DIGESTION Y ABSORCION

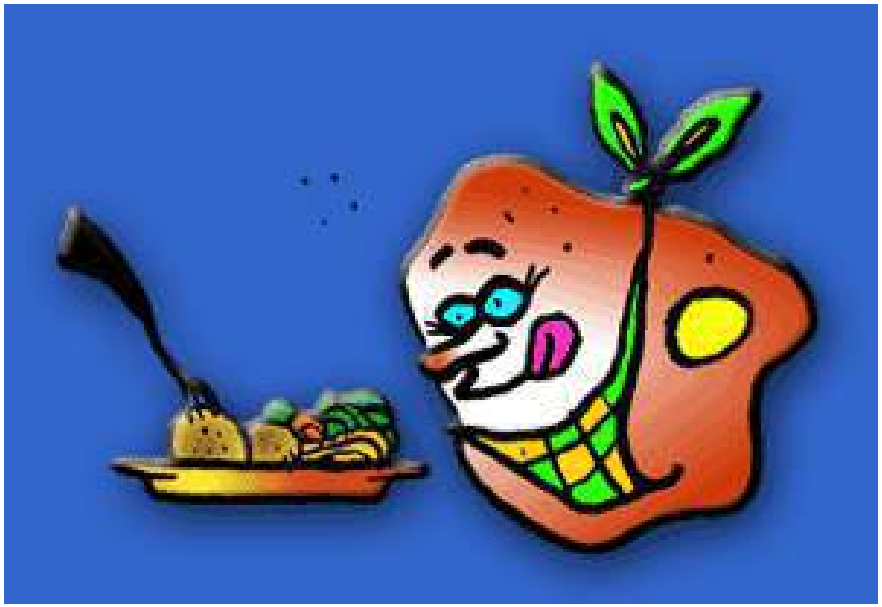
Dra. Carmen Aída Martínez

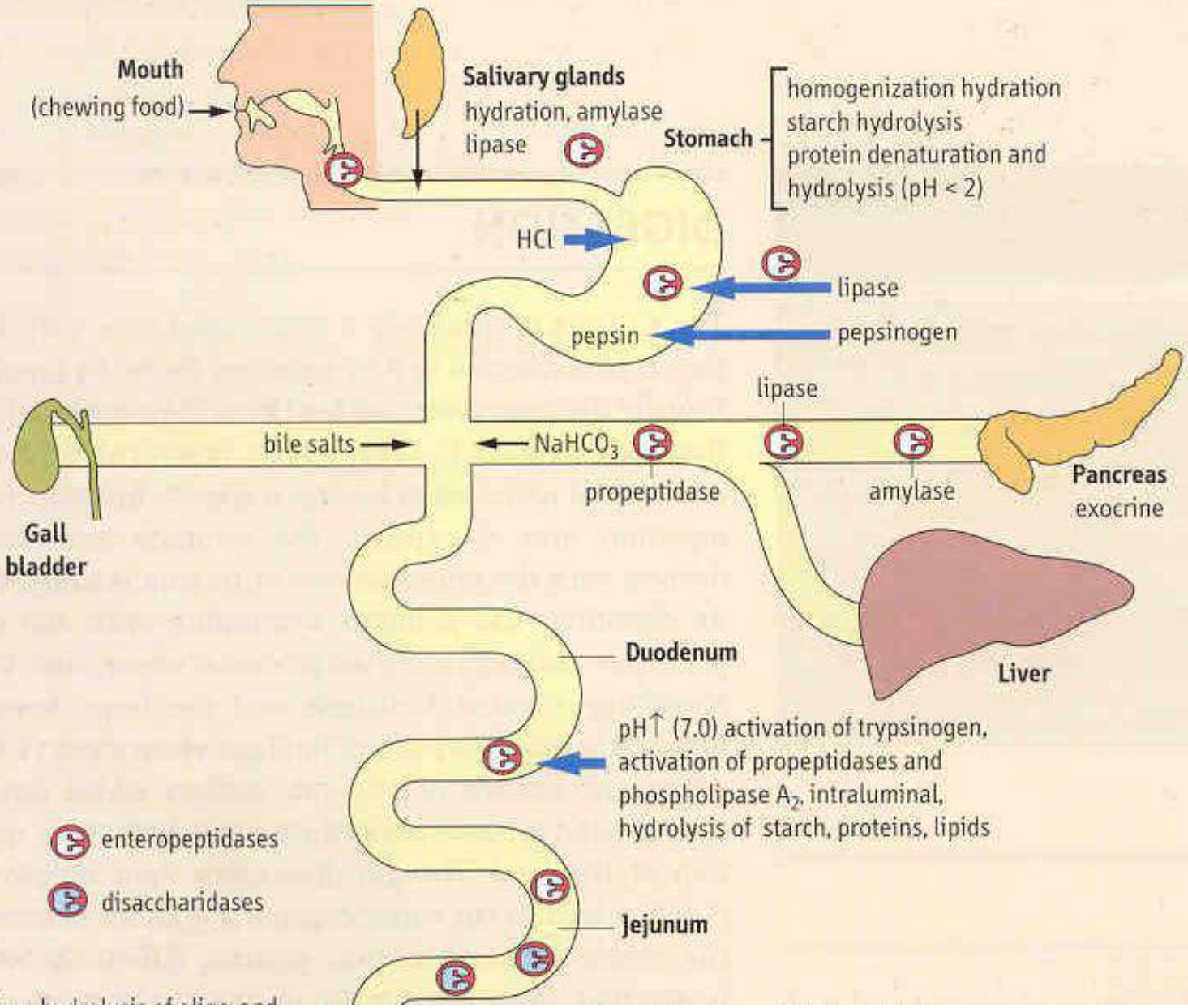
Digestión

- Definición:

  Es la degradación de nutrientes en compuestos más simples para su posterior absorción en el intestino.

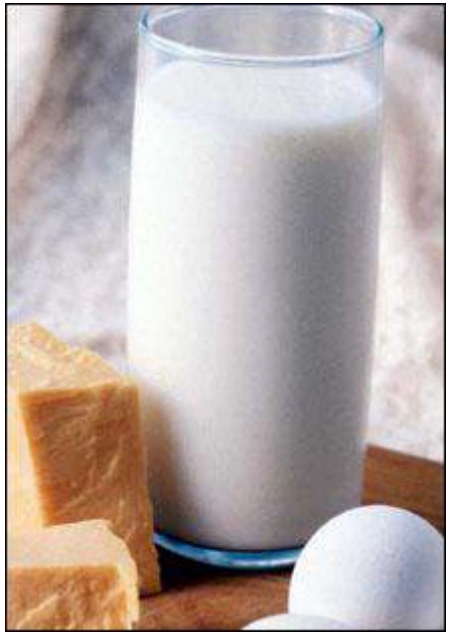
- Enzimas del aparato digestivo: Hidrolasas

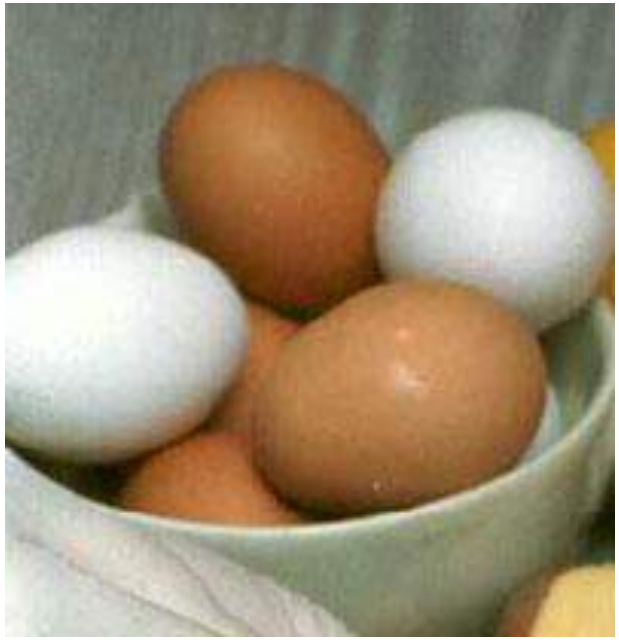



Mouth
(chewing food)
Salivary glands
hydration, amylase
lipase
Stomach
homogenization hydration
starch hydrolysis
protein denaturation and
hydrolysis (pH < 2)
HCl
lipase
pepsin
pepsinogen
lipase
bile salts
NaHCO3
propeptidase
amylase
Pancreas
exocrine
Gall
bladder
Duodenum
Liver
pH↑ (7.0) activation of trypsinogen,
activation of propeptidases and
phospholipase A2, intraluminal,
hydrolysis of starch, proteins, lipids
enteropeptidases
disaccharidases
Jejunum

Proteínas

- aminoácidos



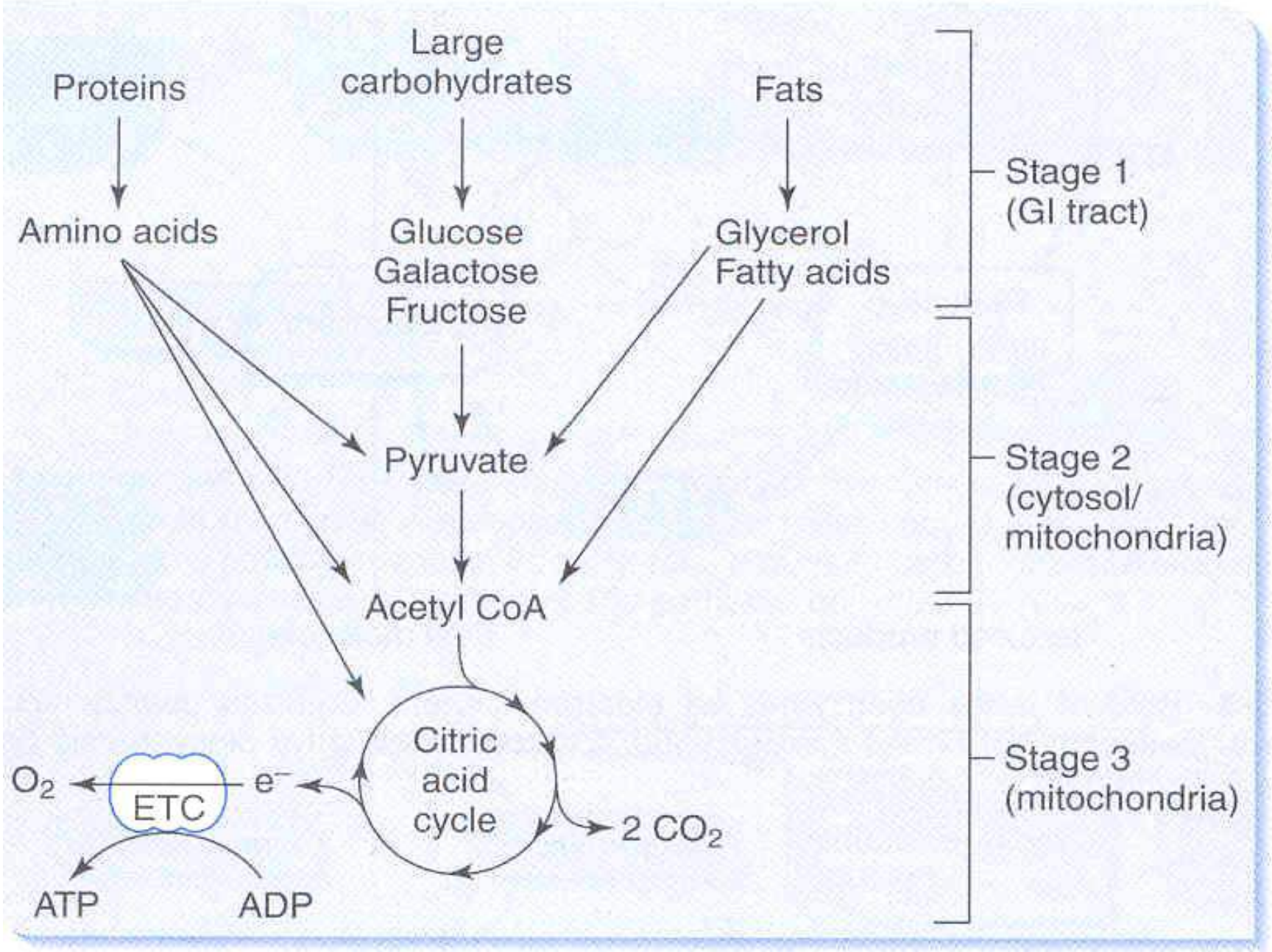


Triacilgliceroles

- monoacilgliceroles
- glicerol y ácidos grasos

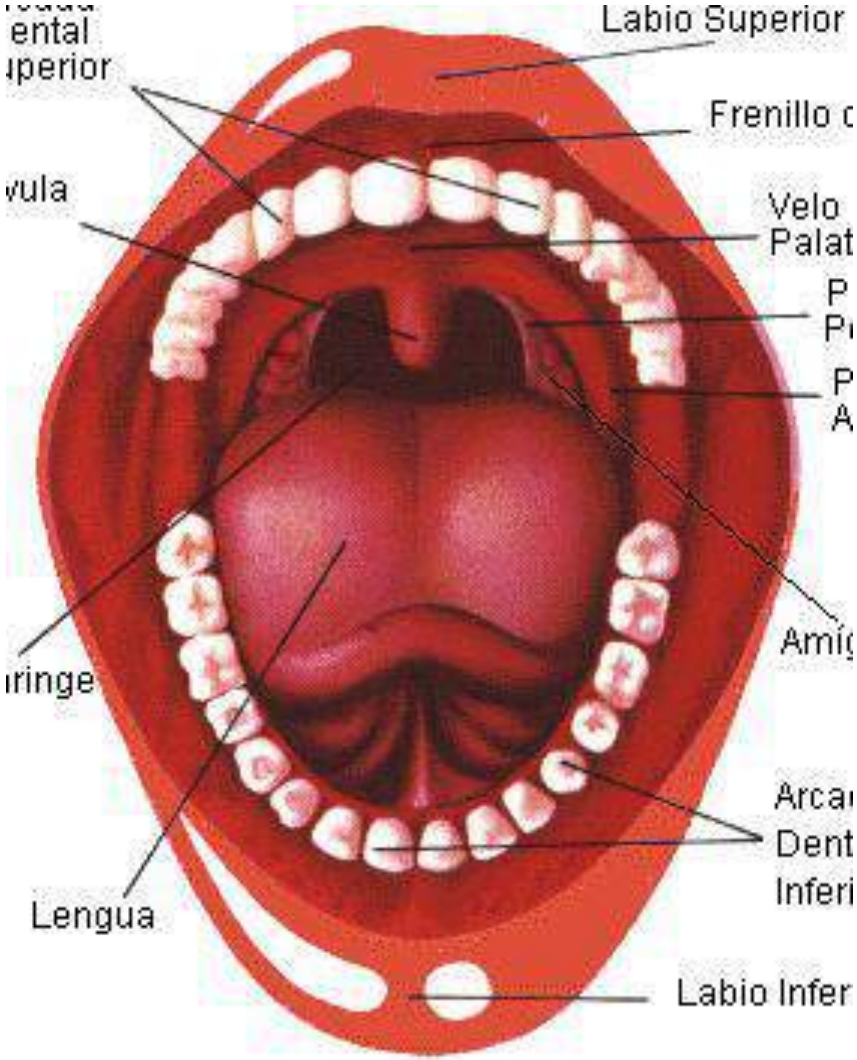
Carbohidratos

- monosacáridos


Proteins
Large carbohydrates
Fats
Amino acids
Glucose
Galactose
Fructose
Glycerol
Fatty acids
Pyruvate
Acetyl CoA
Citric acid cycle
2 CO_2
O_2
ETC
e^-
ATP
ADP
Stage 1 (GI tract)
Stage 2 (cytosol/ mitochondria)
Stage 3 (mitochondria)

Boca

- Masticación: subdivide el alimento (incrementa solubilidad y área de exposición a las enzimas)
- Saliva: 99.5% agua, pH: 6.8
- Mucina: glucoproteína (lubricante)



- Amilasa salival: hidroliza al almidón y glucógeno, se inactiva a un pH de 4
- Lipasa lingual: (superficie dorsal de la lengua)

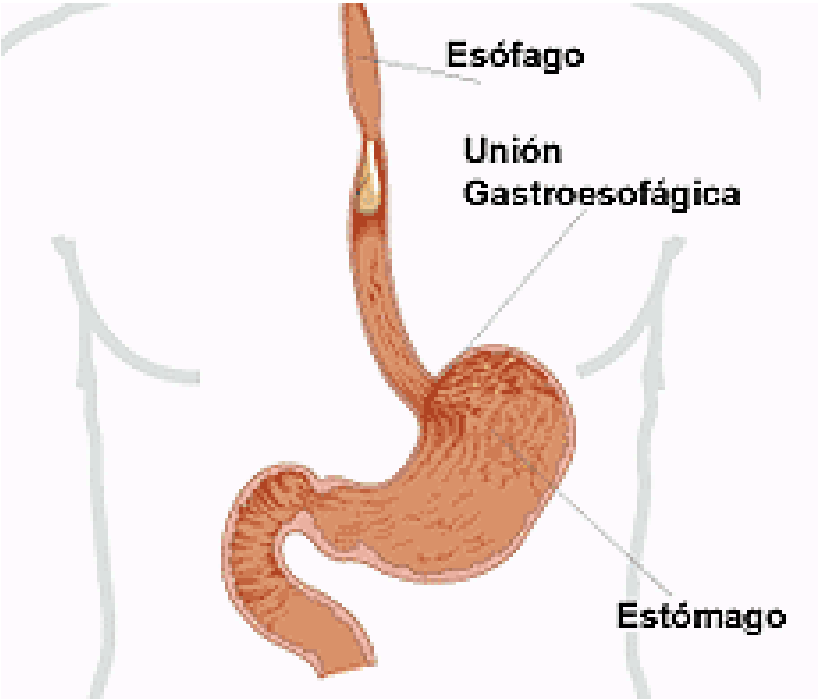
  activa sobre triacilgliceroles de cadena corta (enlace éster sn-3)

Estómago

- Licuefacción
- Emulsificación

Secreción gástrica: jugo gástrico

- HCL
- Agua: 97-99%
- Enzimas digestivas:
  - pepsina y renina
  - Lipasa



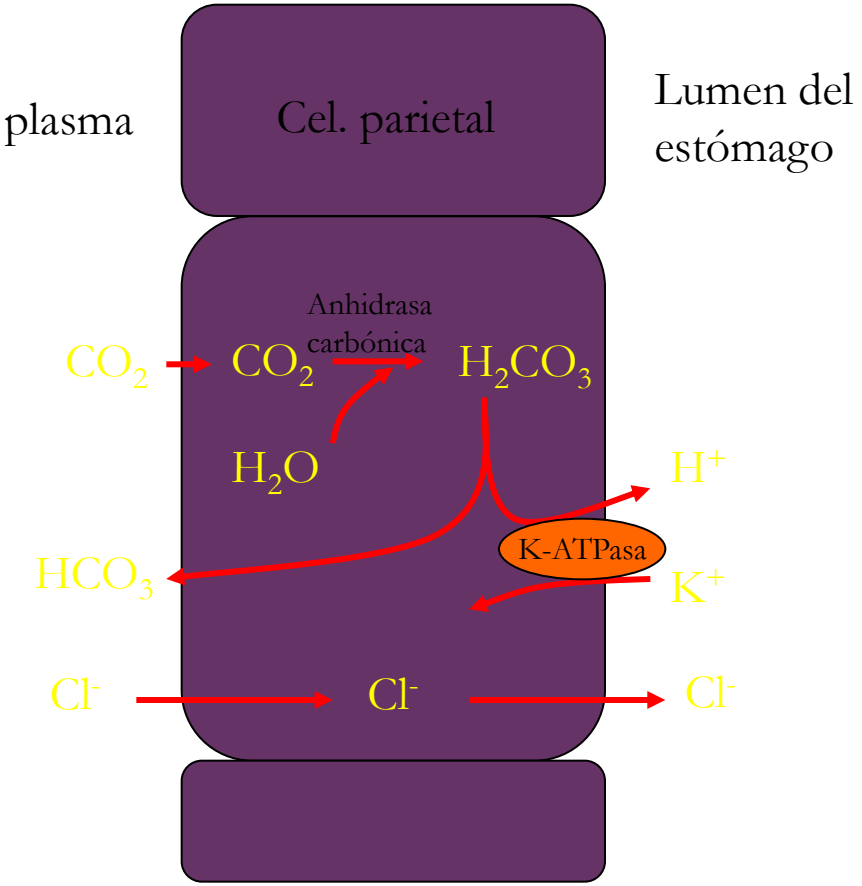
Estómago

- Células parietales:

  ácido clorhídrico, pH 1

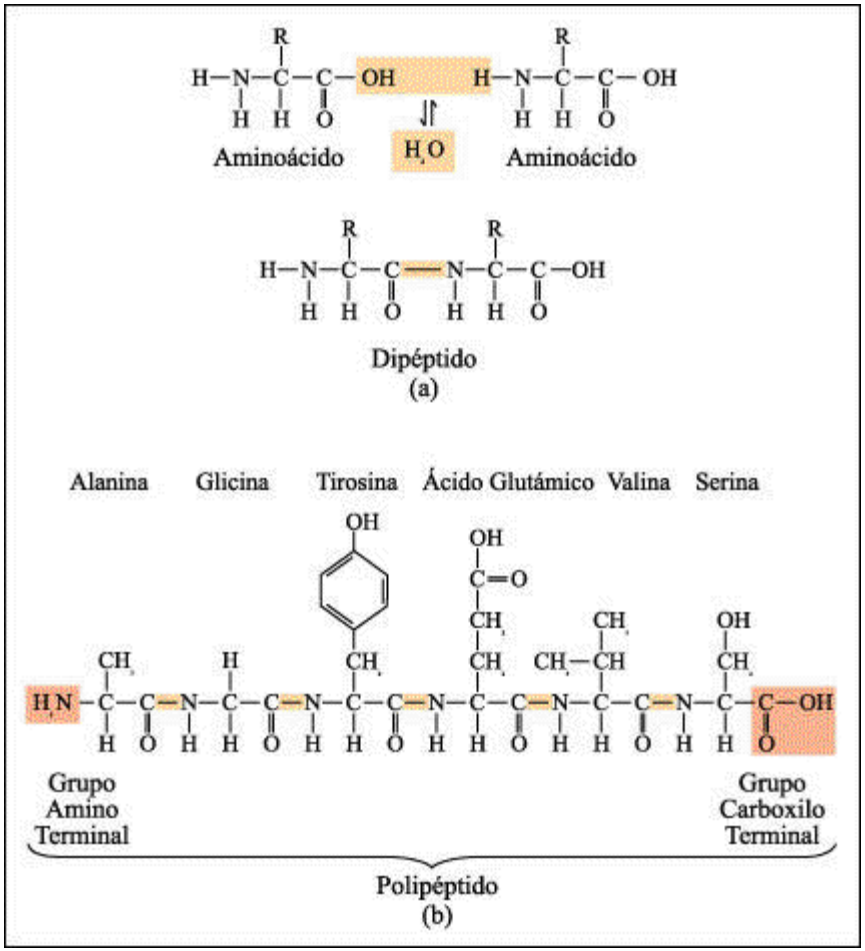
- Desnaturalización de las Proteínas

- Destrucción microorganismos



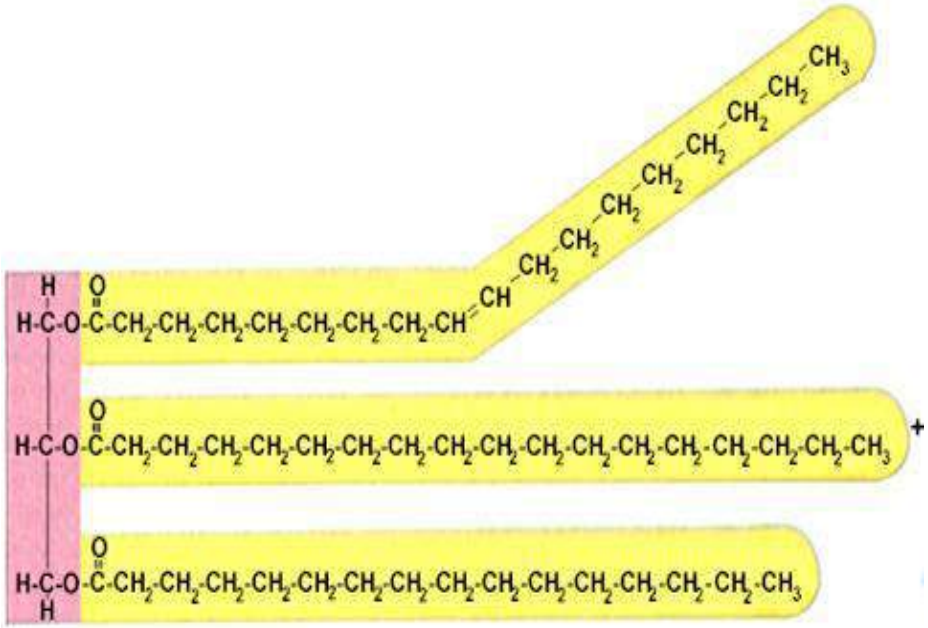
Estómago

- Pepsina:
  - Células principales
  - Pepsinógeno
  - Endopeptidasa (hidroliza enlaces peptídicos dentro de la estructura)
- Renina:
  - Caseína → paracaseína
  - No presente en adultos



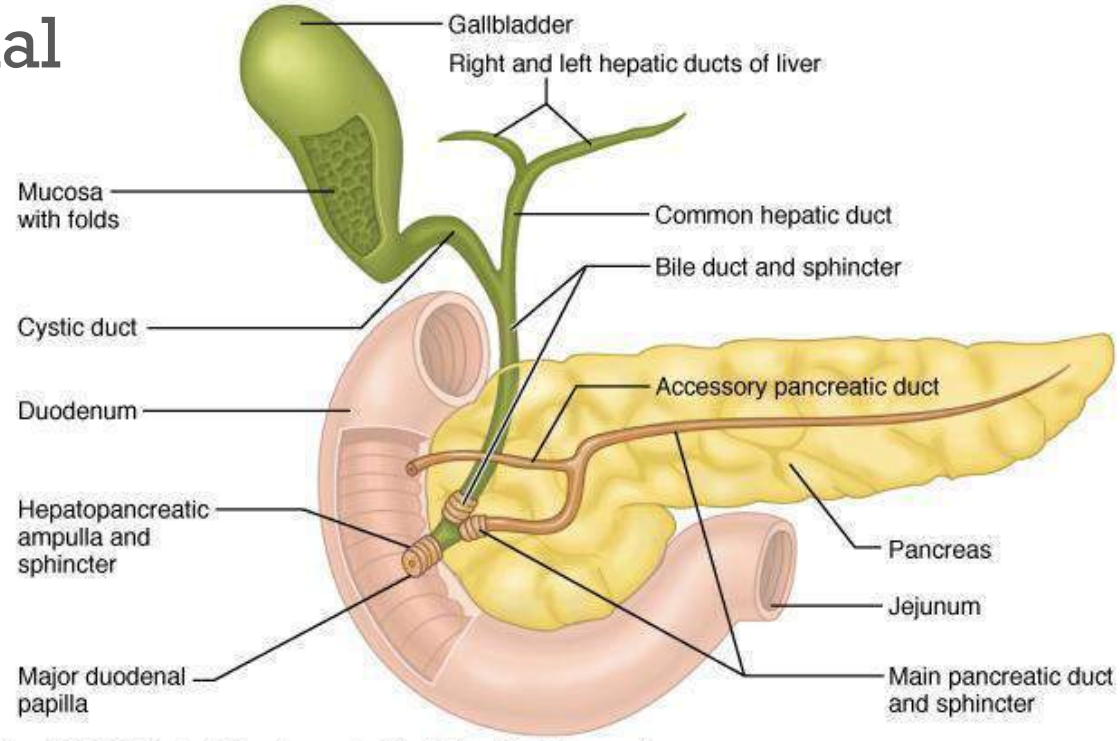
Estómago

- Lipasa gástrica:
  - Hidroliza triacilgliceroles de cadena corta y mediana



Intestino

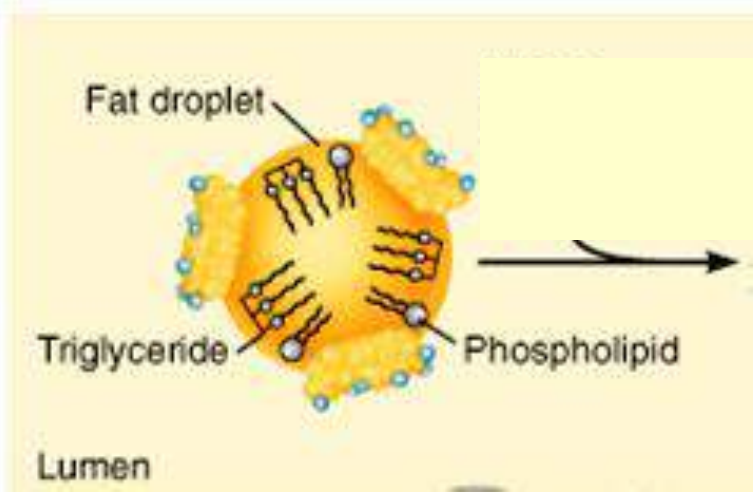
- Secreciones pancreática
- Secreción biliar
- Secreción intestinal



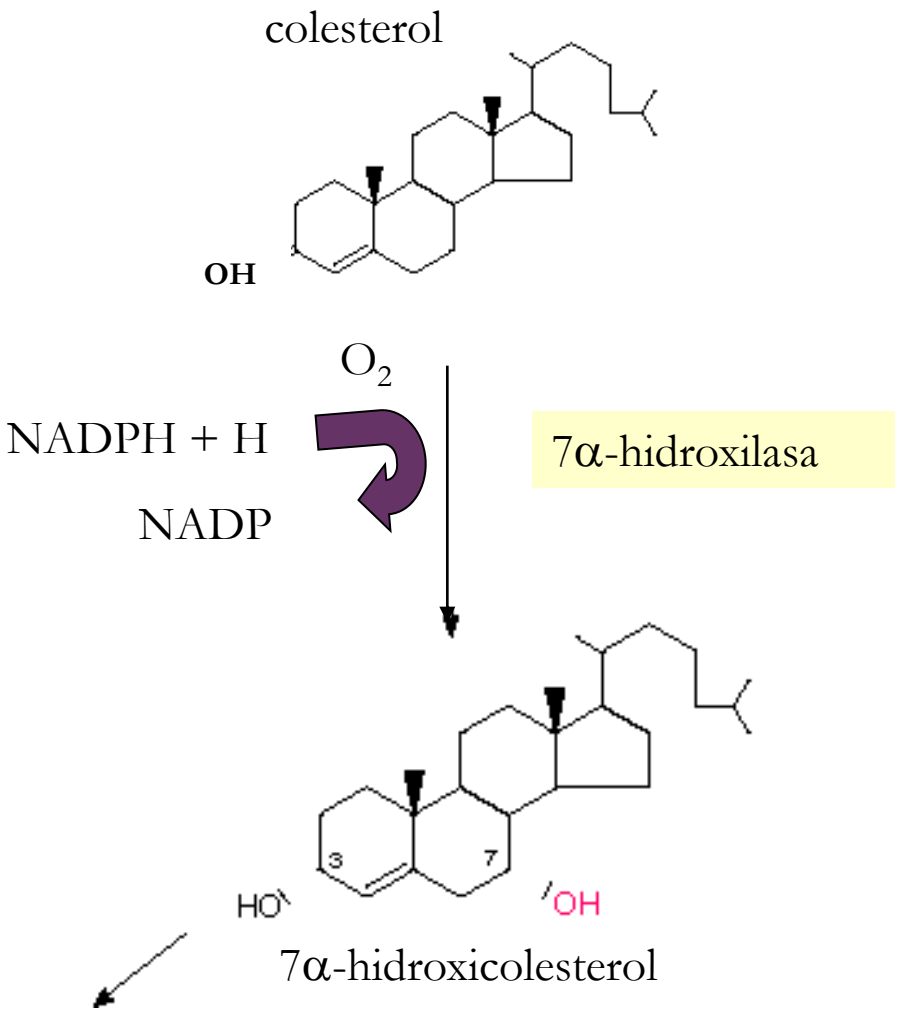
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

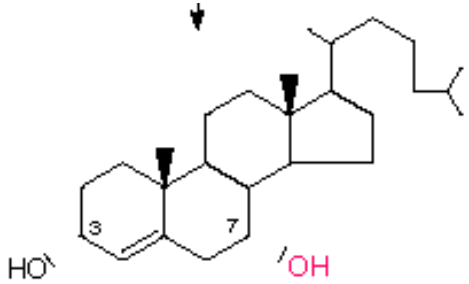
Secreción biliar

- Bilis
- Composición
  - Agua
  - Acidos biliares
  - Colesterol
- Funciones:
  - Emulsificación (disminuye tensión superficial)
  - Neutralización
  - Excreción
    - ácidos biliares y colesterol
    - medicamentos, toxinas, pigmentos

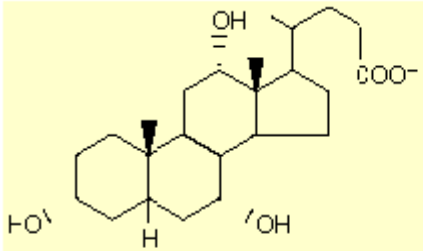


Síntesis de sales biliares

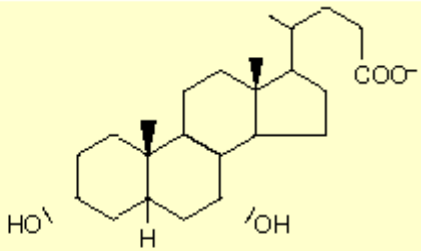




7α-hidroxicolesterol



Ácido cólico



Ácido quenodesoxicólico

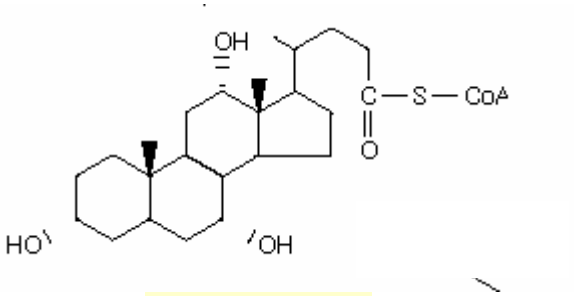
NADPH + H

2 CoA-SH

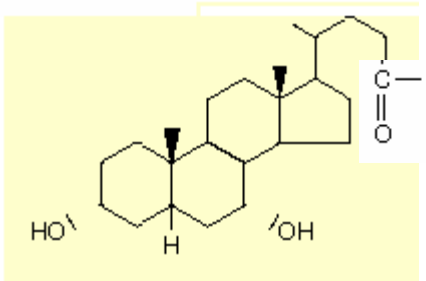
Propionil CoA

NADPH + H

2 CoA-SH

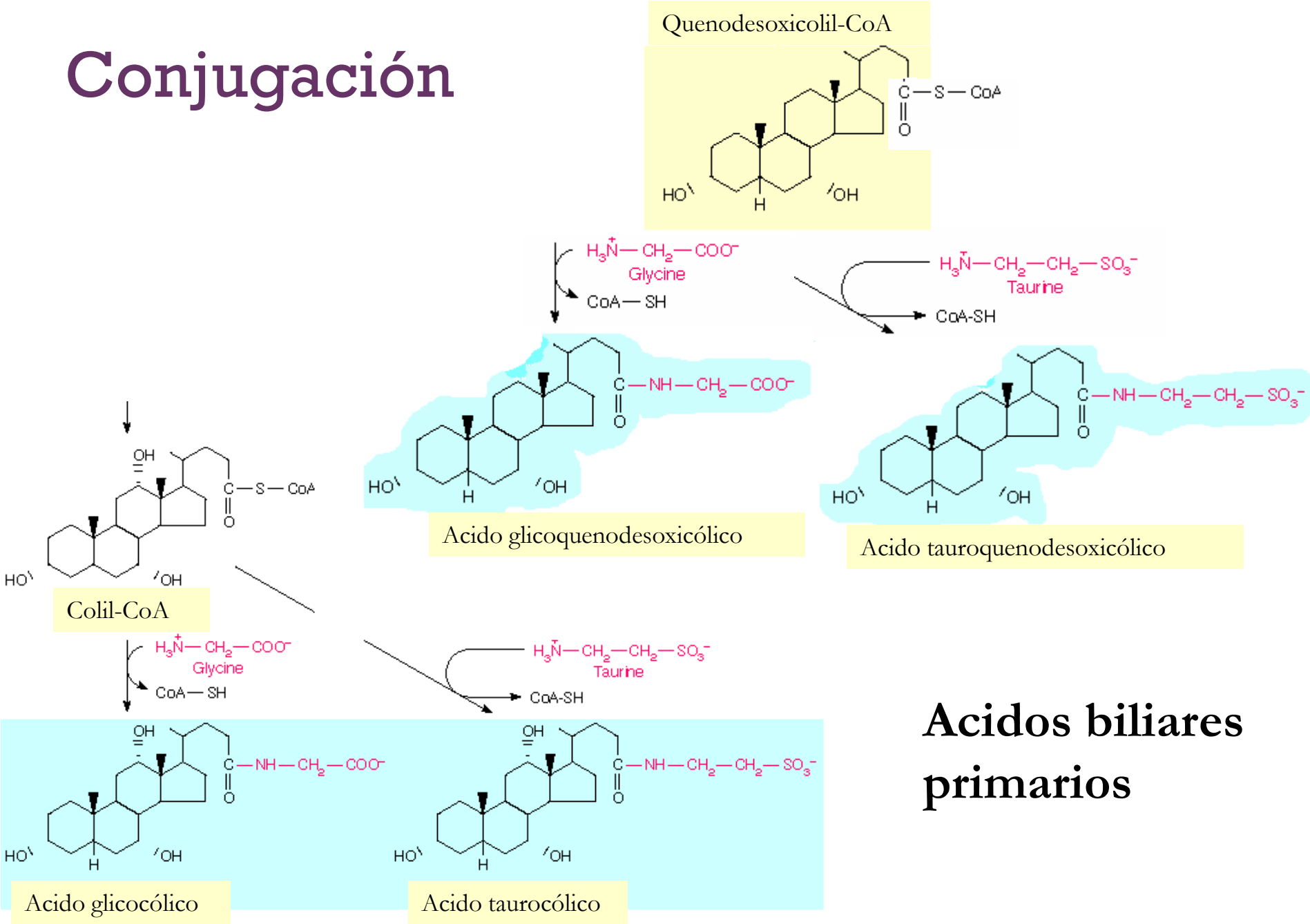


Colil-CoA

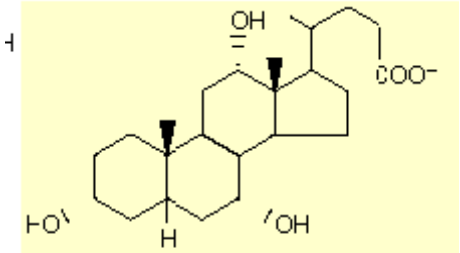


Quenodesoxicolil-CoA

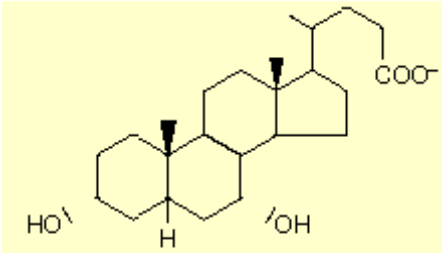
Conjugación



Acidos biliares primarios



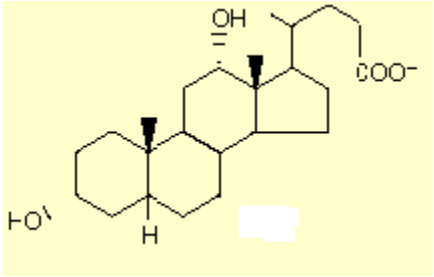
Ácido cólico



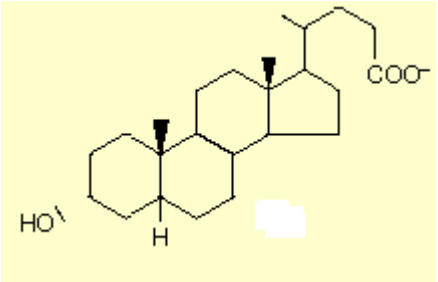
Ácido quenodesoxicólico

Desconjugación

7α-deshidroxilasa



Acido desoxicólico

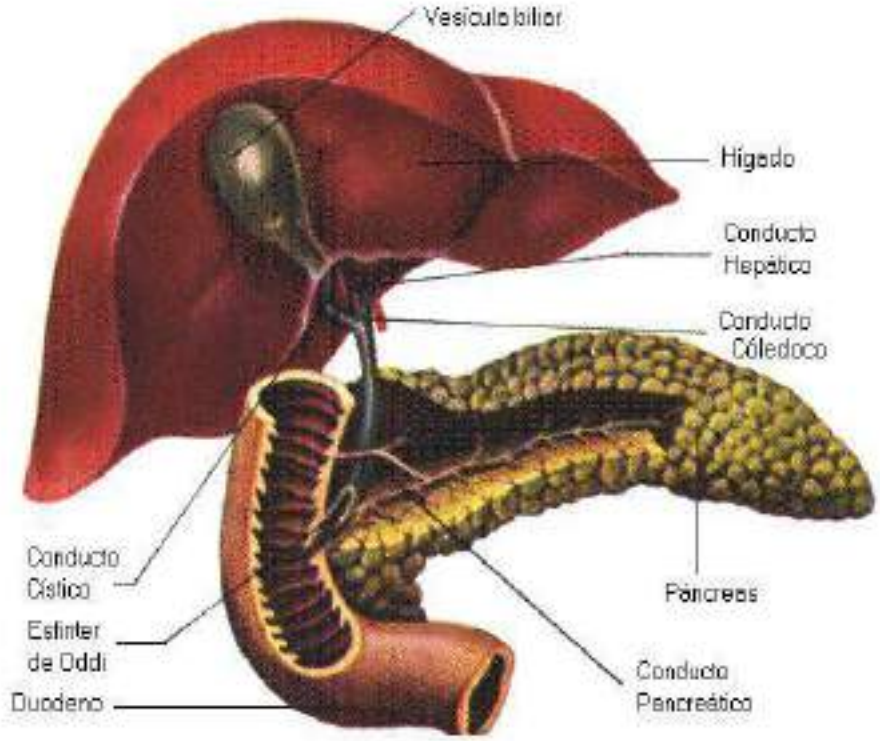


Acido litocólico

Acidos biliares secundarios

Secreción pancreática

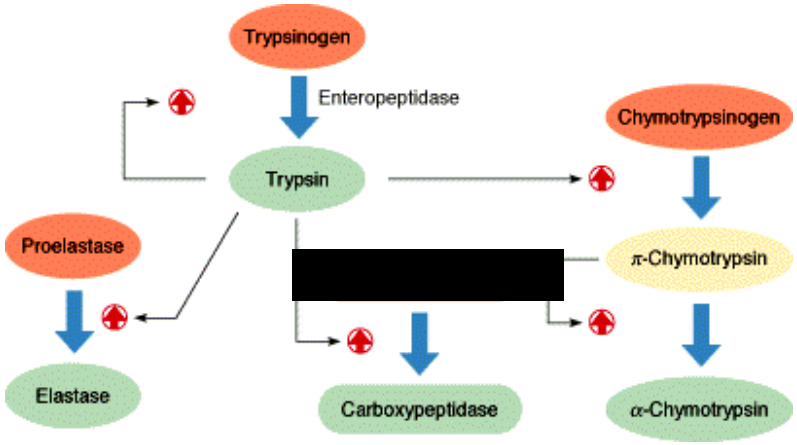
- Secreción pancréatica:
  - Na, K, HCO_3, Cl,
  - Ca, Zn, HPO_4, SO_4
- pH: 7.5 – 8.0
- Enzimas:
  - Tripsinogeno
  - Quimotripsinogeno
  - Proelastasa
  - Procarboxipeptidasa
  - Lipasa
  - Ribonucleasa y desoxirribonucleasa



Secreción pancreática

Endopeptidasas:

- Tripsina: enlaces peptídicos de aa básicos
- Quimotripsina: enlaces peptídicos de aa sin carga (aromáticos)
- Elastasa: enlaces contiguos a aminoácidos pequeños (glicina, alanina, serina)



Secreción pancreática

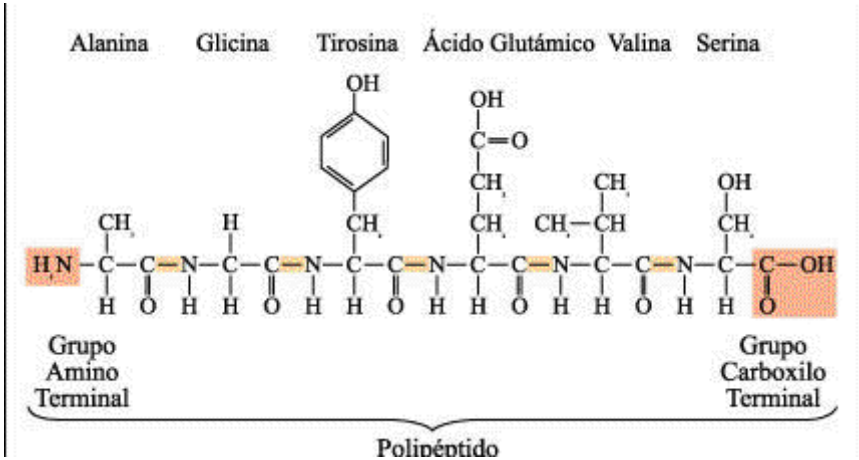
Endopeptidasas:

- Tripsina: enlaces peptídicos de aa básicos
- Quimotripsina: enlaces peptídicos de aa sin carga (aromáticos)
- Elastasa: enlaces contiguos a aminoácidos pequeños (glicina, alanina, serina)

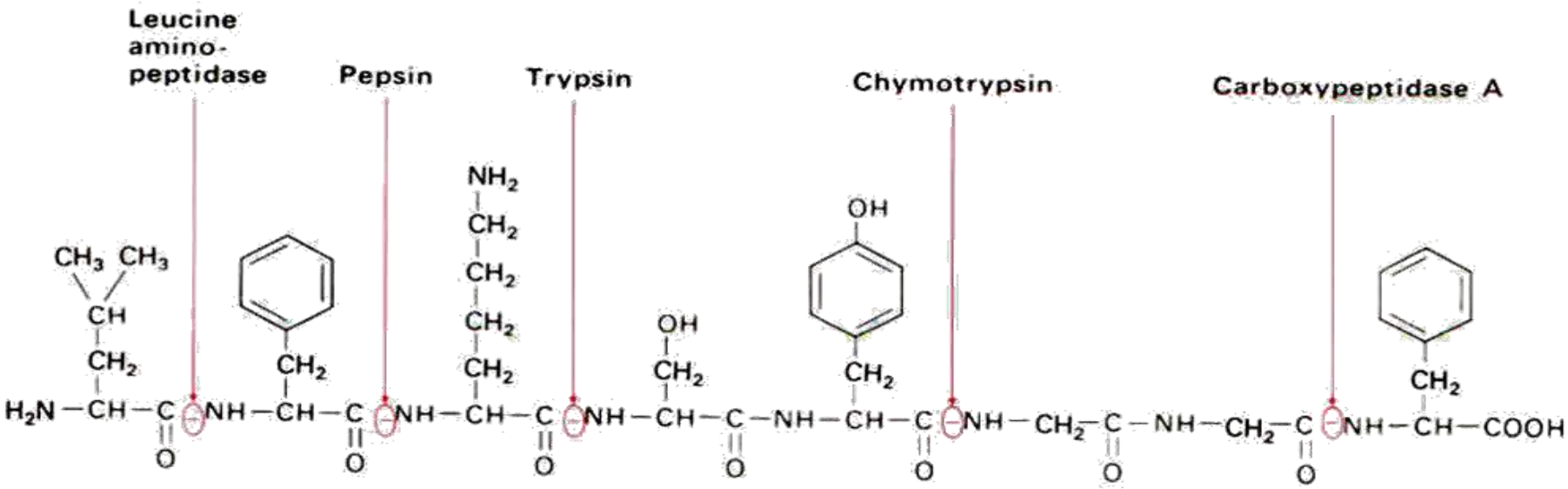
Exopeptidasa

- Carboxipeptidasa:

  enlaces carboxi-terminal



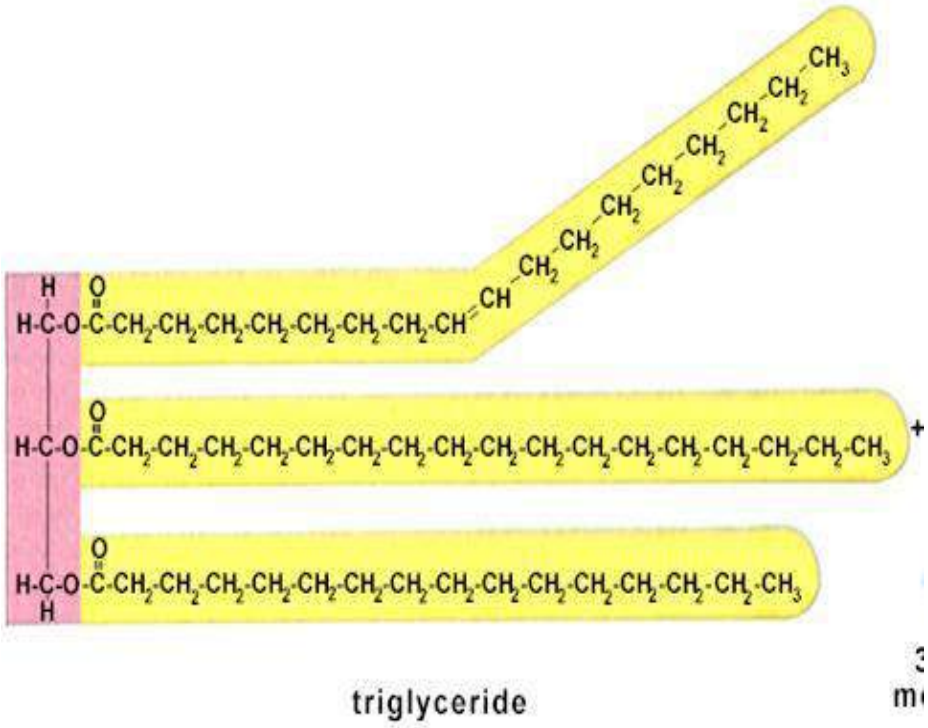
Enzyme	Secreted by	Precursor	Converted to active enzyme by
Pepsin	Stomach	Pepsinogen	HCl
Trypsin	Pancreas	Trypsinogen	Enterokinase
Chymotrypsin	Pancreas	Chymotrypsinogen	Trypsin



Alternative residues that permit enzyme action		Leu Tyr	Arg		Phe		Neutral amino acids

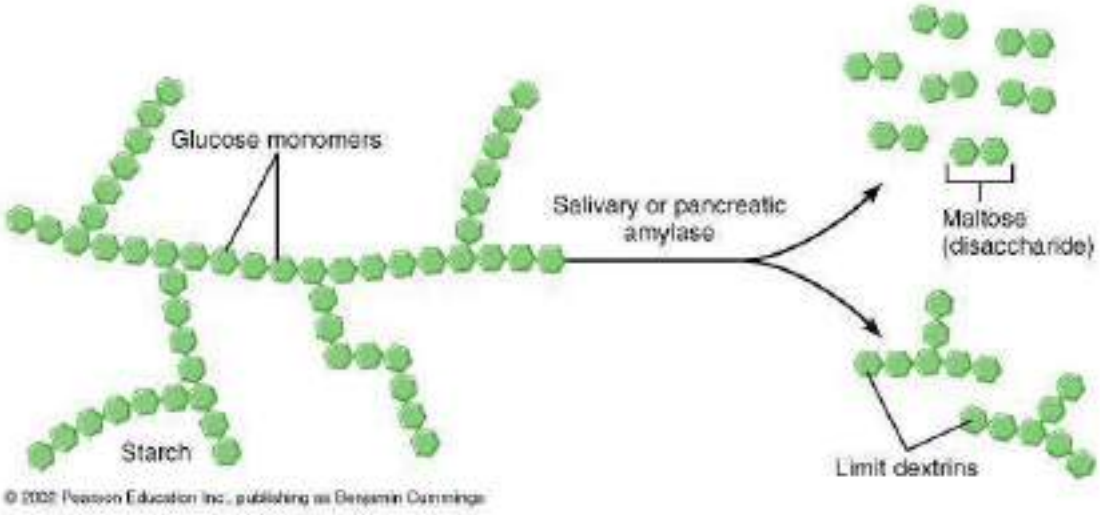
Secreción pancreática

- Lipasa pancreática:
  - Enlaces éster en posición 1 y 3
- Ester de colesterilo hidrolasa
- Fosfolipasa A_2:
  - Enlaces éster en posición 2



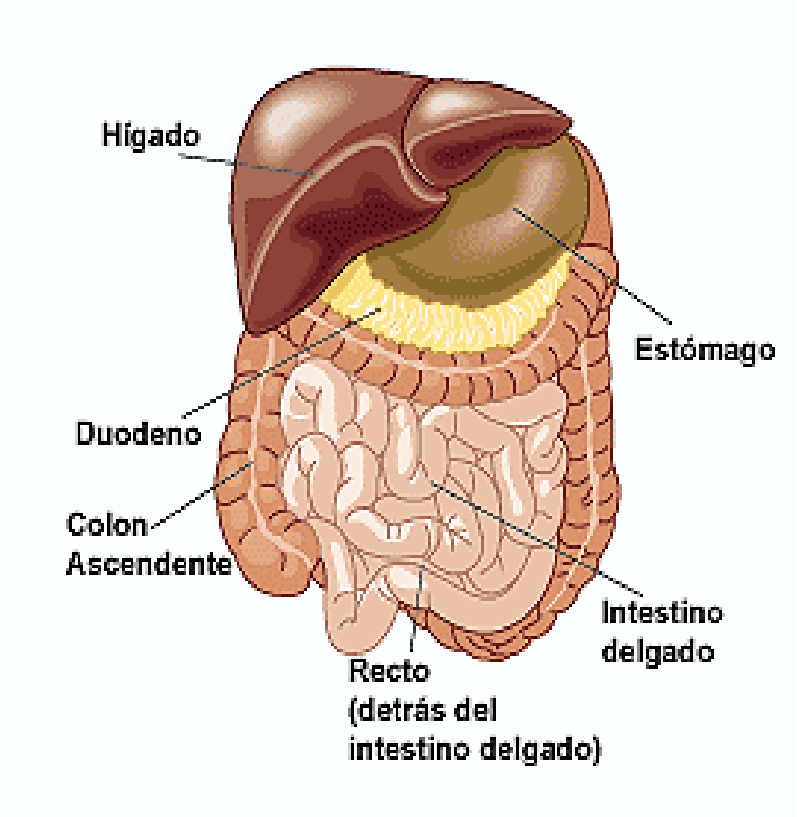
Secreción pancreática

- Ribonucleasas y desoxirribonucleasas: Digestión de ácidos nucléicos de la dieta.
- Amilasa pancreática:
  - Ataca almidón y glucógeno



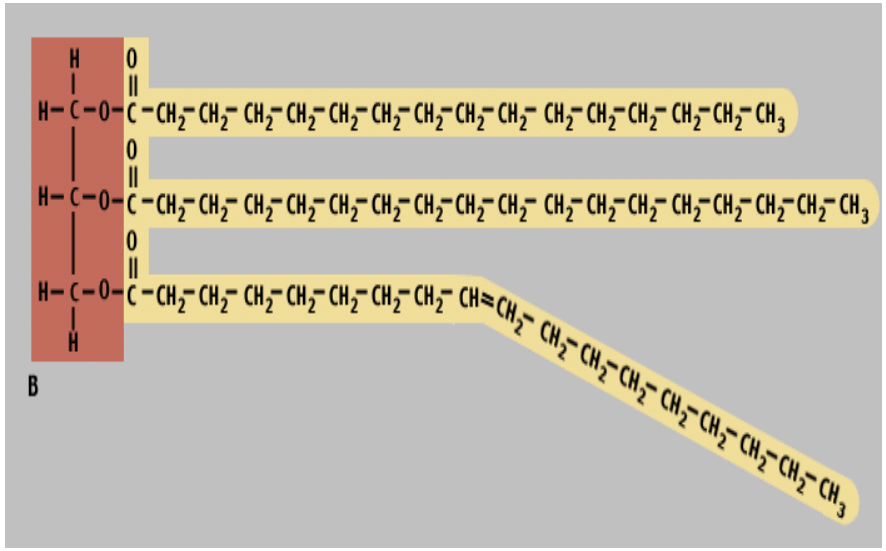
Intestino

- Secreciones intestinales:
  - Secretada por las glándulas de Brunner y de Lieberkuhn
  - Enzimas:
    - Aminopeptidasa: enlaces N-terminal
    - Dipeptidasas
    - Disacaridasas y oligosacariadasas
    - Fosfatasa
    - Polinucleotidasas
    - Nucleotidasas
    - Fosfolipasa



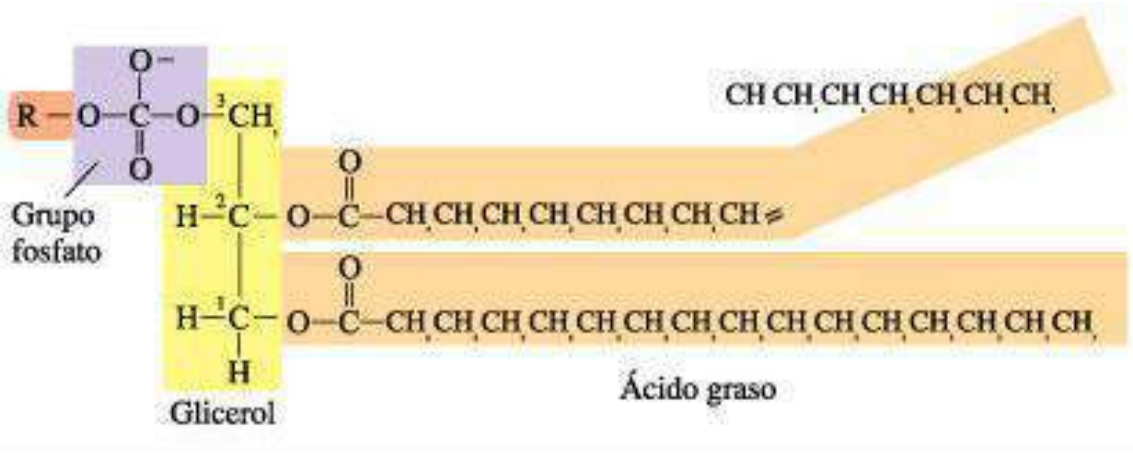
Intestino

- Secreciones intestinales:
  - Secretada por las glándulas de Brunner y de Lieberkuhn
  - Enzimas:
    - Aminopeptidasa: enlaces N-terminal
    - Dipeptidasas
    - Disacaridasas y oligosacariadasas
    - Fosfatasa
    - Fosfolipasa
    - Polinucleotidasas
    - Nucleotidasas



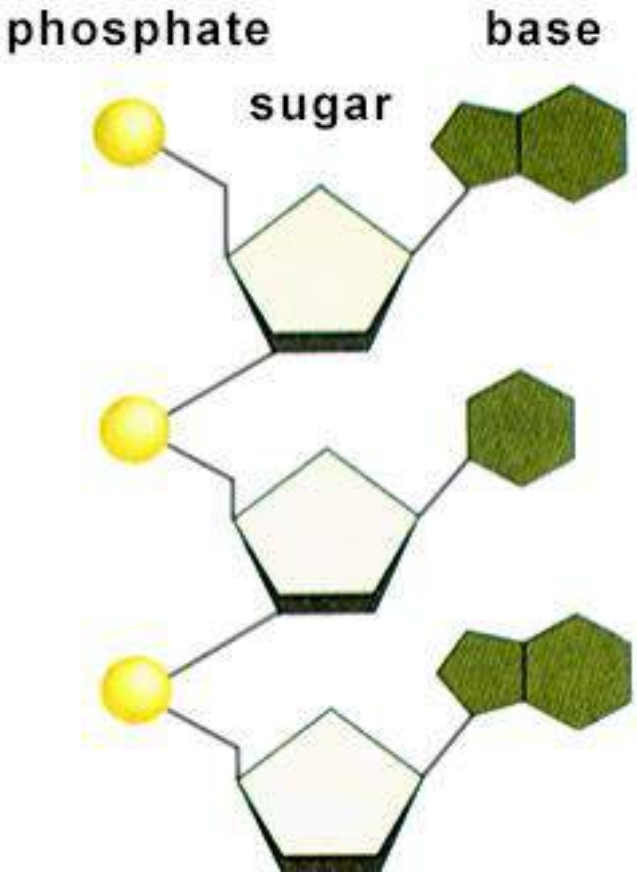
Intestino

- Secreciones intestinales:
  - Secretada por las glándulas de Brunner y de Lieberkuhn
  - Enzimas:
    - Aminopeptidasa: enlaces N-terminal
    - Dipeptidasas
    - Disacaridasas y oligosacariadasas
    - Fosfatasa
    - Fosfolipasa
    - Polinucleotidasas
    - Nucleotidasas



Intestino

- Secreciones intestinales:
  - Secretada por las glándulas de Brunner y de Lieberkuhn
  - Enzimas:
    - Aminopeptidasa: enlaces N-terminal
    - Dipeptidasas
    - Disacaridasas y oligosacariadasas
    - Fosfatasa
    - Polinucleotidasas
    - Nucleotidasas
    - Fosfolipasa



Lipidos

Boca

- ✓ Lipasa lingual

Estómago

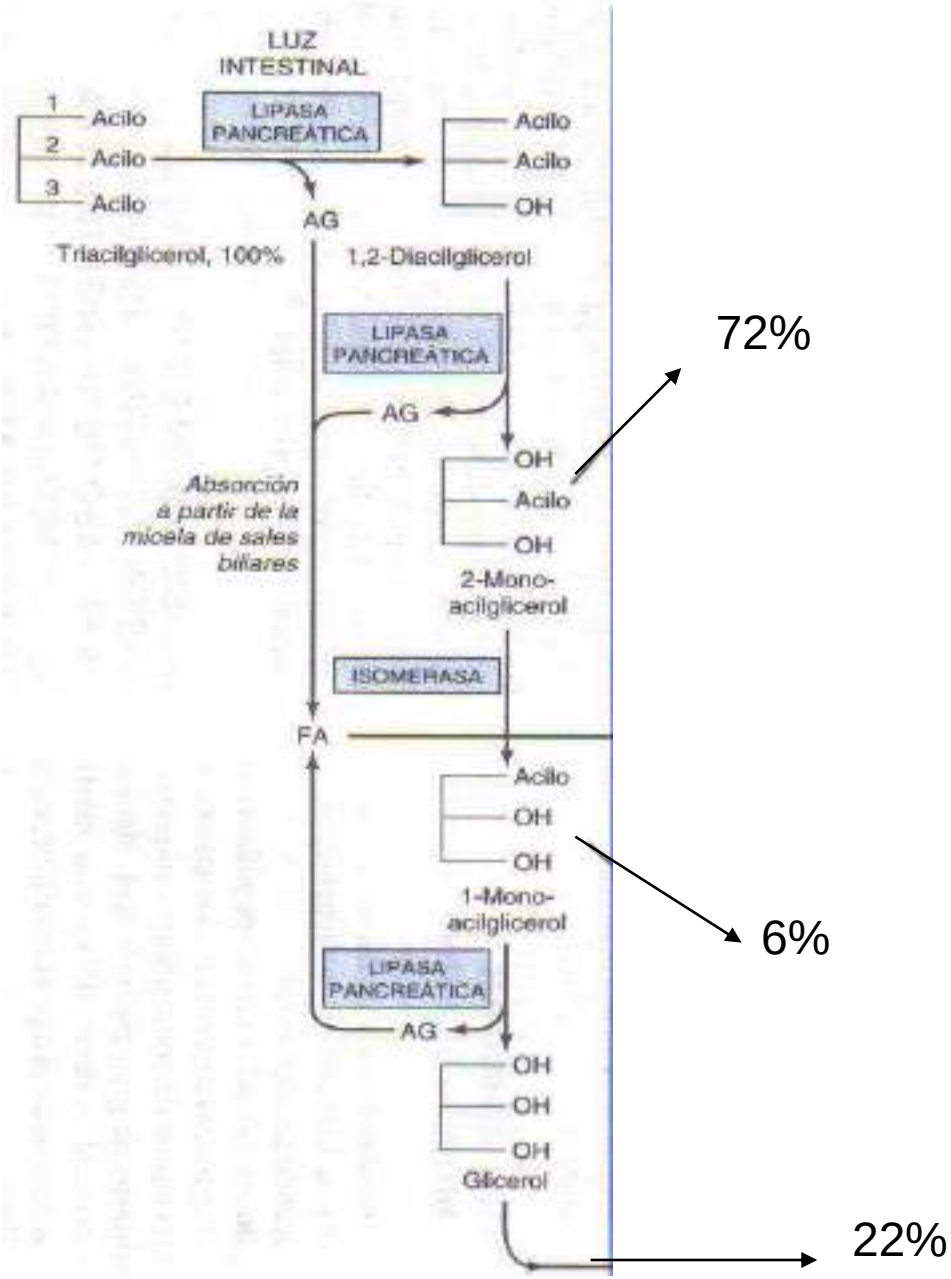
- ✓ Lipasa gástrica

Sec. pancreática

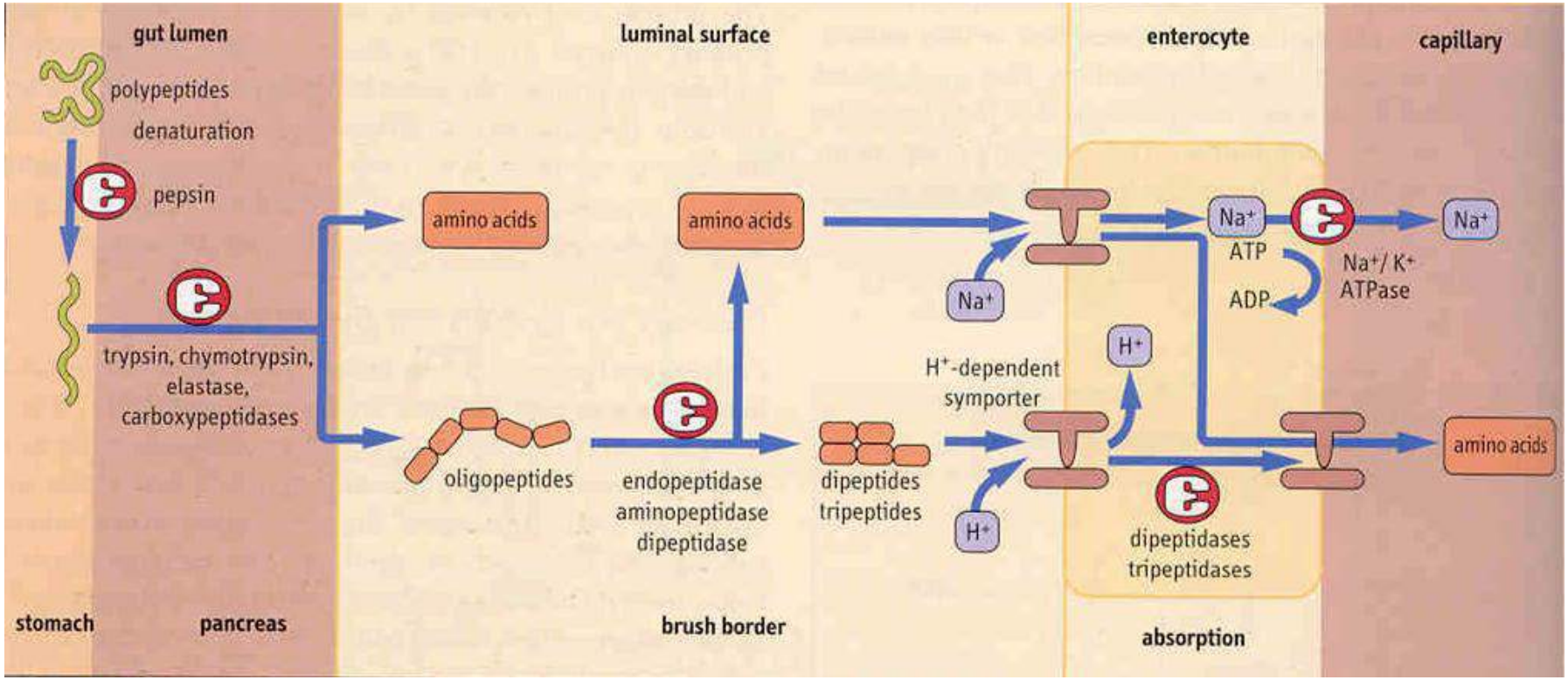
- ✓ Lipasa pancreática
- ✓ Ester de colesterilo hidrolasa
- ✓ Fosfolipasa A_2

Intestinal

- ✓ Fosfolipasa



proteínas


gut lumen
luminal surface
enterocyte
capillary
polypeptides
denaturation
pepsin
trypsin, chymotrypsin,
elastase,
carboxypeptidases
amino acids
amino acids
oligopeptides
endopeptidase
aminopeptidase
dipeptidase
dipeptides
tripeptides
Na+
H+
H+-dependent
symporter
Na+
ATP
ADP
Na+/ K+
ATPase
Na+
H+
dipeptidases
tripeptidases
amino acids
stomach
pancreas
brush border
absorption

Carbohidratos

Boca

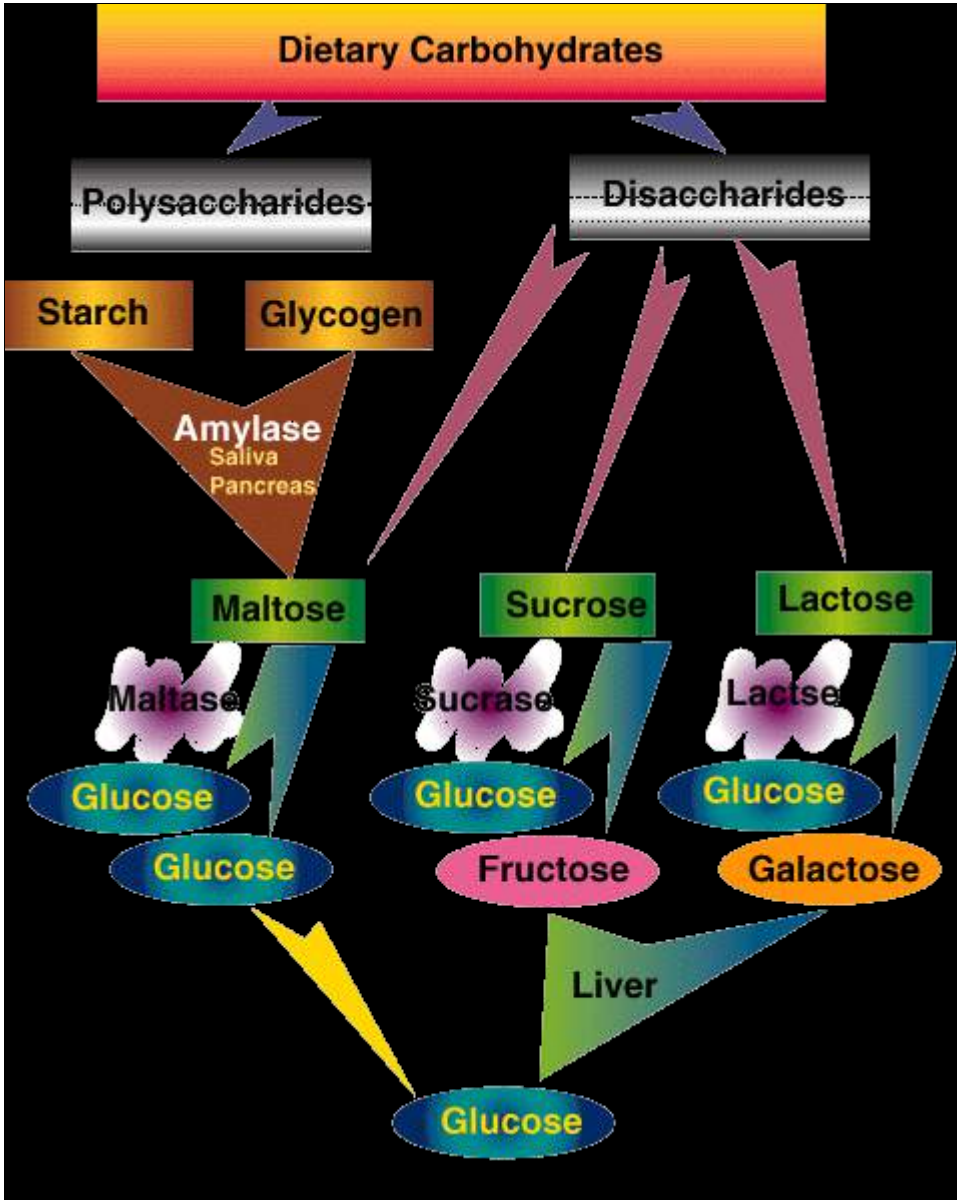
- Amilasa salival

Sec. Pancreática

- Amilasa pancreática

Sec. intestinal

- Disacaridasas y oligosacariadasas



Carbohidratos

Boca

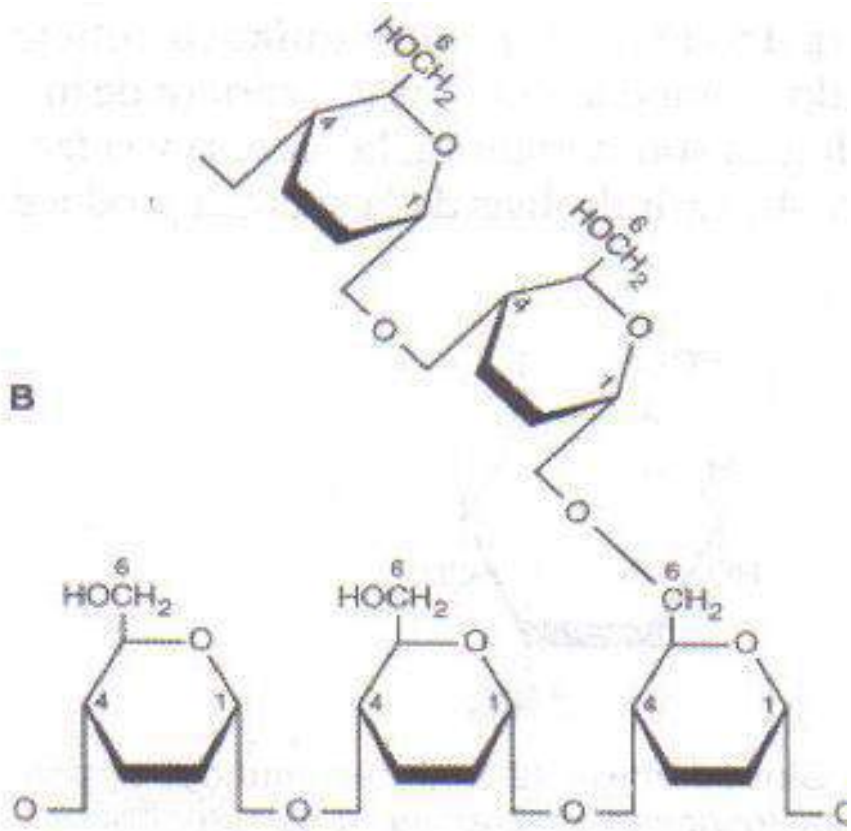
- Amilasa salival

Sec. Pancreática

- Amilasa pancreática

Sec. intestinal

- Disacaridasas y oligosacariadasas



Alteración del proceso de digestión

Defecto	**Enfermedad**
Aumento HCL	úlcera gástrica
Ausencia HCL	Aclorhidria
Secreción biliar	cálculos biliares
	alteración digestión lípidos
Deficiencia nutricional	
B_{12}	anemia
calcio y magnesio	tetania
Vit. D	raquitismo y osteomalacia
Enzimas	
Lactasa	intolerancia a la leche
Aminoácidos	enfermedad de Celiaca

Lipidos

Boca

- Lipasa lingual

Estómago

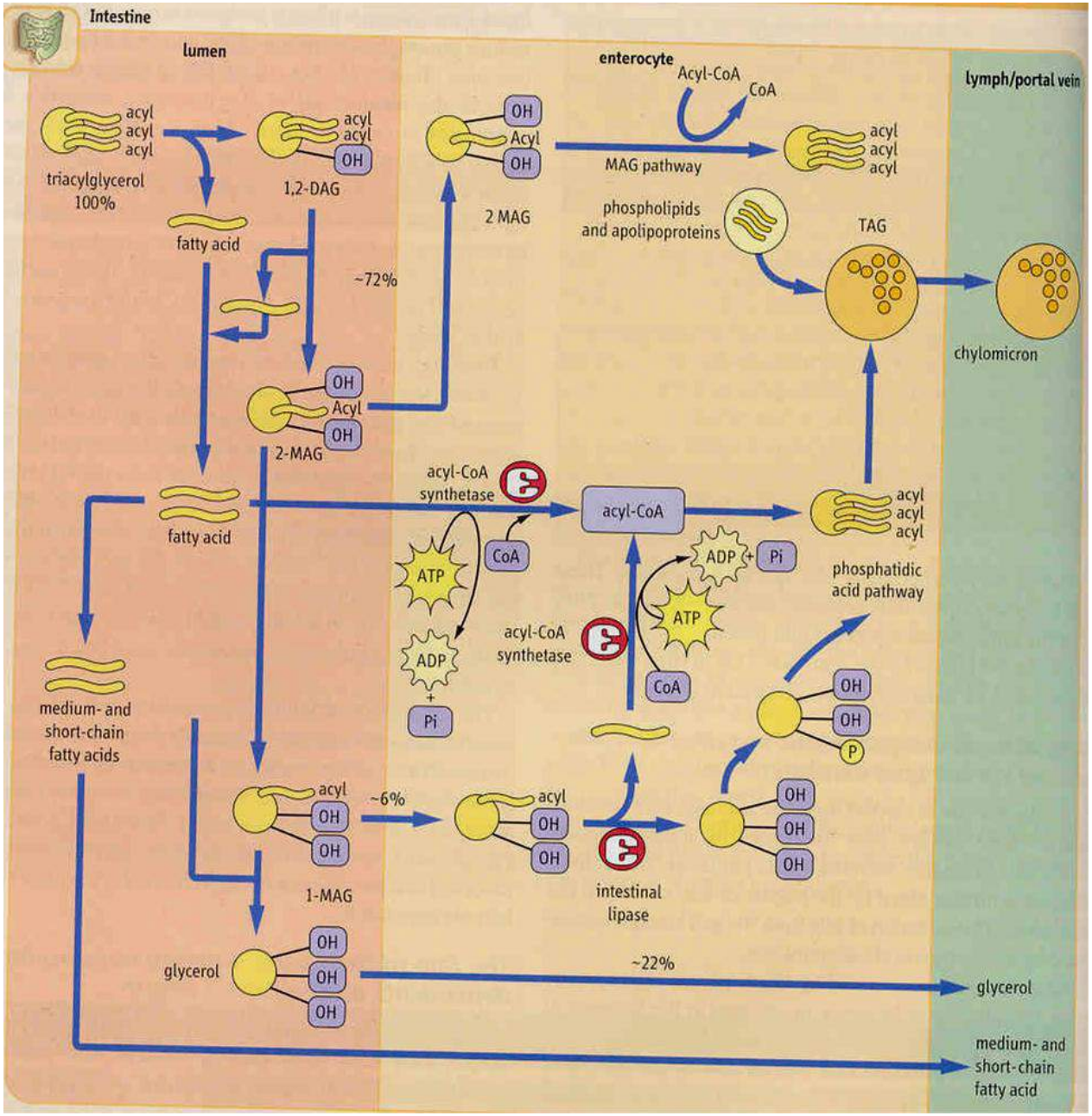
- Lipasa gástrica

Sec. pancreática

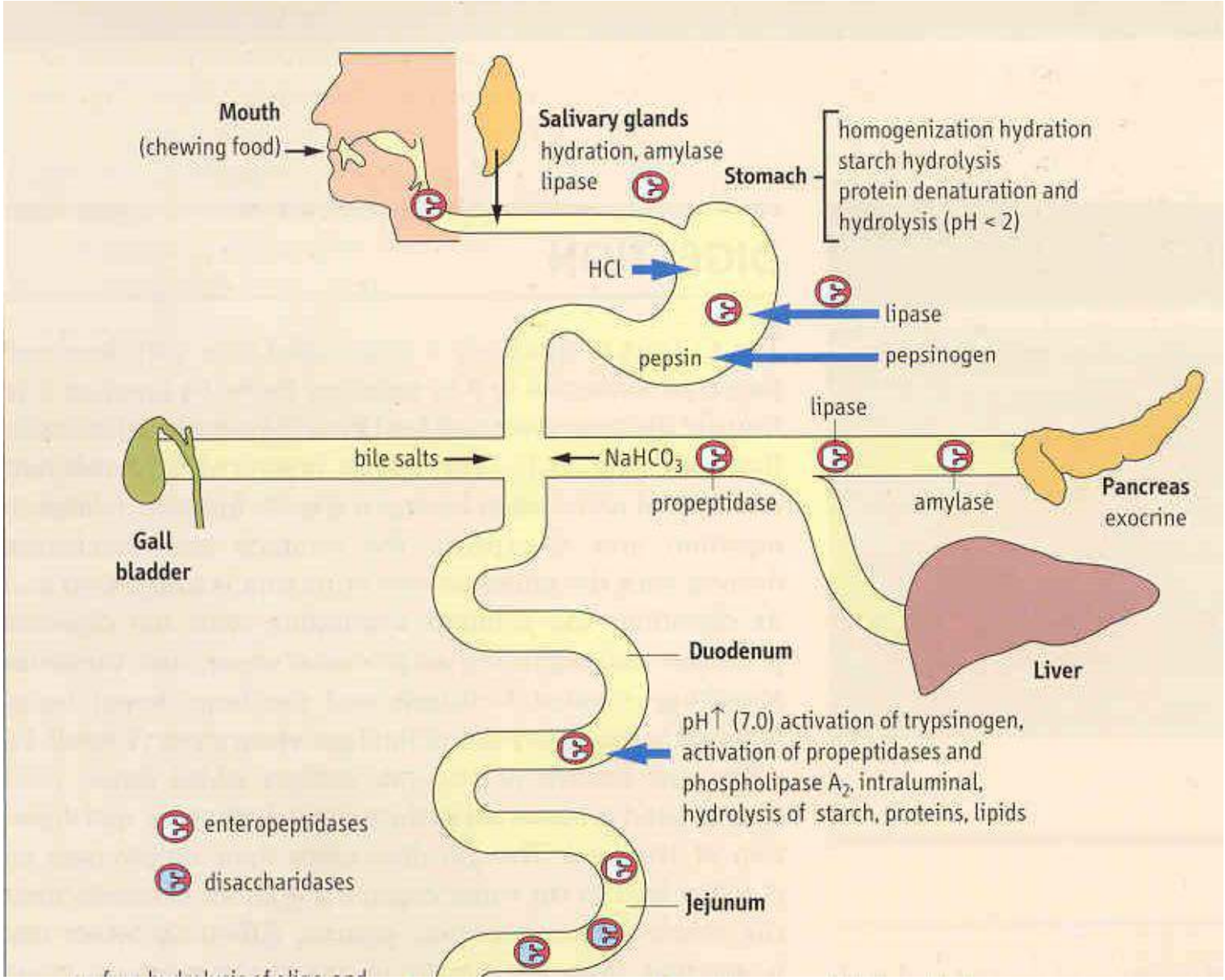
- Lipasa pancreática
- Ester de colesterilo hidrolasa
- Fosfolipasa A_2

Intestinal

- Fosfolipasa

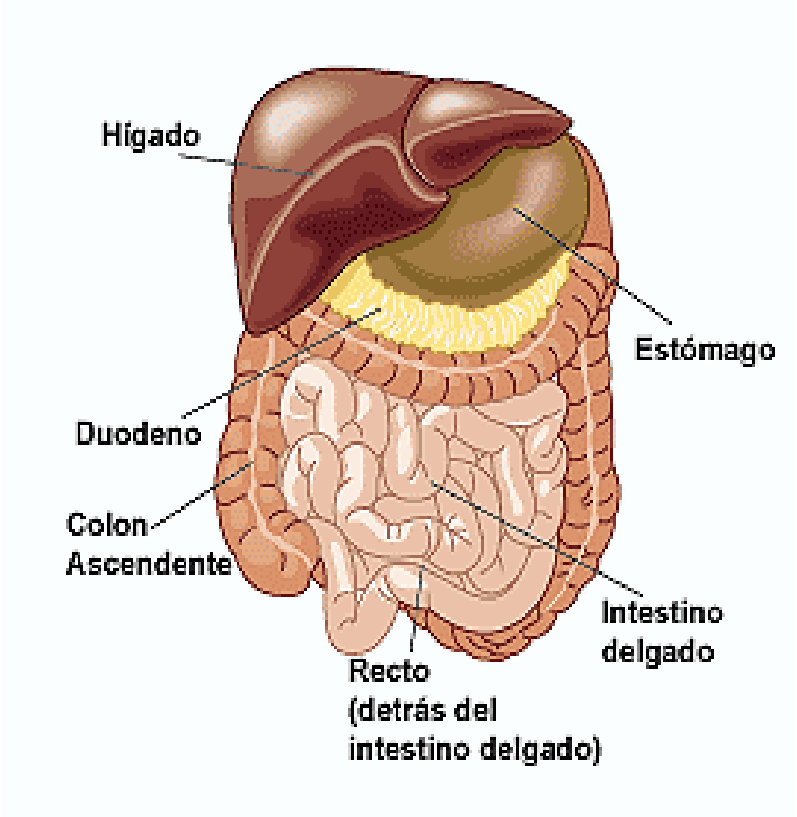


ABSORCION DE NUTRIENTES

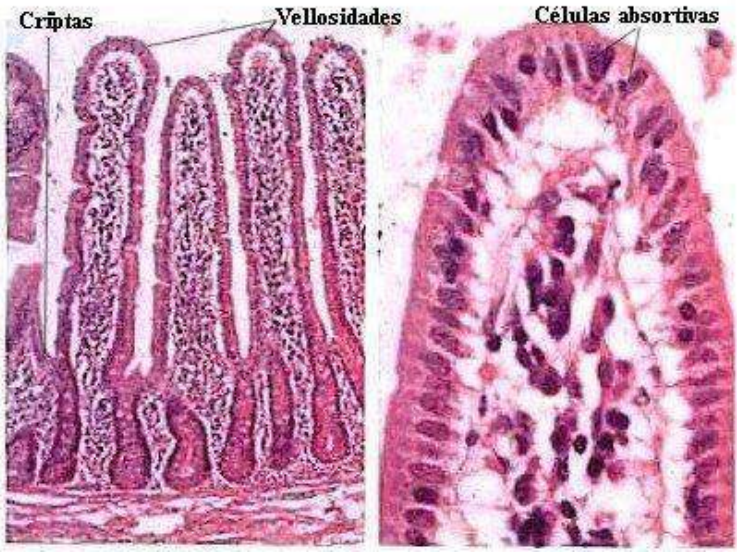

Mouth
(chewing food)
Salivary glands
hydration, amylase
lipase
Stomach
homogenization hydration
starch hydrolysis
protein denaturation and
hydrolysis (pH < 2)
HCl
lipase
pepsin
pepsinogen
lipase
bile salts
NaHCO3
propeptidase
amylase
Pancreas
exocrine
Gall
bladder
Duodenum
Liver
pH↑ (7.0) activation of trypsinogen,
activation of propeptidases and
phospholipase A2, intraluminal,
hydrolysis of starch, proteins, lipids
enteropeptidases
disaccharidases
Jejunum

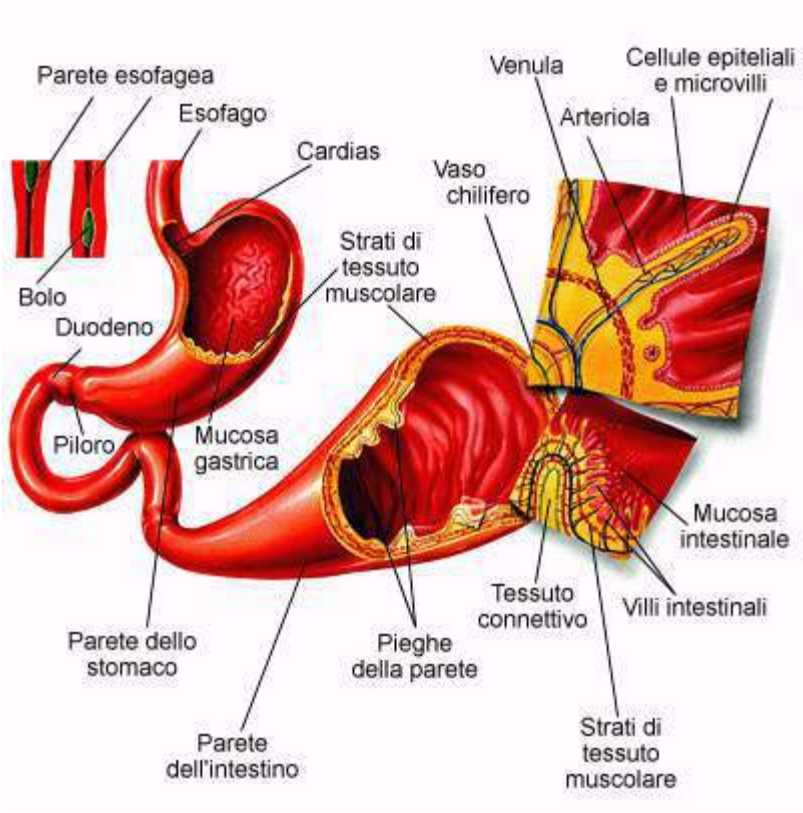
Absorción

- Estómago:
  - Poca absorción
  - Alcohol
  - Algunos fármacos
- Intestino delgado:
  - 90% de nutrientes
  - Agua
- Intestino grueso:
  - Agua

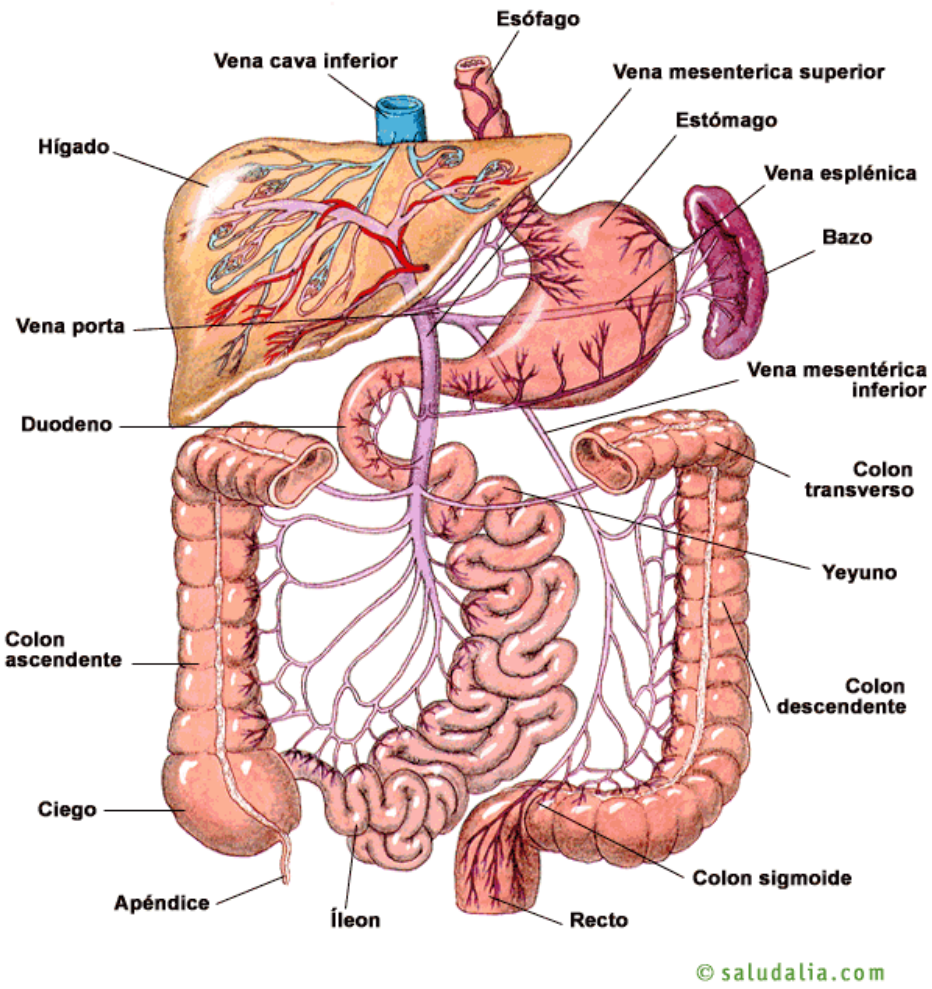


- Superficie de absorción extensa debido a las vellosidades intestinales.
- Área de absorción de 250m^2
- Es una región muy vascularizada
- El pH varía desde 5 en ayunas hasta 8 con presencia de alimentos

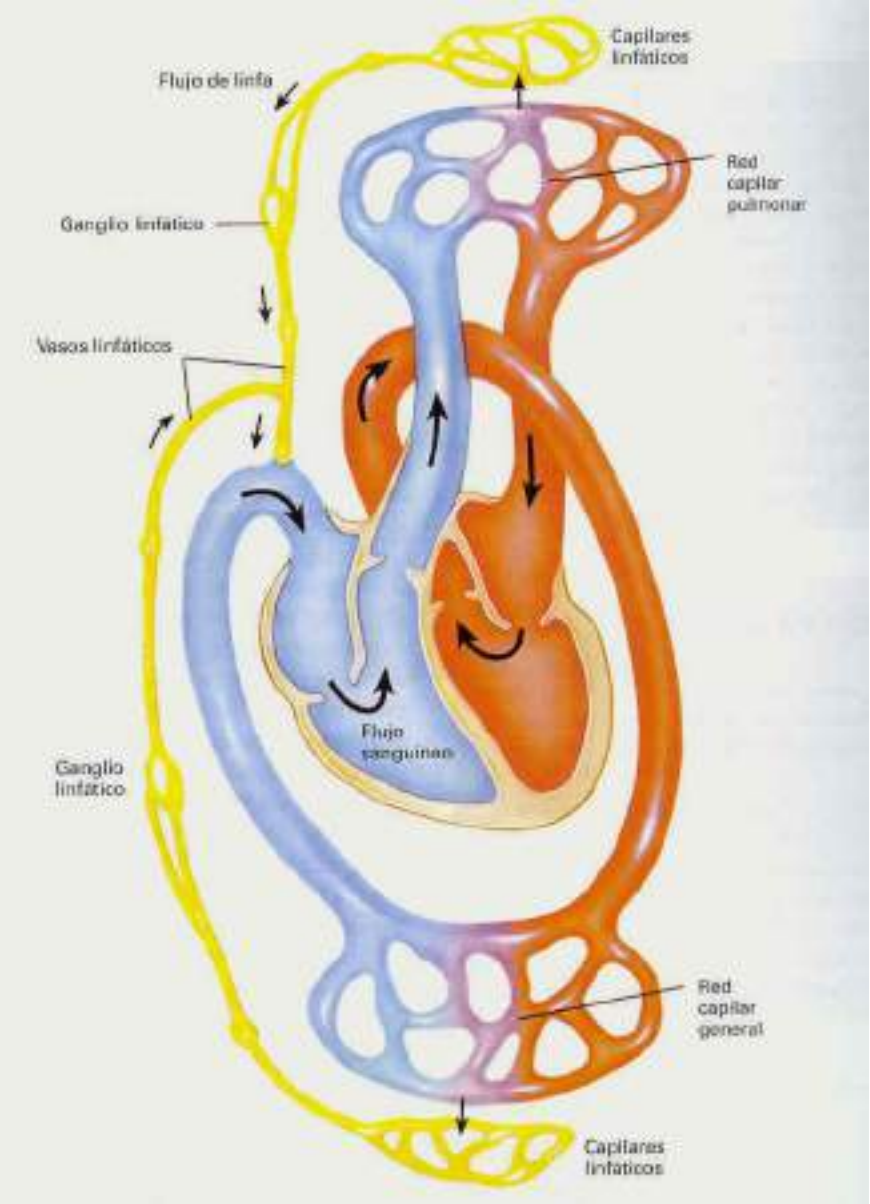



Parete esofagea
Esofago
Cardias
Bolo
Duodeno
Piloro
Mucosa gastrica
Parete dello stomaco
Parete dell'intestino
Strati di tessuto muscolare
Pieghe della parete
Vaso chilifero
Venula
Arteriola
Cellule epiteliali e microvilli
Mucosa intestinale
Villi intestinali
Tessuto connettivo
Strati di tessuto muscolare

Circulación entero hepática

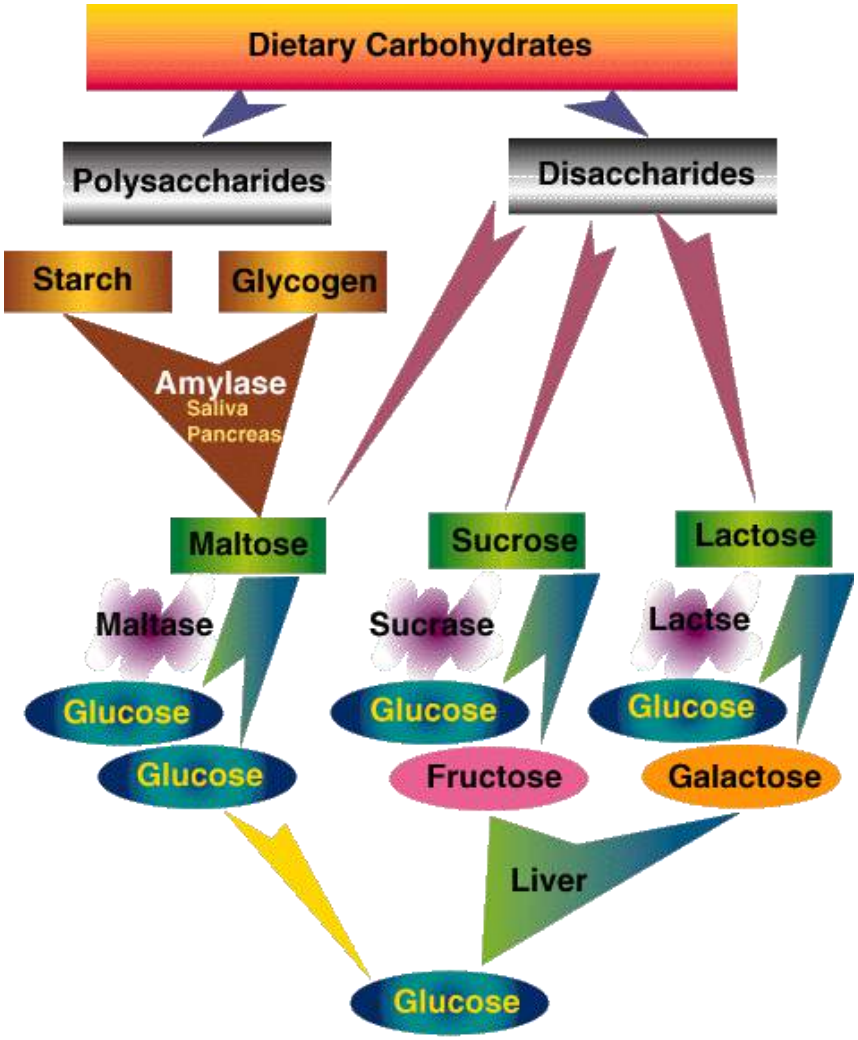


Sistema linfático (conducto toráxico)

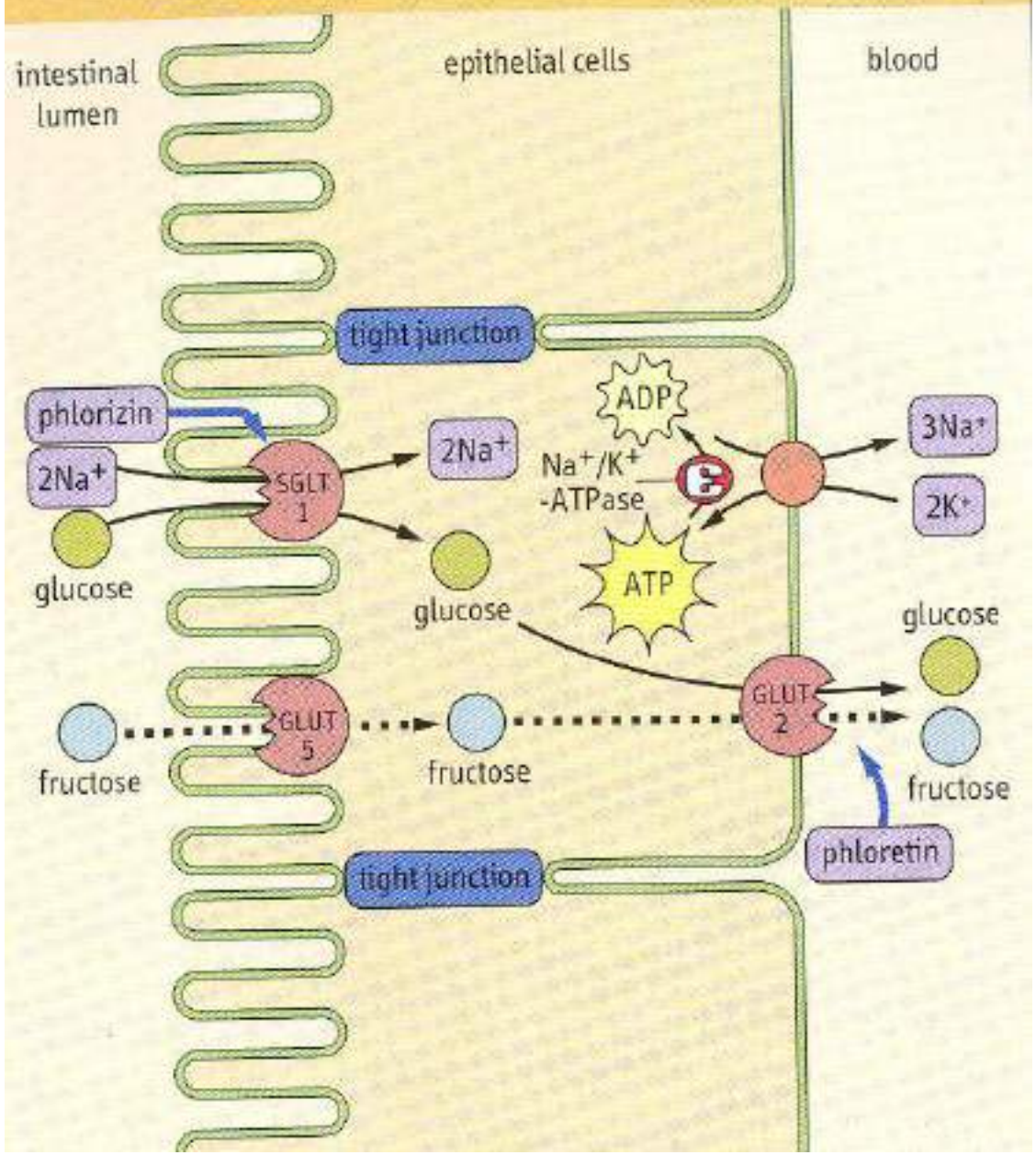


Carbohidratos

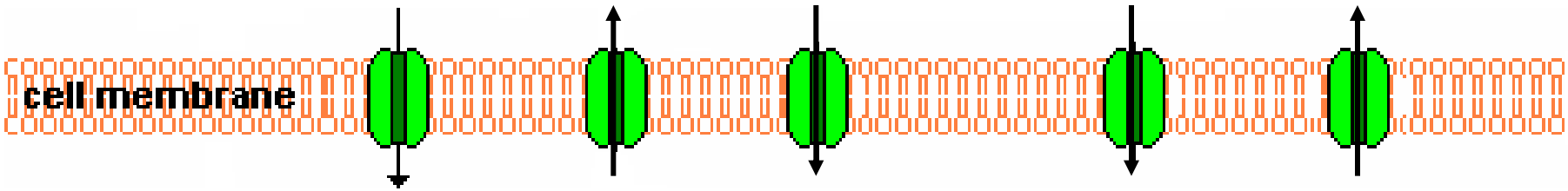
- Forma:
  - Monosacáridos
    - Glucosa 80%
    - Galactosa y fructosa 20%
  - Disacaridos



Glucose transport from intestinal lumen into the blood



plasma

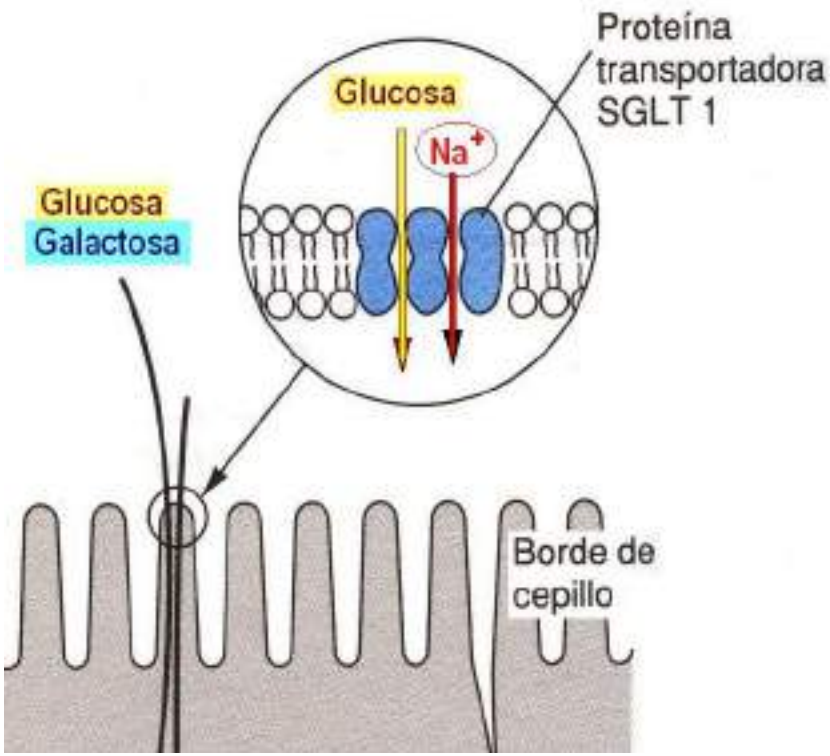


GLUT 1	GLUT 2	GLUT 3	GLUT 4	GLUT 5
Glucosa Galactosa manosa	Glucosa Fructosa	Glucosa	Glucosa	Fructosa
Eritrocito	hepatocito	Cerebro Riñon placenta	Músculo esquelético Corazón Tejido adiposo	Intestino delgado

Difusión facilitada:

Mecanismos:

- Transporte activo
  - Independiente del Na:
    - Glucosa
  - Cotransporte dependiente de Na:
    - glucosa y galactosa



Intestino delgado:

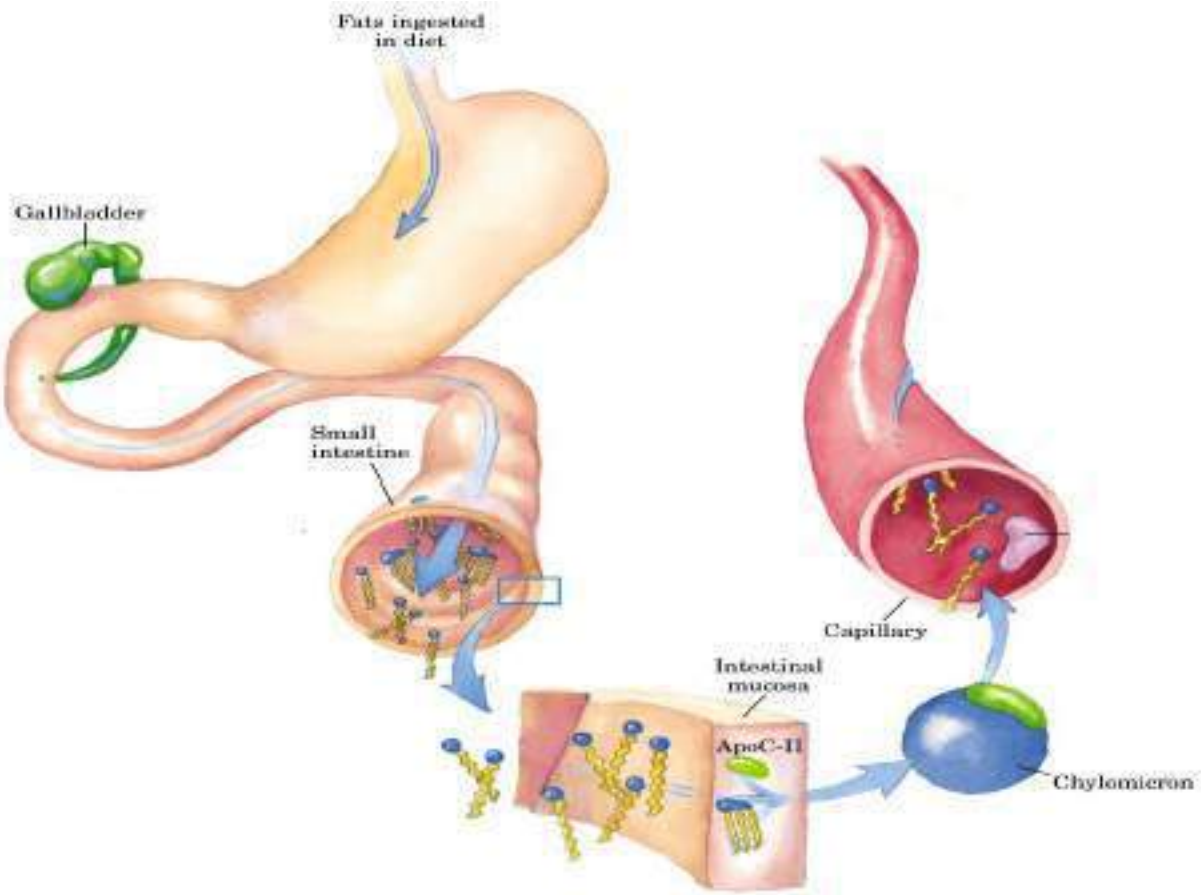
SGLT 1 (2Na/1glu)

Riñon:

SGLT 2 (1Na/1glu)

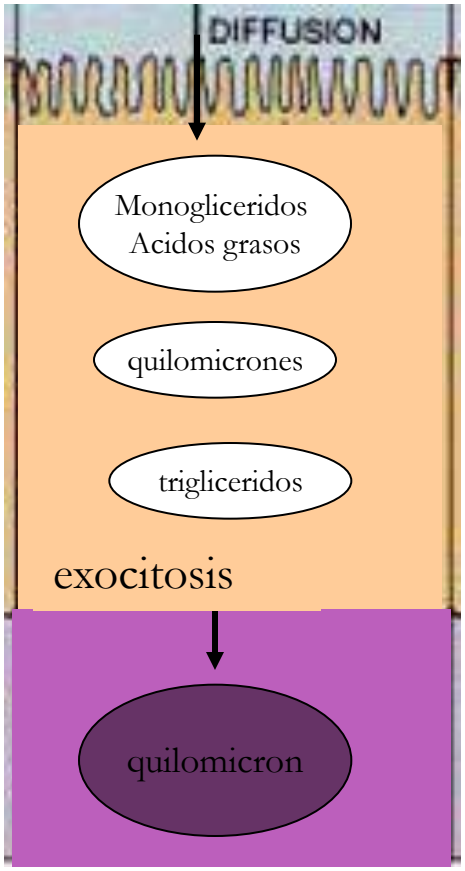
Lípidos

- Emulsión
  - Micelas
- Quilomicrones:
  - 2 MAG
  - Glicerol
  - Ácidos Grasos
  - 1 MAG

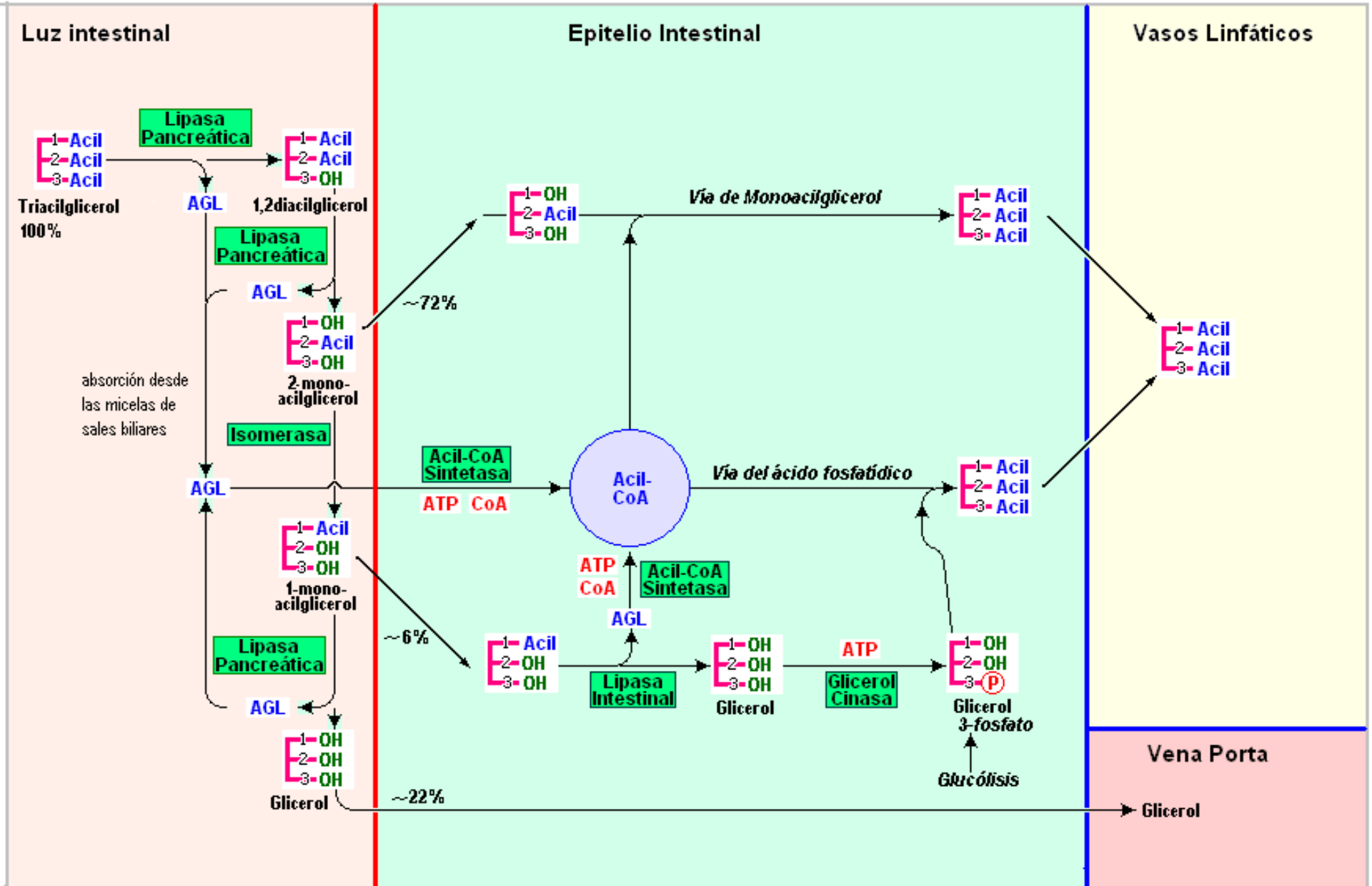


Mecanismo de transporte

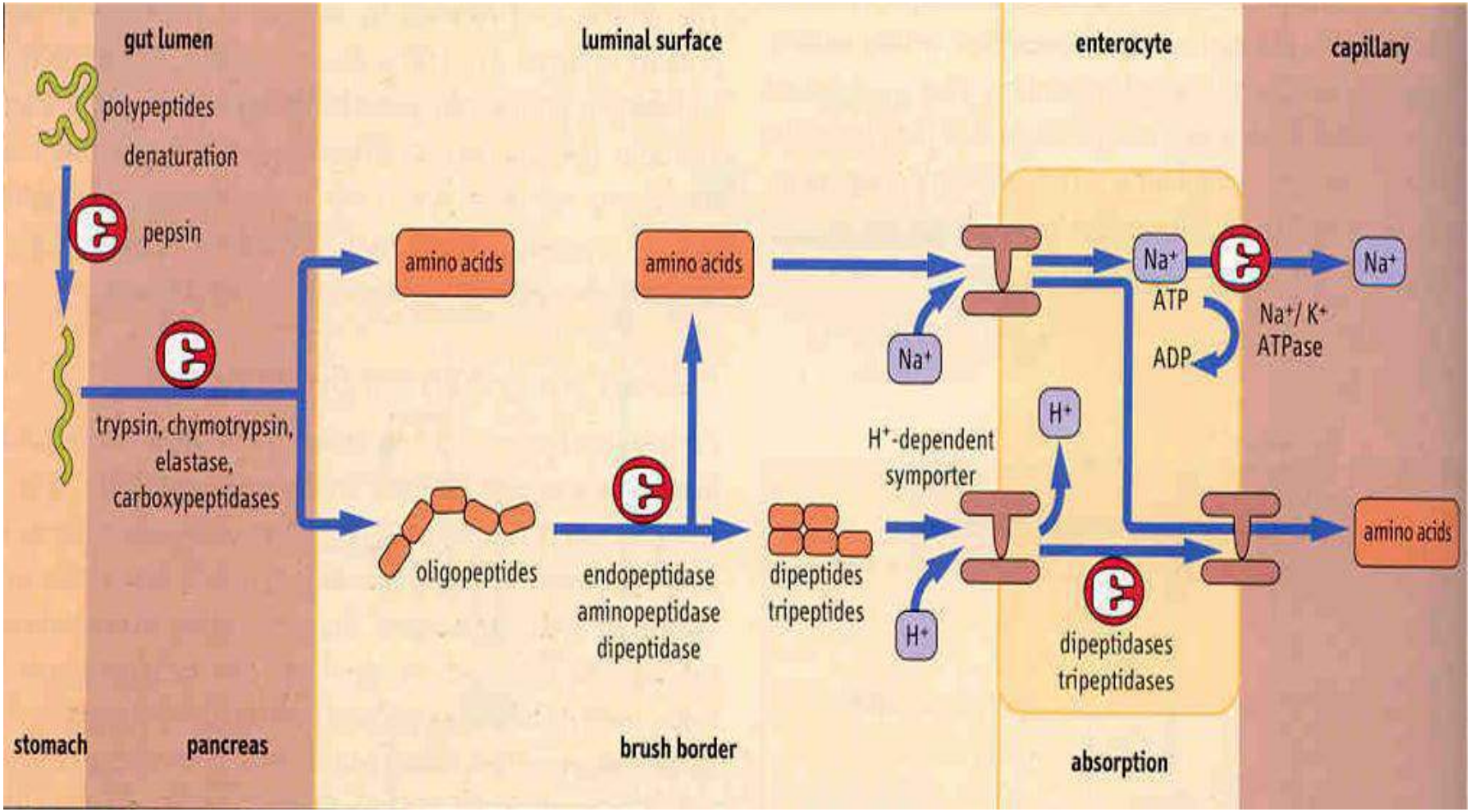
- Difusión simple
- Exocitosis



Lípidos

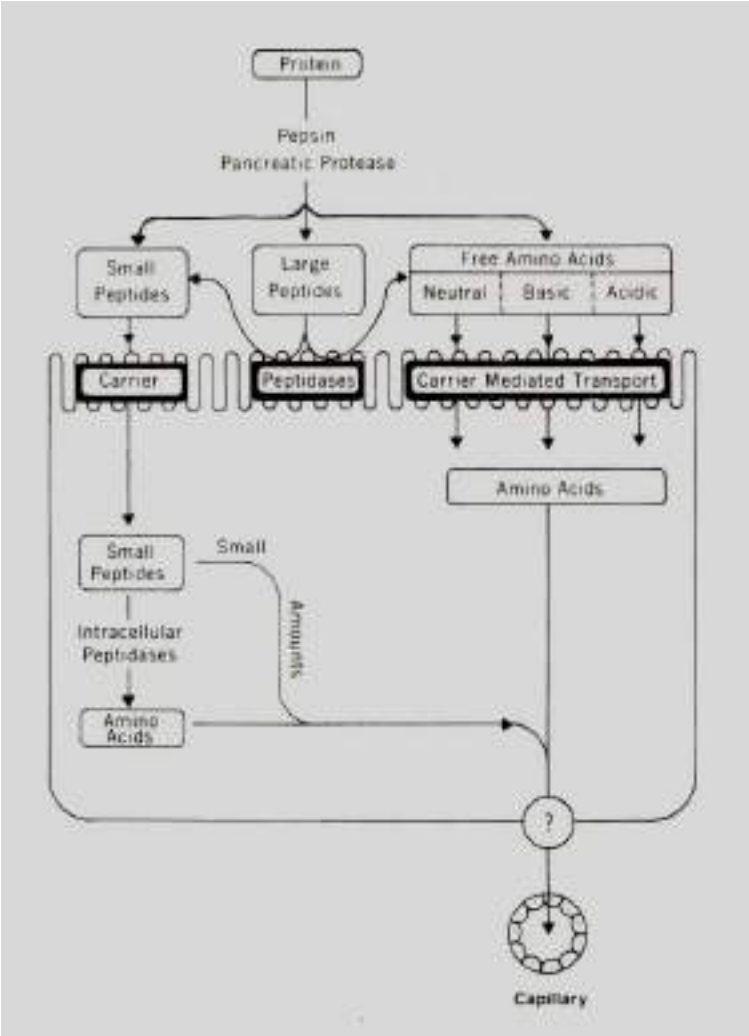

Luz intestinal
Epitelio Intestinal
Vasos Linfáticos
Lipasa Pancreática
1-Acil 2-Acil 3-Acil
Triacilglicerol 100%
AGL
1-Acil 2-Acil 3-OH
1,2diacilglicerol
Lipasa Pancreática
AGL
1-OH 2-Acil 3-OH
2-mono-acilglicerol
absorción desde las micelas de sales biliares
Isomerasa
AGL
1-Acil 2-OH 3-OH
1-mono-acilglicerol
Lipasa Pancreática
AGL
1-OH 2-OH 3-OH
Glicerol
~72%
1-OH 2-Acil 3-OH
Vía de Monoacilglicerol
1-Acil 2-Acil 3-Acil
Acil-CoA Sintetasa
ATP CoA
Acil-CoA
Vía del ácido fosfatídico
1-Acil 2-Acil 3-Acil
ATP CoA
Acil-CoA Sintetasa
AGL
~6%
1-Acil 2-OH 3-OH
Lipasa Intestinal
1-OH 2-OH 3-OH
Glicerol
ATP
Glicerol Cinasa
1-OH 2-OH 3-P
Glicerol 3-fosfato
Glucólisis
~22%
1-Acil 2-Acil 3-Acil
Vena Porta
Glicerol

Proteínas

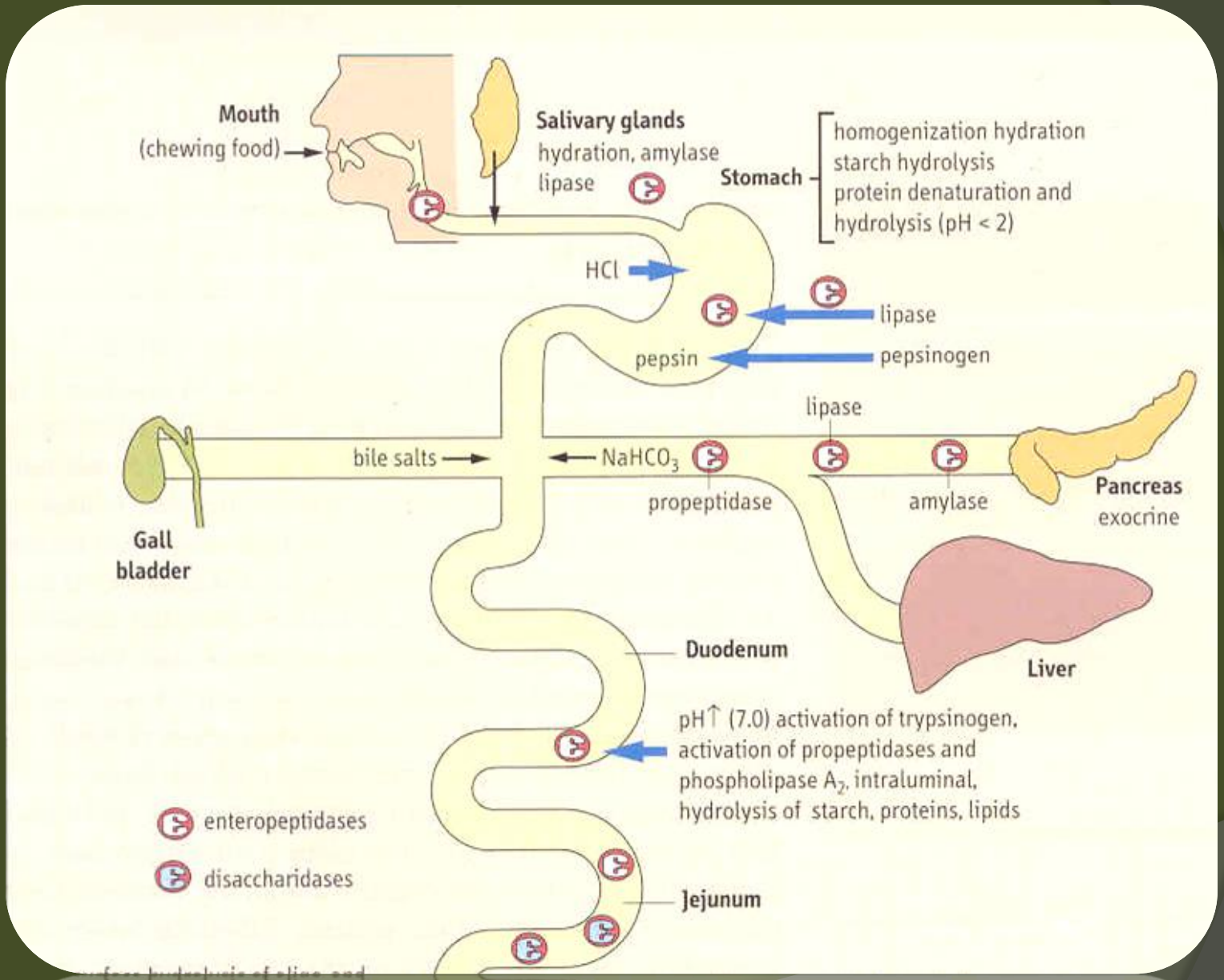

gut lumen
luminal surface
enterocyte
capillary
polypeptides
denaturation
pepsin
amino acids
amino acids
Na+
ATP
ADP
Na+/ K+
ATPase
Na+
Na+
trypsin, chymotrypsin,
elastase,
carboxypeptidases
H+-dependent
symporter
H+
oligopeptides
endopeptidase
aminopeptidase
dipeptidase
dipeptides
tripeptides
H+
dipeptidases
tripeptidases
amino acids
stomach
pancreas
brush border
absorption

Mecanismos de transporte

- Transporte activo
  - Dependiente de Na
    - Proteínas de transporte específicos
- Difusión facilitada

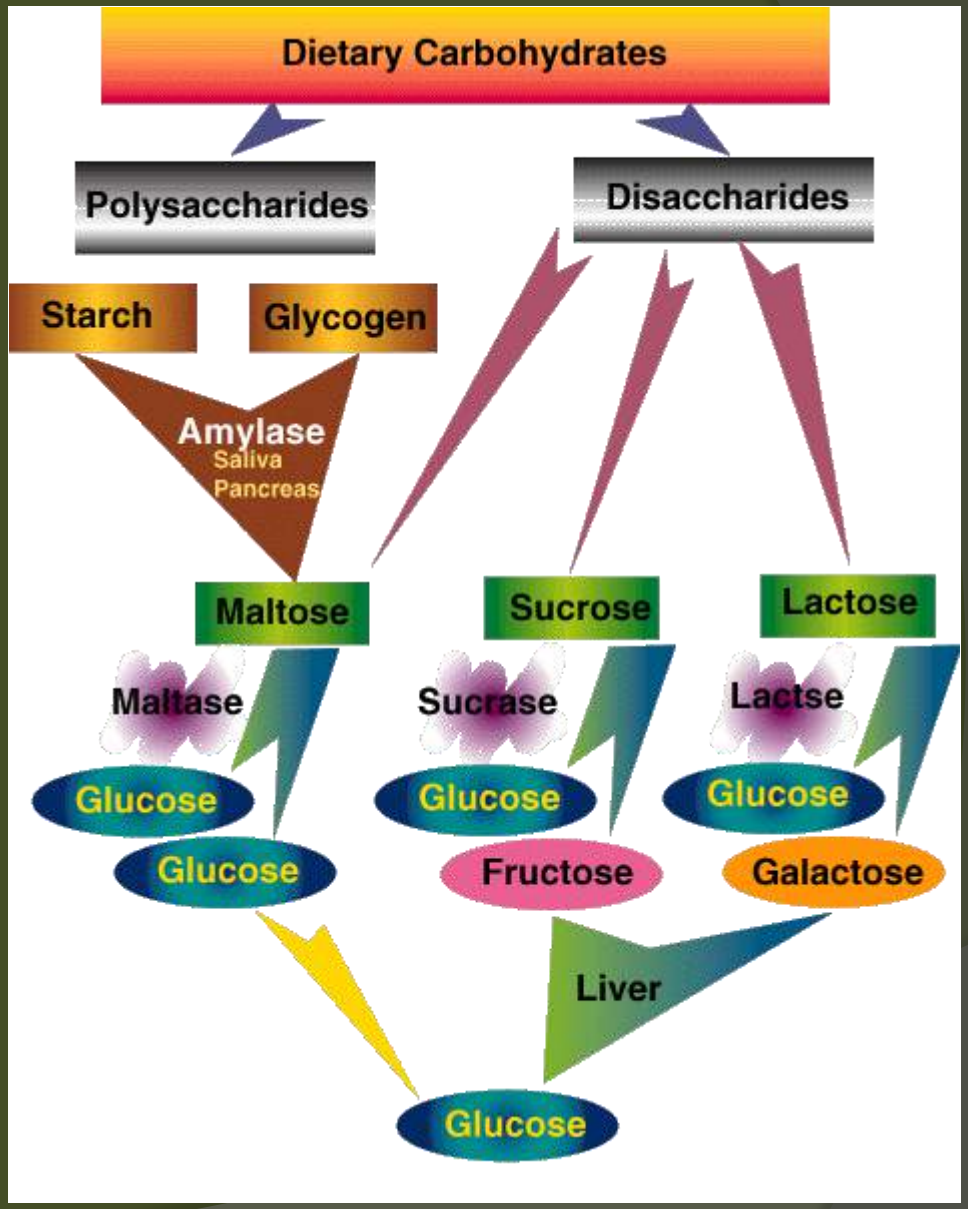


Carbohidratos


Mouth
(chewing food)
Salivary glands
hydration, amylase
lipase
Stomach
homogenization hydration
starch hydrolysis
protein denaturation and
hydrolysis (pH < 2)
HCl
lipase
pepsin
pepsinogen
lipase
bile salts
NaHCO3
propeptidase
amylase
Pancreas
exocrine
Gall
bladder
Duodenum
Liver
pH↑ (7.0) activation of trypsinogen,
activation of propeptidases and
phospholipase A2, intraluminal,
hydrolysis of starch, proteins, lipids
enteropeptidases
disaccharidases
Jejunum

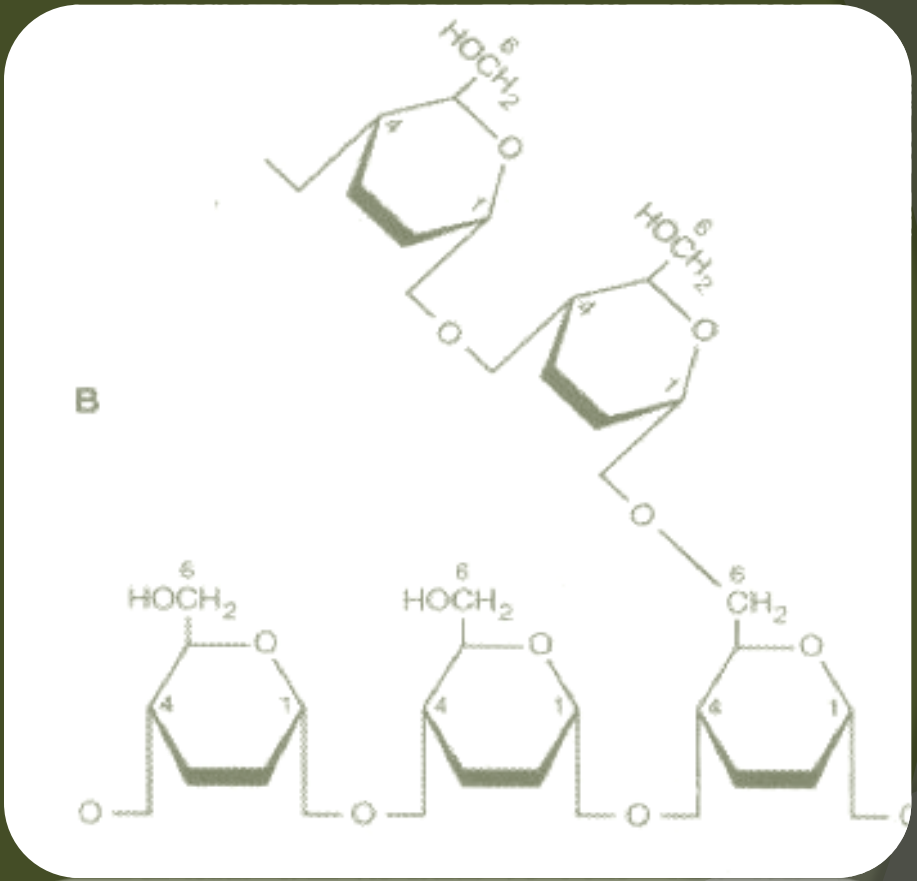
Carbohidratos

- Boca
- Amilasa salival
- Sec. Pancreática
- Amilasa pancreática
- Sec. intestinal
- Disacaridasas y oligosacariadasas



Carbohidratos

- Boca
- Amilasa salival
- Sec. Pancreática
- Amilasa pancreática
- Sec. intestinal
- Disacaridasas y oligosacariadasas

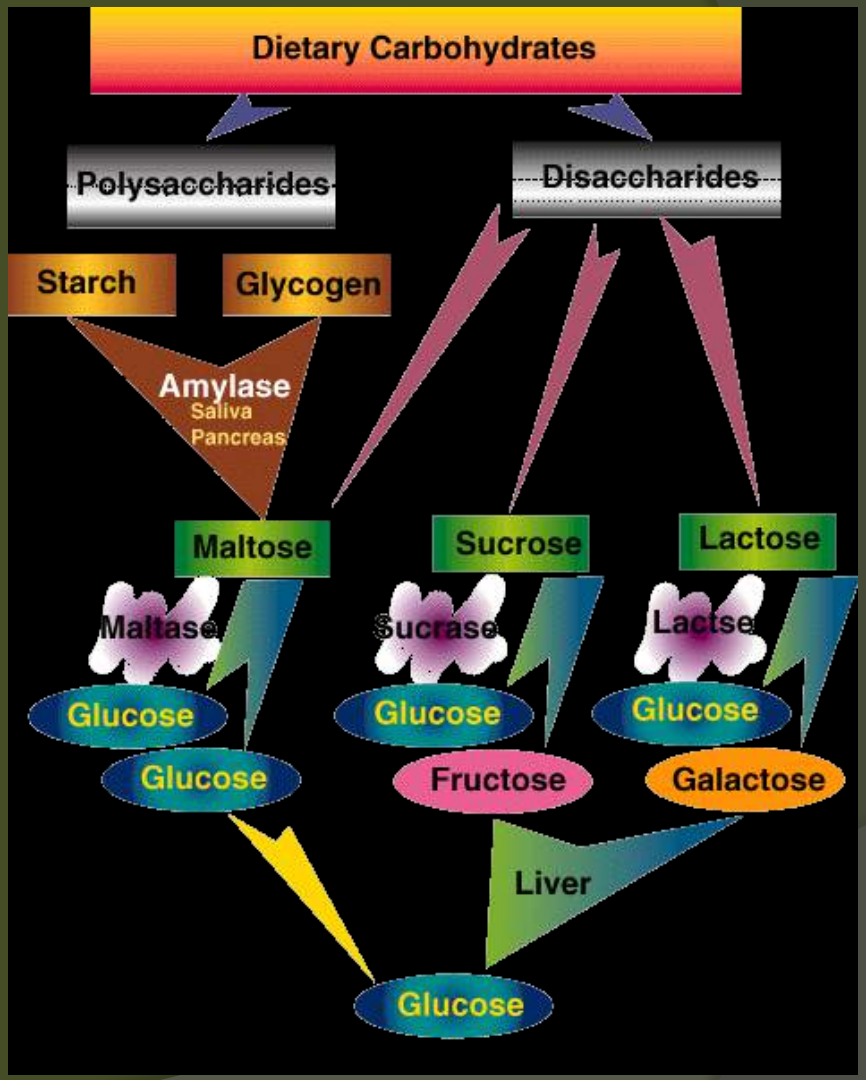


Productos de la digestión de Polisacáridos

Monosacáridos

- Glucosa 80%
- Galactosa y fructosa 20%

Disacaridos



Mecanismos de transporte

- Independiente del Na:
  - Glucosa
- Cotransporte dependiente de Na:
  - glucosa y galactosa

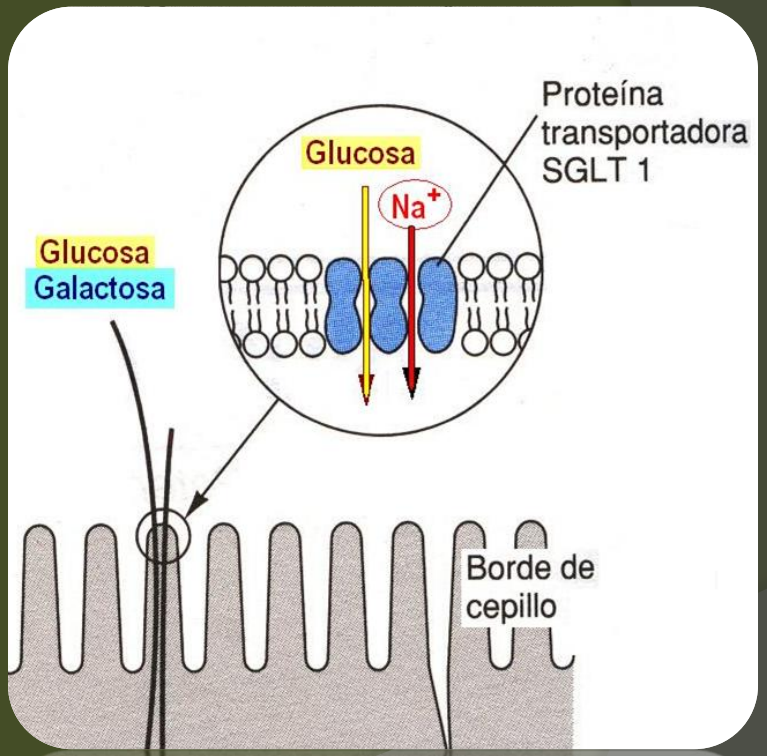
Transporte activo

- **SGLT 1 (2Na/1glu)**

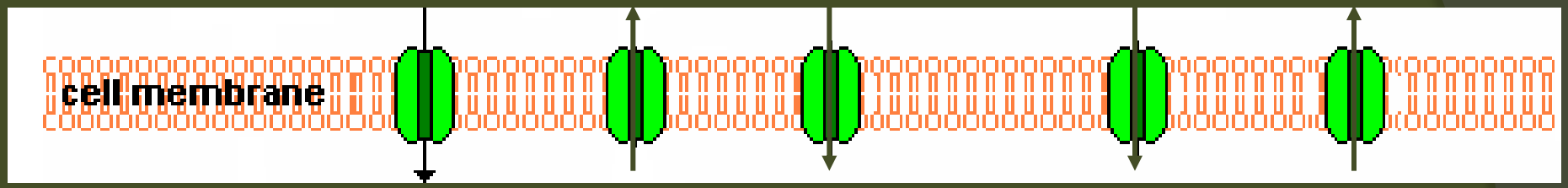
Intestino delgado

- **SGLT 2 (1Na/1glu)**

Riñon



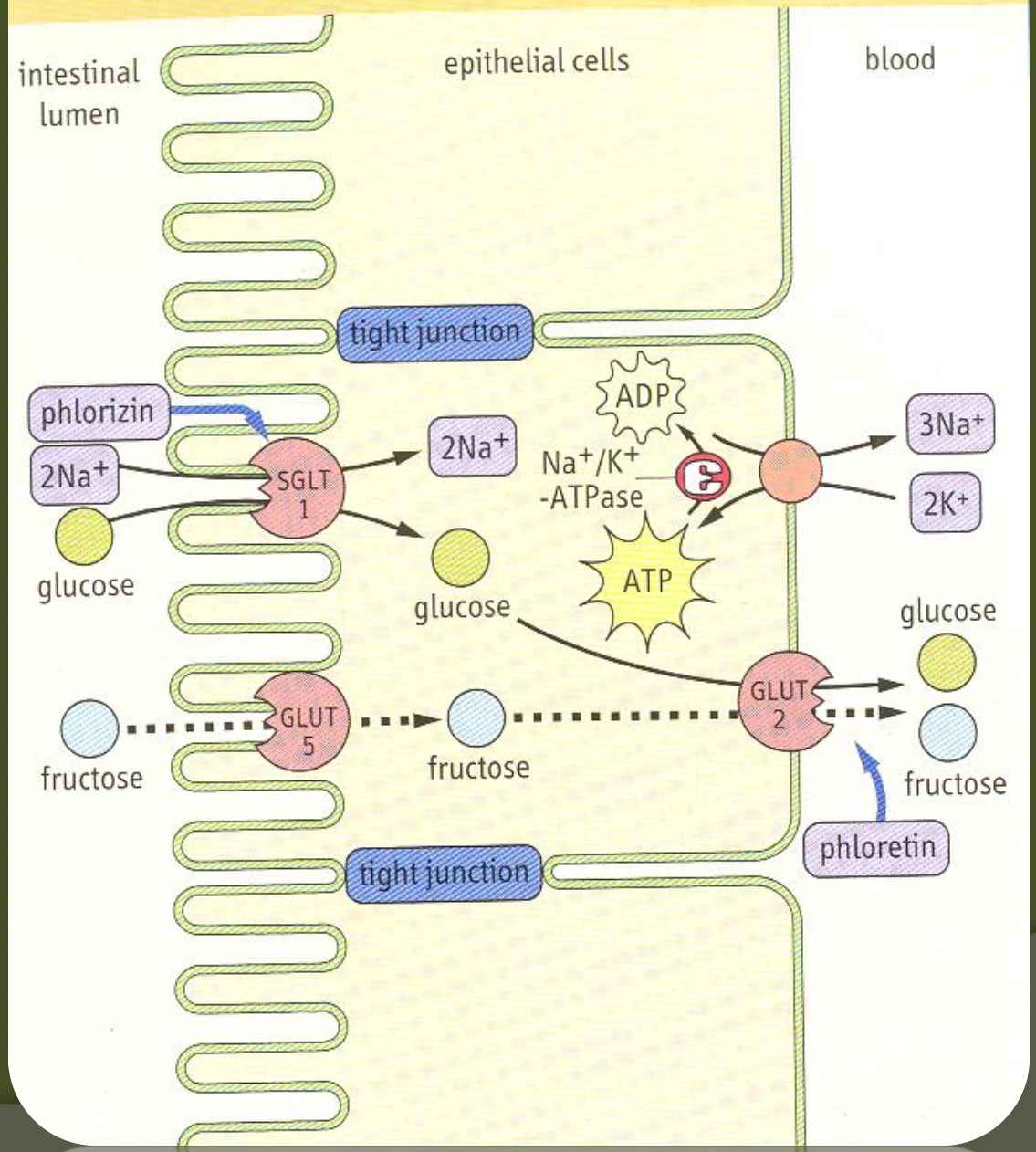
plasma



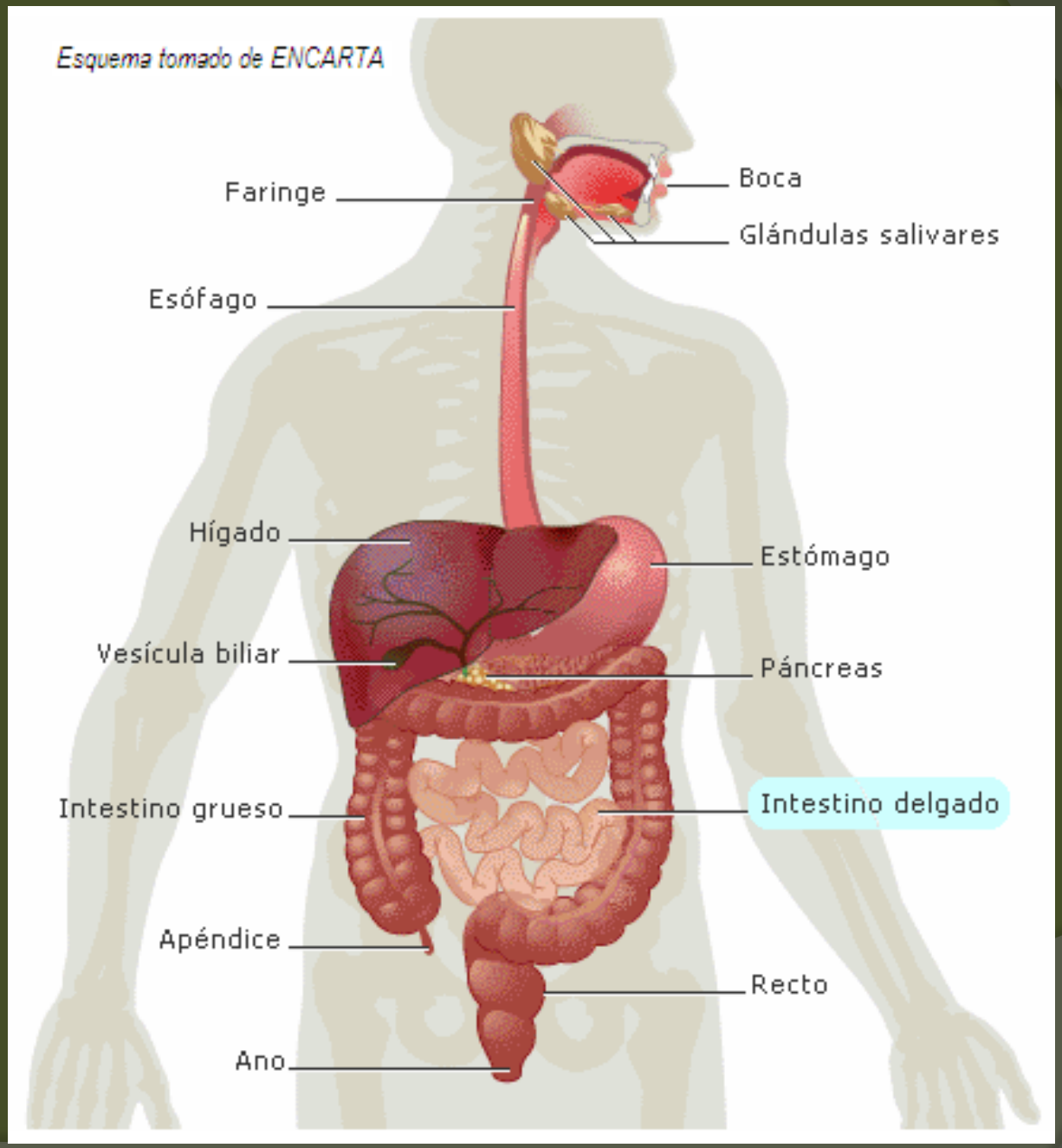
GLUT 1	GLUT 2	GLUT 3	GLUT 4	GLUT 5
Glucosa Galactosa manosa	Glucosa Fructosa	Glucosa	Glucosa	Fructosa
Eritrocito	hepatocito	Cerebro Riñon placenta	Músculo esquelético Corazón Tejido adiposo	Intestino delgado

Difusión facilitada:

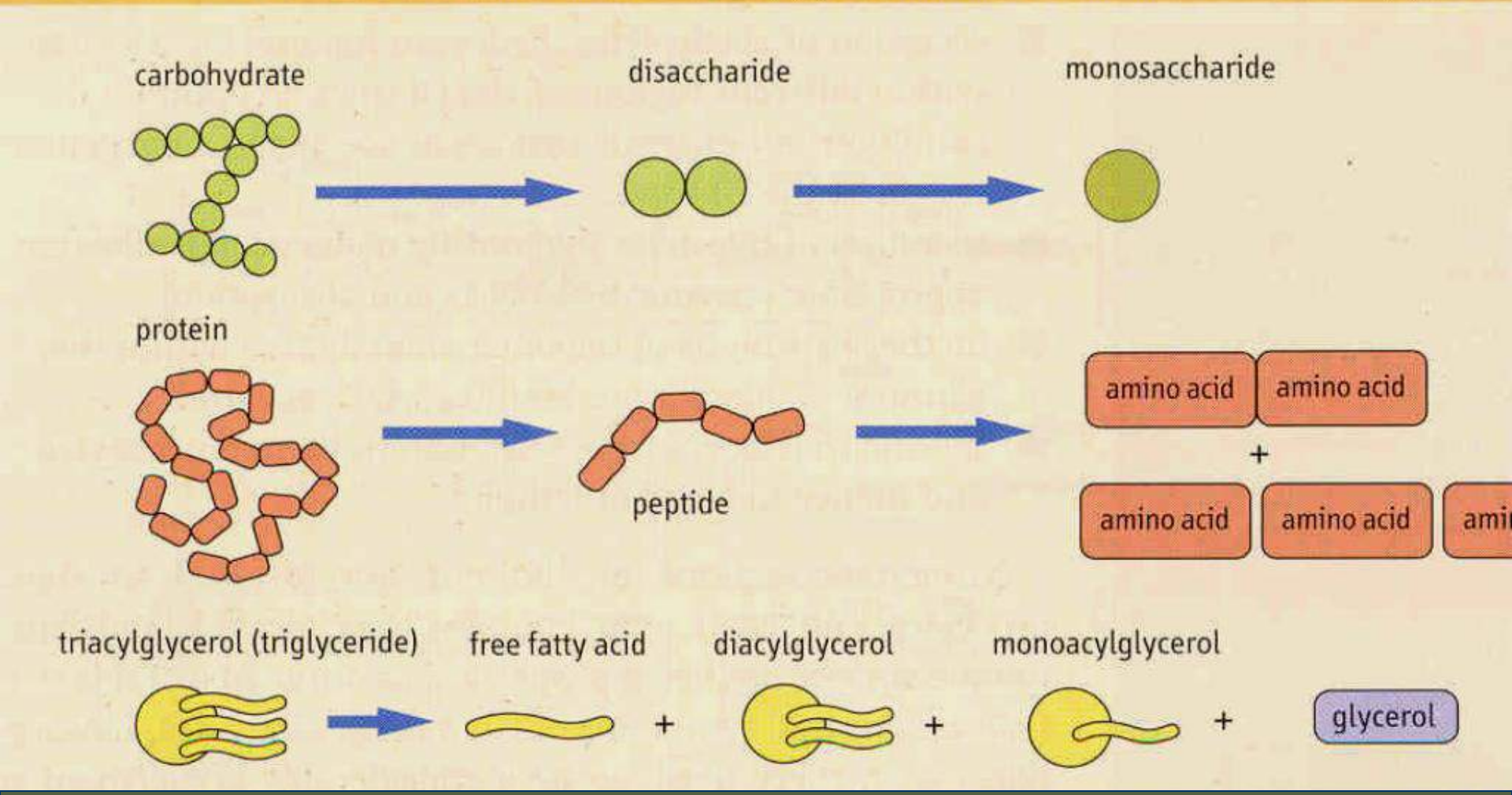
Glucose transport from intestinal lumen into the blood



ABSORCIÓN Y DIGESTIÓN


Esquema tomado de ENCARTA
Faringe
Boca
Glándulas salivares
Esófago
Hígado
Estómago
Vesícula biliar
Páncreas
Intestino grueso
Intestino delgado
Apéndice
Recto
Ano

Digestión de los polímeros de la dieta



Digestión y absorción

Digestión

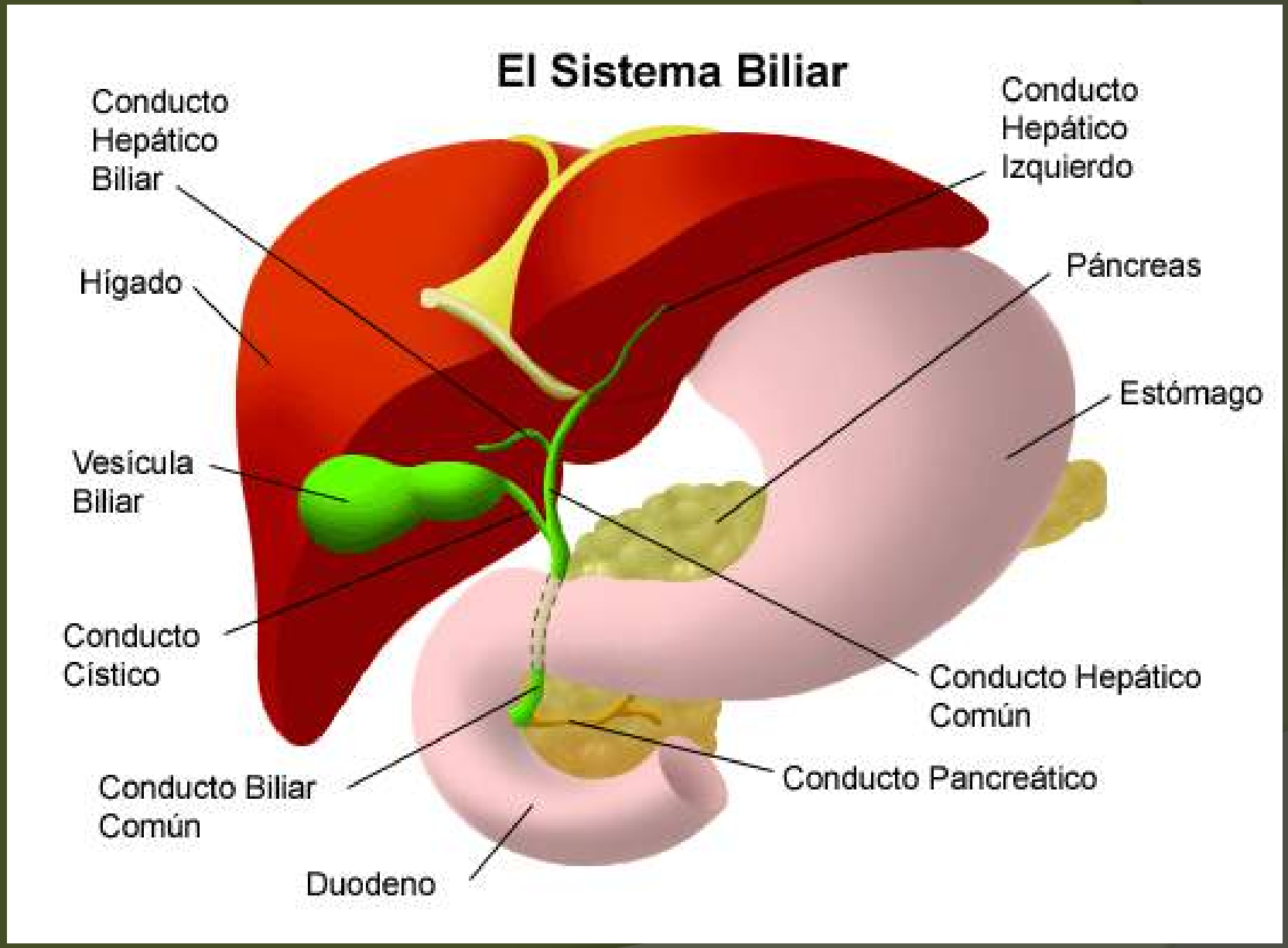
- Lipasa lingual continúa actividad a PH bajo, específica enlace ester 3, de cadena corta (leche)
- Estomago: **Licuefacción y emulsificación**

- **lipasa gástrica** que hidroliza TAG de cadena corta y mediana
- Aprox. 30% de TAG digeridos
- Los ácidos de cadena corta y media son absorbidos por la pared gástrica e ingresan a la vena porta.

Digestión

- **Intestino Delgado**
- **Bilis:** Es producida en el Hígado y almacenada en la vesícula biliar. Emulsifica, neutraliza, excreta colesterol y pigmentos biliares.
- **Páncreas:**
  - **Lipasa pancreática:** Hidroliza los TAG
  - **Colipasa**: Anclaje
  - **Fosfolipasa A2**, forma lisofosfolípidos

- Producto: (72%) **2- Monoacílglicerol** + ácidos grasos libres + glicerol (22%)

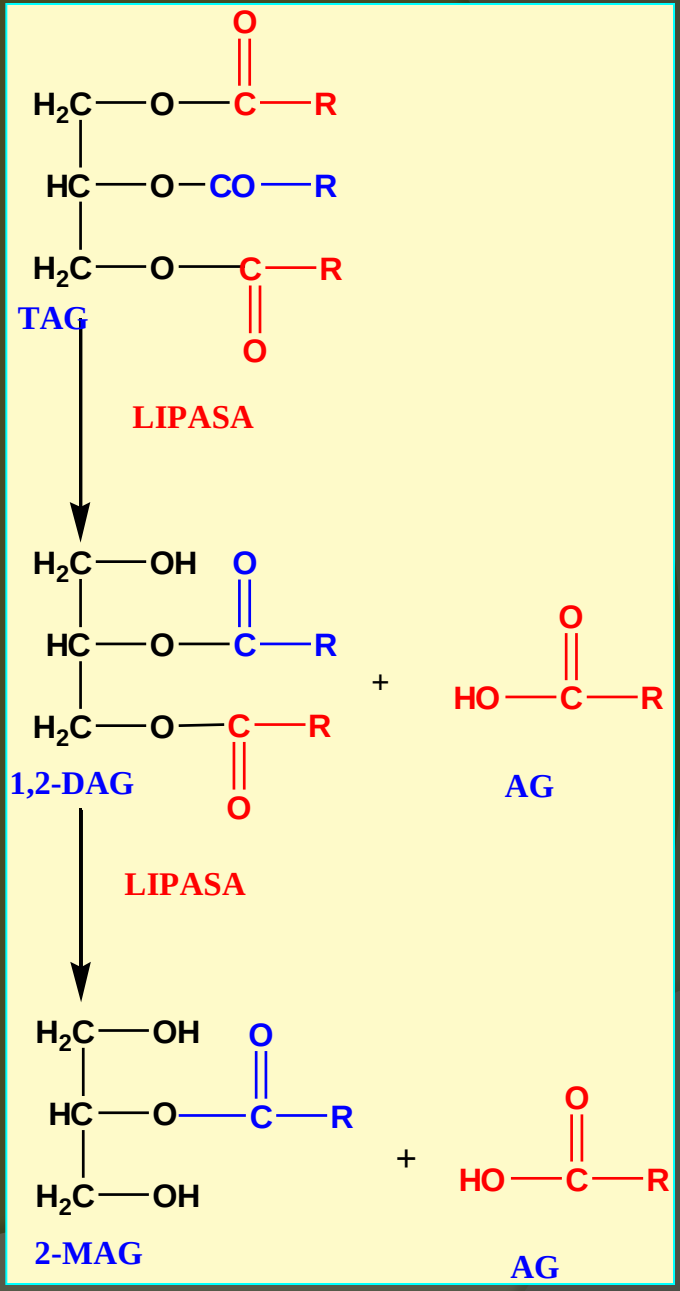

El Sistema Biliar
Conducto Hepático Biliar
Conducto Hepático Izquierdo
Hígado
Páncreas
Estómago
Vesícula Biliar
Conducto Cístico
Conducto Hepático Común
Conducto Biliar Común
Conducto Pancreático
Duodeno

Enzimas involucradas

ENZIMAS	LOCALIZACIÓN
LIPASA	Páncreas
ISOMERASA	Intestino
COLESTEROL ESTERASA	Páncreas
FOSFOLIPASA A_2	Páncreas

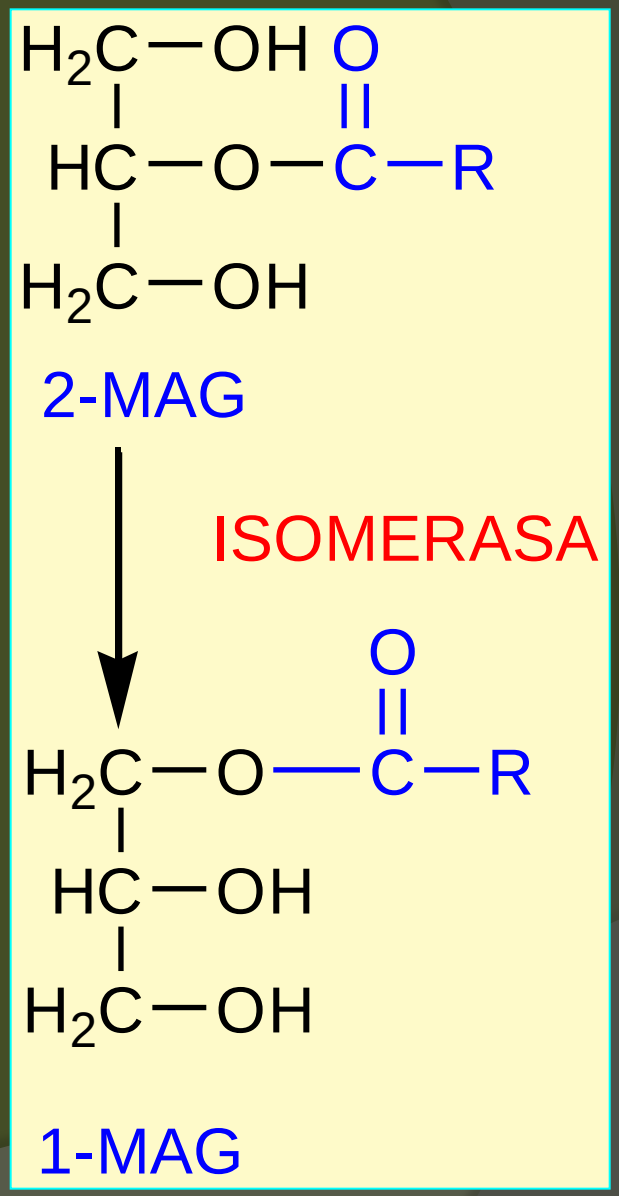
LIPASA

- Hidroliza uniones éster de carbonos (1,3) del glicerol de las grasas neutras (Triacilgliceroles)



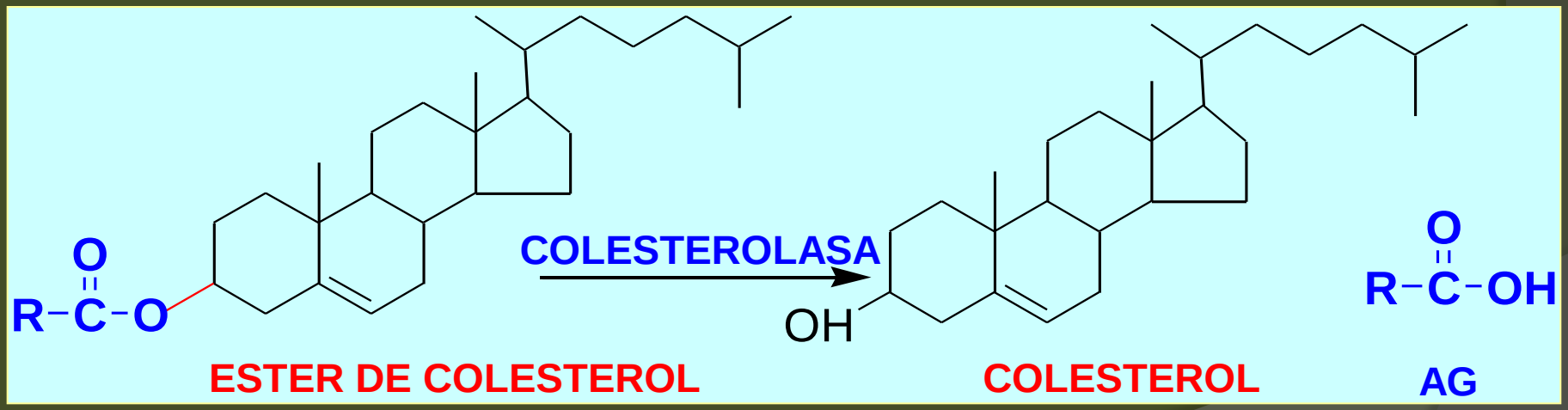
ISOMERASA

- Traslada el grupo acilo de la posición 2 a la posición 1.
- Luego la hidrólisis del monoacilglicerol (MAG) se completa por acción de la Lipasa.



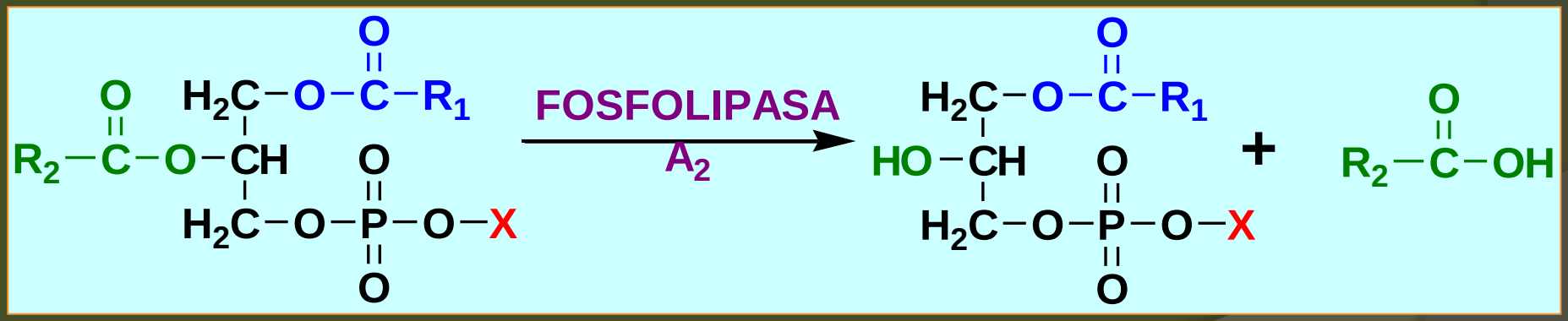
COLESTEROL ESTERASA

- Cataliza la hidrólisis de ésteres de colesterol con ácidos grasos.



FOSFOLIPASA A_2

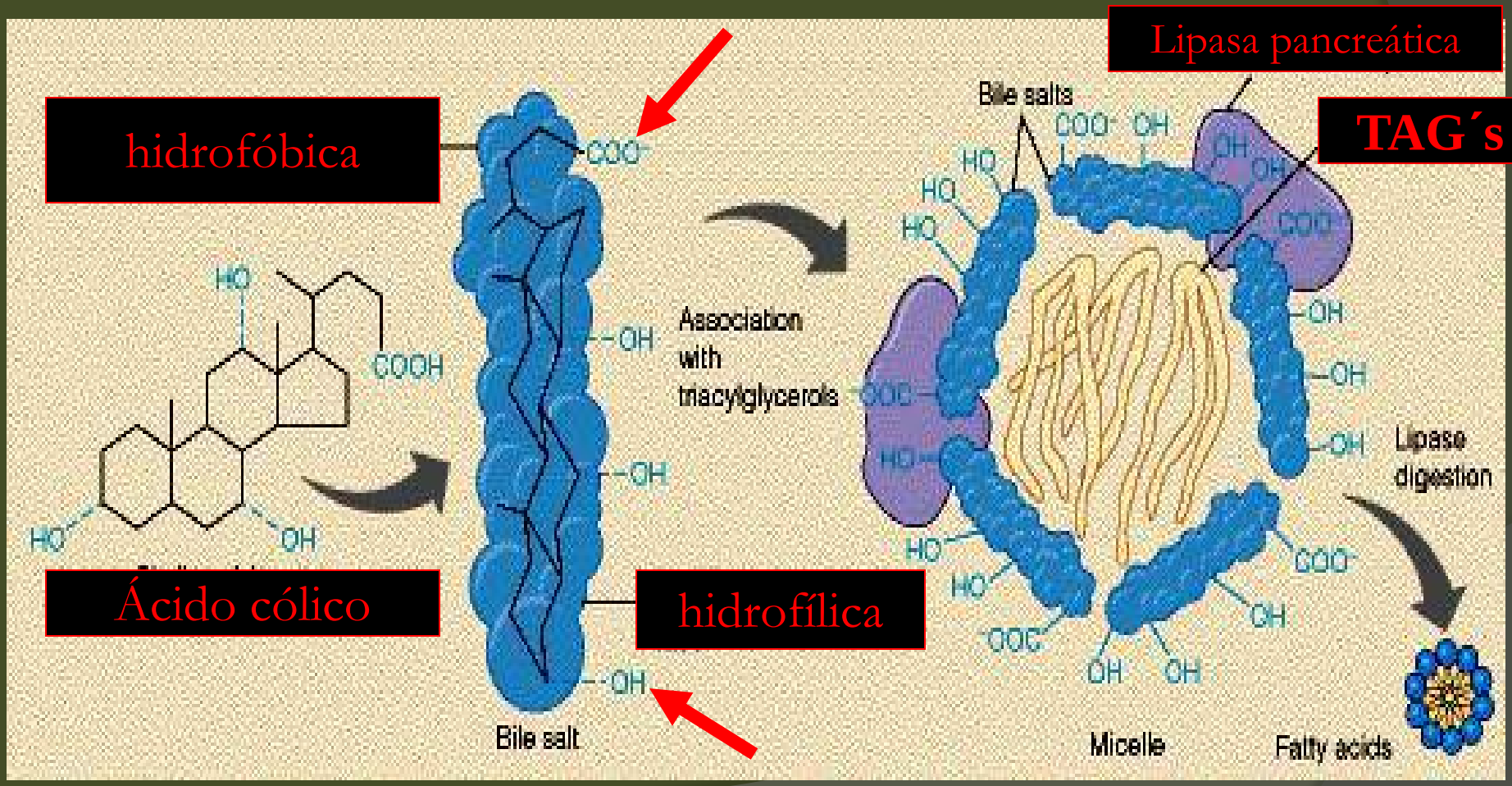
- Cataliza la hidrólisis del enlace éster que une el ácido graso al hidroxilo del carbono 2 del glicerol en los Glicerofosfolípidos.
- Se forma un ácido graso y lisofosfolípido

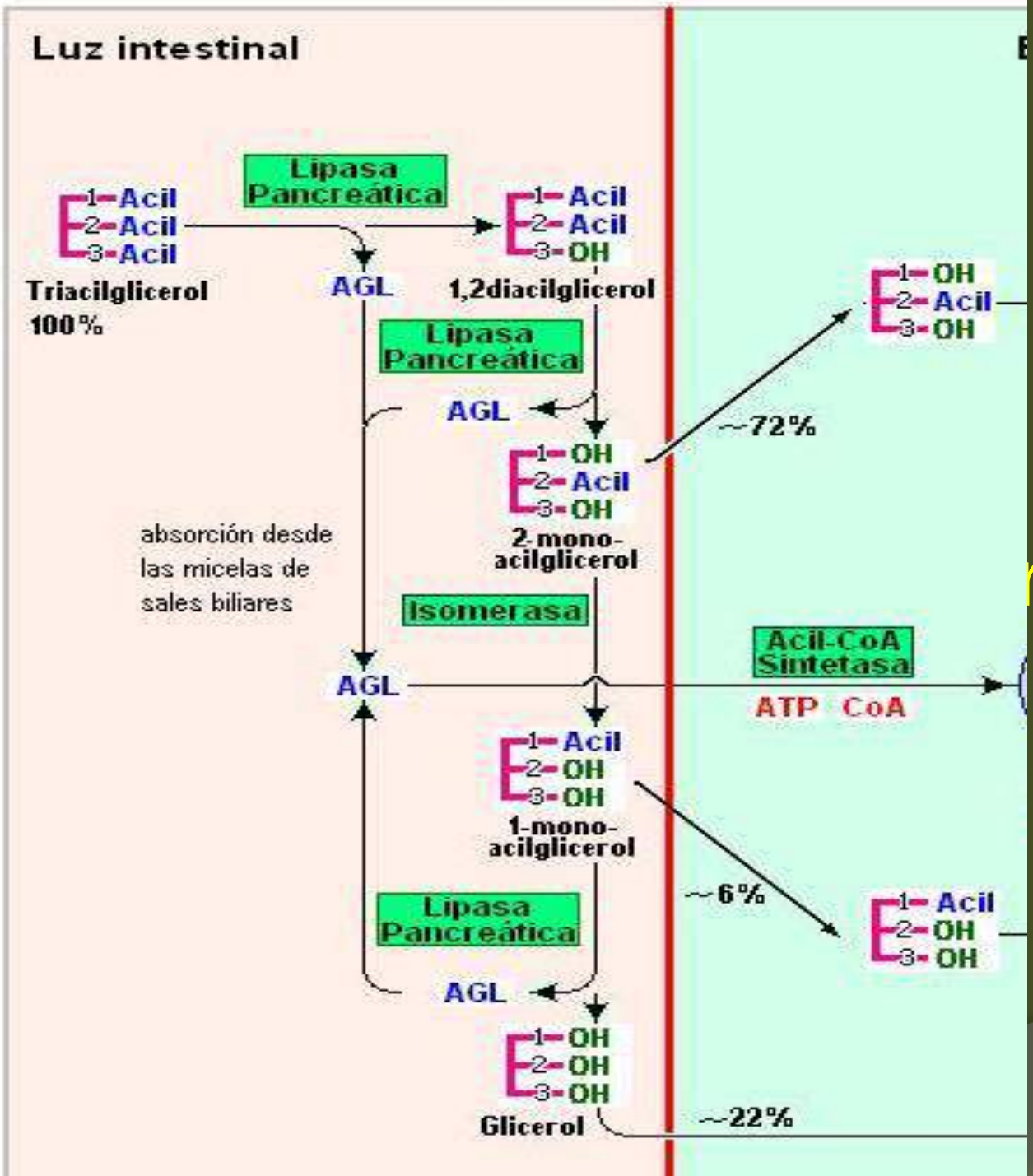


FUNCIÓN DE LOS ÁCIDOS BILIARES

- Aumentan la función de la Lipasa pancreática.
- Reducen la "Tensión Superficial" y con ello favorecen la formación de una EMULSIÓN de las grasas.
- Contribuyen a dispersar los lípidos en pequeñas partículas y por lo tanto hay mas superficie expuesta a la acción de la lipasa.
- Favorece la absorción de Vitaminas Liposolubles.

Ácidos biliares





igestión de
rasas

ABSORCIÓN

- Proceso mediante el cuál las sustancias resultantes de la digestión ingresan a la sangre mediante a través de membranas permeables (sust. de bajo PM) o por medio de transporte selectivo.

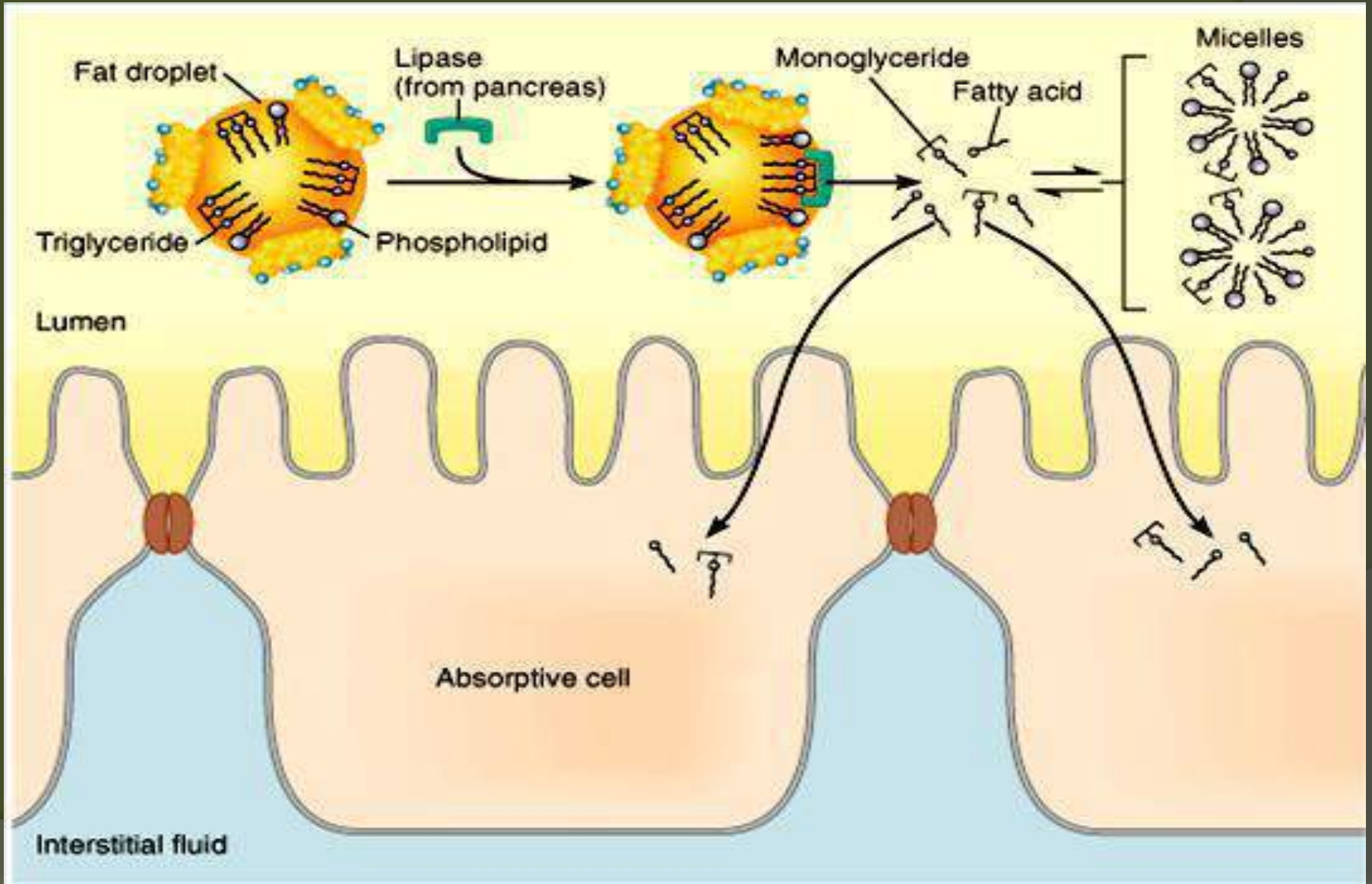
Absorción de Grasas

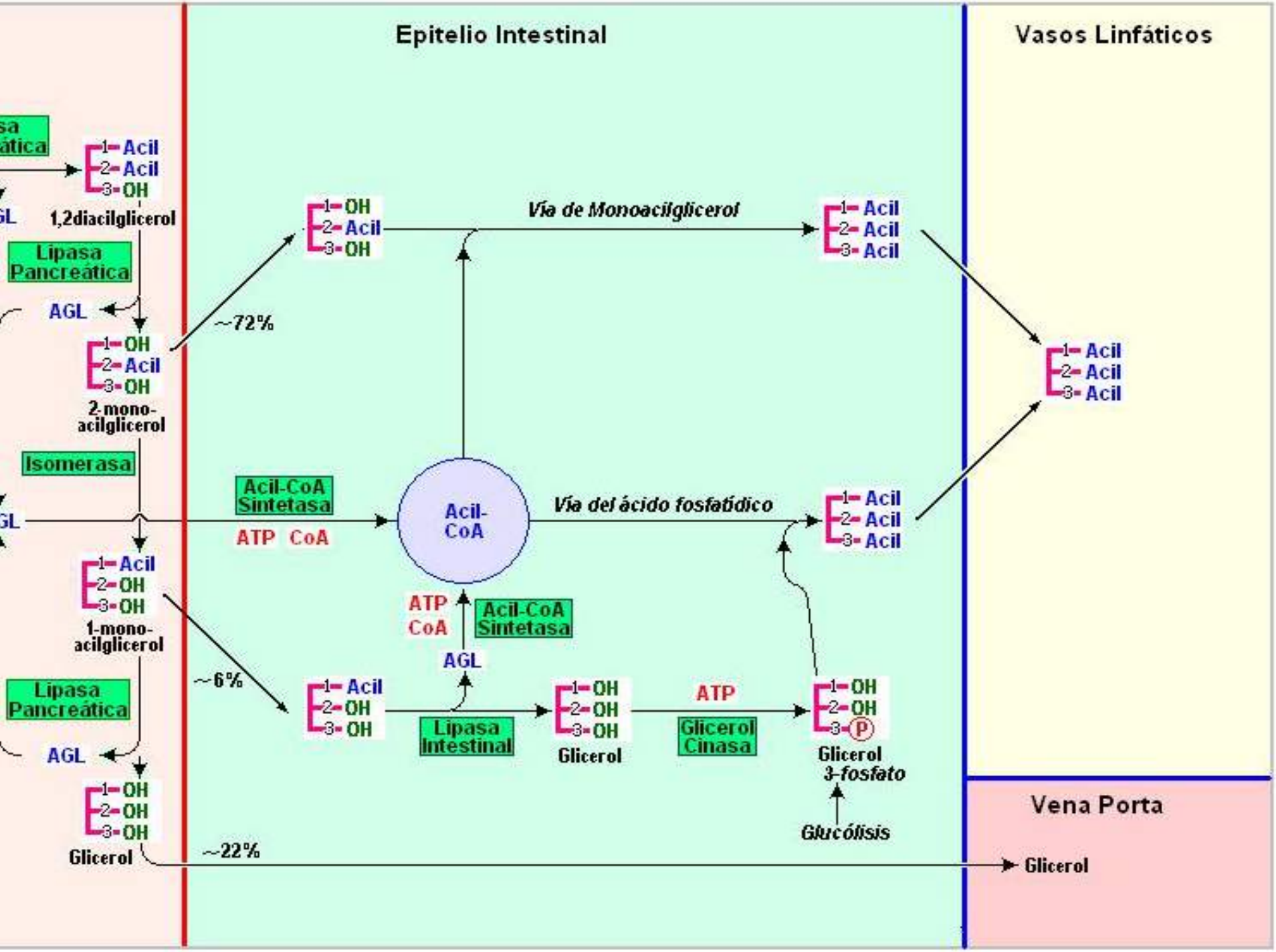
- La capacidad de absorber grasas, depende de la integridad del hígado y páncreas.
- Los ácidos biliares se combinan con los ácidos grasos, 2-mono-glicéridos, colesterol libre o esterificado y vitaminas liposolubles, para formar las micelas.
- **Absorción de TAG en borde en cepillo del epitelio intestinal (90%)**
- La falta de eficiencia en este proceso, provoca *esteatorrea*.

ABSORCIÓN DE LÍPIDOS

- Forma en que se absorben.
  - 2 MAG (72%)
  - GLICEROL (22%)
  - ACIDOS GRASOS LIBRES
  - 1 MAG (6%)
- Se absorben en el intestino delgado
- En las células intestinales se sintetizan nuevamente los TAG.
- Absorción del Colesterol: se absorbe en el intestino y luego se incorpora a los QUILOMICRONES como tal o como ésteres con AG.

Absorción lípidos




Epitelio Intestinal
Vasos Linfáticos
Vena Porta
1-Acil
2-Acil
3-OH
1,2diacilglicerol
Lipasa Pancreática
AGL
1-OH
2-Acil
3-OH
2-mono-acilglicerol
Isomerasa
1-Acil
2-OH
3-OH
1-mono-acilglicerol
Lipasa Pancreática
AGL
1-OH
2-OH
3-OH
Glicerol
~72%
~6%
~22%
1-OH
2-Acil
3-OH
Vía de Monoacilglicerol
1-Acil
2-Acil
3-Acil
Acil-CoA Sintetasa
ATP CoA
Acil-CoA
Vía del ácido fosfatídico
1-Acil
2-Acil
3-Acil
ATP
CoA
Acil-CoA Sintetasa
AGL
1-Acil
2-OH
3-OH
Lipasa Intestinal
1-OH
2-OH
3-OH
Glicerol
ATP
Glicerol Cinasa
1-OH
2-OH
3-P
Glicerol 3-fosfato
Glucólisis
1-Acil
2-Acil
3-Acil
Glicerol

Digestión y absorción

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Dietary fat

Bile salts

Emulsion of triacylglycerol

Pancreatic lipase

2 Fatty acids

Monoacyl-glycerol

Intestinal lumen

2 Fatty acids

2 CoA

Monoacyl-glycerol

2 Fatty acyl-CoA

Enterocyte cells of intestinal wall

Triacylglycerol

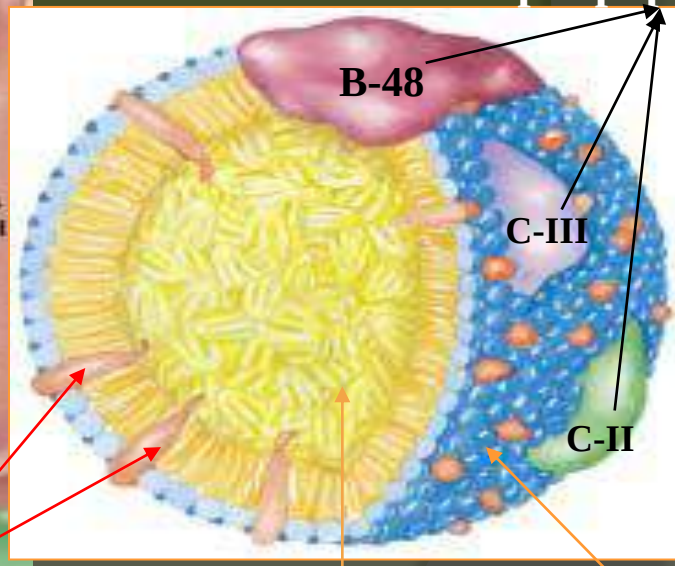
Chylomicrons

Protein

Chylomicrons

Lymph duct

Quilomicrón

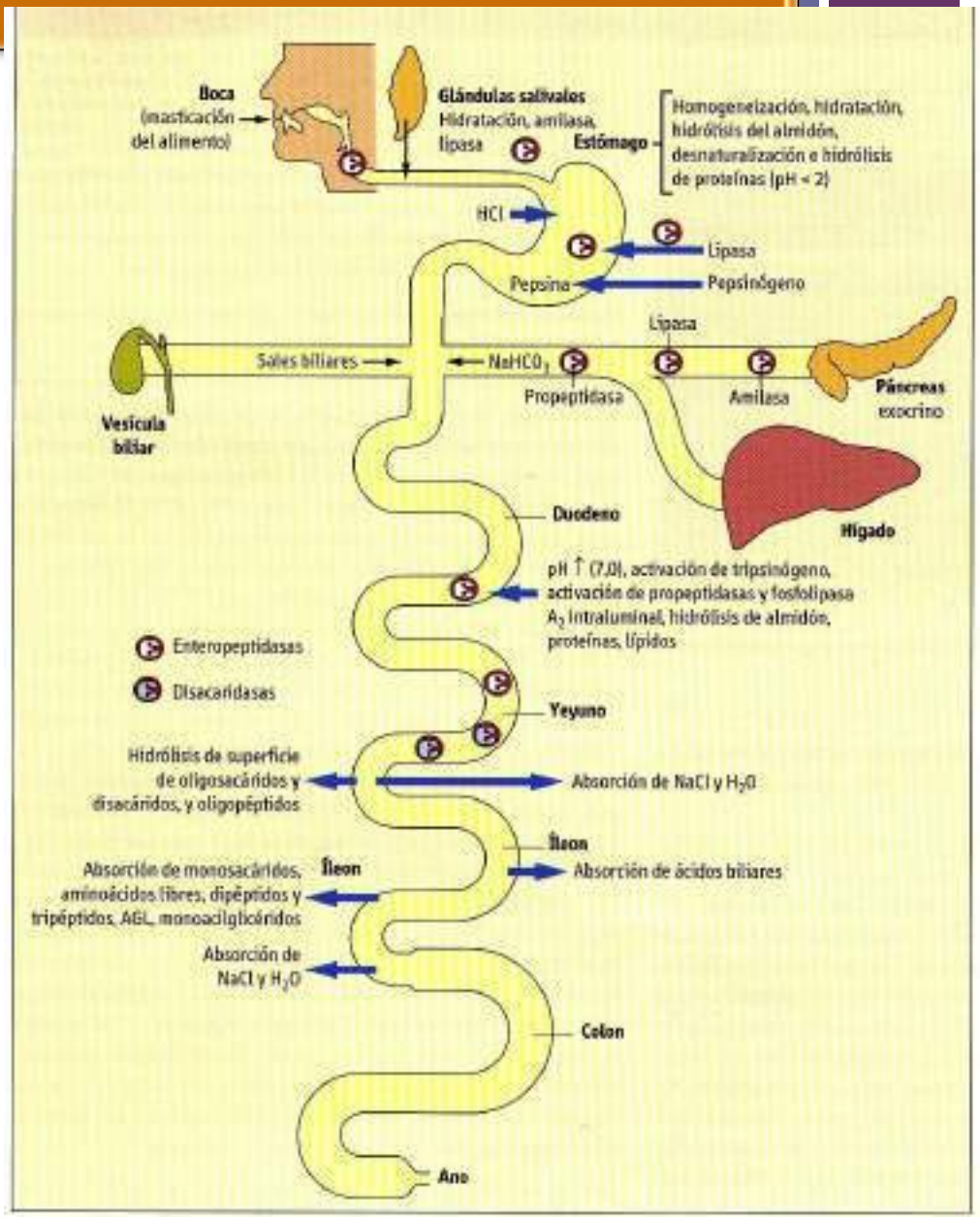


Colesterol

Triacilgliceroles y ésto

Digestión y absorción

- Dieta
- Endógenas
  - Secretadas dentro del intestino (enzimas)
  - Recambio celular.
- Digestión
  - Fase gástrica
  - Fase pancreática
  - Fase intestinal



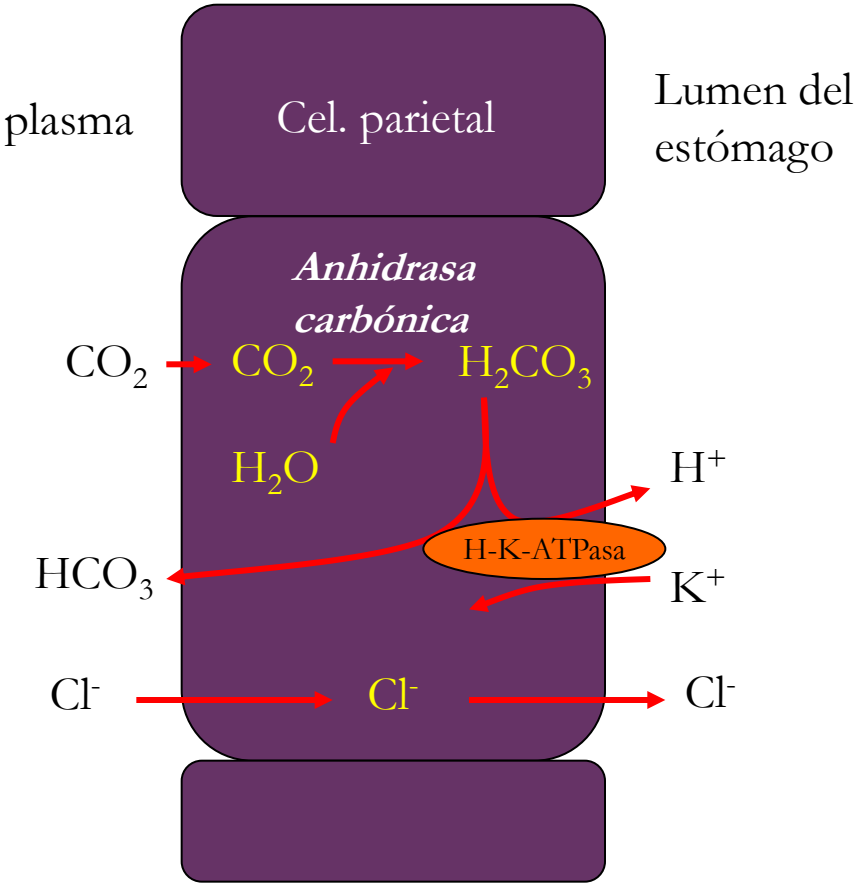
Estómago

- Células parietales (oxínticas): HCL

  Factor intrínseco

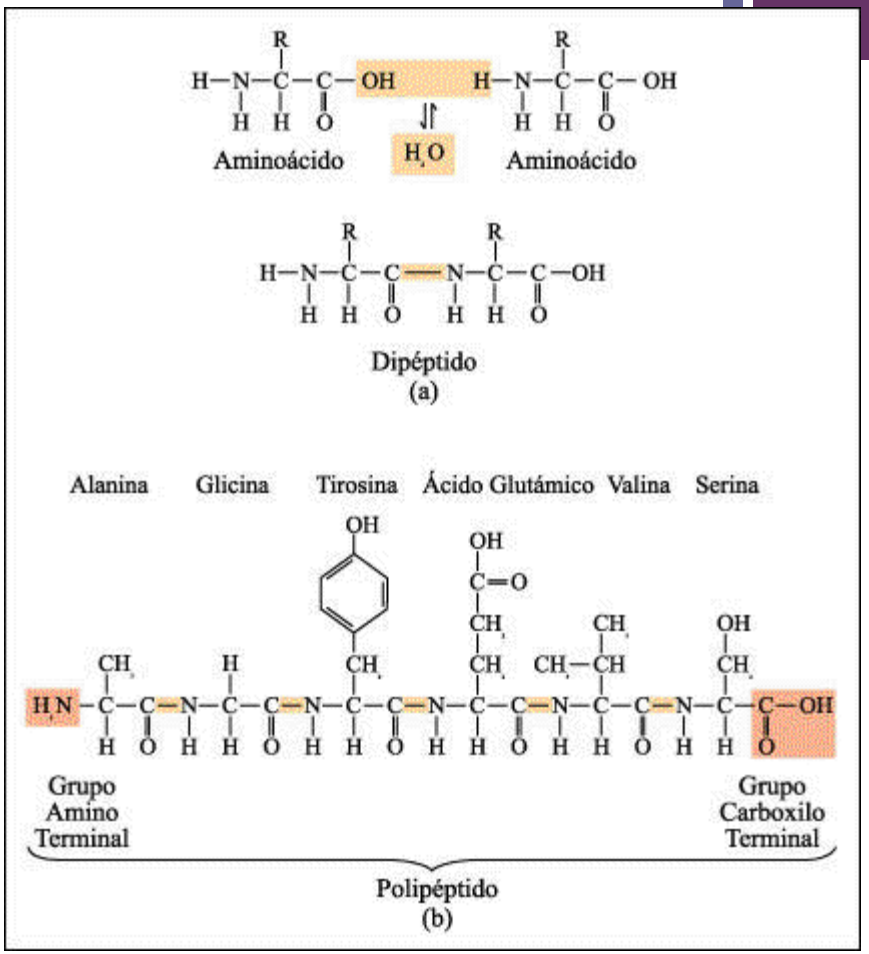
- Desnaturalización de las Proteínas(destrucción de estructura secundaria y terciaria)

- Destrucción microorganismos



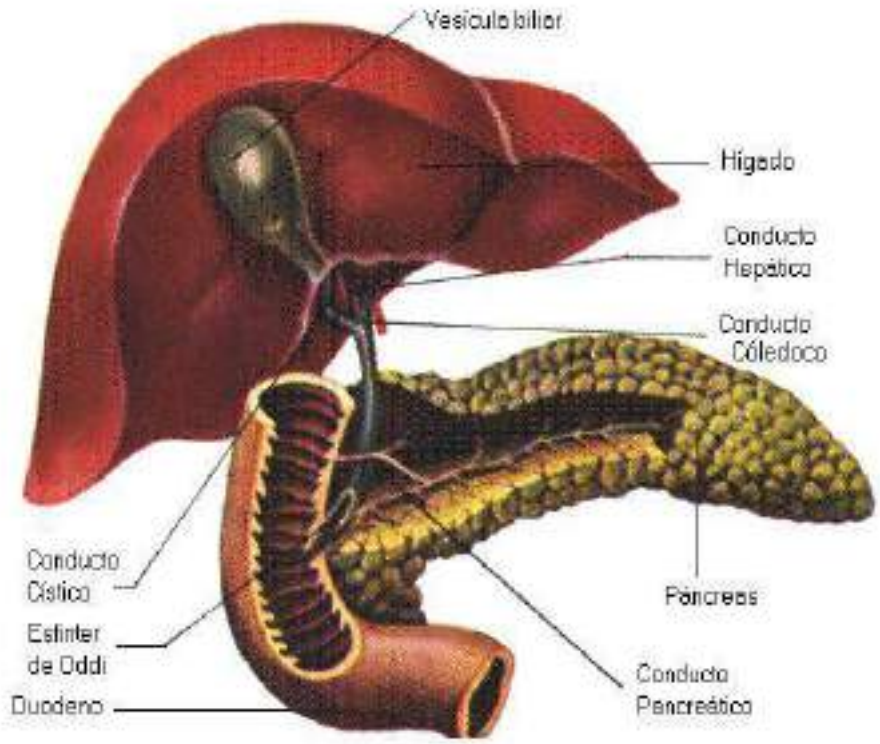
Estómago

- Pepsina:
  - Células Fondo: Pepsinógeno A: HCL
  - Células Píloro: Pepsinógeno B: pH 1-2 y autoactivación
  - Pepsinógeno (cimógeno)
  - Endopeptidasa (hidroliza enlaces peptídicos internos de la estructura)



Secreción pancreática

- pH: 7.5 – 8.0
- Zimógenos:
  - Tripsinogeno
  - Quimotripsinogeno
  - Proelastasa
  - Procarboxipeptidasa

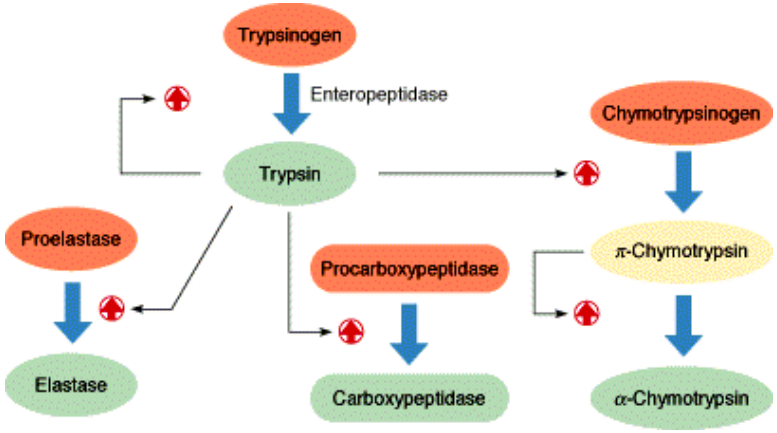


Secreción pancreática

Endopeptidasas:

Activación: enteropeptidasa duodenal.

- Tripsina: residios de lisina y aa aromáticos
- Quimotripsina: enlaces peptídicos de aá sin carga (aromáticos)
- Elastasa: aa hidrofóbicos de menor tamaño.

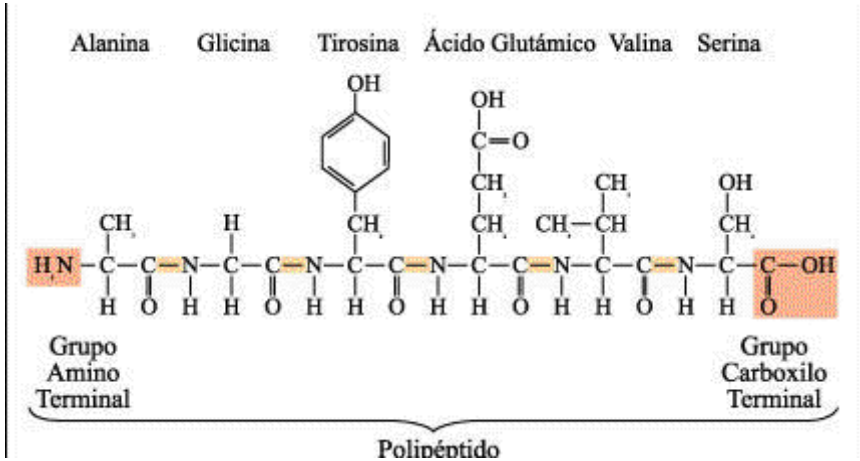


Secreción pancreática

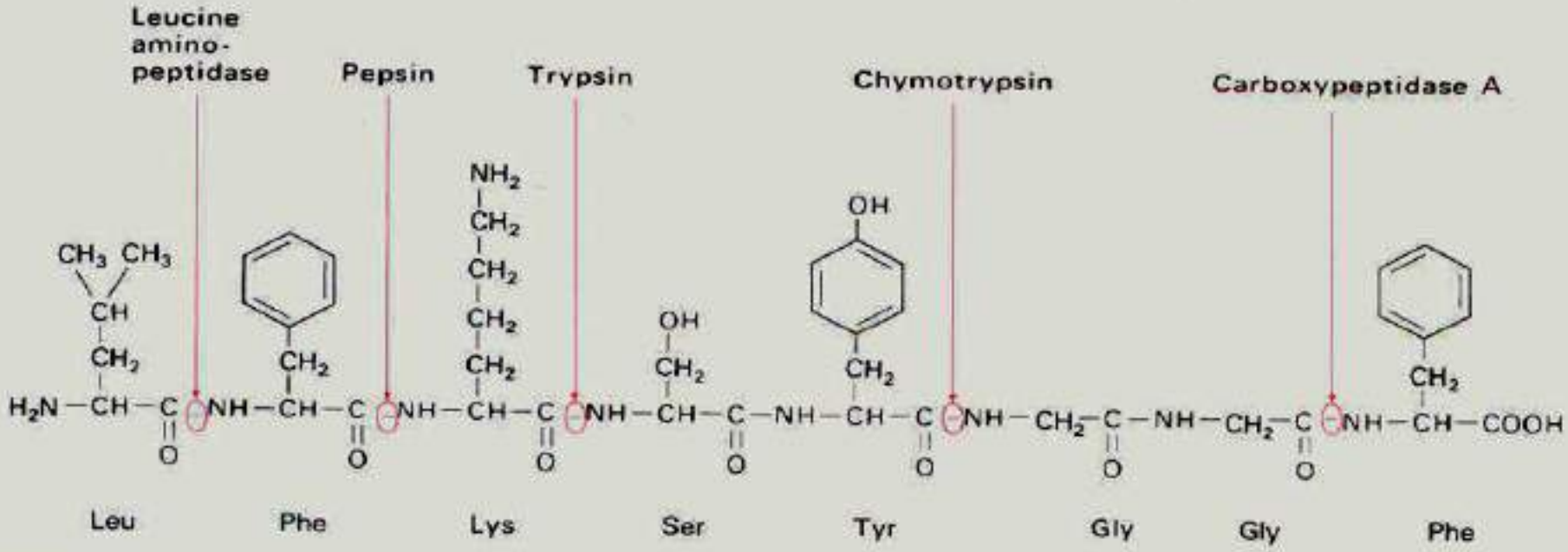
Exopeptidasa

- Carboxipeptidasa:

  enlaces carboxi-terminal



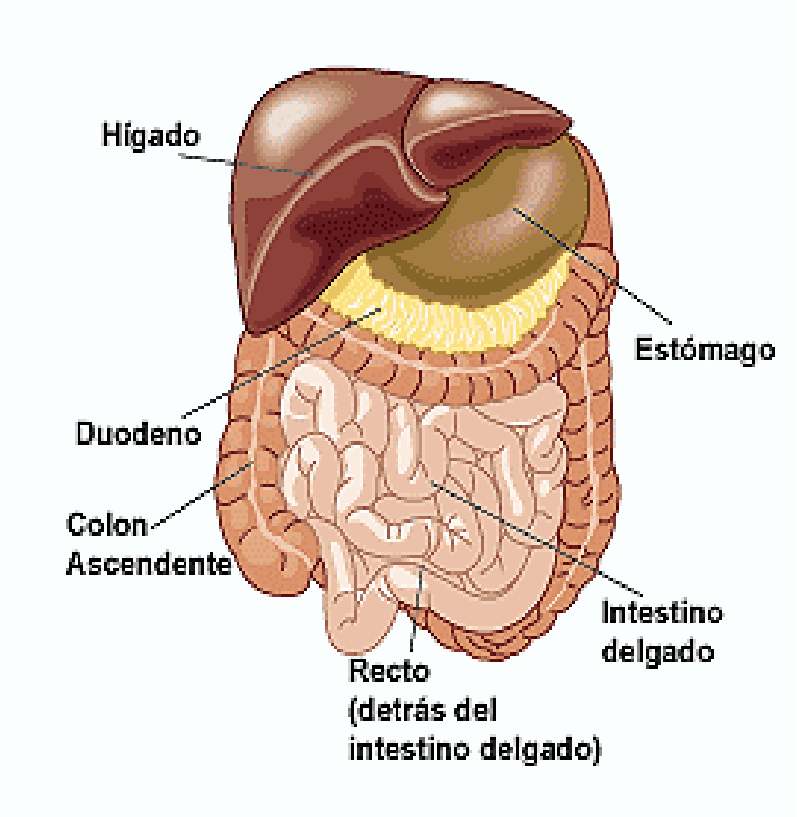
Enzyme	Secreted by	Precursor	Converted to active enzyme by
Pepsin	Stomach	Pepsinogen	HCl
Trypsin	Pancreas	Trypsinogen	Enterokinase
Chymotrypsin	Pancreas	Chymotrypsinogen	Trypsin



Alternative residues that permit enzyme action	Leu Tyr	Arg		Phe			Neutral amino acids

Intestino

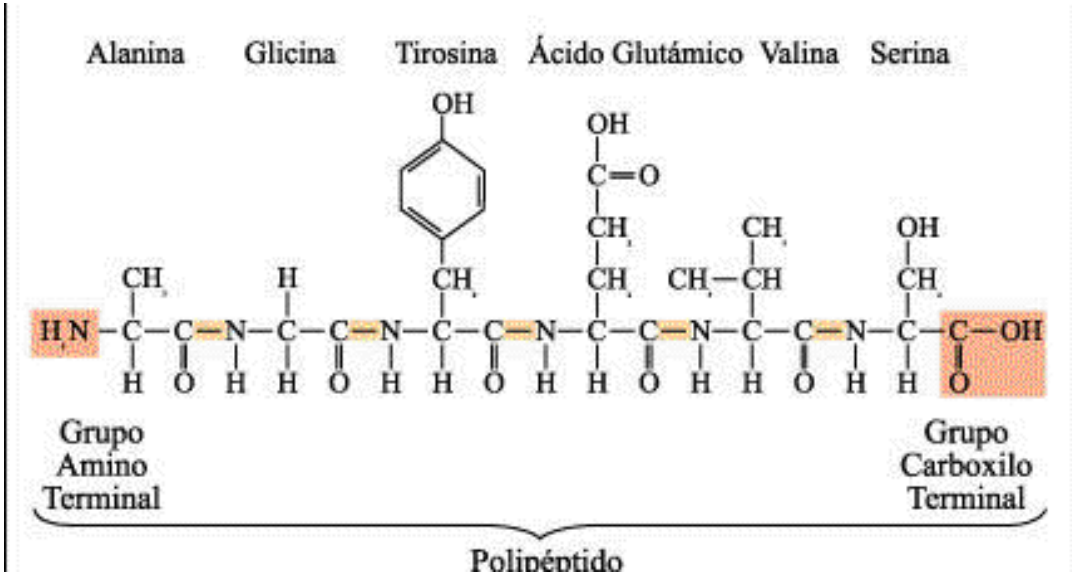
- Secreciones intestinales:
  - Secretada por las glándulas de Brunner y de Lieberkuhn

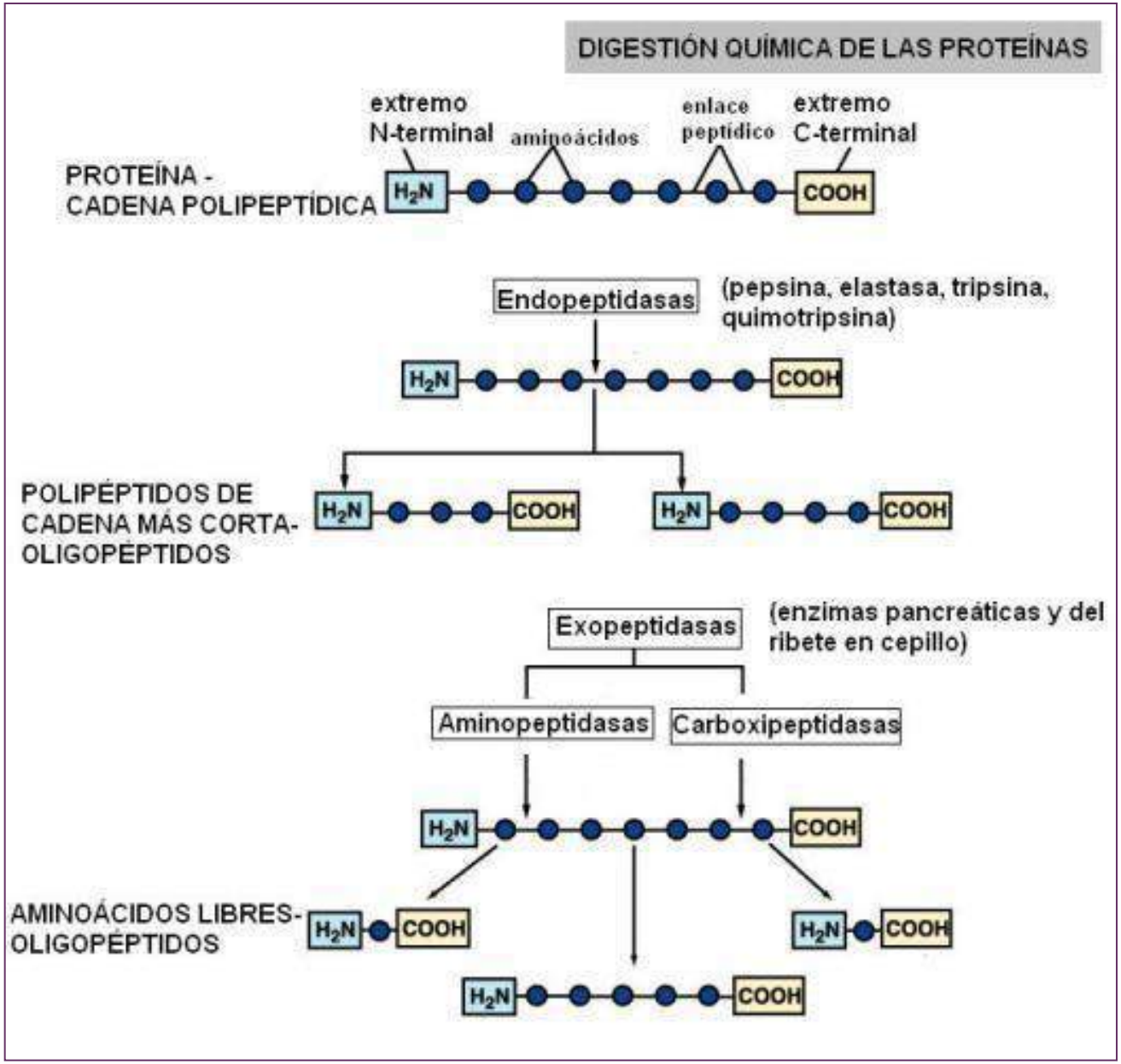


Intestino

Enzimas:

- Aminopeptidasa: enlaces N-terminal (exopeptidasa)
- Dipeptidasas




DIGESTIÓN QUÍMICA DE LAS PROTEÍNAS
extremo N-terminal
aminoácidos
enlace peptídico
extremo C-terminal
PROTEÍNA - CADENA POLIPEPTÍDICA
H2N
COOH
Endopeptidasas
(pepsina, elastasa, tripsina, quimotripsina)
POLIPÉPTIDOS DE CADENA MÁS CORTA- OLIGOPÉPTIDOS
Exopeptidasas
(enzimas pancreáticas y del ribete en cepillo)
Aminopeptidasas
Carboxipeptidasas
AMINOÁCIDOS LIBRES- OLIGOPÉPTIDOS

Proteasas digestivas

Enzima	Proenzima	Lugar de síntesis	Activador	Enlace
Pepsina	Pepsinógeno	Mucosa gástrica	HCl, autoacti-vación	Endopep Tir, Len, Leu
Tripsina	Tripsinógeno	Páncreas	Enteropep-tidasa tripsina	Endo Arg, Lis
Quimo-tripsina	Quimotripsi-nógeno	Páncreas	Enteropep-tidasa - tripsina	Endopep Tir, Fen, trp, met, leu

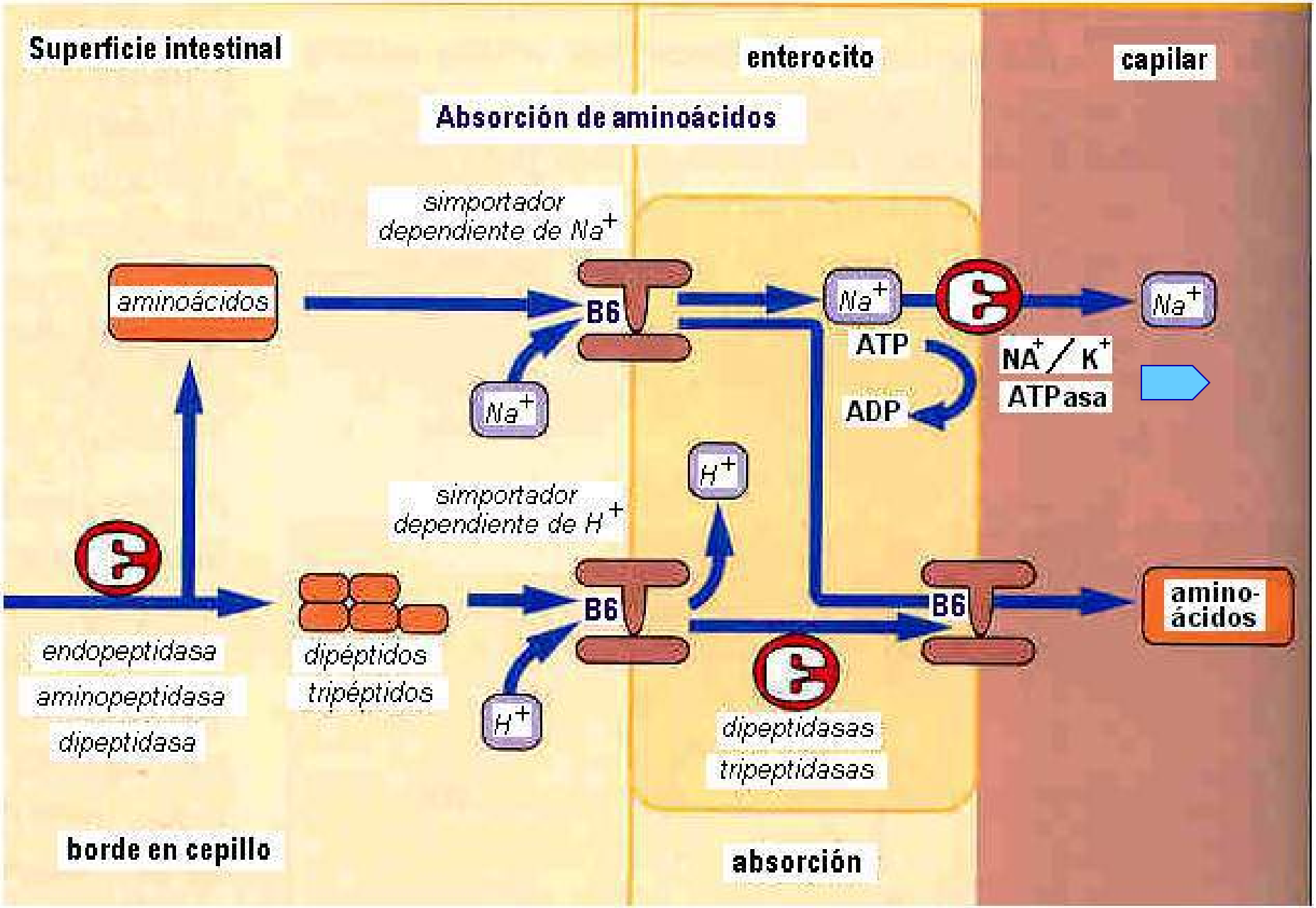
Proteasas digestivas

Enzima	Proenzima	Lugar de síntesis	Activador	Enlace
Elastasa	Proelastasa	Páncreas	Tripsina	Endopep Neutros
Carboxi-peptidasa A	Procarboxi-peptidasa A	Páncreas	Tripsina	Todos excepto los básicos
Carboxi-peptidasa B	Procarboxi-peptidasa B	Páncreas	Tripsina	Exopep-tidasa Arg, Lis
Amino-peptidasa	---------	Mucosa intestinal	----------	Endopep-tidasa

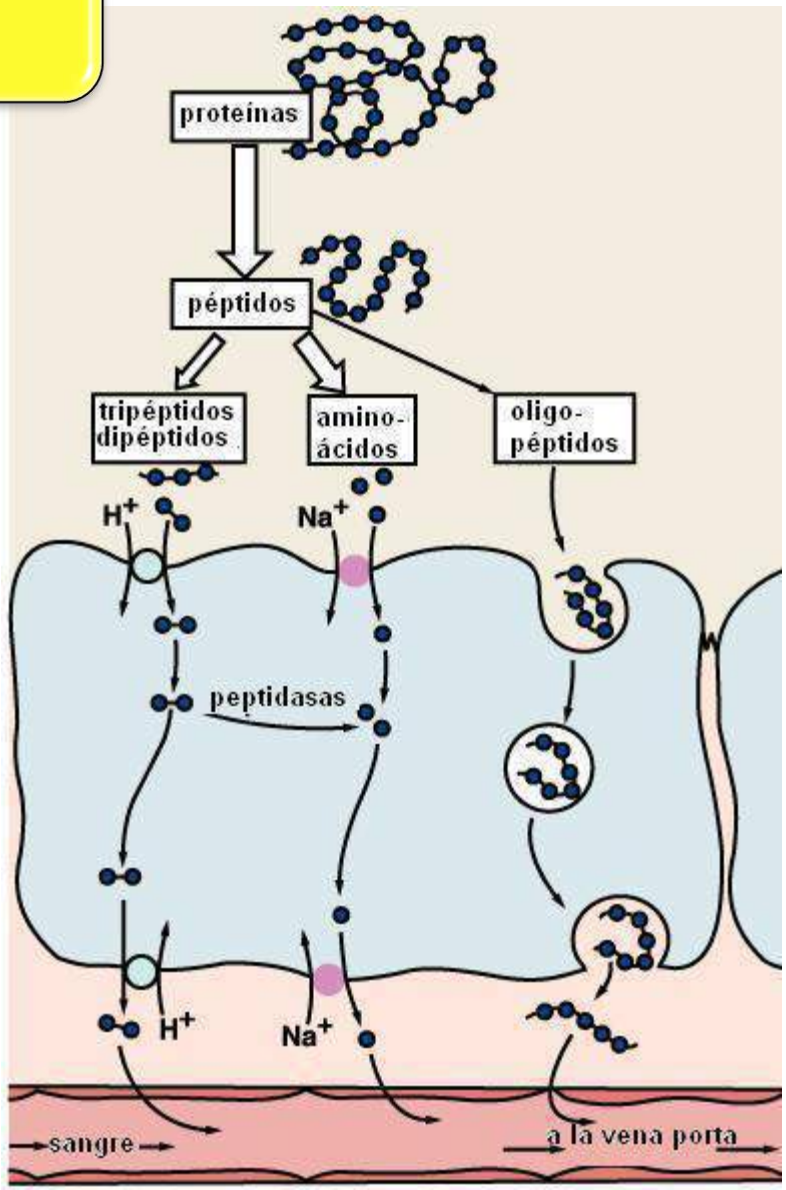
Absorción

- Captación de aminoácidos desde la luz intestinal:
- Simporte dependiente de Na
- Simporte dependiente de H

- Simporte de aa de cadena corta o polares (ser, thr, ala)
- Simporte de aa de cadena aromáticas o hidrófobas (phe, tyr,met, val, leu, ileu)
- Simporte de iminoácidos (pro, OH-pro)
- Simporte de aa básicos (lys, arg, cys)
- Simporte de aa acidos(asp, glu)
- Simporte de β-aa (β-ala, Tau)


Superficie intestinal
enterocito
capilar
Absorción de aminoácidos
simportador dependiente de Na+
aminoácidos
B6
Na+
ATP
ADP
NA+ / K+
ATPasa
Na+
Na+
H+
simportador dependiente de H+
B6
B6
amino-ácidos
endopeptidasa
aminopeptidasa
dipeptidasa
dipéptidos
tripéptidos
H+
dipeptidasas
tripeptidasas
borde en cepillo
absorción

Absorción


proteínas
péptidos
tripéptidos
dipéptidos
amino-
ácidos
oligo-
péptidos
H+
Na+
peptidasas
H+
Na+
sangre
a la vena porta