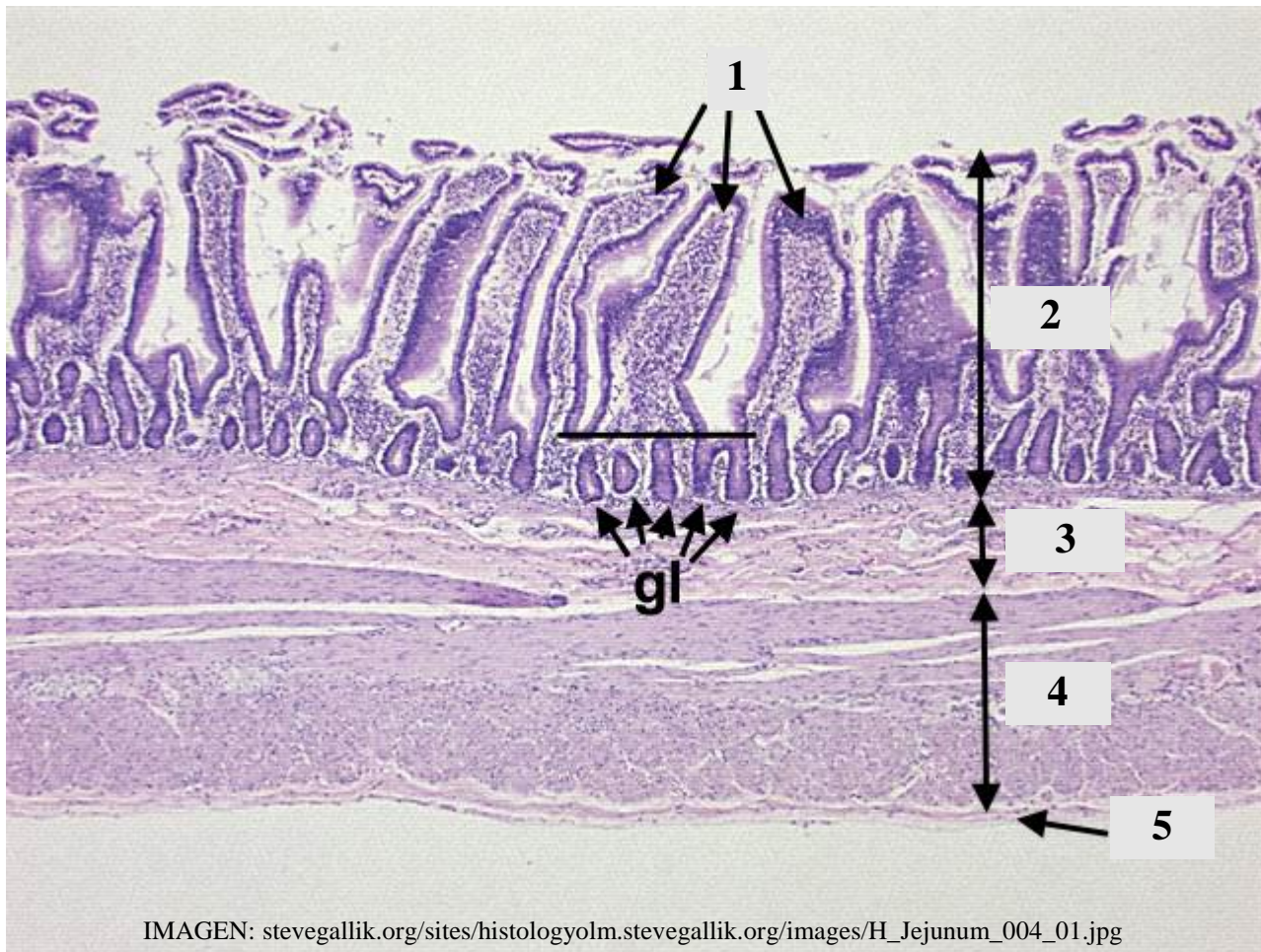
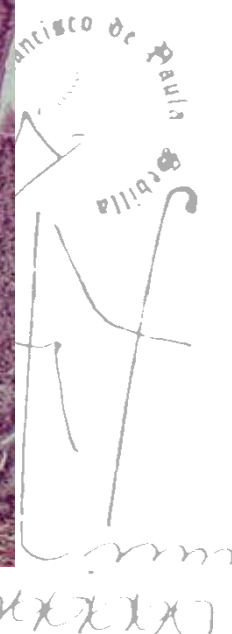
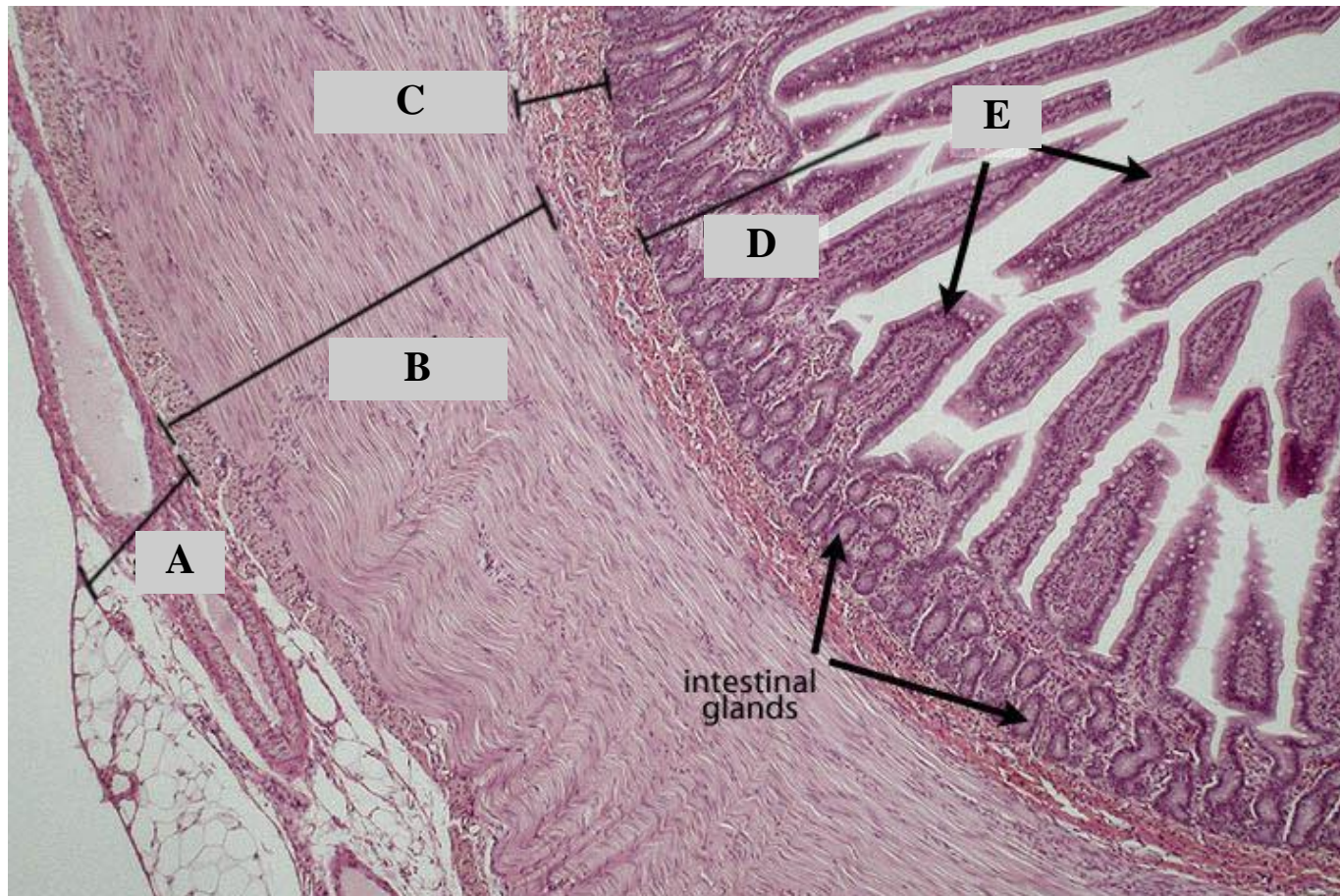


IMAGEN: stevegallik.org/sites/histologyolm.stevgallik.org/images/H_Jejunum_004_01.jpg





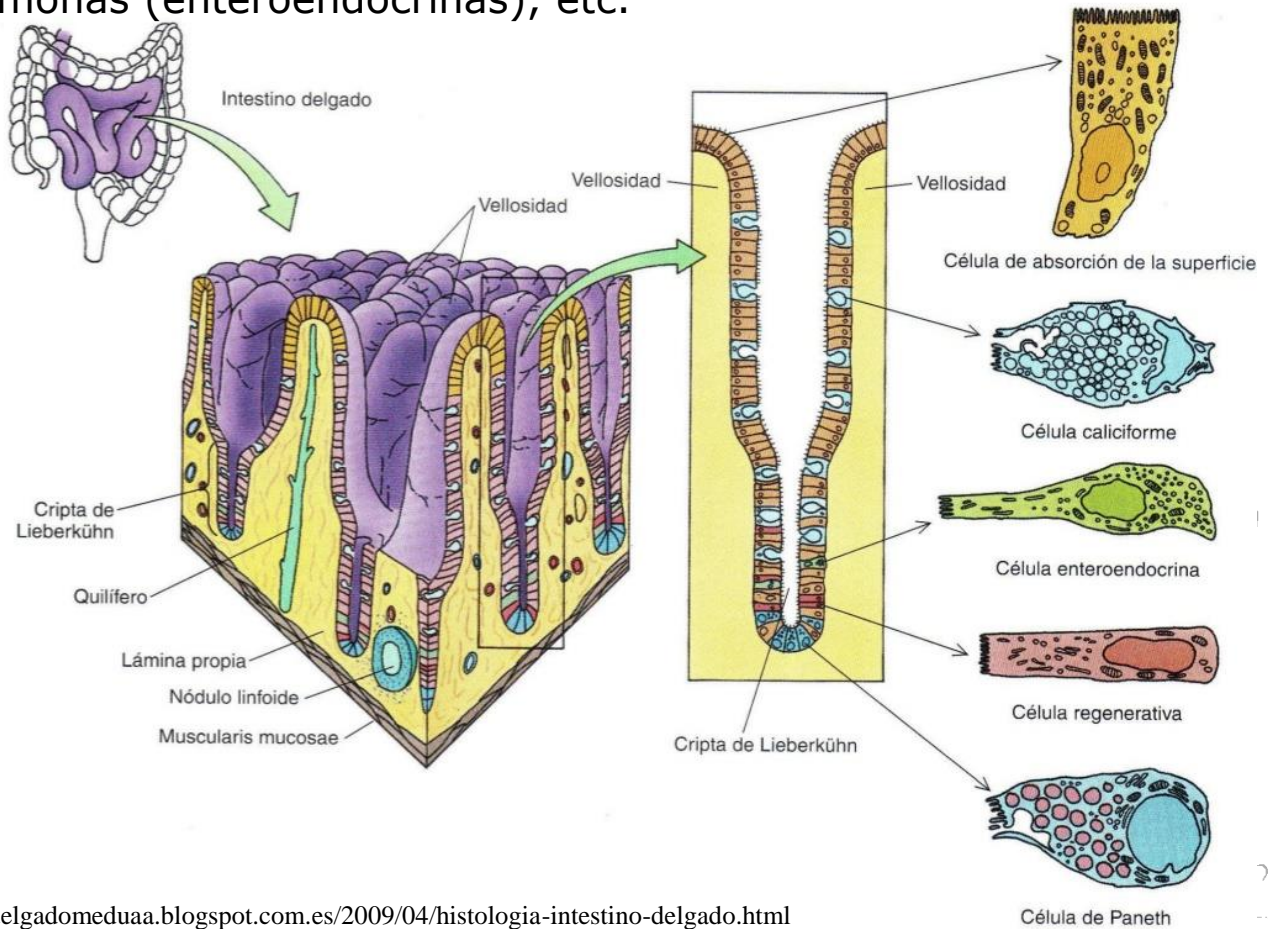
HABILIDAD: Identificación sección transversal del intestino delgado al microscopio





Epitelio intestinal

- Las células del epitelio intestinal están formadas por una única capa de células implicadas en la absorción, pero también en la secreción de mucus protector (caliciforme), hormonas (enteroendocrinas), etc.





Movimientos intestinales

- Una vez que ocurre la deglución, el alimento se desplaza unidireccionalmente a lo largo del tubo digestivo mediante ondas de contracción de muscular, denominadas **peristalsis**.
- La capa de musculatura está formada por dos capas de **músculo liso**, una interna con células orientadas circularmente y otra más externa donde lo hacen de forma longitudinal.

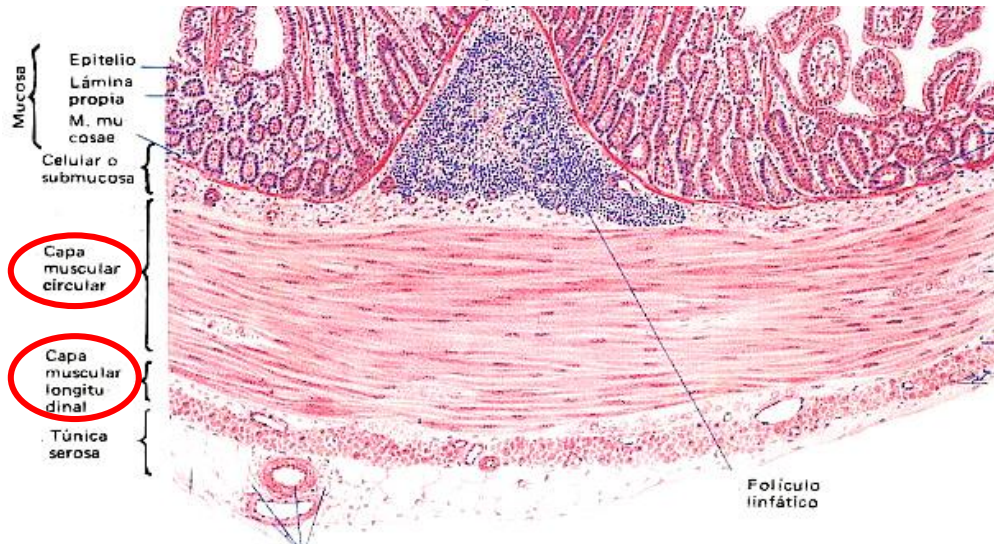


IMAGEN: <http://personal.us.es/salles/OMA/docencia/practicas/difiore/laminas/I-Delgado-a84.htm>

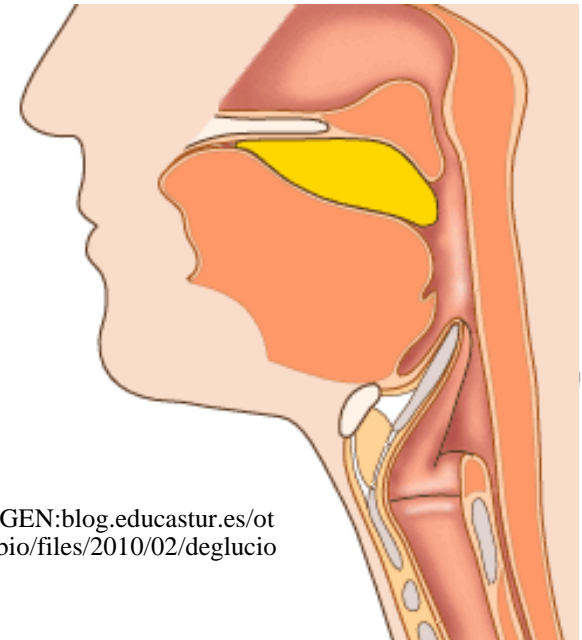


IMAGEN: blog.educastur.es/otrodebio/files/2010/02/deglucion.gif

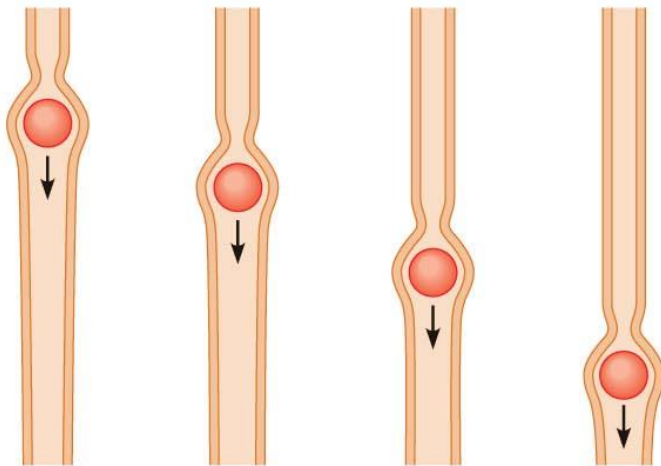
- **La contracción de la musculatura circular y longitudinal del intestino delgado mezcla el alimento con las enzimas y desplaza este a lo largo del tracto digestivo.**

XXXXXXXXXX

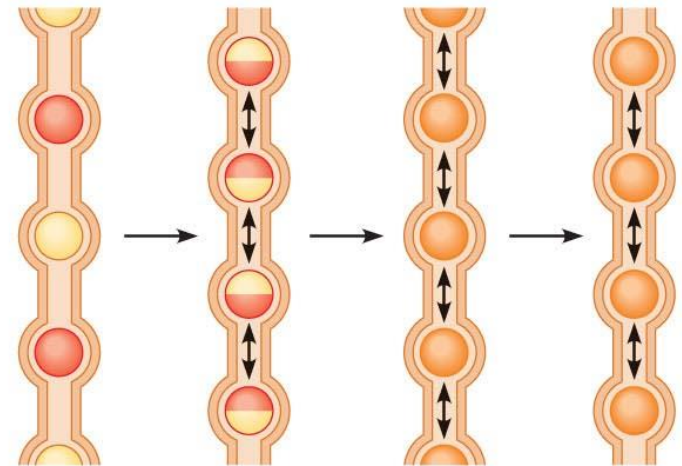


Movimientos intestinales

- La capa de musculatura lisa origina ondas de contracción, denominadas **ondas peristálticas**, que se propagan longitudinalmente a lo largo del intestino reduciendo su lumen, y haciendo avanzar al alimento en digestión.



(a) Peristalsis



(b) Segmentation

© 2011 Pearson Education, Inc.

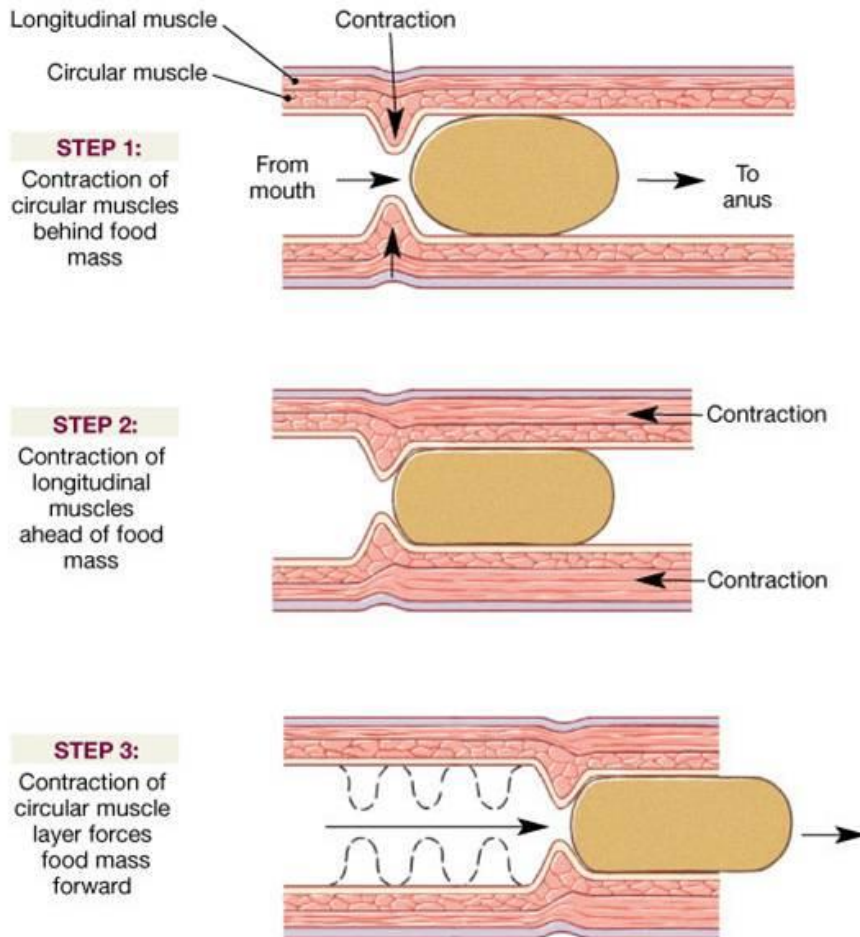
- Contracciones alternantes de las capas de musculatura de diferentes segmentos del intestino delgado, generan **movimientos** hacia delante y detrás, denominados **de segmentación**, que mezclan las enzimas digestivas con el alimento.

Handwritten notes:
m...
xxxxxxx



Movimientos peristálticos

- Cada capa realiza un tipo de contracción con funciones diferentes:



- La **contracción de la capa circular** interna por detrás del material que se está digiriendo, provoca una reducción del lumen del intestino.

- La **contracción de la capa longitudinal** reduce la longitud del intestino, provocando de forma conjunta el avance del material en digestión a lo largo del intestino.

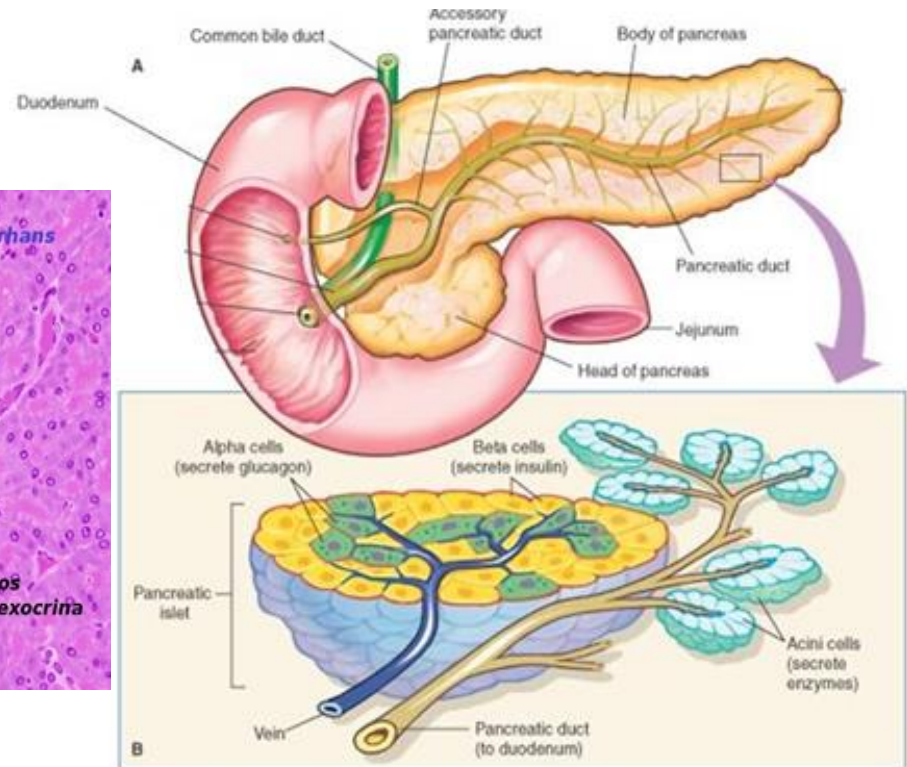
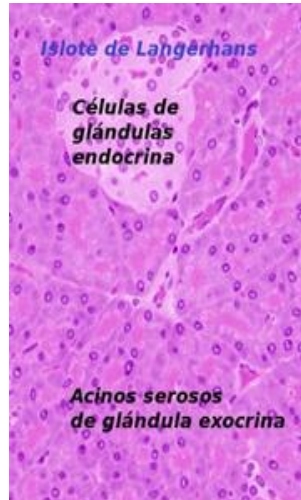
- La contracción de la capa de musculatura lisa del intestino delgado está controlada de forma involuntaria por el sistema nervioso entérico, que forma parte del sistema nervioso **autónomo**.

Animación 1



Digestión en el intestino delgado

- El **páncreas** es una glándula accesoria del sistema digestivo, que funciona tanto de **glándula exocrina**, segregando enzimas digestivas al lumen del intestino delgado, como de **glándula endocrina**, segregando hormonas (insulina y glucagón) al torrente circulatorio.
- La parte **endocrina** del páncreas se dispone de forma dispersa entre la parte exocrina. Las células endocrinas se agrupan formando los denominados **islotes de Langerhans**, masas más o menos esféricas de color más tenue.
- En los islotes se encuentran las **células α** secretoras de la hormona glucagón y las **células β** secretoras de la hormona insulina.

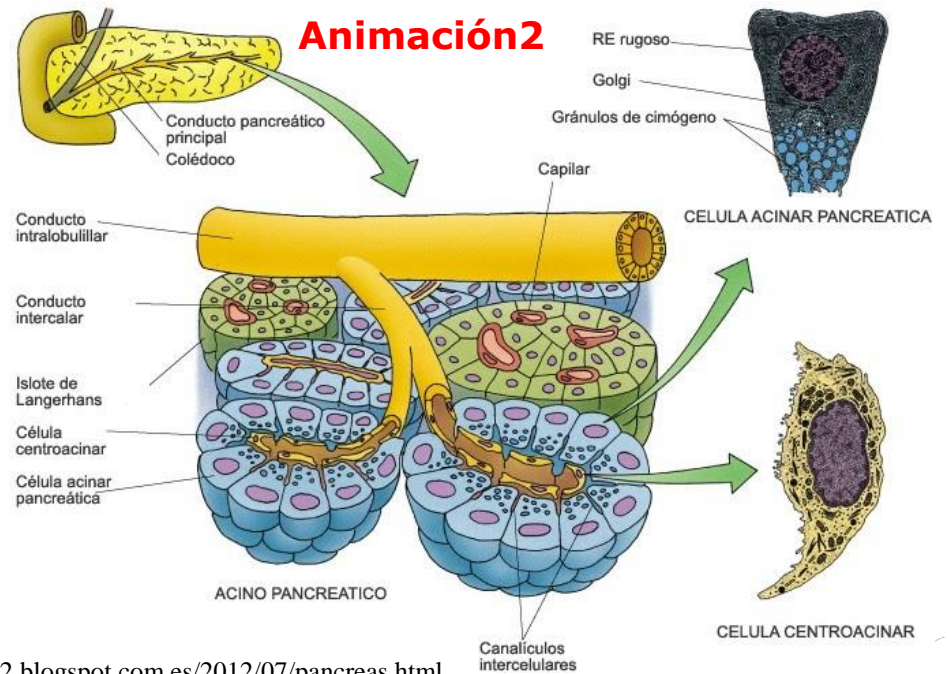


XXXXXXXXXX



Digestión en el intestino delgado

- La **parte exocrina** del páncreas está compuesta de **acinos pancreáticos**, formados por agrupaciones de unas 6 células acinares con forma piramidal, y que poseen un gran contenido en RER y gránulos de secreción que liberan por exocitosis su contenido de enzimas digestivas.
- Estas **células acinares** producen enzimas digestivas en forma inactiva, como proenzimas que se activarán una vez que hayan alcanzado el interior del intestino.
- Su secreción es recogida inicialmente por las células **centroacinares** (que además producen Na_2CO_3) que forman los conductos intercalares, los cuales vierten a otros conductos mayores y desde aquí se llega al conducto colector principal.
- **El páncreas segrega enzimas en el interior o lumen del intestino delgado.**



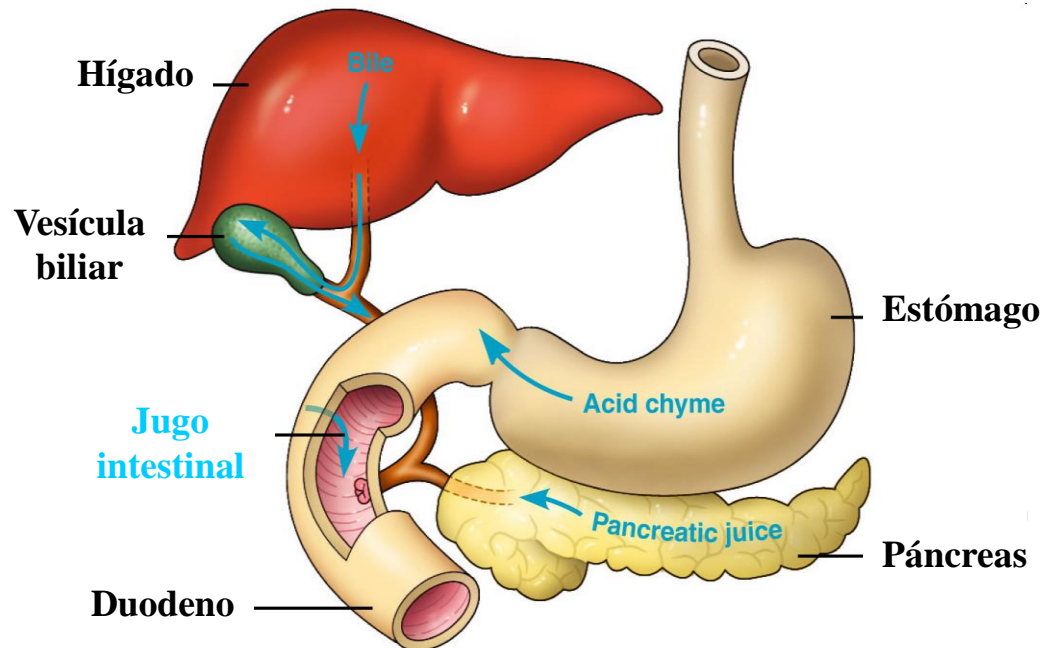


Digestión en el intestino delgado

- El duodeno es la primera parte del intestino delgado, y **donde se completa la digestión.**

- El quimo ácido formado en el estómago entra en el intestino delgado atravesando el esfínter pilórico, donde recibe las secrecciones del páncreas (jugo pancreático) y de la vesícula biliar (bilis).

- El conducto principal del páncreas libera al interior del duodeno 1 litro de jugo pancreático al día, que contiene las enzimas digestivas y bicarbonato de sodio para neutralizar la acidez del quimo.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- La bilis contiene sales biliares (surfactantes, no enzimas) para la emulsión (reducción en tamaño) de los lípidos.

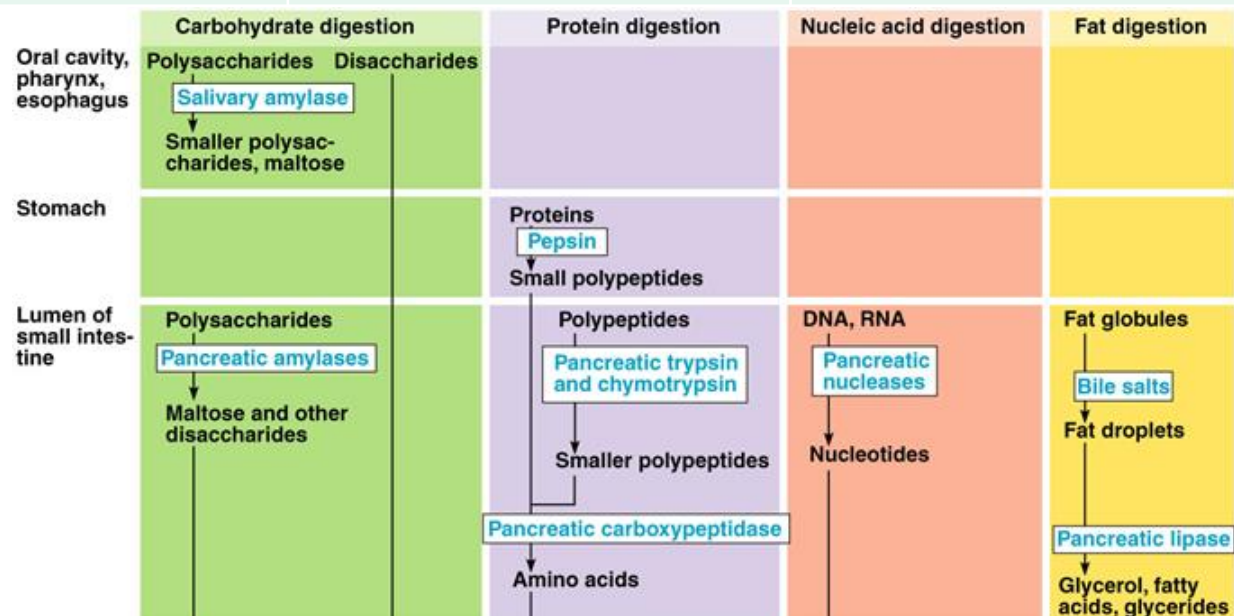
Handwritten notes:
m l m m
x x x x x x x x



Digestión en el intestino delgado

- Las enzimas pancreáticas digieren la mayoría de macromoléculas presentes en los alimentos en forma de monómeros en el intestino delgado.

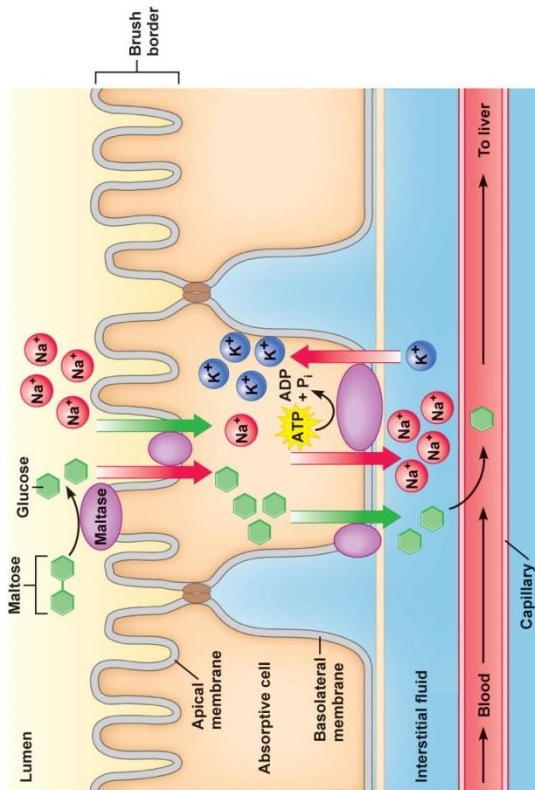
Enzima pancreática	Sustrato	Producto
Amilasas	Almidón y glucógeno	Maltosa
Endopeptidasas	Proteínas y polipéptidos	Pequeños péptidos
Lipasas	Triglicéridos	Ácidos grasos y glicerol
Nucleasas	Ácidos nucleicos	Nucleótidos



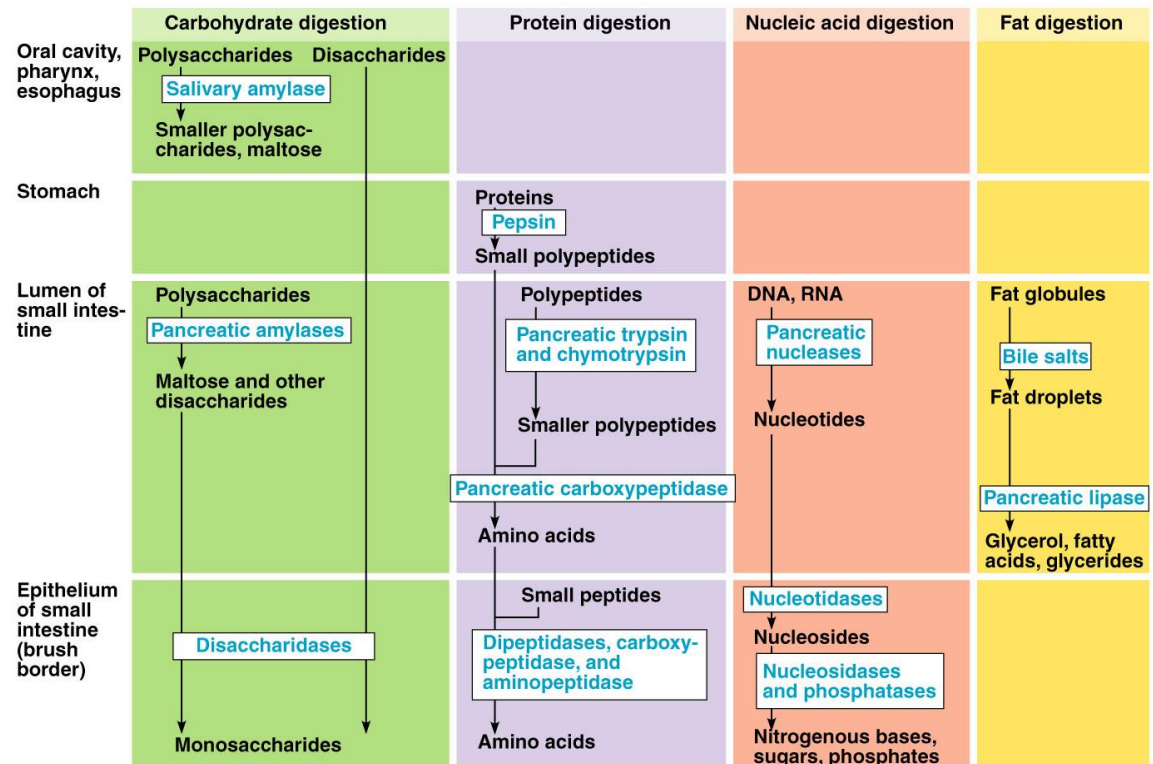


Digestión en el intestino delgado

- Sin embargo, estos monómeros no son todavía lo suficientemente pequeños como para poder ser absorbidos y hacen falta otras **enzimas producidas por el propio intestino**, ya sean liberadas en el jugo intestinal al lumen, o bien inmovilizadas en la membrana plasmática de las células del epitelio de la mucosa (brush border).



© 2011 Pearson Education, Inc.



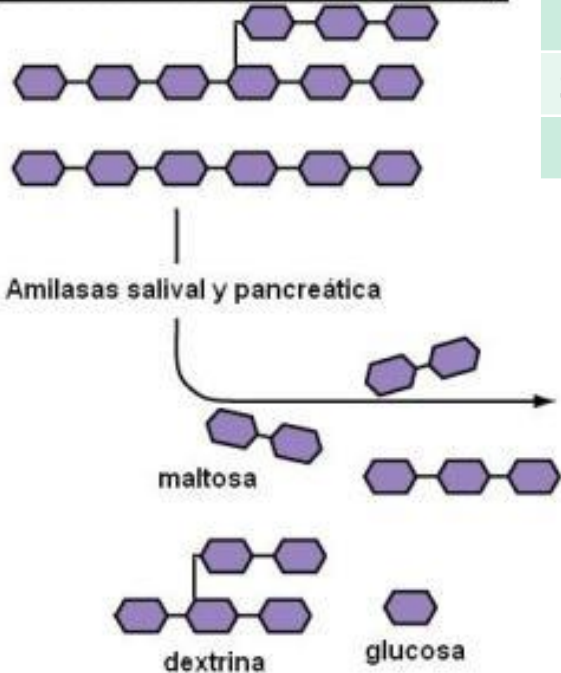
Handwritten signature or scribble



Digestión en el intestino delgado

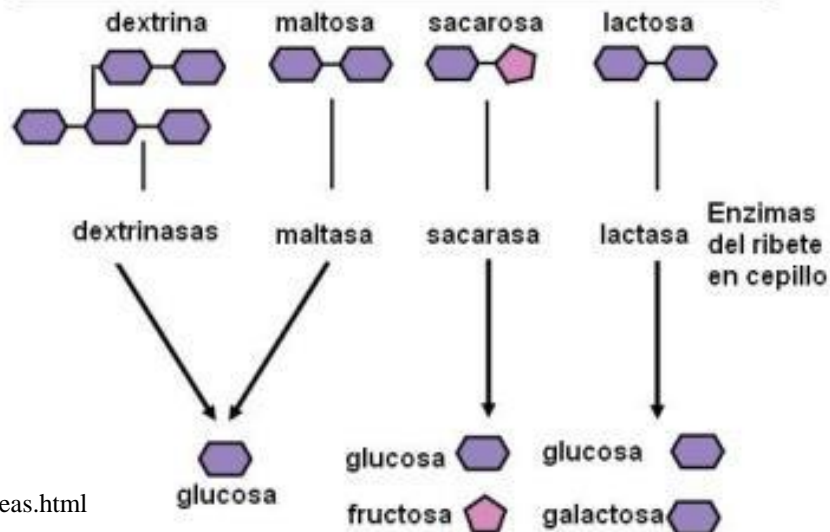
- Entre estas **enzimas intestinales** se encuentran:

POLISACÁRIDOS (almidón, glucógeno)



Enzima intestinal	Sustrato	Producto
Maltasa	Maltosa	Glucosa
Sacarasa	Sacarosa	Glucosa y fructosa
Lactasa	Lactosa	Glucosa y galactosa

DEXTRINAS y DISACÁRIDOS



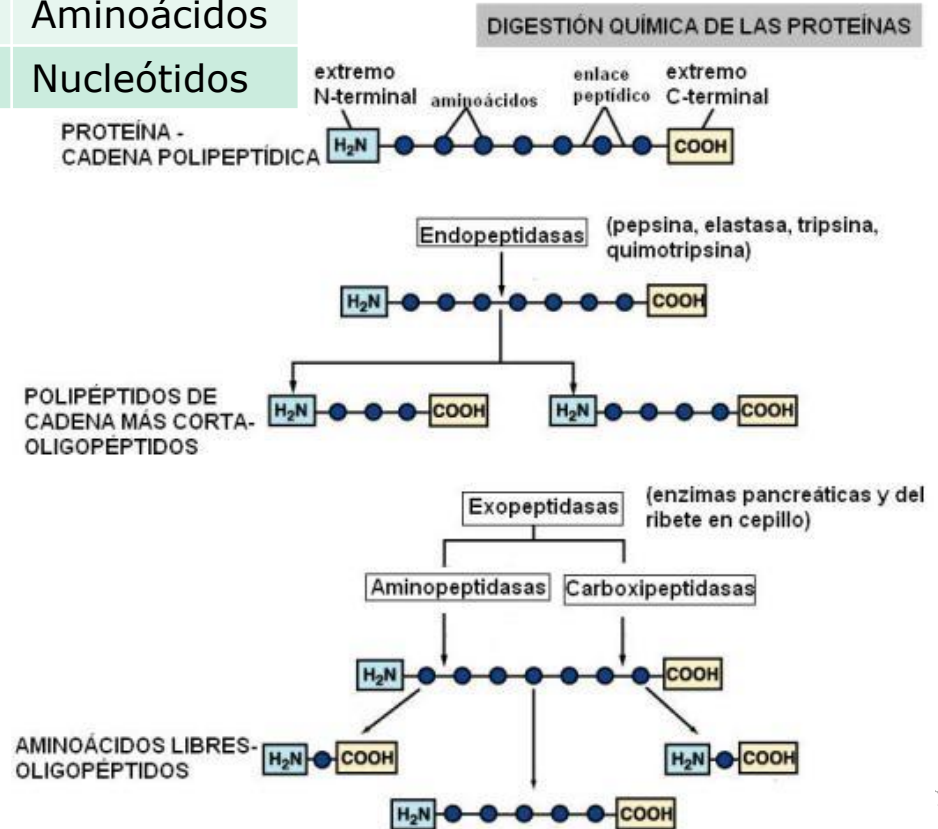
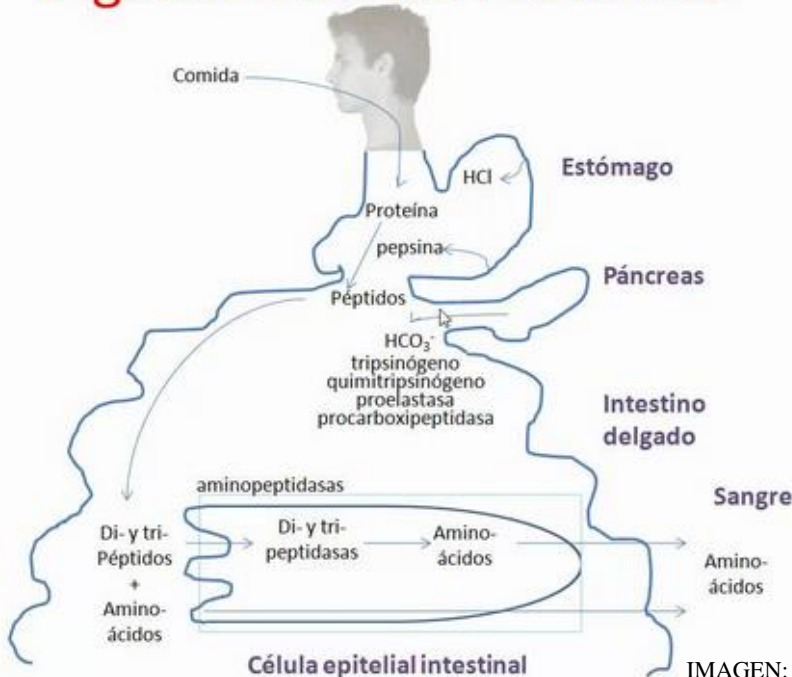


Digestión en el intestino delgado

- Y también se encuentran entre estas **enzimas intestinales**:

Enzima intestinal	Sustrato	Producto
Exopeptidasas	Pequeños péptidos	Dipéptidos
Dipeptidasas	Dipéptidos	Aminoácidos
Otras nucleasas	Ácidos nucleicos	Nucleótidos

Digestión de las Proteínas



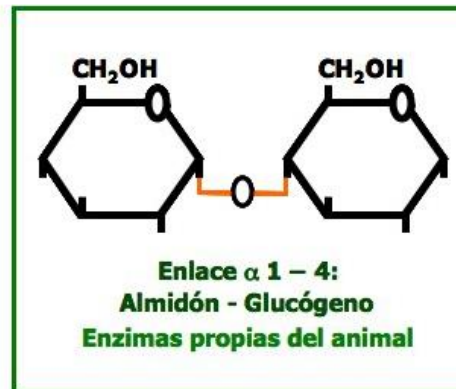
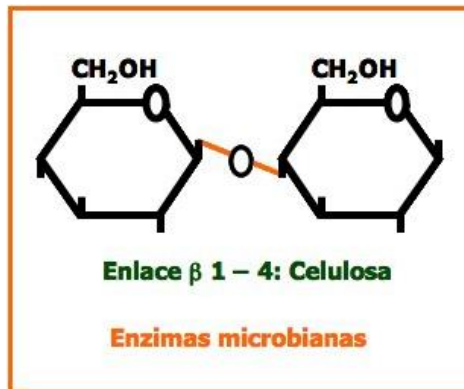


Digestión en el intestino delgado

- Tras la digestión, las grandes biomoléculas presentes en el alimento son digeridas por las enzimas digestivas hasta sus monómeros constituyentes.

Biomoléculas	Monómeros
Almidón y glucógeno	Glucosa
Proteínas	Aminoácidos
Lípidos	Ácidos grasos y glicerol
Ácidos nucleicos	Nucleótidos

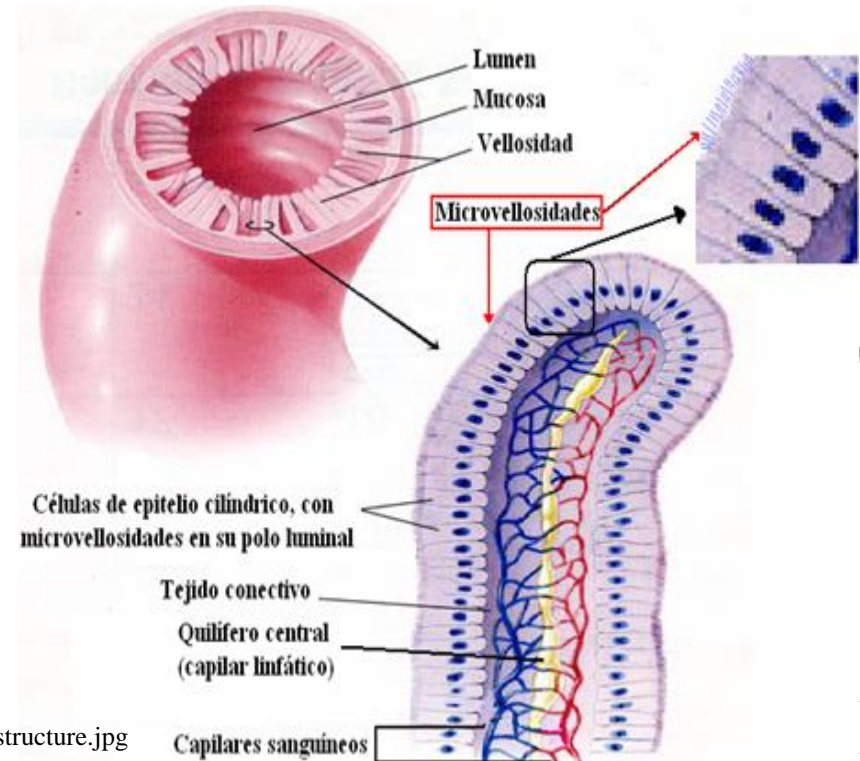
- Sin embargo, no todas las biomoléculas son digeridas, como la **celulosa**, dado que los humanos carecemos de las enzimas necesarias para romper los enlaces β (1-6) que lo forman. Así, pasa a lo largo del intestino como el principal componente de la fibra.





Absorción en el intestino delgado

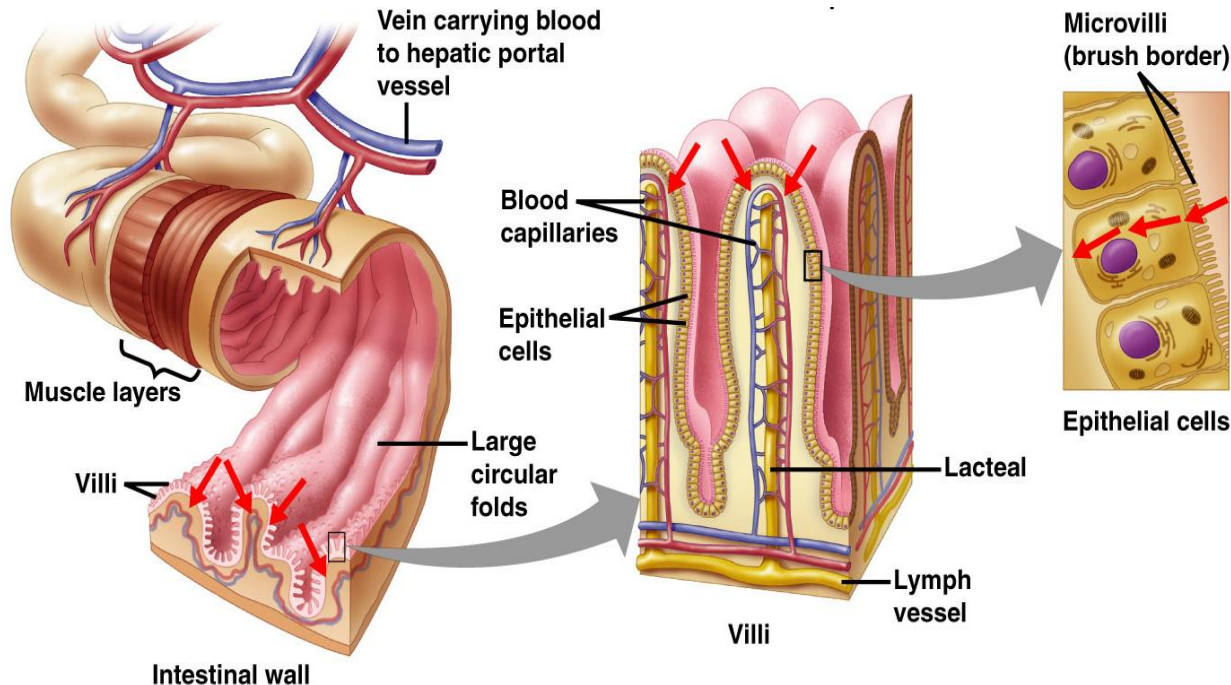
- **Absorción:** Paso de los nutrientes solubles desde el interior del tubo digestivo al torrente sanguíneo o linfático.
- La absorción tiene lugar principalmente en el intestino delgado (íleon), cuya superficie luminal (pared intestinal) está adaptada al poseer una serie de pliegues en la capa mucosa denominadas de **vellosidades intestinales**.
- El gran número de estas vellosidades (unas 40 por mm²) incrementan **el área superficial disponible para la absorción de los nutrientes** obtenidos en la digestión.
- Las células epiteliales de las vellosidades tienen a su vez **microvellosidades**.





Estructura vellosidad intestinal

- Las vellosidades intestinales son pequeñas (1 mm de largo) proyecciones con forma de dedo en la mucosa del intestino delgado, y cuya estructura **está relacionada con su función de absorción** y transporte de los productos de la digestión



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- Un aporte continuo de sangre mantiene el gradiente de concentración por el que los nutrientes pueden difundir a través de las membranas.

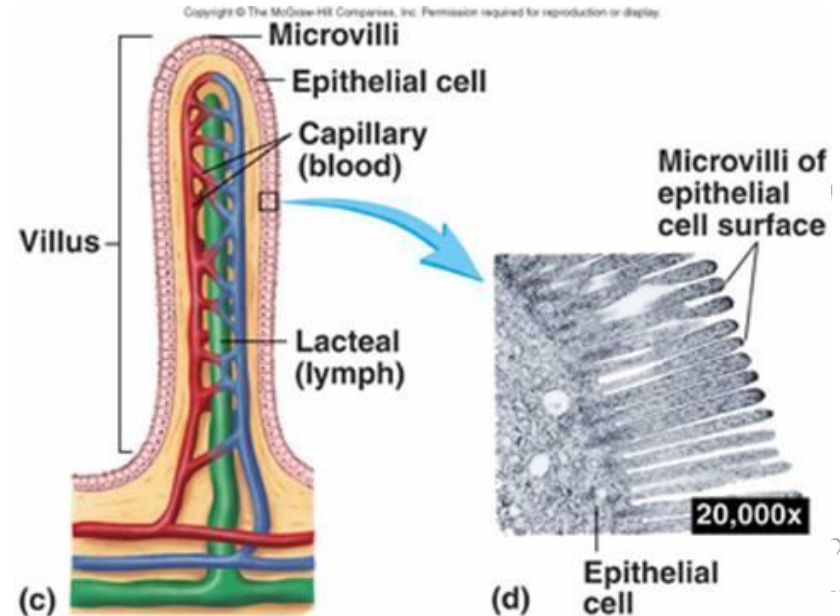
Video3

XXXXXXXXXX



Estructura vellosidad intestinal

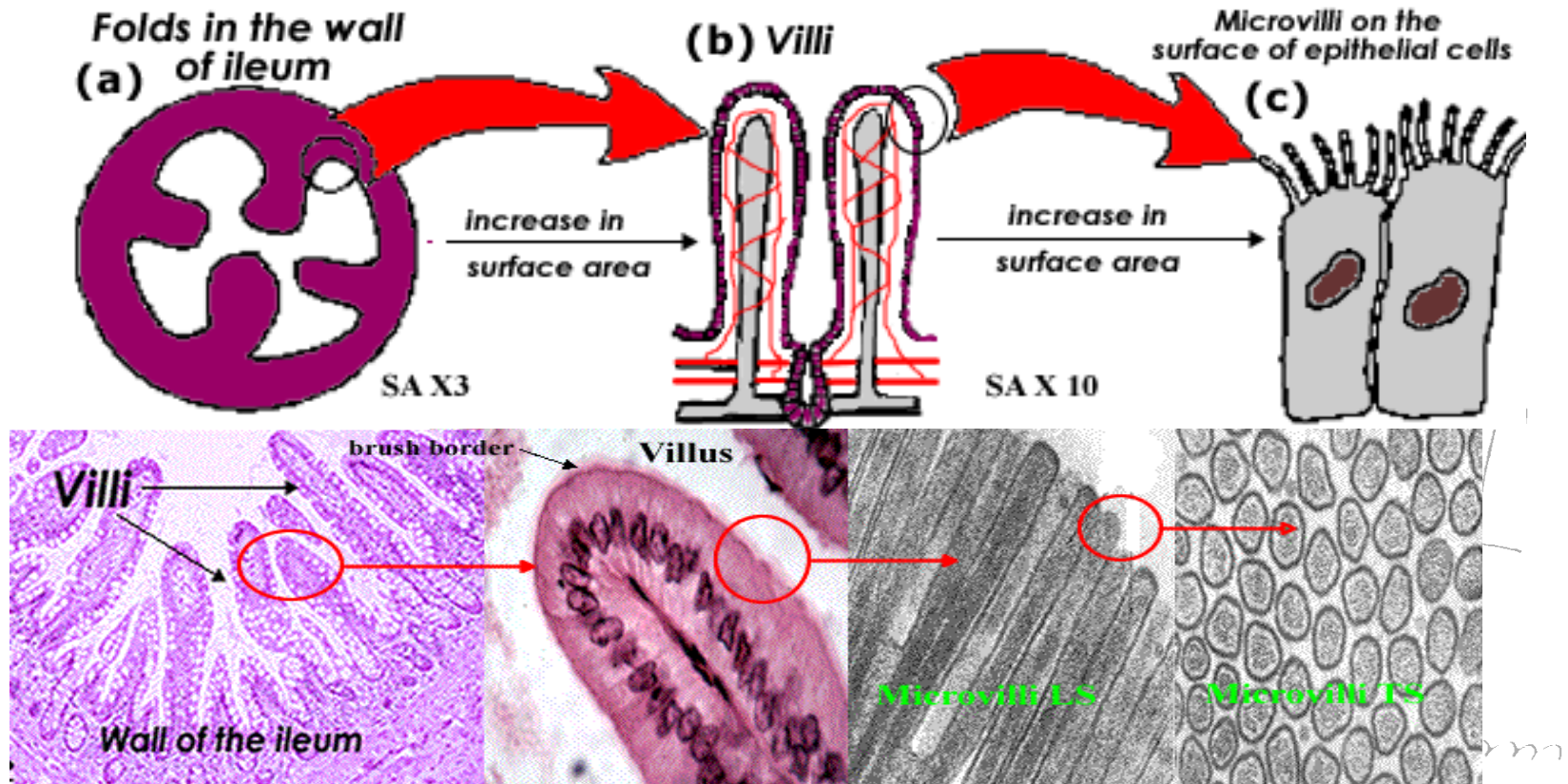
- **Epitelio de una única capa de células** que asegura una mínima distancia de difusión entre el lumen intestinal y la red de capilares.
- **Microvellosidades que aumentan la superficie del epitelio, a través del cual se realiza la absorción de los monómeros producidos en la digestión.**
- **Amplia red de capilares** que ayudan a mantener el gradiente de concentración necesario para la rápida absorción de los nutrientes.
- **Vaso linfático central (lacteals)** que absorbe los productos lipídicos al sistema linfático.





Absorción en el intestino delgado

- Una de las características morfológicas más importantes del intestino delgado es la presencia de numerosos pliegues que **amplifican la superficie de absorción de nutrientes**, como son los pliegues circulares, las vellosidades y microvellosidades (x10).





Absorción en el intestino delgado

- **Las microvellosidades, además de absorber los monómeros formados en la digestión** (como los monosacáridos, aminoácidos, ácidos grasos, glicerol y bases nitrogenadas, etc.) **también absorben los iones minerales** (como el calcio, potasio, sodio, etc.) y las **vitaminas** (como la vitamina C).

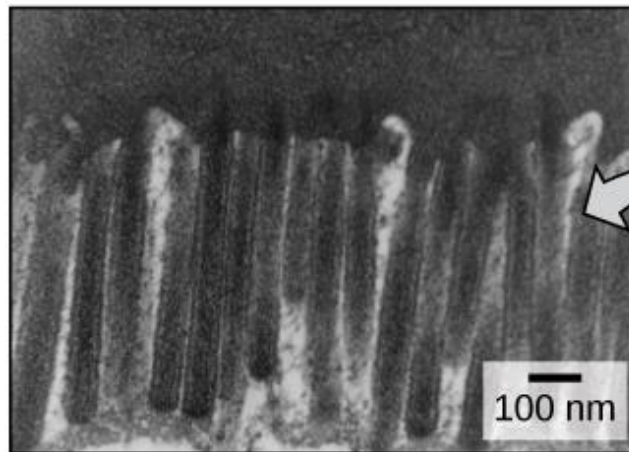
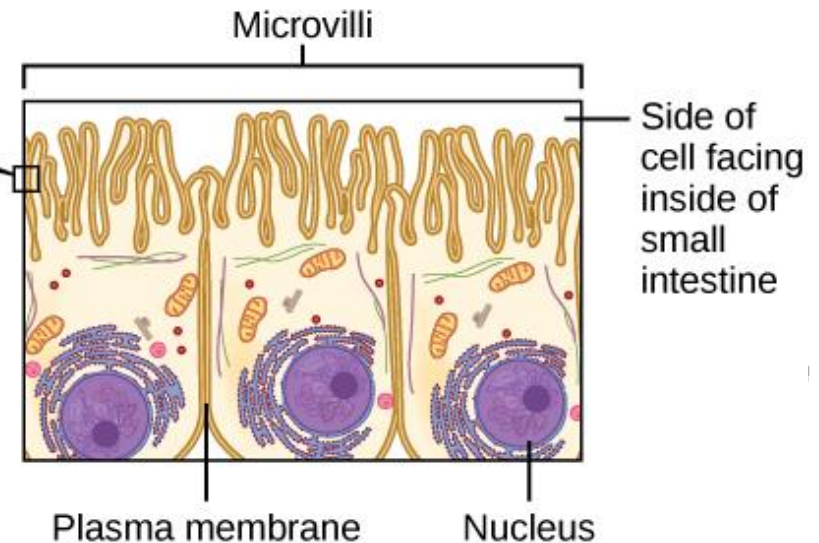


IMAGEN: cnx.org



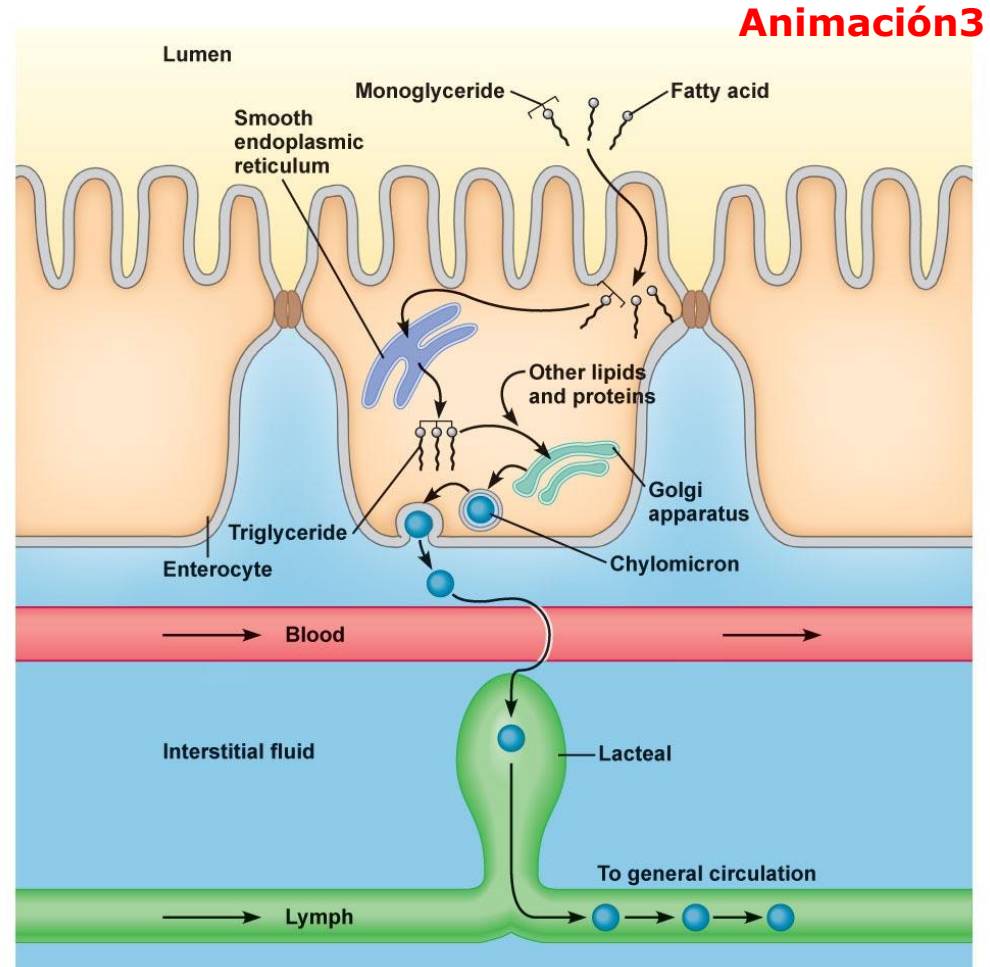
- Los nutrientes deben atravesar las células epiteliales para llegar a los capilares y el vaso linfático. **Para absorber los diferentes nutrientes se requieren distintos métodos de transporte de membrana.**

Handwritten notes:
...
XXXXXX



Métodos de absorción: Lípidos

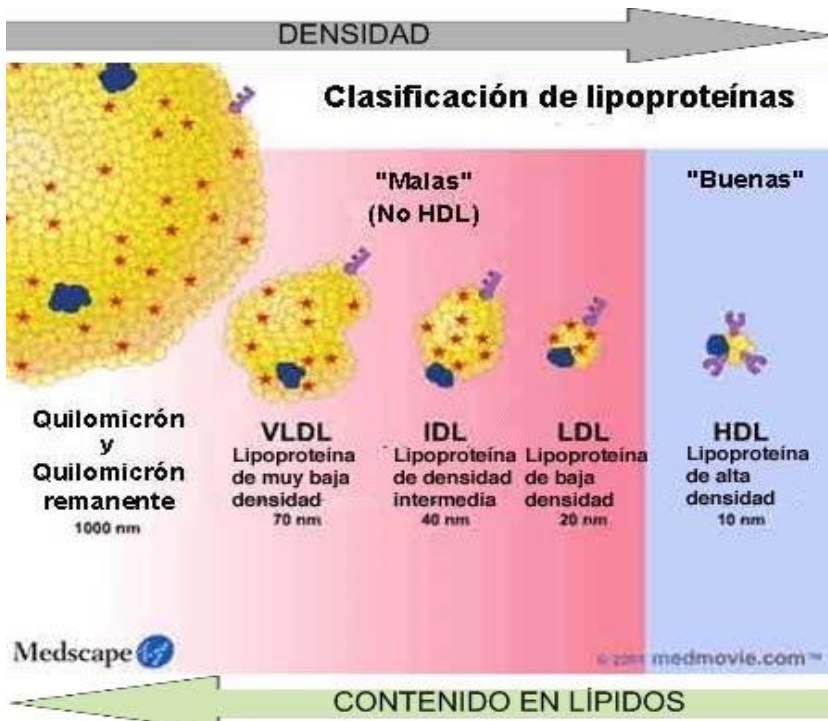
- Los **monoglicéridos** procedentes de la digestión de los lípidos, son absorbidos por **difusión simple**, dado su carácter hidrofóbico, atravesando libremente la membrana de fosfolípidos de las células epiteliales.
- Los **ácidos grasos** también procedentes de la digestión de los lípidos, son absorbidos tanto por **difusión simple** como por **difusión facilitada**, al poseer transportadores de ácidos grasos la membrana de las microvellosidades.



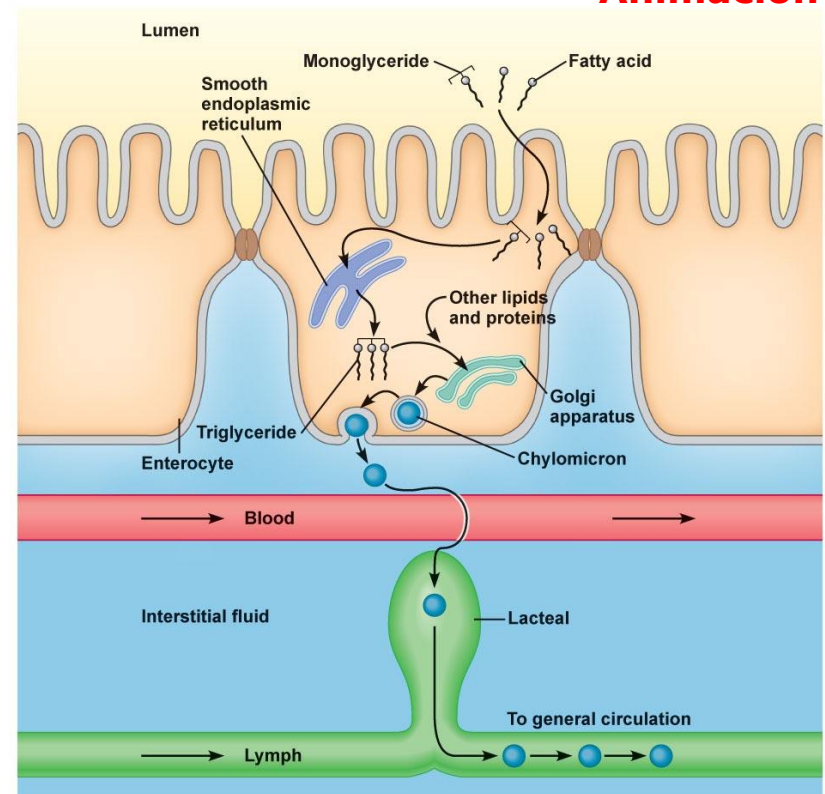


Métodos de absorción: Lípidos

- Una vez en el interior de la célula epitelial, ambos se ensamblan produciendo **triglicéridos**, que son empaquetados en grandes partículas lipoproteicas denominadas **quilomicrones**, secretadas por exocitosis a la cara interna donde entran al vaso linfático o incluso la sangre. **Animación4**



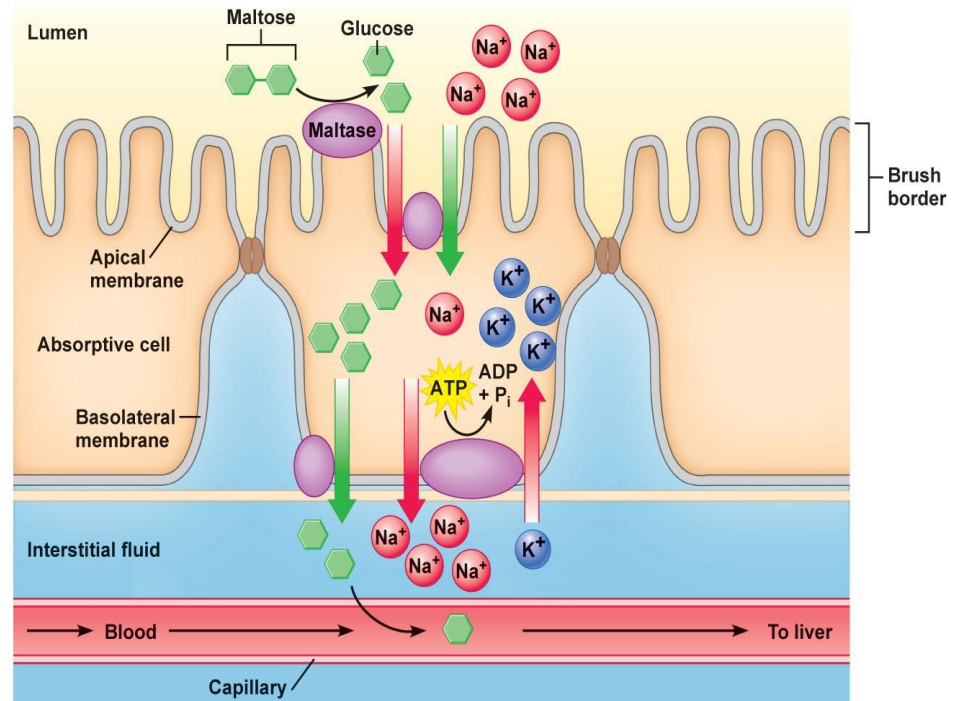
El colesterol, los triglicéridos y fosfolípidos son transportados en la sangre en forma de lipoproteínas, que de acuerdo a su composición, densidad y tamaño se denominan quilomicrones, VLDL, IDL, LDL y HDL.





Métodos de absorción: Carbohidratos

- La **glucosa** y la **galactosa** entran en las células epiteliales mediante **difusión facilitada**, gracias a proteínas co-transportadoras en la membrana de las microvellosidades, que introducen un ión sodio y una molécula de glucosa a la vez desde el lumen intestinal al citoplasma de las células epiteliales.
- Aunque este tipo de transporte es pasivo, depende del gradiente de concentración de sodio intracelular generado mediante **transporte activo** por la **bomba sodio/potasio**, que bombea iones sodio al espacio intersticial e iones potasio en la dirección opuesta.
- Finalmente, la glucosa pasa al espacio intersticial mediante canales específicos, para entrar a los capilares sanguíneos de la vellosidad.

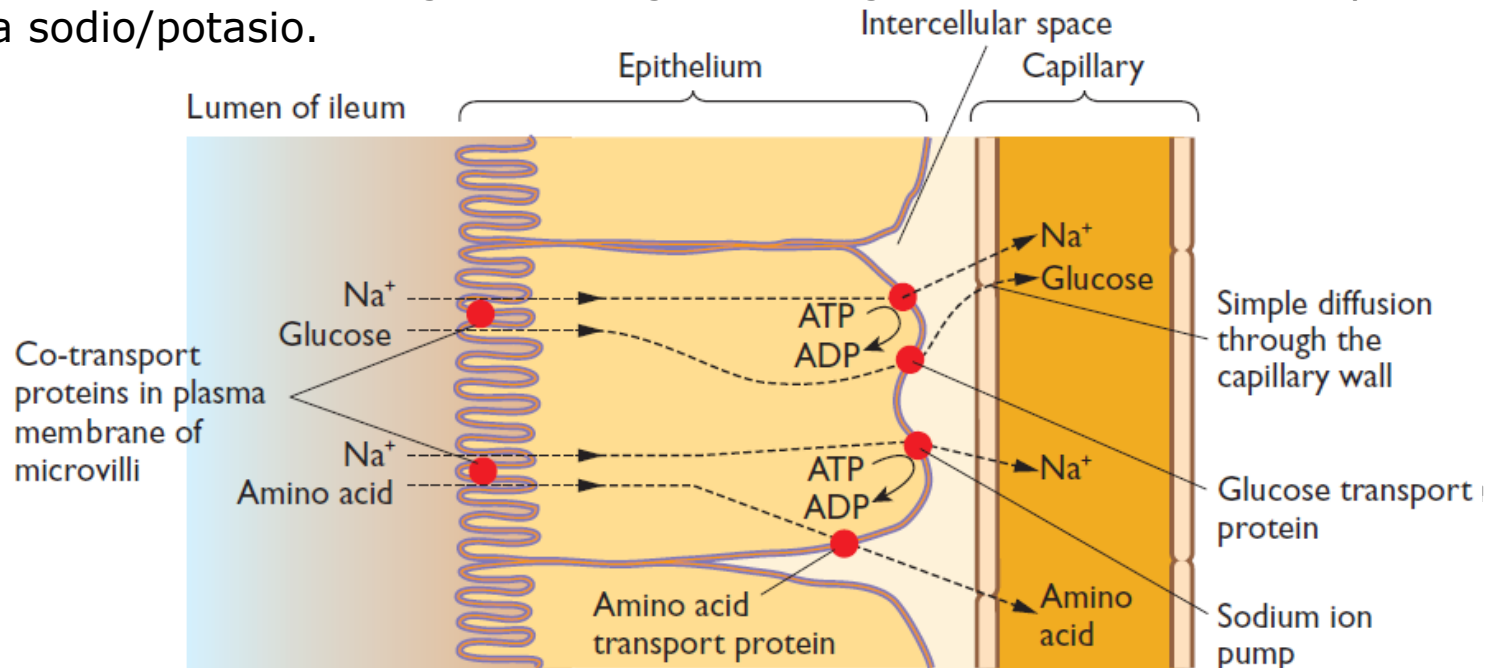


© 2011 Pearson Education, Inc.



Métodos de absorción: Proteínas

- Los **aminoácidos** son absorbidos al igual que los monosacáridos, entrando en las células epiteliales mediante co-transporte con iones sodio por **difusión facilitada**, gracias al gradiente generado activamente por la bomba sodio/potasio.



If the sodium ion concentration in the epithelial cell becomes too high, the co-transport proteins will not take up as much glucose/amino acid

Animación 6

- Posteriormente, los aminoácidos pasan al espacio intersticial mediante canales específicos, para entrar a los capilares sanguíneos de la vellosidad.



APLICACIÓN: Digestión del almidón

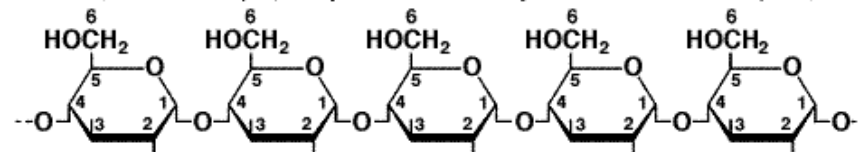
- El almidón es la principal fuente de reserva energética en plantas, formado por la unión de miles de monosacáridos de glucosa. Al ser un polisacárido de gran tamaño no puede atravesar la membrana de las células epiteliales y debe ser digerido para que pueda ser absorbido en el intestino.

Randy Moore, Dennis Clark, and Darrell Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

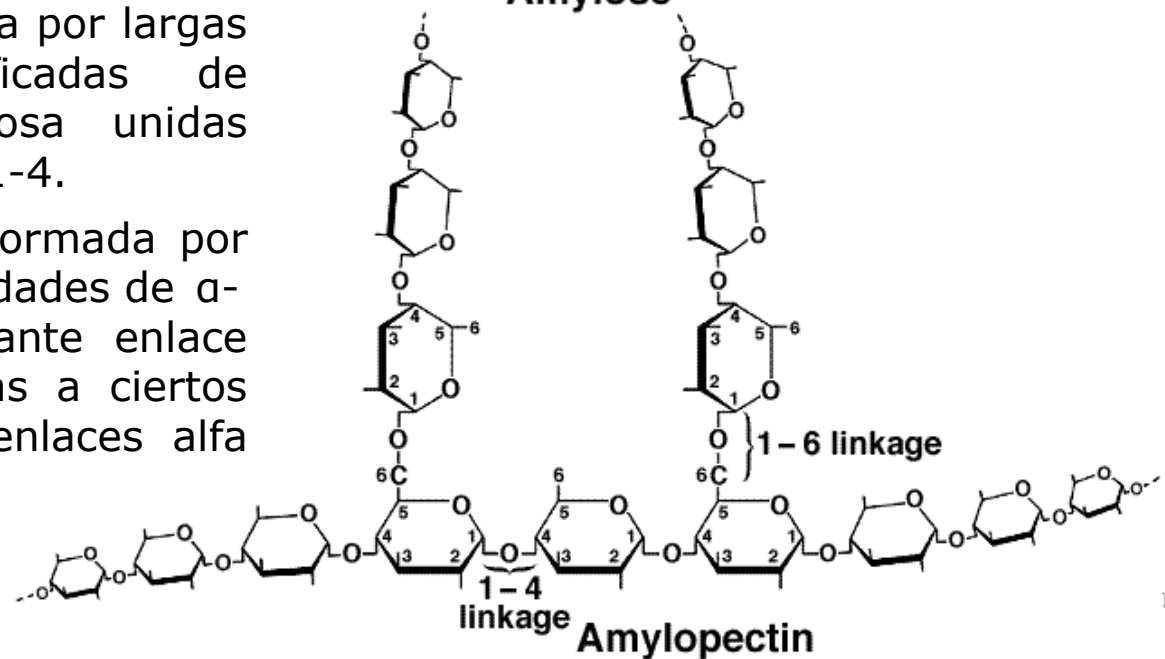
- Se distinguen dos tipos de moléculas en el almidón:

- La **amilosa**, formada por largas cadenas no ramificadas de unidades de α -glucosa unidas mediante enlace alfa 1-4.

- La **amilopectina**, formada por largas cadenas de unidades de α -glucosa unidas mediante enlace alfa 1-4 y ramificadas a ciertos intervalos mediante enlaces alfa 1-6.



Amylose



Amylopectin



APLICACIÓN: Digestión del almidón

- La **amilasa** es la enzima que digiere al almidón rompiendo los enlaces 1-4, y aunque su digestión comienza en la boca con la amilasa salival, la mayor parte se digiere en el intestino delgado con la **amilasa pancreática**.
- La amilasa tiene importancia económica, al igual que otras enzimas hidrolíticas, en la producción de azúcares a partir de almidón, la fabricación de cerveza o bioetanol.

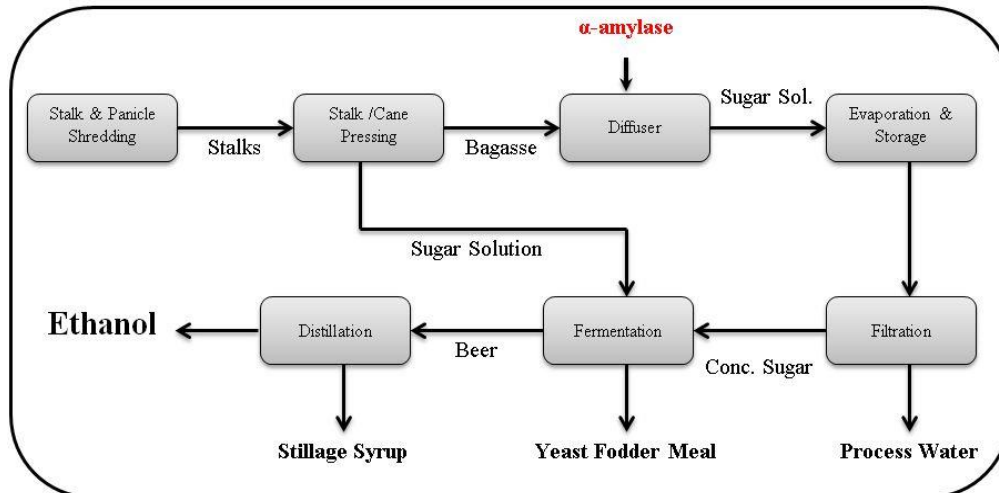


IMAGEN: csreu.engg.ksu.edu

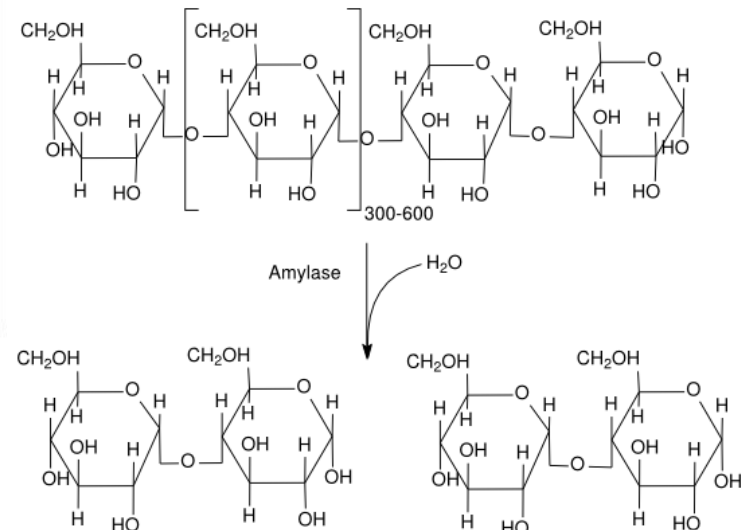
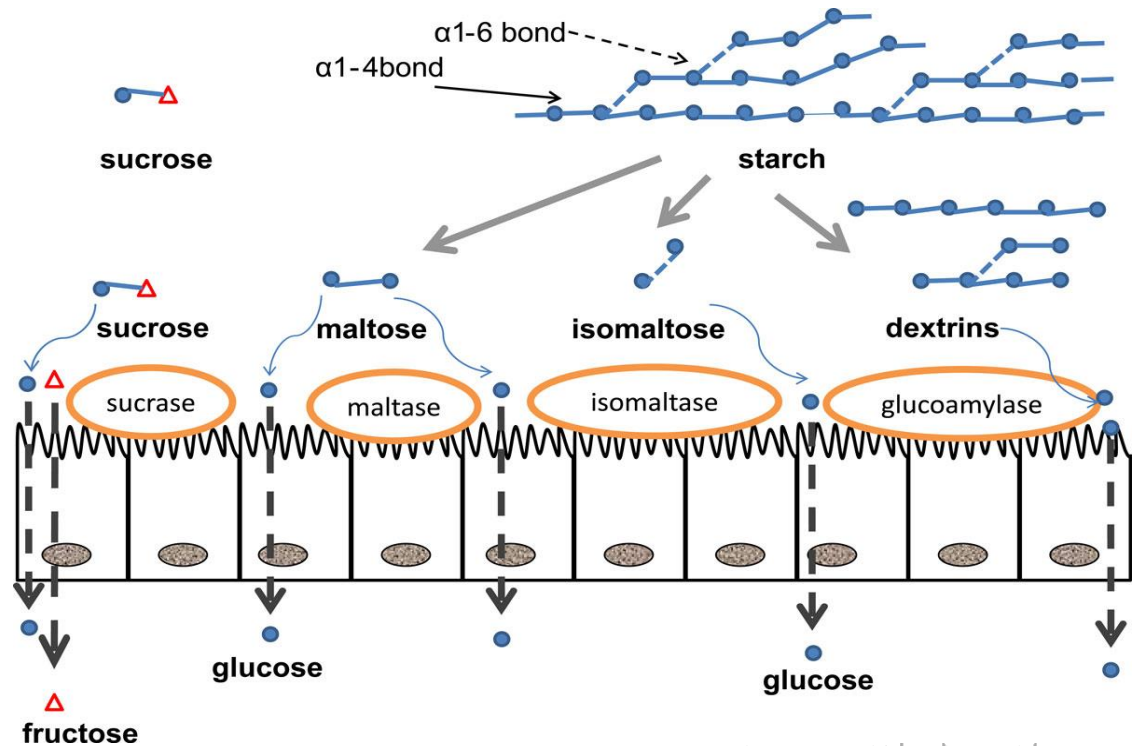


IMAGEN: commons.wikimedia.org



APLICACIÓN: Digestión del almidón

- El producto de la digestión de la amilosa es la **maltosa e isomaltosa**, mientras que el de la amilopectina, al contener enlaces 1-6 que no puede romper la amilasa, son las **dextrinas** (pequeños fragmentos de amilopectina).
- Posteriormente, las enzimas **maltasa y dextrinasa** presentes en la membrana de las células epiteliales, las digieren a glucosa.
- La glucosa obtenida será absorbida mediante difusión facilitada con iones sodio y liberada al fluido del espacio intersticial dentro de la vellosidad.





APLICACIÓN: Digestión del almidón

- La densa red de capilares cerca de las células epiteliales asegura que la glucosa tenga que recorrer una corta distancia para llegar al torrente circulatorio.
- Además, la pared de los capilares está formada por una única capa de delgadas células endoteliales con grandes poros (**fenestraciones**) entre ellas para que la glucosa pueda penetrar.

CAPILLARY TYPES

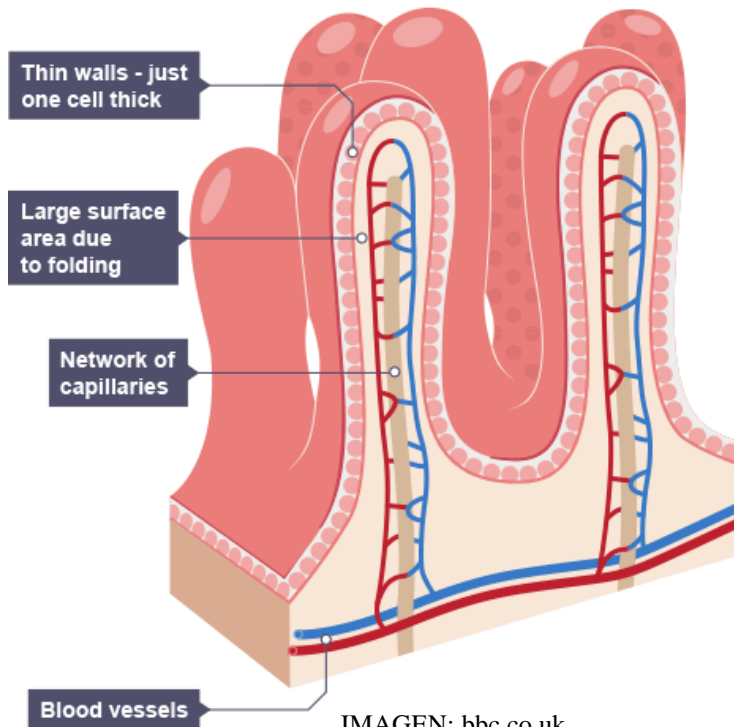
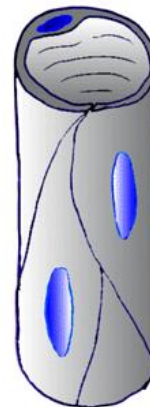


IMAGEN: bbc.co.uk

Continuous
Capillary



Typical
Locations

fat
muscle
nervous
system

IMAGEN: udel.edu

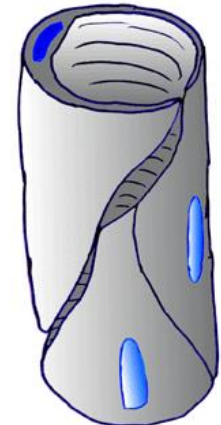
Fenestrated
Capillary



Typical
Locations

intestinal villi
endocrine glands
kidney glomeruli

Discontinuous
Capillary



Typical
Locations

liver
bone marrow
spleen





APLICACIÓN: Digestión del almidón

- La sangre transportando la glucosa y otros productos de la digestión fluye a través de los capilares de las vellosidades hacia las vénulas de la submucosa de la pared del intestino, para posteriormente dirigirse al hígado mediante la **vena porta hepática**, donde el exceso de glucosa es almacenado en forma de **glucógeno** por los hepatocitos.
- El glucógeno es similar a la fracción de amilopectina del almidón, pero mucho más ramificado mediante enlaces 1-6.

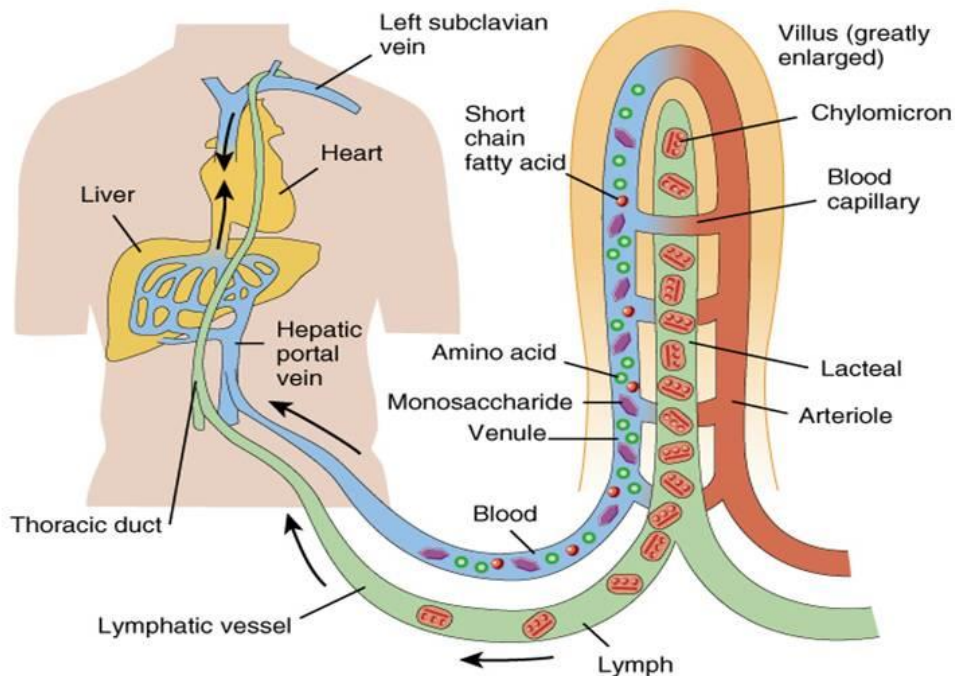


IMAGEN: mindandmuscle.net

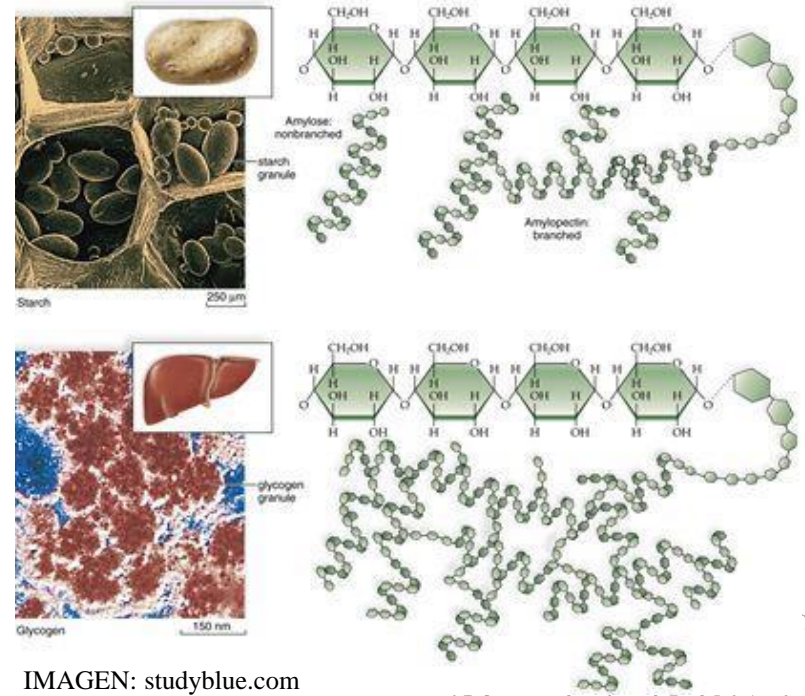


IMAGEN: studyblue.com



NATURALEZA CIENCIAS: Tubos de diálisis

- Los **sistemas vivos** son **complejos** y cuando se realizan experimentos con ellos, muchos son los factores que influyen en los resultados dada la inmensa variedad de variables que hay que controlar.
- Por dicho motivo, muchas veces es mejor llevar a cabo los experimentos usando solo una parte del sistema, como puede ser el uso de cultivos celulares en lugar de un organismo completo, o incluso usar un **modelo que represente parte de un sistema vivo**, reduciendo la complejidad del mismo, y por tanto, reduciendo las variables a controlar.

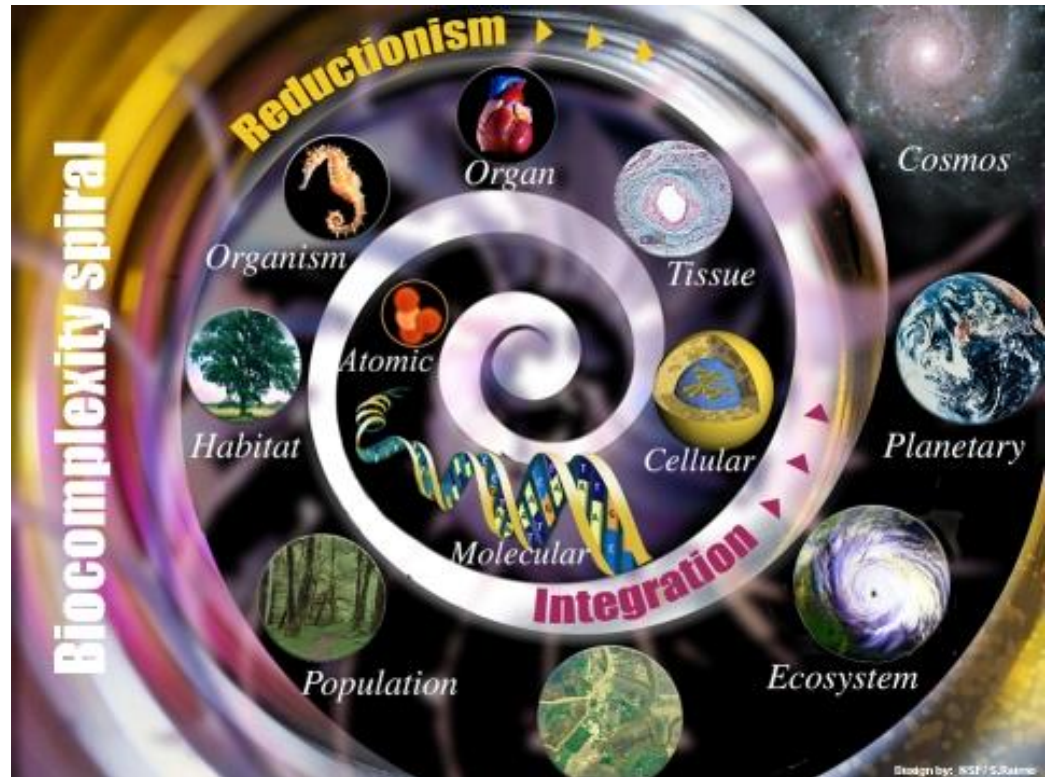


IMAGEN: wikipedia.org

Handwritten signature and scribbles.



NATURALEZA CIENCIAS: Tubos de diálisis

- Por tanto, en ciencias es frecuente el uso de modelos como representaciones del mundo real, y un ejemplo de ello se encuentra en el uso de los tubos de diálisis como **modelo de la absorción intestinal** de los alimentos digeridos.
- Los tubos de diálisis están hechos de una membrana de celulosa, que presenta poros que permiten que el agua y moléculas de pequeño tamaño e iones pasen libremente.
- Por tanto, pueden usarse como modelos de la absorción intestinal por difusión pasiva y ósmosis, al simular la pared intestinal.

Video3

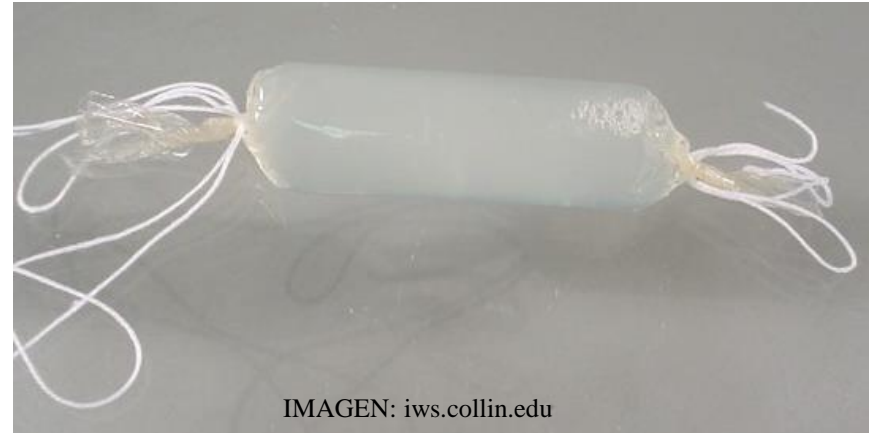


IMAGEN: iws.collin.edu

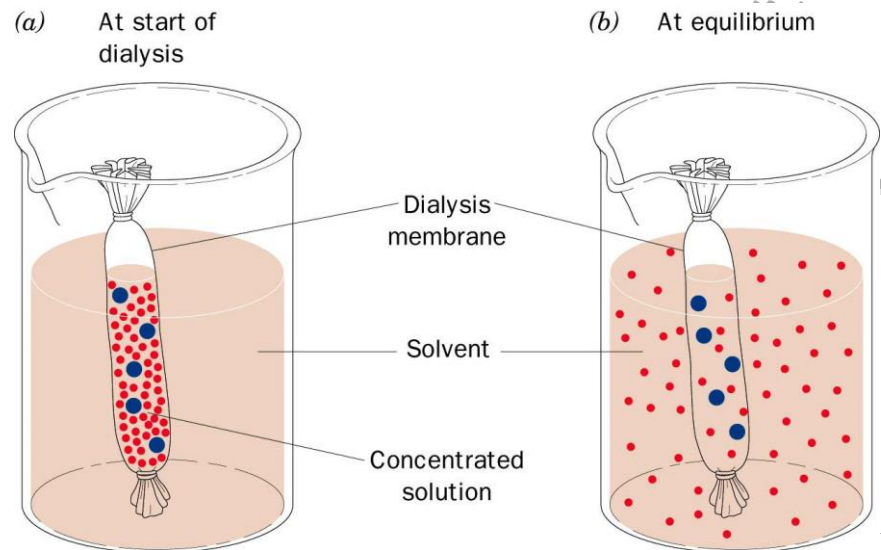


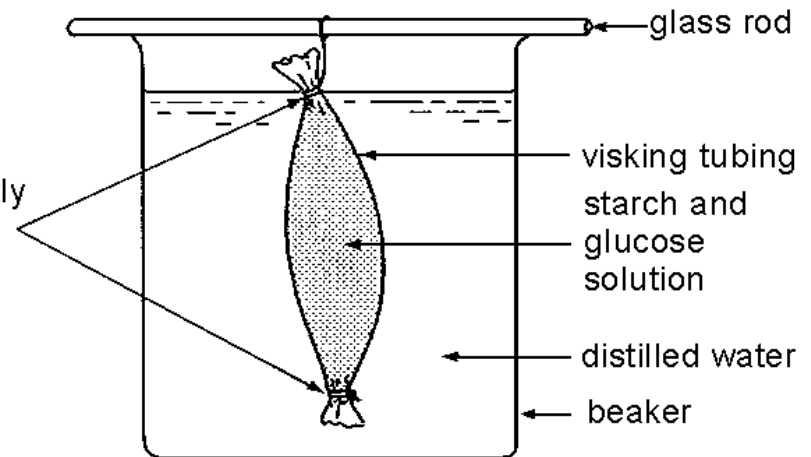
IMAGEN: ehumanbiofield.wikispaces.com/



APLICACIÓN: Uso de tubos de diálisis

- Como ya se ha comentado, **pueden usarse los tubos de diálisis para representar mediante modelos la absorción de los alimentos digeridos en el intestino.**
- Si se coloca un tubo de diálisis con una mezcla de glucosa y almidón en el interior de un vaso de precipitados con agua....
- ¿qué ocurrirá?
- ¿cómo podemos comprobarlo experimentalmente?

threads tightly
tied at the
two ends



Apparatus to show dialysis

IMAGEN: <http://bio662.dyndns.info>

Web8

