

Universidad de los Andes
FISIOLOGIA para MEDICINA

FISIOLOGÍA DEL APARATO DIGESTIVO

2011

Ximena Páez

MUY IMPORTANTE:

Este material **NO** sustituye
el uso de los libros para el
estudio de la fisiología

FUENTES

- *Ganong's Review of Medical Physiology*. 23^{er}. Ed. K.E. Barrett, S.M. Barman, S. Boitano, H.L. Brooks Eds. Lange, **2010**.
- Silbernagl S. Despopoulos. *Fisiología. Texto y Atlas* 7^{ima} Ed. Editorial Médica Panamericana, **2009**.
- Fox S.I. *Human Physiology*. 10th edition. McGraw-Hill, New York, **2008**.
- Costanzo L.S. *Physiology*. 3^{er} Ed. Saunders Elsevier, **2006**.
- K. M. Barrett. *Gastrointestinal Physiology*. Lange Physiology Series. McGraw-Hill, **2006**.
- A.C. Guyton, J.E Hall. *Textbook of Medical Physiology*. 10th Edition W.B. Saunders Co., Philadelphia, **2000**.
- M. Gershon. *The Enteric Nervous System: a Second Brain*. Hospital Practice. **1999**.
- L. Wilson-Pauwels, P.A. Stewart, E.J. Akesson. *Autonomic Nerves*. B.C. Decker Inc. Hamilton, **1997**.
- R.A. Bowen. Biomedical Sciences. *Digestive System*. Colorado State University, **2006**. Disponible en: <http://arbl.cvmb.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/index.html>
- *Advanced Physiology*. Berkeley University. **2006**. Disponible en: <http://mcb.berkeley.edu/courses/mcb136>
- *The Inner Tube of Life*. Special Collection Science 307: 1914 **2005** [DOI: 10.1126/science.307.5717.1914a]. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/sci;307/5717/1895>

Fisiología del Aparato Digestivo

- Generalidades de la función digestiva
- Control neural de la función digestiva
- Boca-esófago, estómago
- Control humoral de la función digestiva
- Hígado, páncreas
- Intestino delgado

• Digestión

- Absorción nutrientes
- Absorción de agua, electrolitos y vitaminas
- Colon

TEMA 9

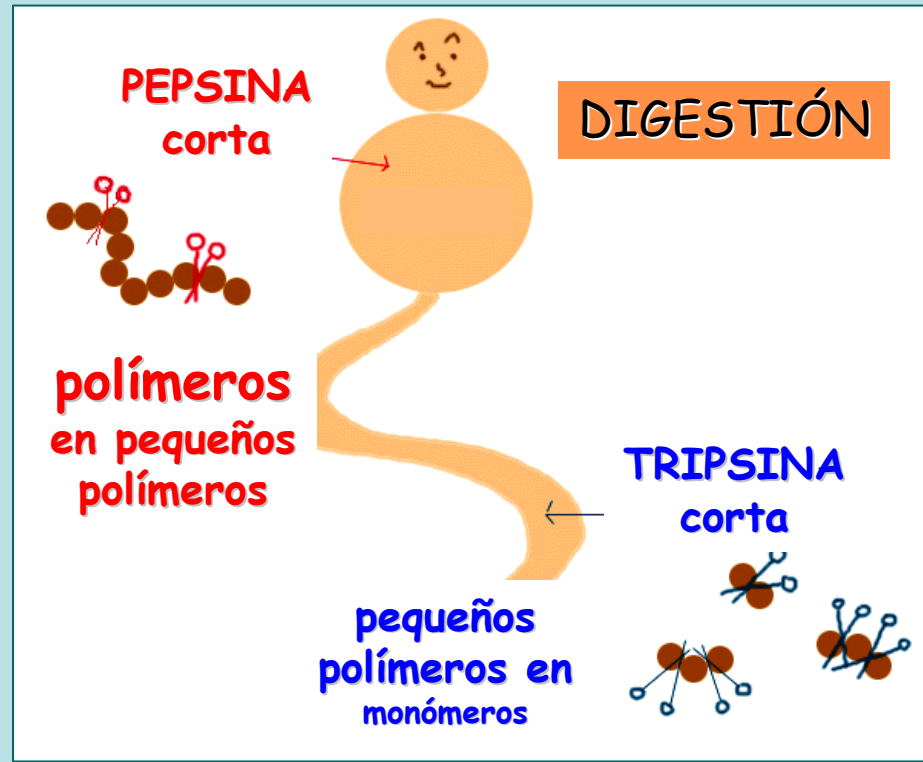
I. DIGESTIÓN

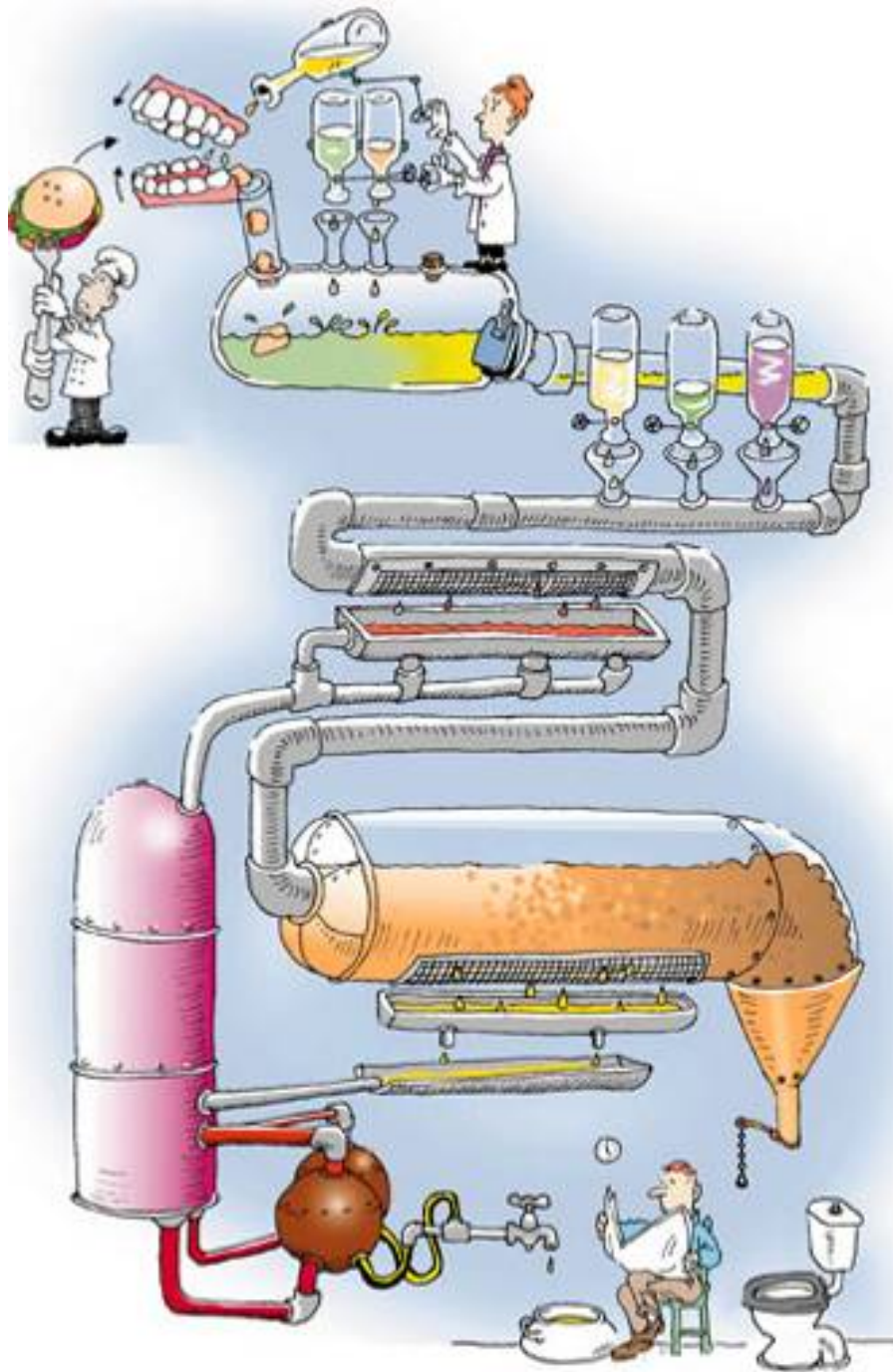
II. D. CARBOHIDRATOS

III. D. PROTEÍNAS

IV. D. GRASAS

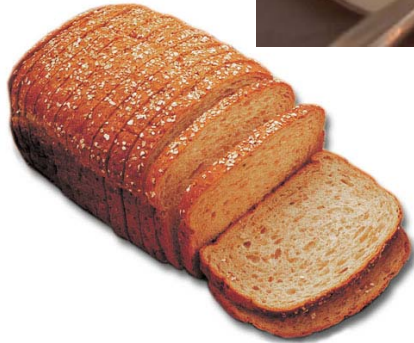
V. D. ÁCIDOS NUCLÉICOS





I. DIGESTIÓN

- Química de alimentos
- Concepto digestión
- Jugos digestivos



¿QUE
es lo que vamos
a DIGERIR?



I. DIGESTIÓN

Química de alimentos

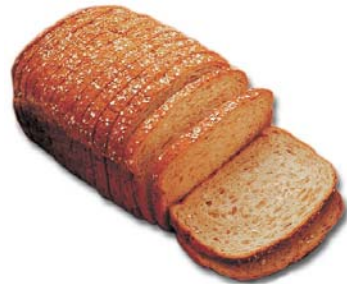
DIETA
Macromoléculas complejas



DESDOBLADAS
Micromoléculas simples



ABSORBIDAS



I. DIGESTIÓN

Química de alimentos

¿CUÁLES son esas grandes moléculas?

CARBOHIDRATOS
63%

Los más abundantes

Grandes polímeros
Almidones
Celulosa

Pequeños azúcares
Lactosa
Sacarosa

PROTEÍNAS
12%

Polímeros de AA
Glico y lipoproteínas

Polipéptidos cadena
corta 3-10 AA



GRASAS
25%

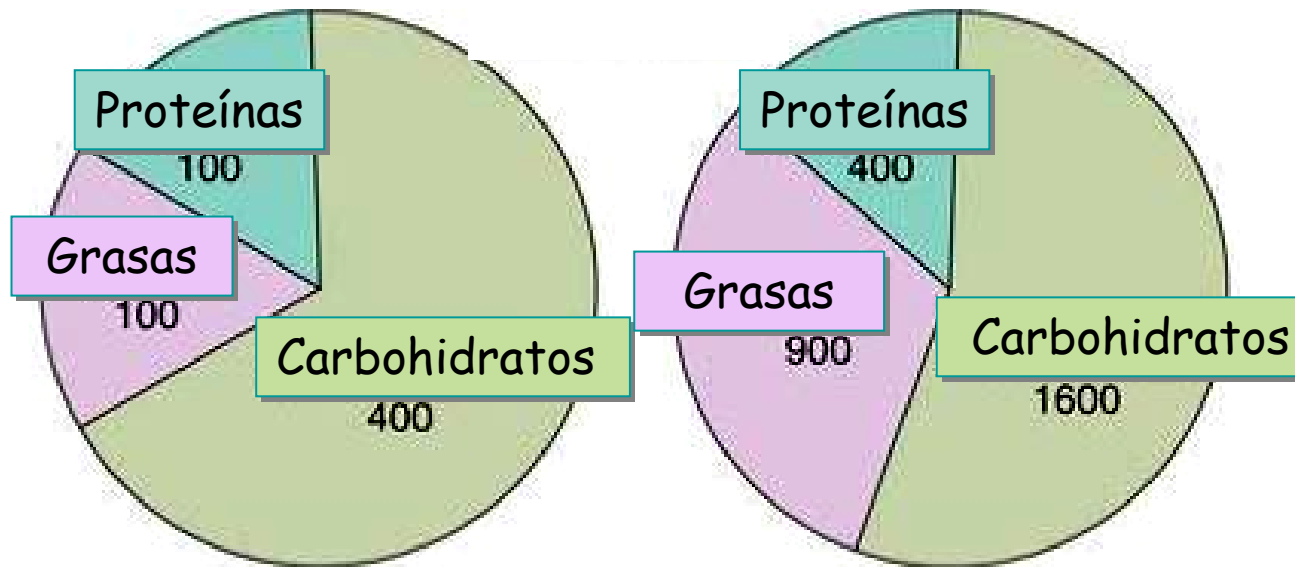
TG o grasas neutras
Ésteres del colesterol
Fosfolípidos



I. DIGESTIÓN

Química de alimentos

MACRONUTRIENTES



Gramos/día

Kilocalorías/día

1 gr
proteína = 4 kcal
CH = 4 kcal
grasa = 9 kcal

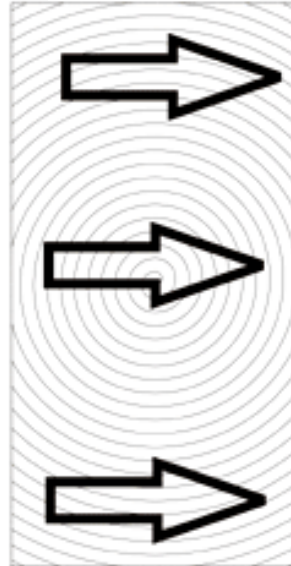
MICRONUTRIENTES

Vitaminas, minerales, microelementos (μg a mg)

I. DIGESTIÓN

Concepto

¿QUÉ es DIGESTIÓN?



I. DIGESTIÓN

Concepto

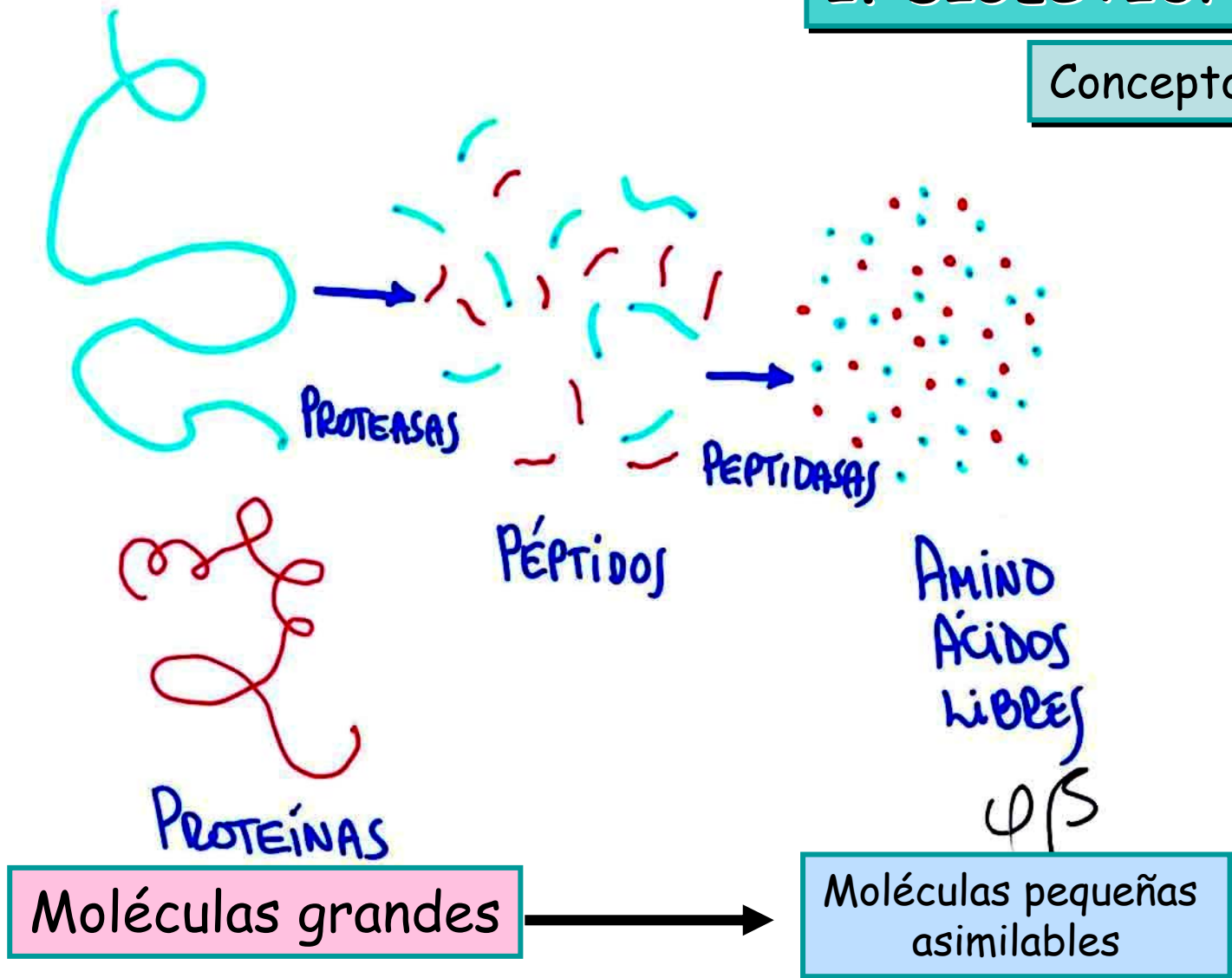
DIGESTIÓN

- Pasar moléculas **GRANDES** a moléculas **PEQUEÑAS** de sustancias diferentes
- Preparar los **NUTRIENTES** haciéndolos pequeños para que se puedan **ABSORBER**



I. DIGESTIÓN

Concepto



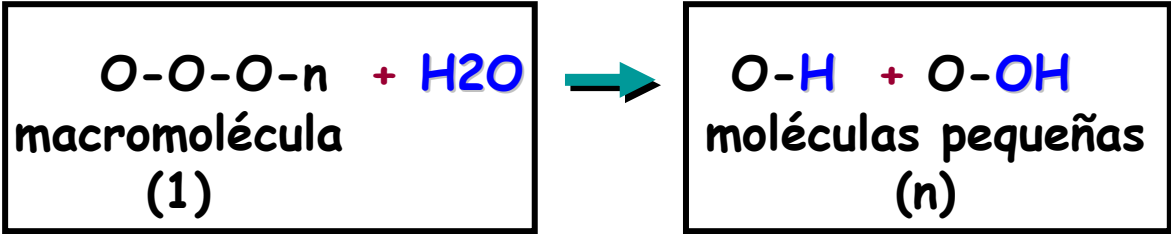


I. DIGESTIÓN

Concepto

¿CÓMO ocurre esto?

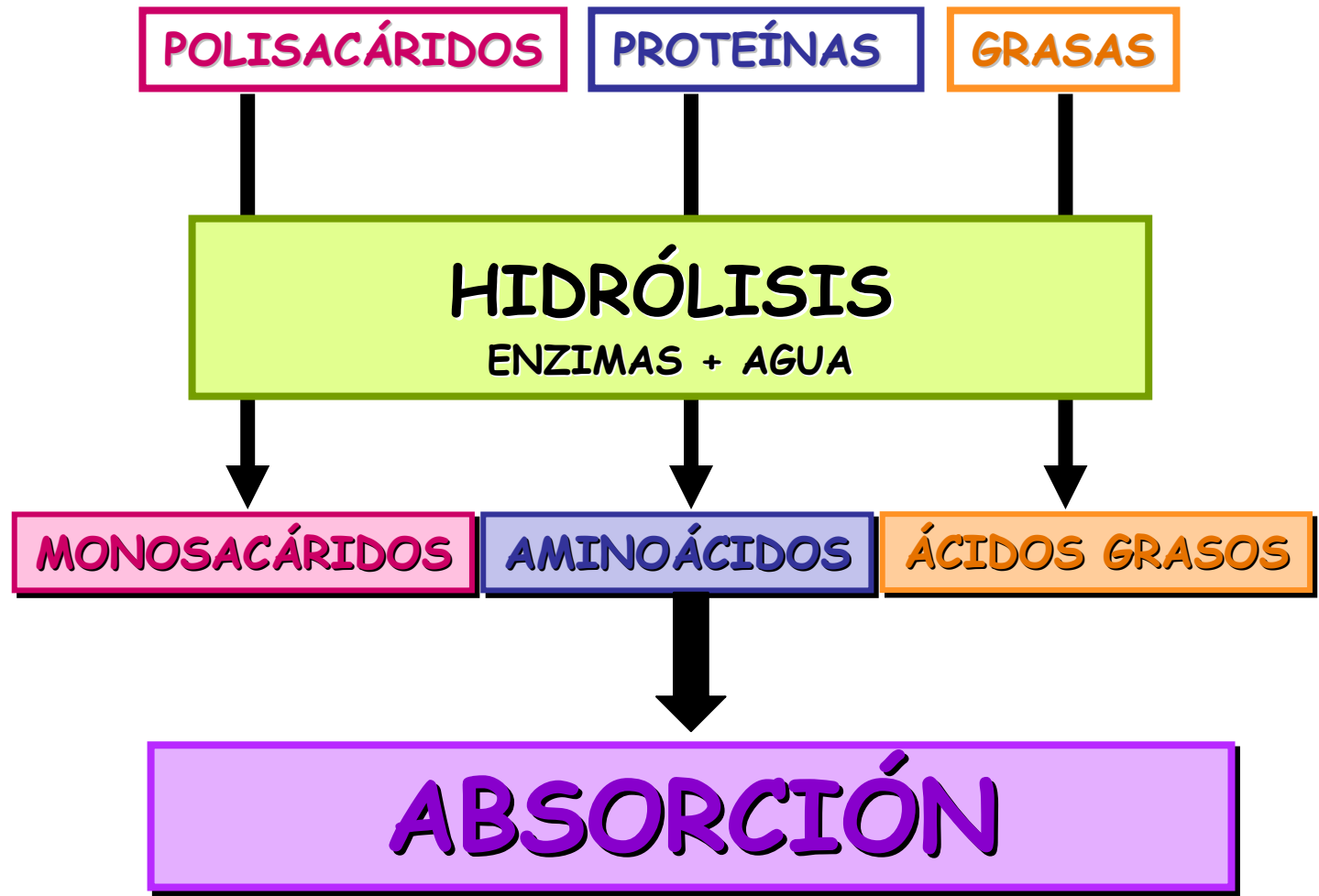
HIDRÓLISIS
Reacción química con aporte de AGUA que se incorpora a la macromolécula rompiéndola en moléculas más pequeñas





I. DIGESTIÓN

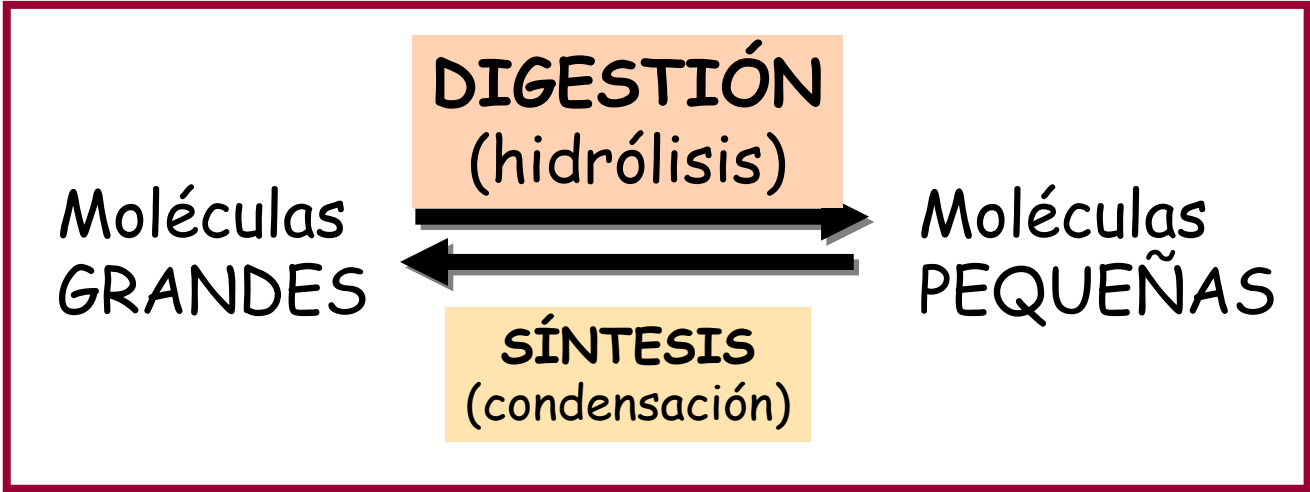
Concepto





I. DIGESTIÓN

Hidrólisis

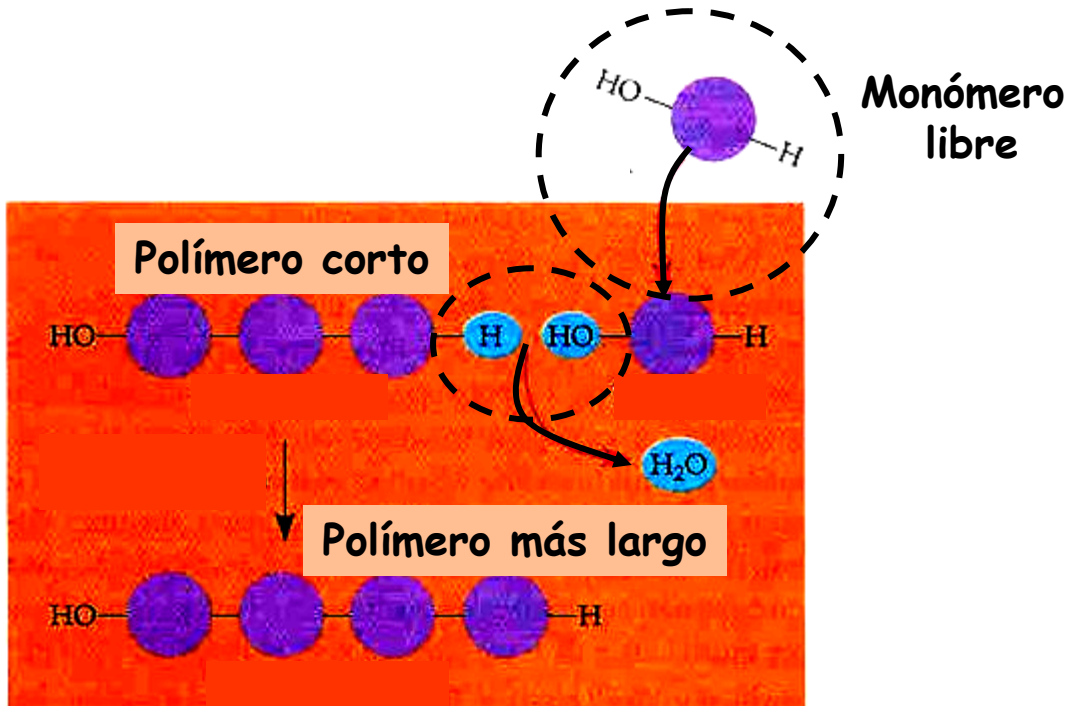


I. DIGESTIÓN

Hidrólisis

SÍNTESIS DE UN POLÍMERO

Condensación

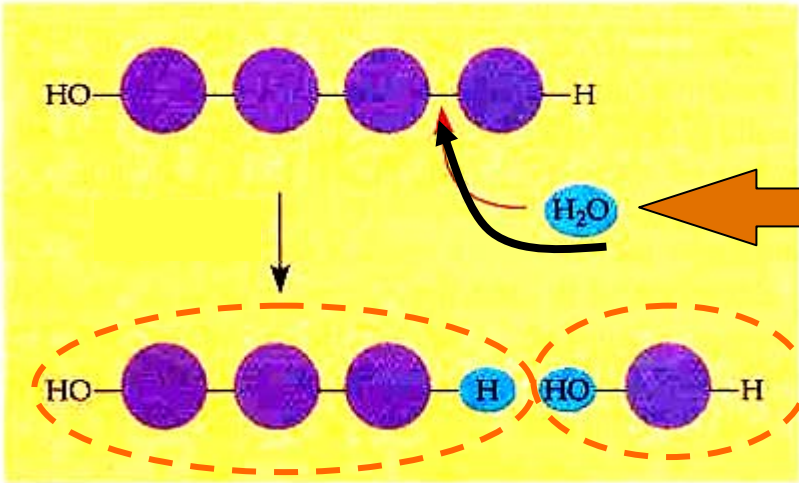


I. DIGESTIÓN

Hidrólisis

DIGESTIÓN DE UN POLÍMERO

Hidrólisis



I. DIGESTIÓN

Hidrólisis



HIDRÓLISIS

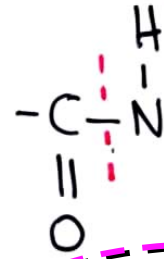
Aporte de agua y
separación de la molécula
por acción ENZIMÁTICA
específica



DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENLACE PEPTÍDICO

ENZIMA

PEPTIDASAS

PRODUCTOS FINALES

AMINOÁCIDOS

I. DIGESTIÓN

Hidrólisis

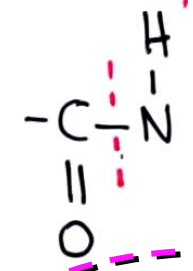


I. DIGESTIÓN

DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENZIMA

PEPTIDASAS

PRODUCTOS FINALES

AMINOÁCIDOS

Hidrólisis

ENLACE PEPTÍDICO

• **CARBOHIDRATOS**

α β



α AMILASAS

MONOSACÁRIDOS

ENLACE GLUCOSÍDICO

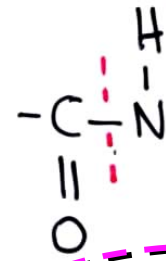


I. DIGESTIÓN

DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENZIMA

PEPTIDASAS

PRODUCTOS FINALES

AMINOÁCIDOS

Hidrólisis

ENLACE PEPTÍDICO

• **CARBOHIDRATOS**

αβ



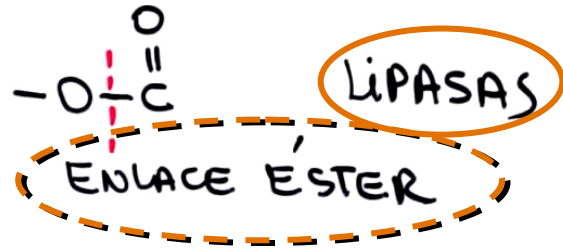
α AMILASAS

MONOSACÁRIDOS

ENLACE GLUCOSÍDICO

• **GRASAS**

αβ



LIPASAS

ÁCIDOS GRASOS

ENLACE ÉSTER

I. DIGESTIÓN

¿Dónde están las enzimas digestivas?

ENZIMAS DIGESTIVAS

- Jugos Digestivos
- Membrana apical enterocitos
- Citoplasma enterocitos



ENZIMÁTICOS

NO ENZIMÁTICOS

I. DIGESTIÓN

Jugos Digestivos

A. SALIVA : α AMILASA o PTIALINA
LIPASA BUCAL

B. JUGO GÁSTRICO :
LIPASA GÁSTRICA
PEPSINA

C. JUGO PANCREÁTICO :
 α AMILASA
LIPASA
TRIPSINA
QUINOTRIPSINA
ELASTASA
CARBOXIPEPTIDASA

D. SECRECIÓN INTESTINAL

Medio acuoso
para absorción

E. SECRECIÓN BILIAR :

Ayuda a digerir y a
transportar grasas

I. DIGESTIÓN

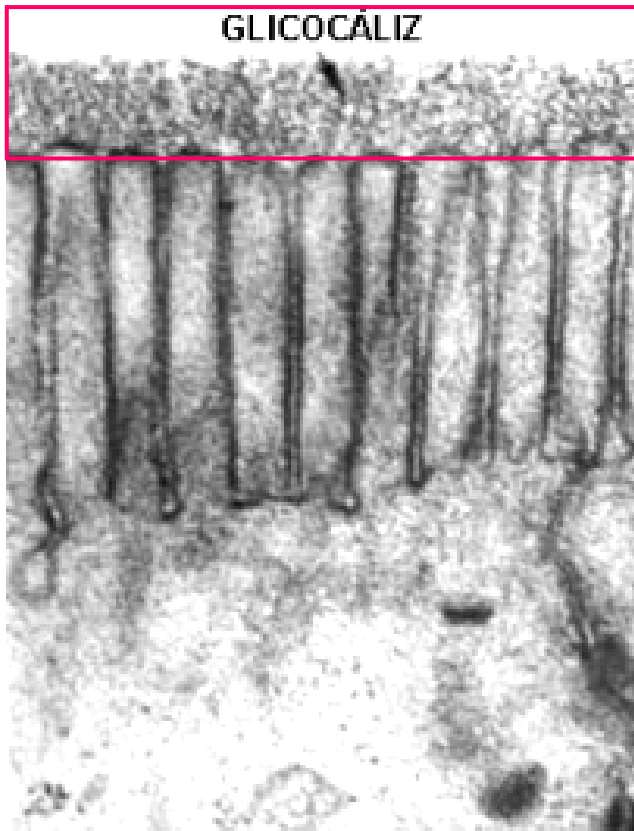
Enzimas



Enzimas enterocitos

- Membrana apical**
 - Peptidasas
 - Oligosacaridasas
- Citoplasma**
 - Peptidasas

ENZIMAS APICALES

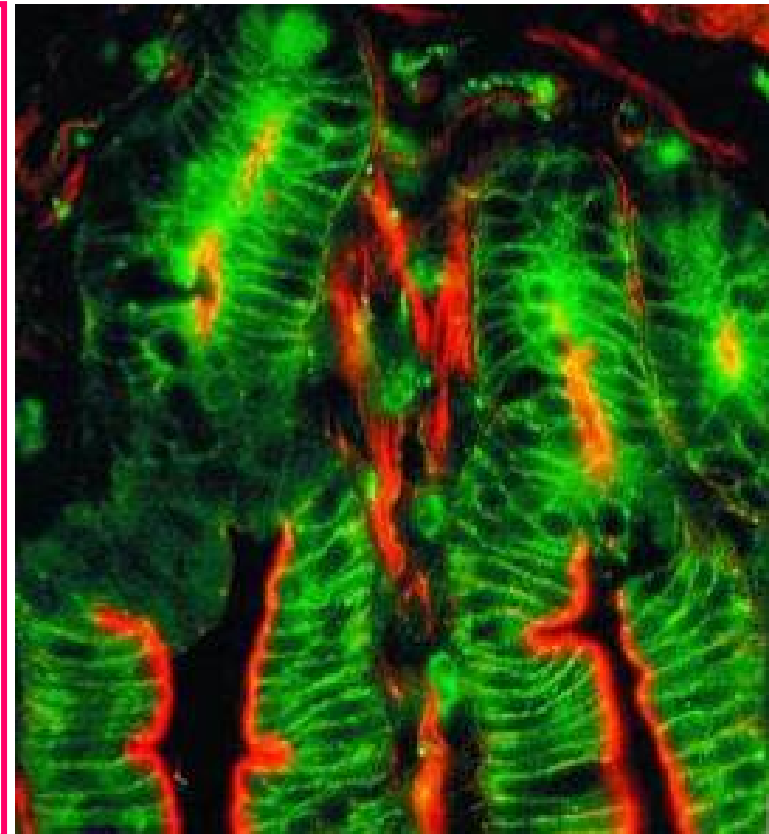


Isomaltasa
(α dextrinasa)
Sucrasa
Maltasa
Glucoamilasa

Enterokinasa
Peptidasas

Nucleosidasas

Ferrireductasa
Proteasas
para plgR
receptor (IgA)



Se resintetizan al final de la comida
Se adaptan a la disponibilidad
de sustrato

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

- Carbohidratos de la dieta
- Digestión Boca-Estómago
- Digestión Intestino Delgado
- Déficit de lactasa



Carbohidratos de la dieta 63%

I. DIGESTIÓN

1. Polisacáridos

Almidones

Amilopectina 75% α 1-4 y α 1-6

Amilosa 25% α 1-4

Celulosa



2. Disacáridos

Lactosa "azúcar de leche"

Sacarosa o sucrosa "azúcar de caña"



leche



caña

Carbohidratos complejos



Pan integral,
arroz, pasta

FIBRA

Soluble

Avena, cebada, semillas,
frijoles,,frutas

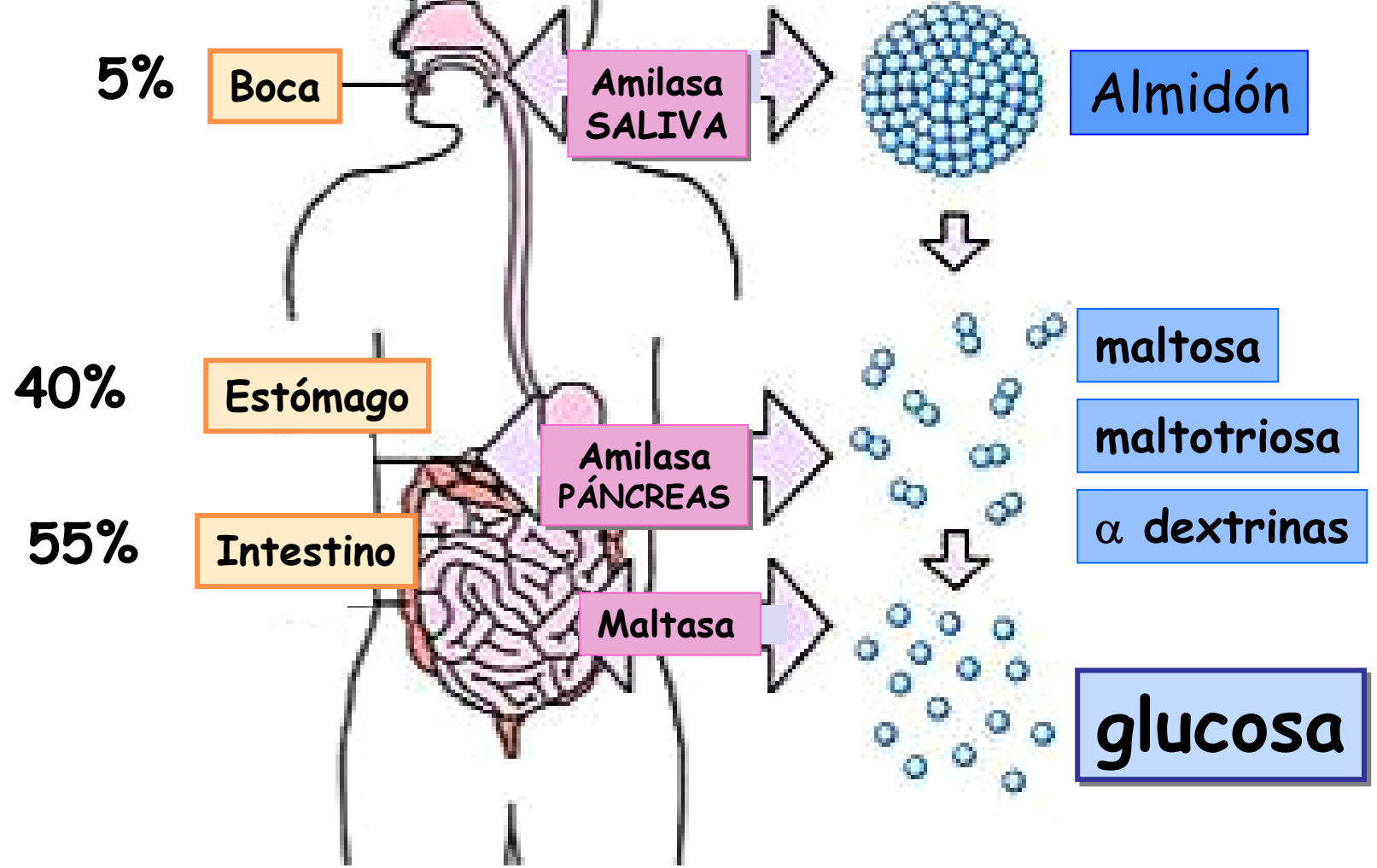


Insoluble

Trigo entero, bran



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



Acción AMILASA enlace α 1-4

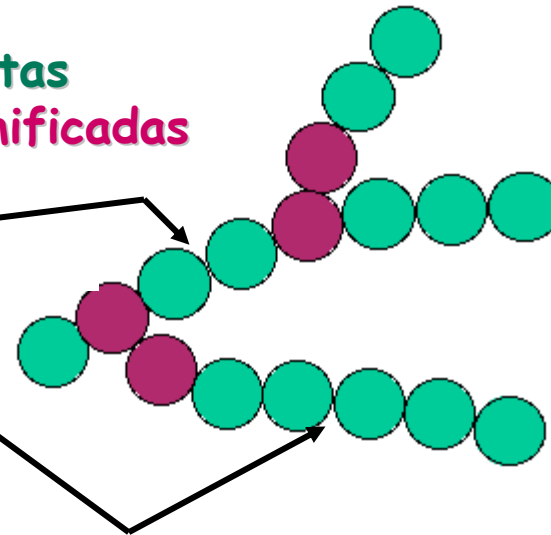
Inicio por la α Amilasa Salival
Digestión mayor α Amilasa Pancreática
pH óptimo 7-8

Polisacáridos

Enlaces α 1,4 dan **cadena rectas**

Enlaces α 1,6 dan **cadena ramificadas**

La **amilasa sólo**
hidroliza enlaces α 1-4

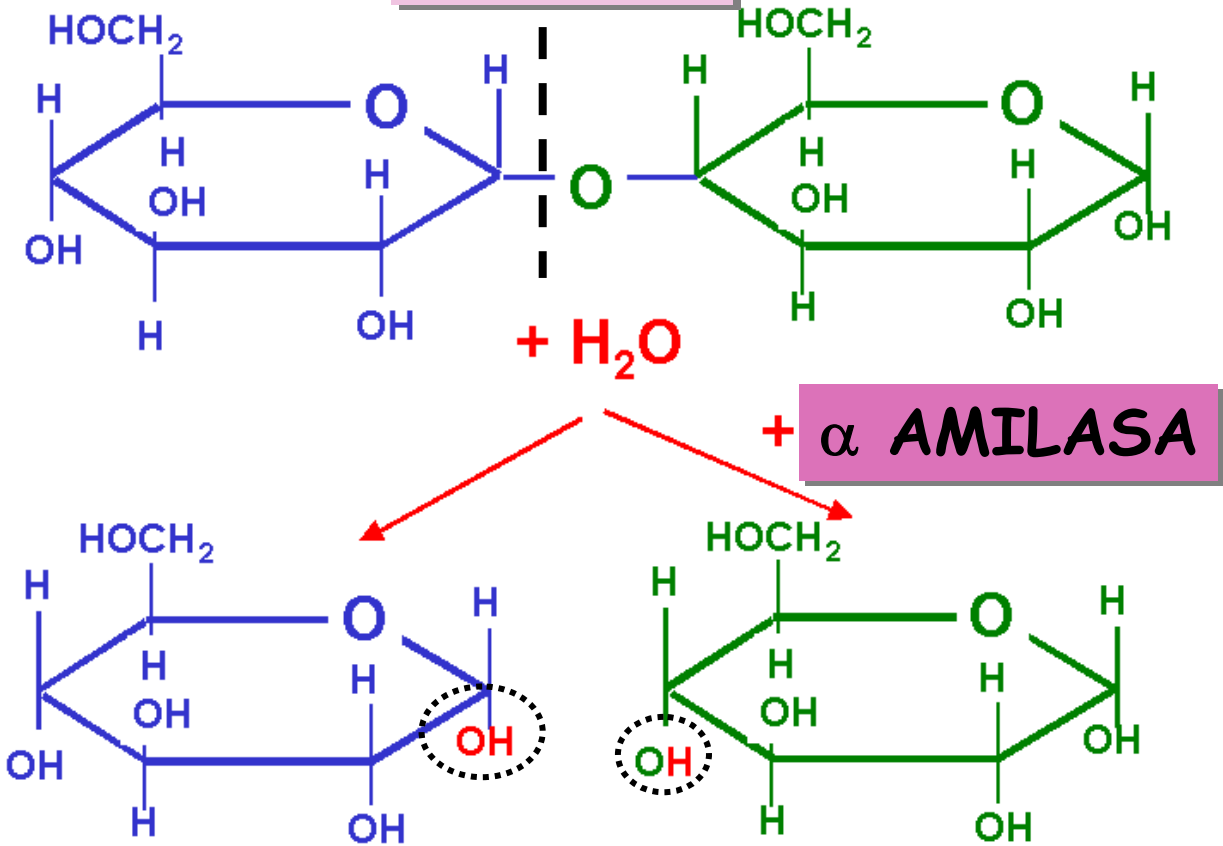


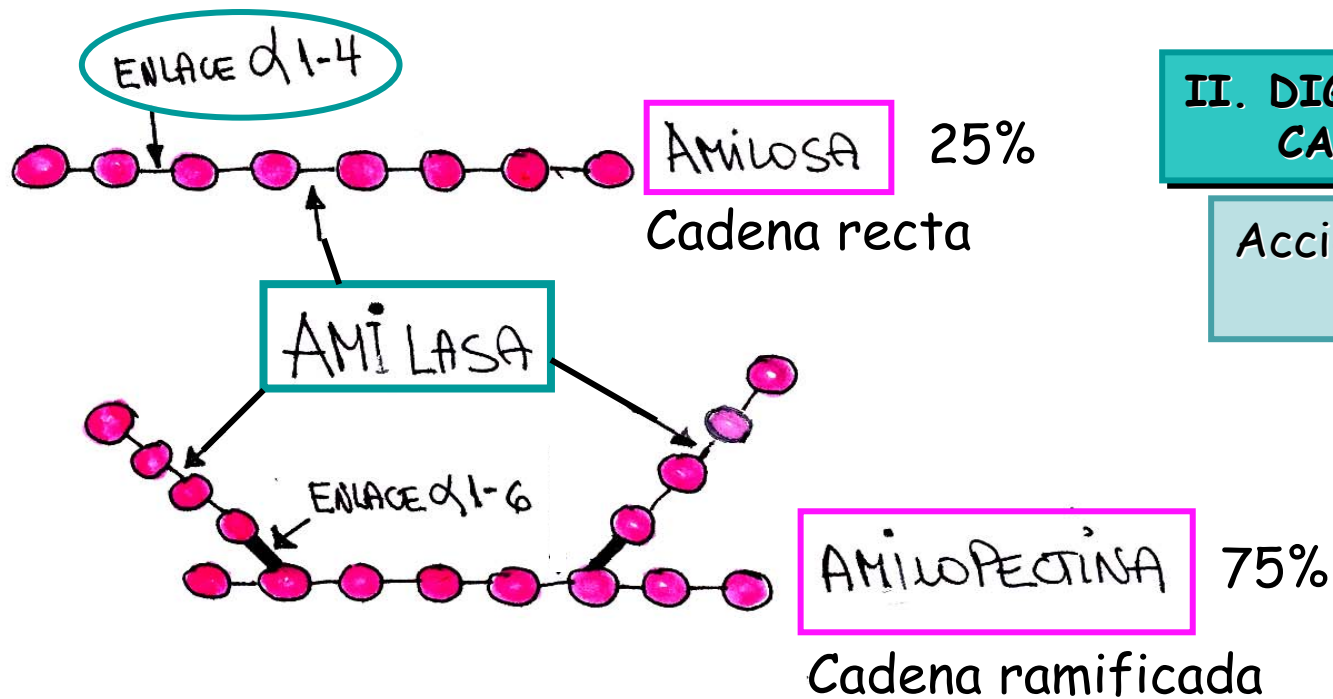


II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción AMILASAS

Rompe enlace α 1-4




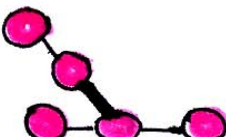




II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción AMILASAS en la LUZ

Productos de digestión

1.  MALTOSA
2.  MALTOTRÍOSA
3.  OLIGÓMEROS GLUCOSA
4.  α dextrina limitante

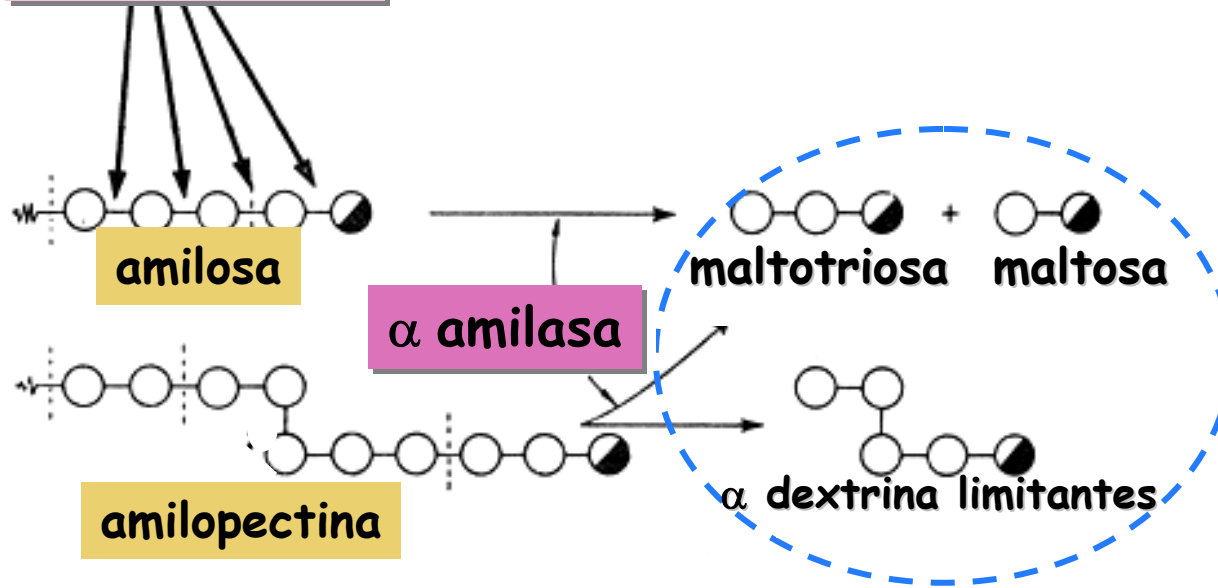
OLIGOSACÁRIDOS

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción AMILASAS

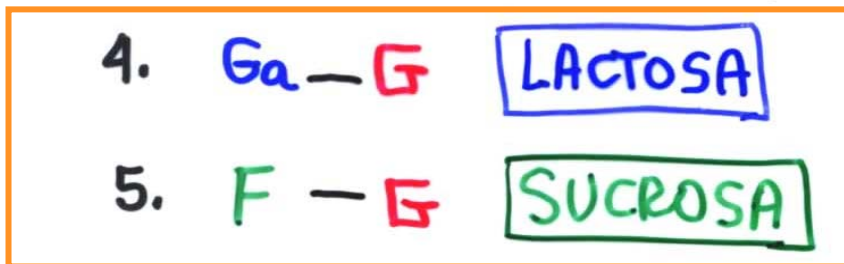
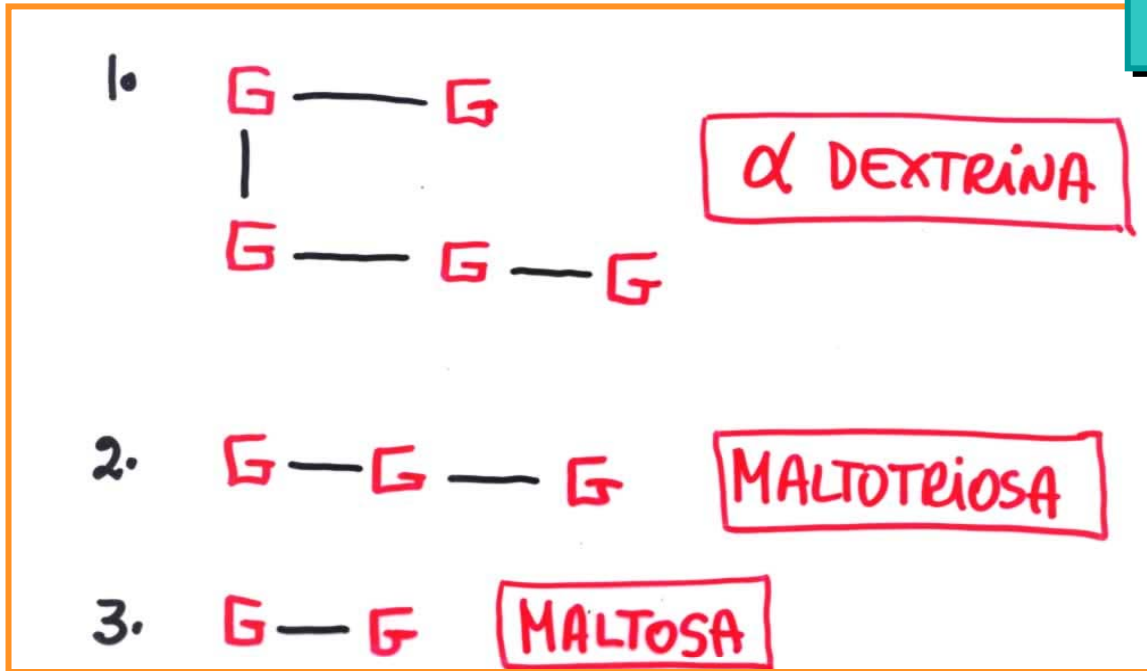
POLISACÁRIDOS
polímeros de glucosa

Enlace α 1-4



PRODUCTOS oligosacáridos

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



Oligosacáridos
Productos de digestión
Acción amilasa

Disacáridos
de dieta


Digeridos en
membrana apical
enterocitos



4/5

Acción enzimas apicales

1.

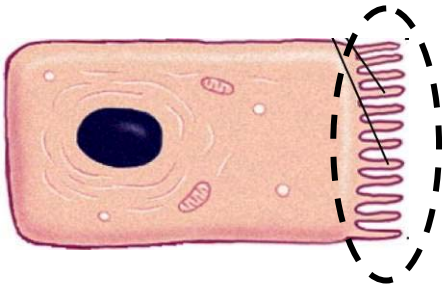
MALTOSA 

MALTOTRIOSA 

↓
GLUCOAMILASA
SUCRASA
ISOMALTASA

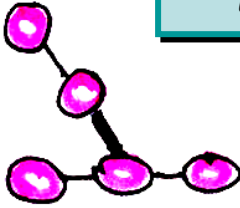


GLUCOSA



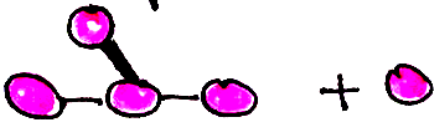
2.

Digestión Oligosacáridos MEMB. APICAL



α dextrina limitante

↓
GLUCOAMILASA



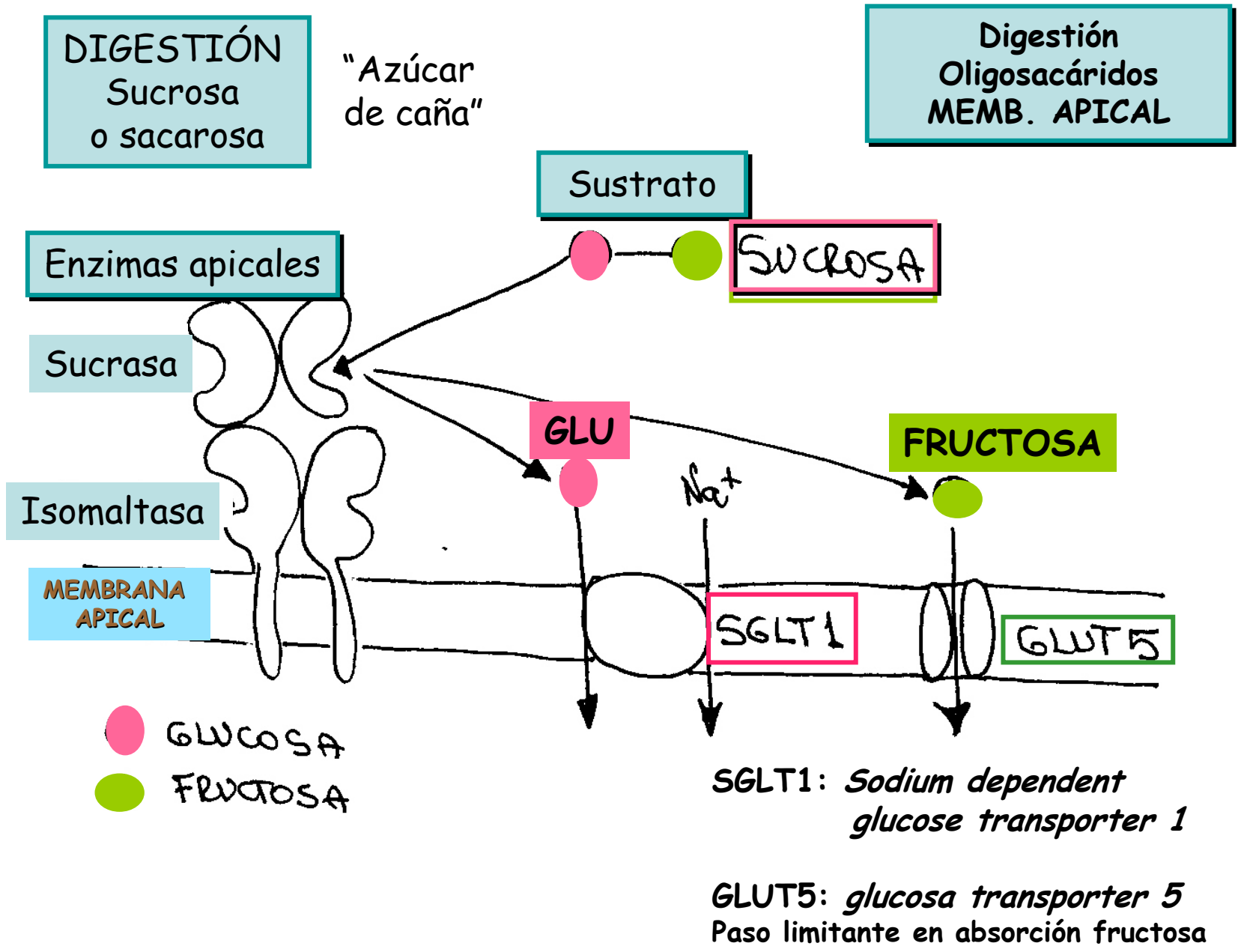
↓
ISOMALTASA
Rompe enlace a 1-6



↓
GLUCOAMILASA
SUCRASA
ISOMALTASA



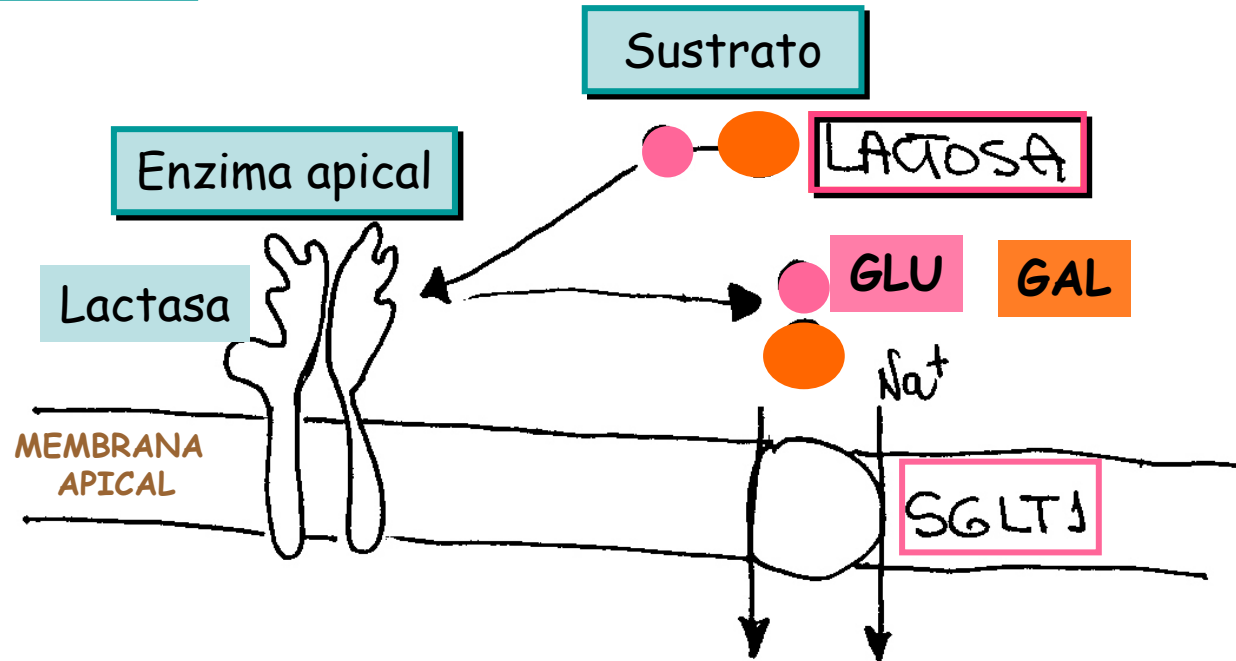
GLUCOSA



DIGESTIÓN
Lactosa

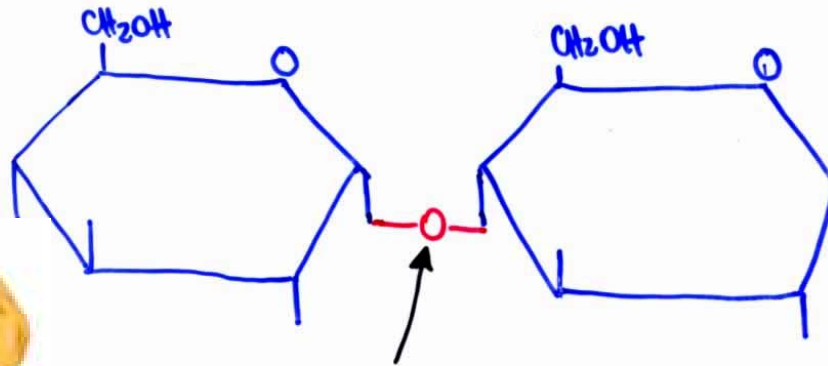
"Azúcar
de leche"

DIGESTIÓN
Oligosacáridos
MEMB. APICAL



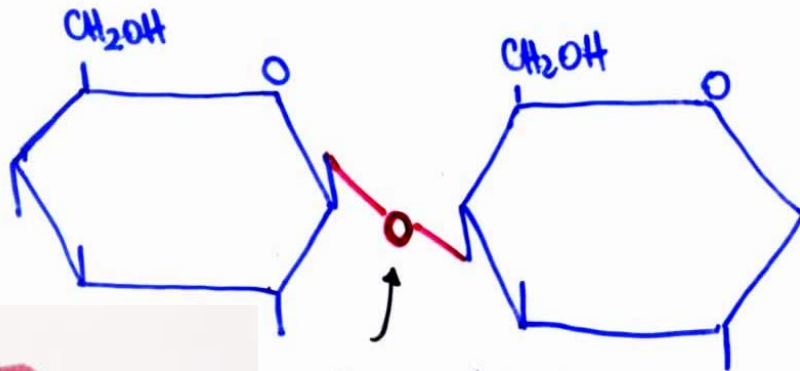
● GLUCOSA
● GALACTOSA

SGLT1: *Sodium dependent
glucose transporter 1*



ENLACE α 1-4
ALMIDÓN
GLUCÓGENO ← AMILASAS

Acción AMILASAS
 α 1-4



ENLACE β 1-4
CELULOSA ← CELULASAS

Ningún vertebrado
tiene
CELULASA!!!

No existen en
el hombre



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

LUZ

Acción AMILASAS
 α 1-4

Boca-estómago

Intestino





II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

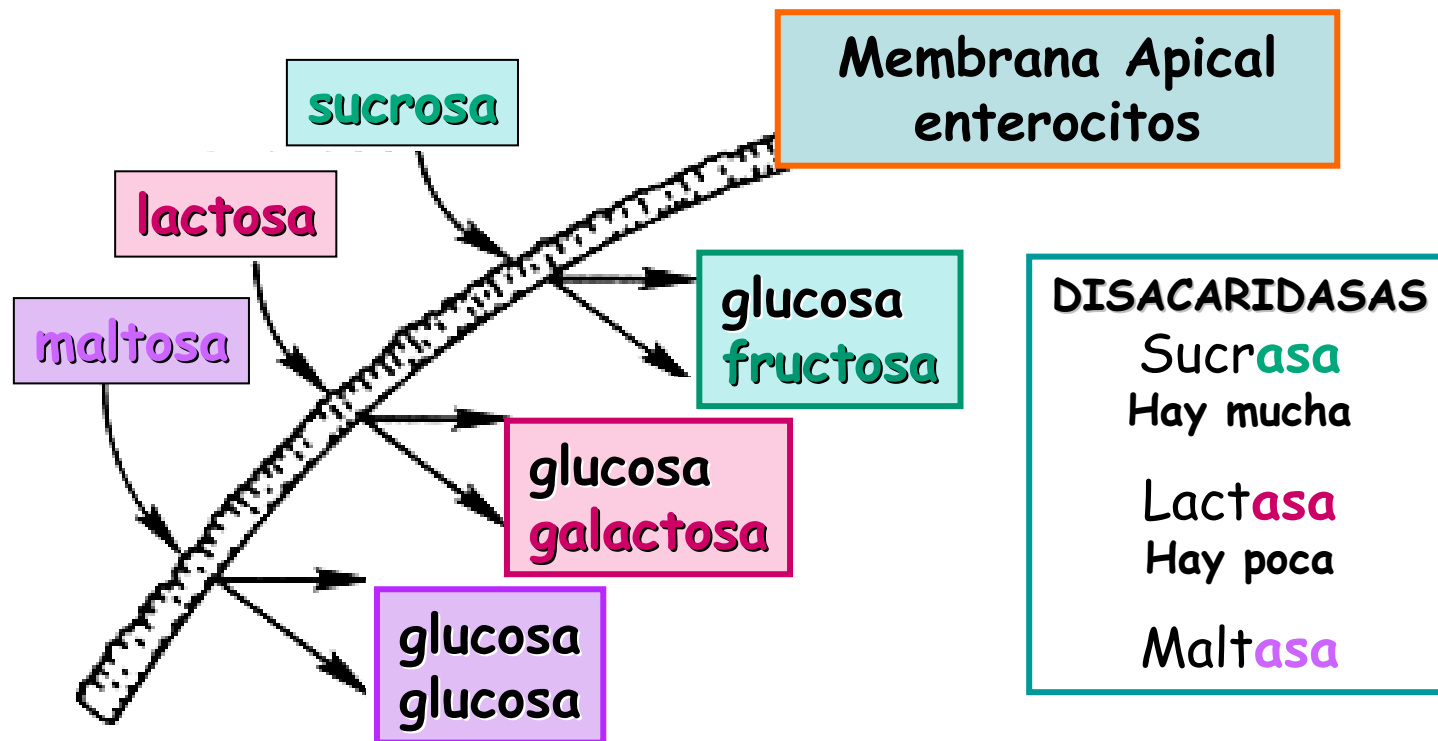
M. apical Intestino

DISACARIDASAS

Disacáridos



Monosacáridos

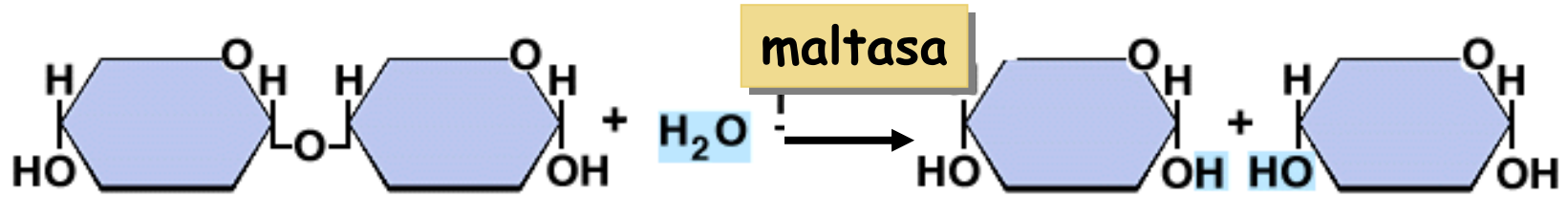




II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

M. apical Intestino

Acción DISACARIDASAS



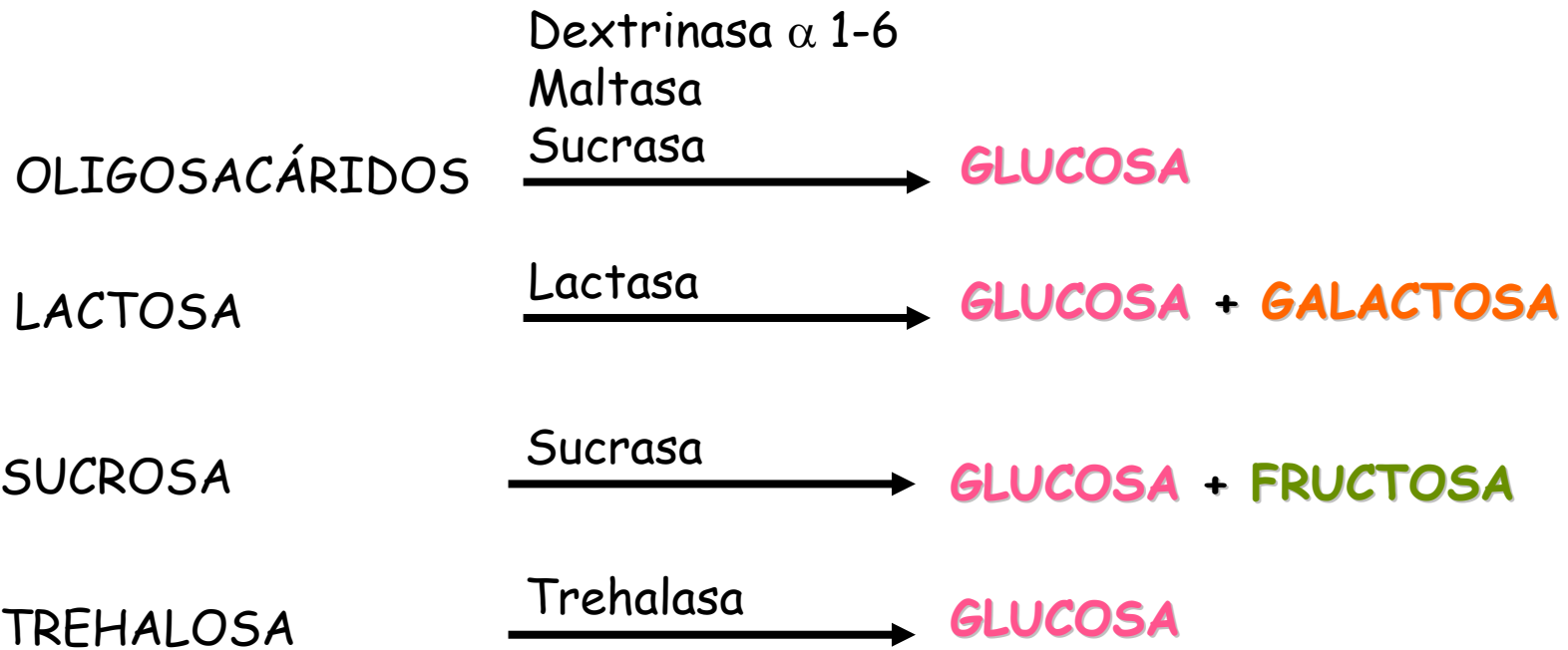
MALTOSA + AGUA → GLUCOSA + GLUCOSA
DISACÁRIDO **MONOSACÁRIDOS**



Membrana Apical
enterocitos

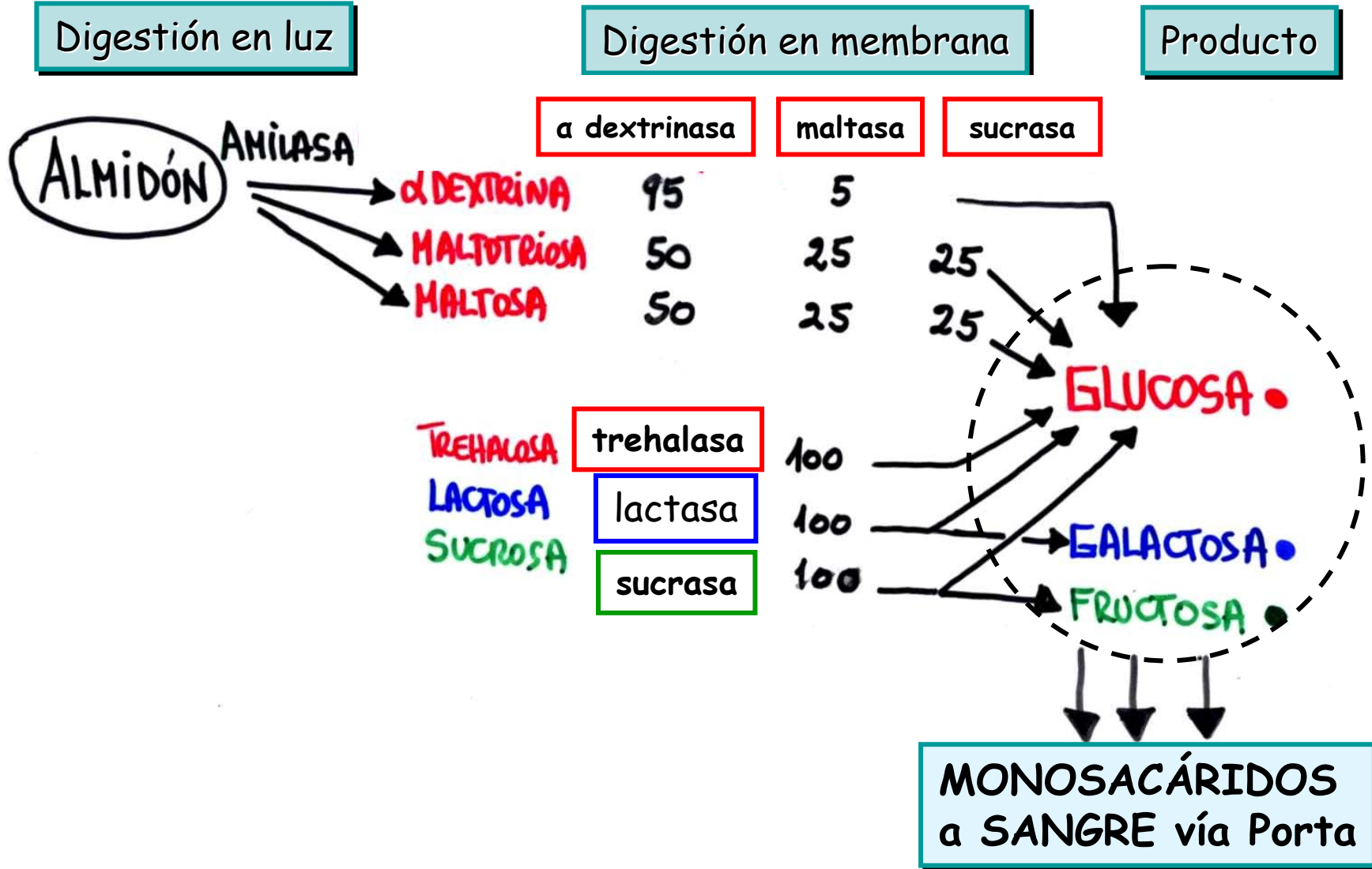
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Intestino



MONOSACÁRIDOS

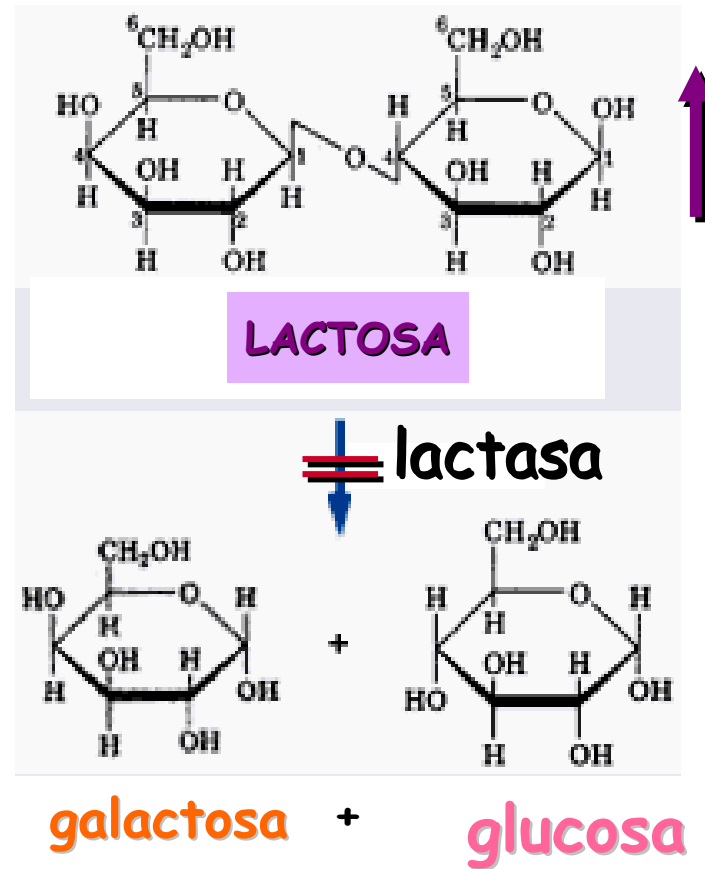
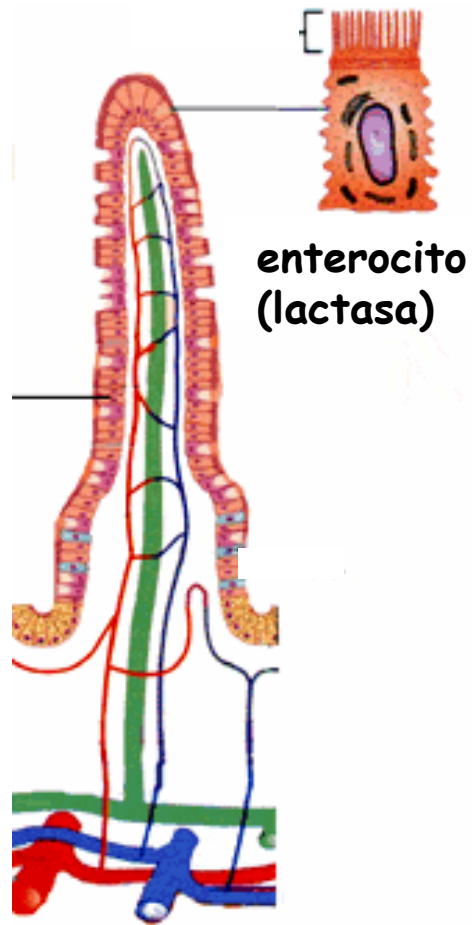
SANGRE
PORTAL





II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Déficit LACTASA

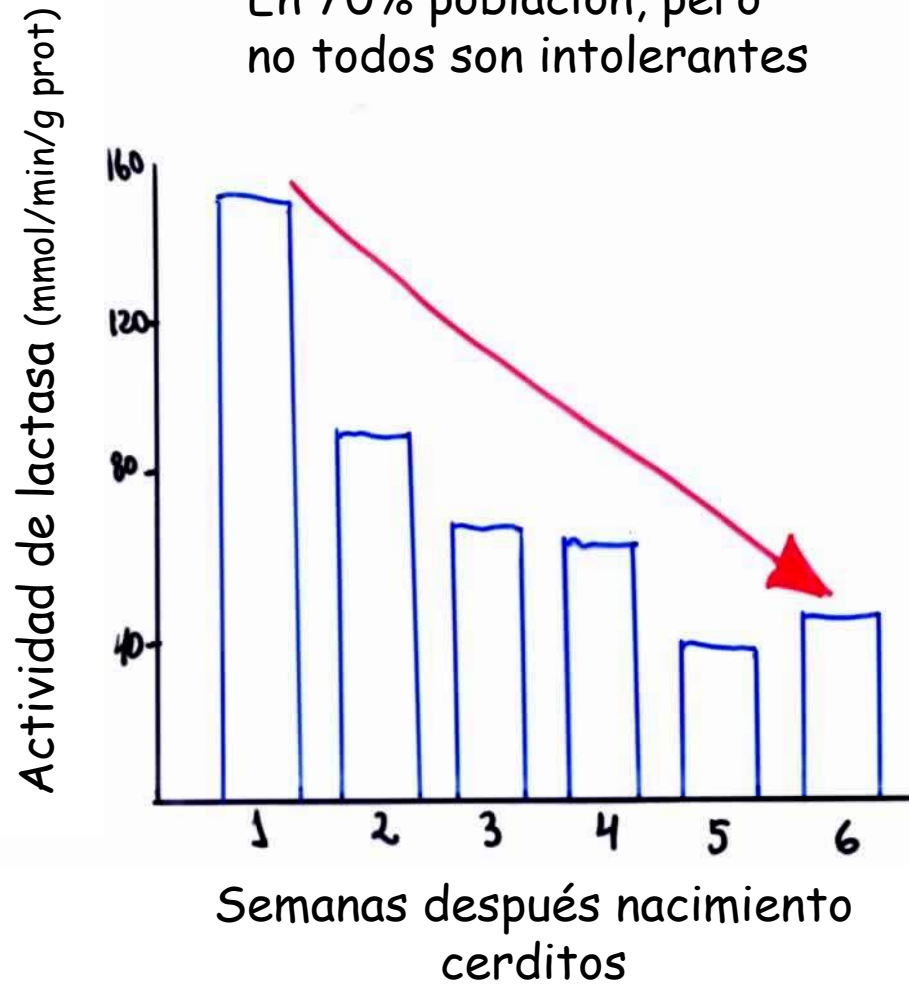




II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Déficit LACTASA

En 70% población, pero no todos son intolerantes

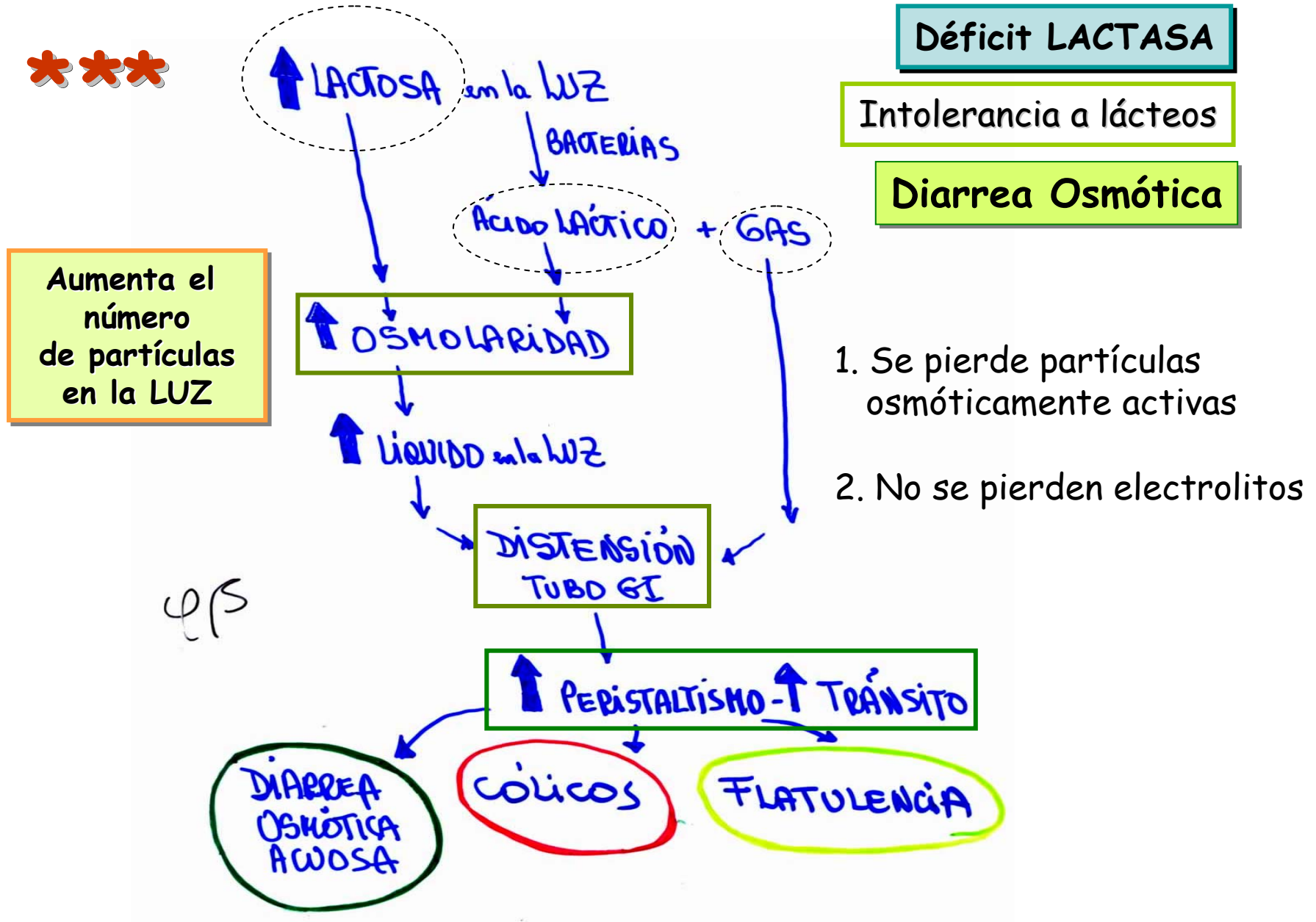


Hay mucha sucrasa pero poca lactasa

- Disminución expresión con la edad
- Inhibición por la glucosa



Disminución de absorción productos de lactosa





Déficit LACTASA

Diarrea Osmótica

La osmolaridad en heces debe ser igual a plasma 290 mOs/L

GAP osmolar fecal

$$290 - [2 \times (\text{Na}^+ \text{ fecal} + \text{K}^+ \text{ fecal})] = 50 - 100 \text{ mOs/L}$$

NORMAL

Ej.

$$\begin{array}{l} \text{Na}^+ \text{ f} = 30 \text{ mEq/L} \\ \text{K}^+ \text{ f} = 70 \text{ mEq/L} \end{array}$$

$$290 - [2 \times (30 + 70)] = 90 \text{ mOs/L}$$

OK!



La osmolaridad fecal está dada en mayor parte por las partículas osmóticamente activas que se pierden en heces.

Se pierde menos Na^+ - K^+

GAP osmolar fecal

$$290 - [2 \times (\text{Na}^+ \text{ fecal} + \text{K}^+ \text{ fecal})] = 50 - 100 \text{ mOs/L}$$

Ej. $\text{Na}^+ \text{ f} = 20 \text{ mEq/L}$
 $\text{K}^+ \text{ f} = 60 \text{ mEq/L}$

$$290 - [2 \times (20 + 60)] = 130 \text{ mOs/L}$$

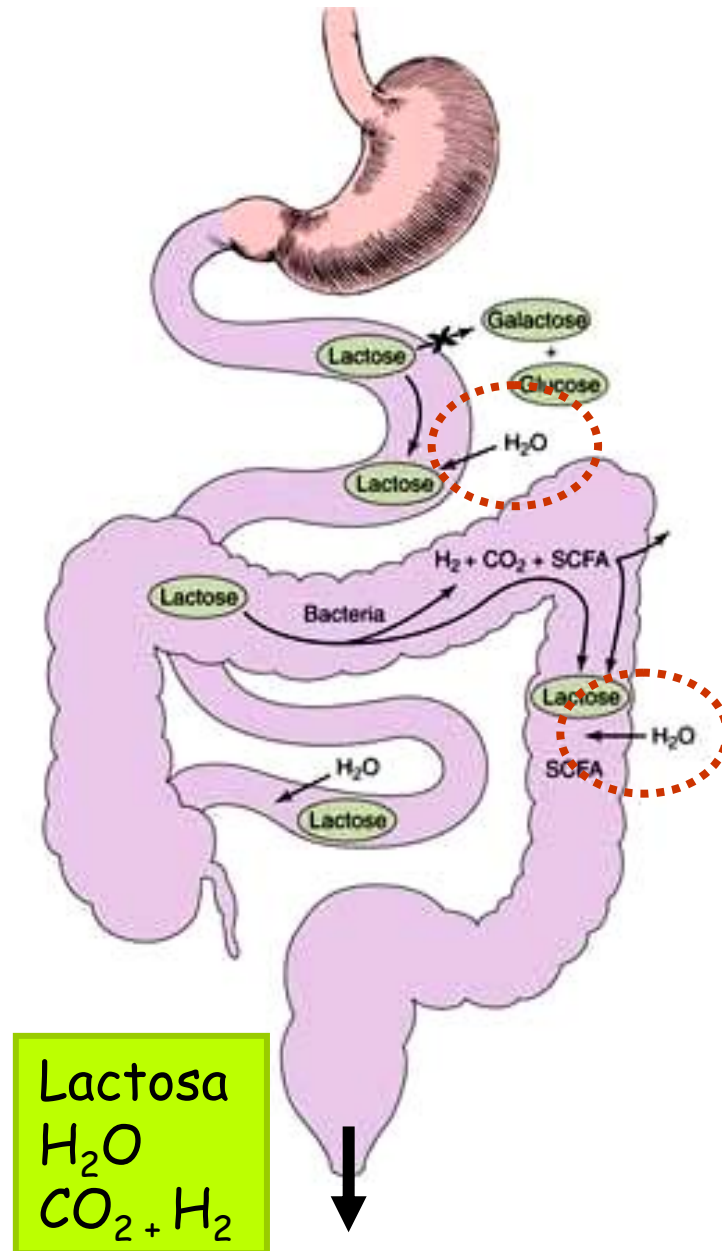
Déficit LACTASA

Diarrea Osmótica

Aumenta el número de partículas en la LUZ

Pero NO se pierden electrolitos

Diarrea Osmótica >100 mOs/L



Lactosa
H₂O
CO₂ + H₂

Déficit Lactasa

Diarrea Osmótica

- ### TRATAMIENTO
- Evitar lácteos
 - Dar suplementos calcio
 - Tomar lactasa
 - Tomar yogourt

¿Por qué yogourt??



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Fructosa

Monosacárido en productos para diabéticos, no calóricos, evitan subida rápida de glucosa

En grandes cantidades se sobrepasa la capacidad del transportador GLUT 5

Queda fructosa no absorbida y metabolizada por bacterias

Síntomas como en Intolerancia a Lactosa

"sugar free"



¡Exceso en el consumo ahora!!

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. Acción de proteasas
2. Digestión en **estómago**
3. Digestión en **intestino delgado**
 - Luz
 - Membrana apical c. epitelial
 - Citoplasma c. epitelial
4. "Canibalismo"

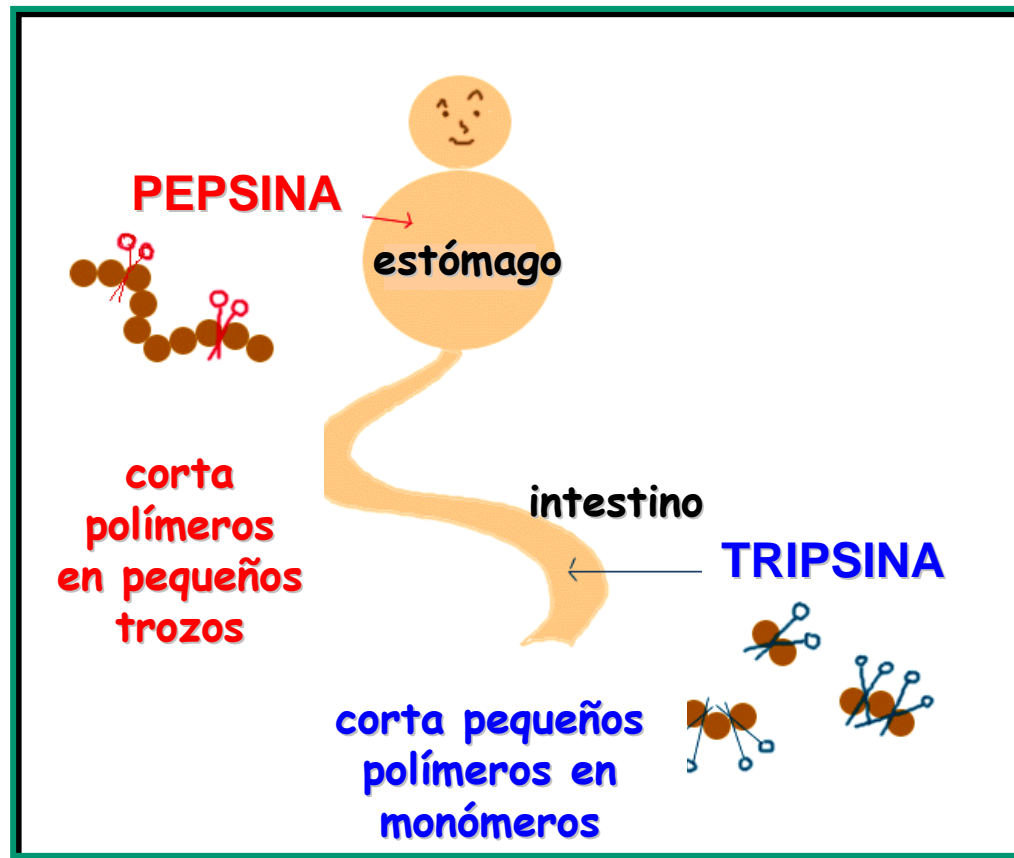
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

DIETA
Proteínas 12%



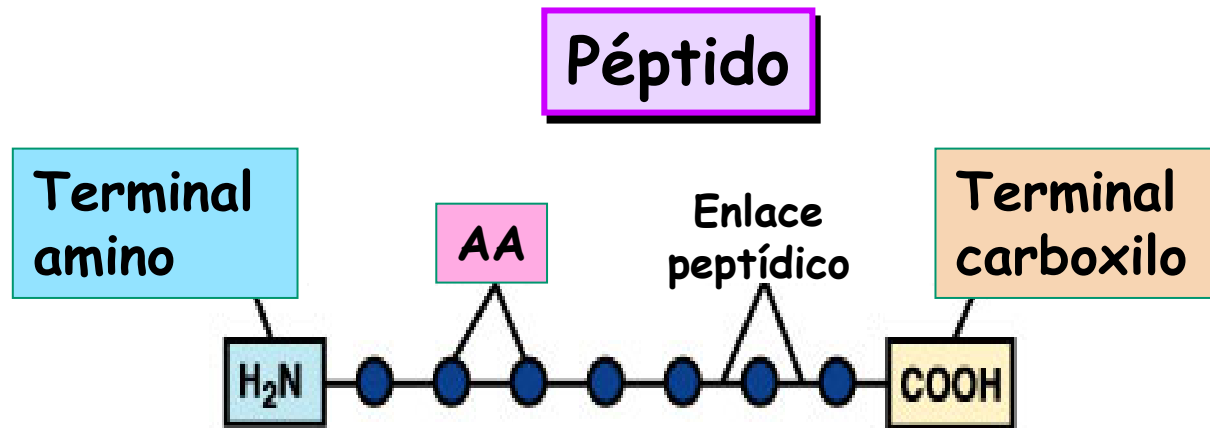
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción PROTEASAS



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción PROTEASAS

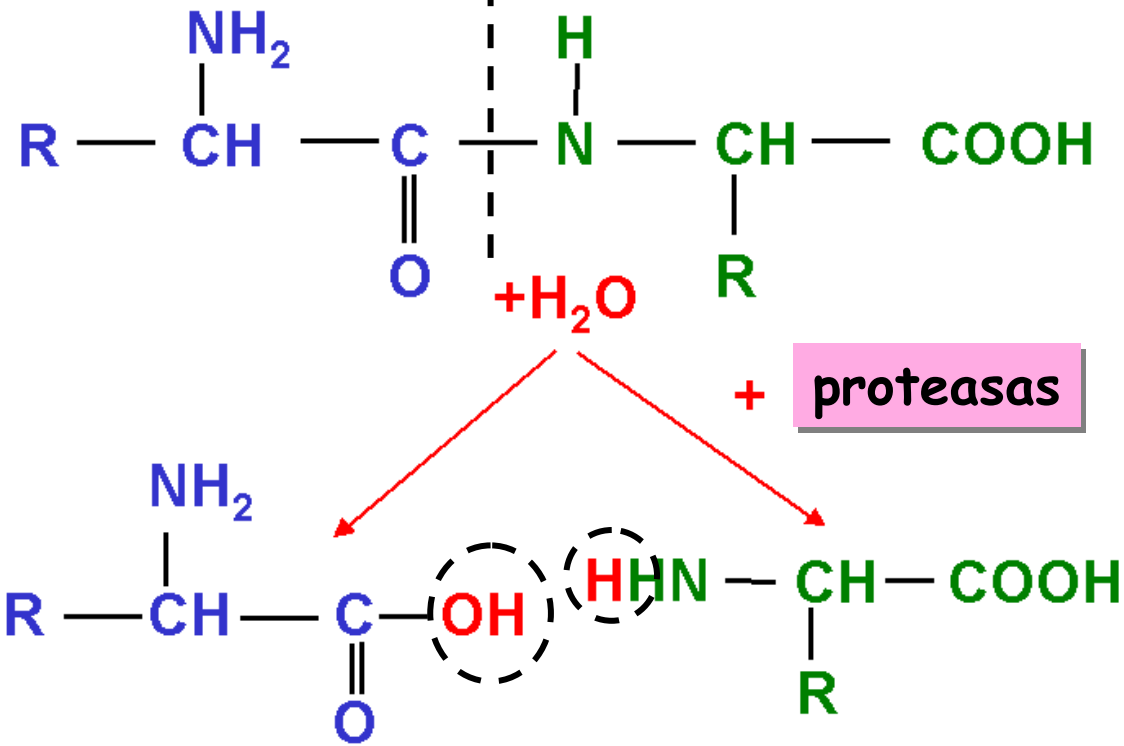




III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción PROTEASAS

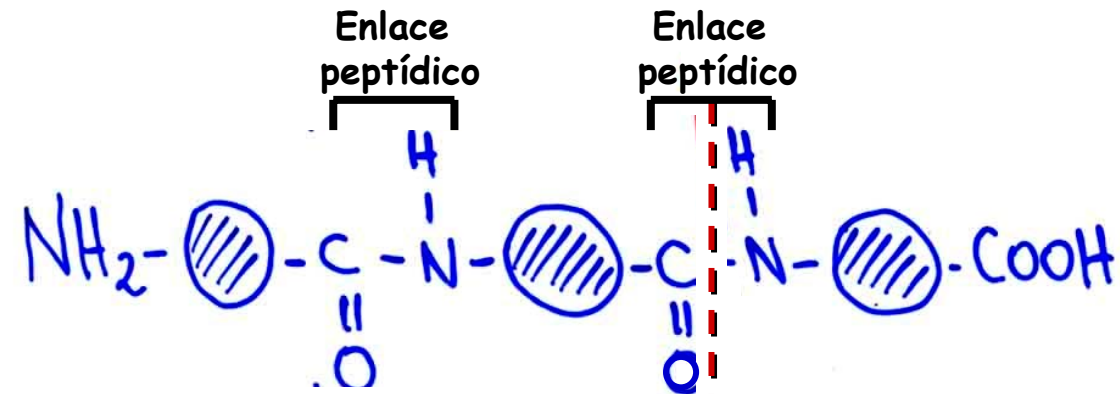
Rompe enlace peptídico



Acción
PROTEASAS

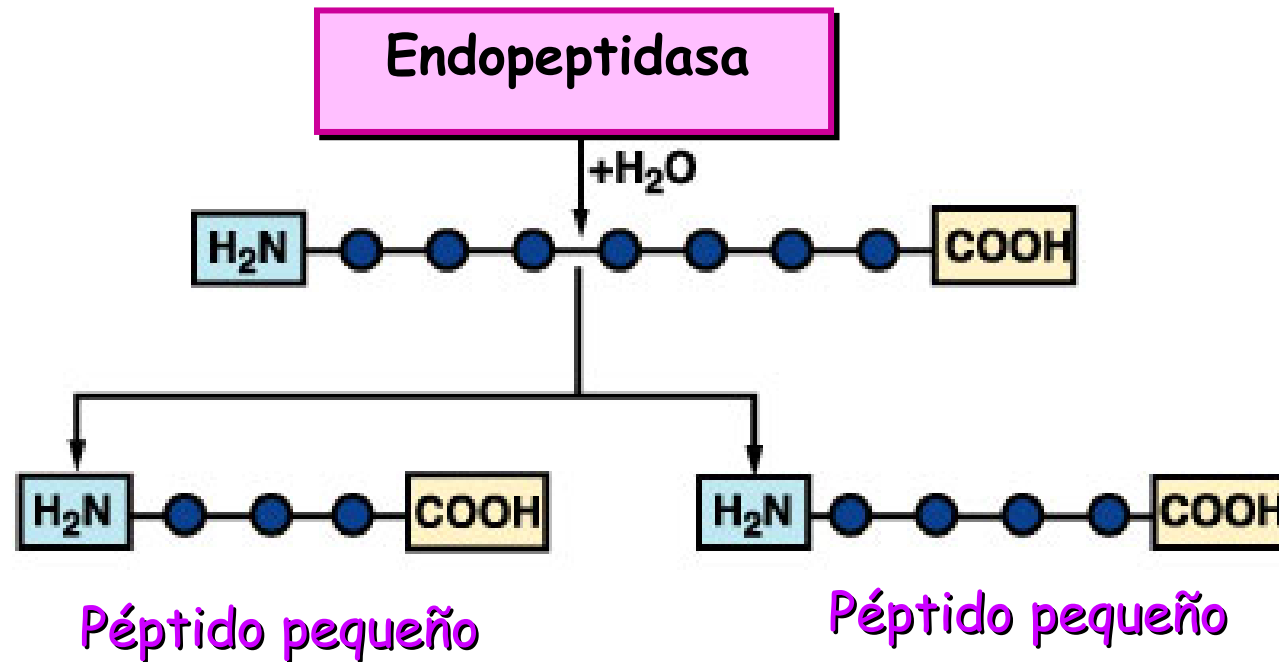
Proteolisis

4/3



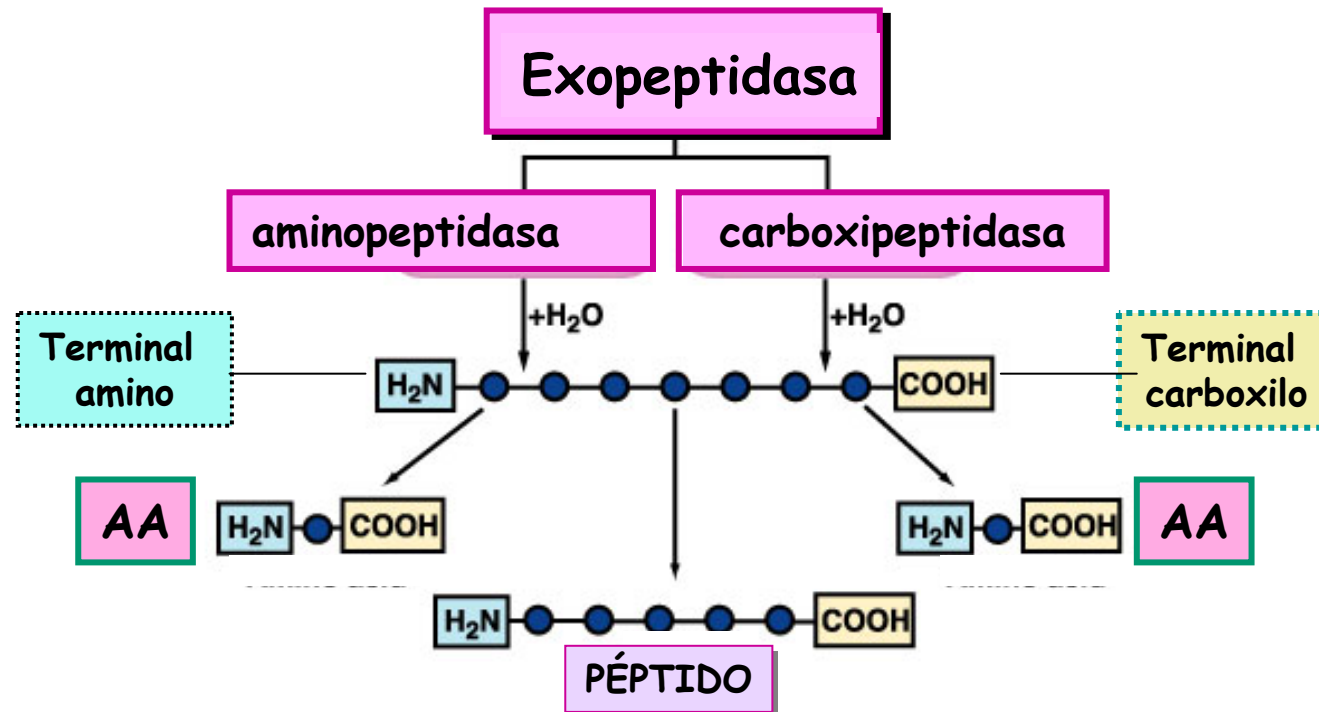
Acción PROTEASAS

Exo y endopeptidasas



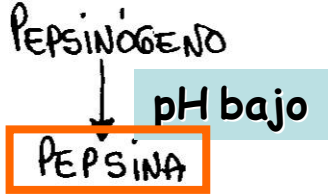
Acción PROTEASAS

Exo y endopeptidasas



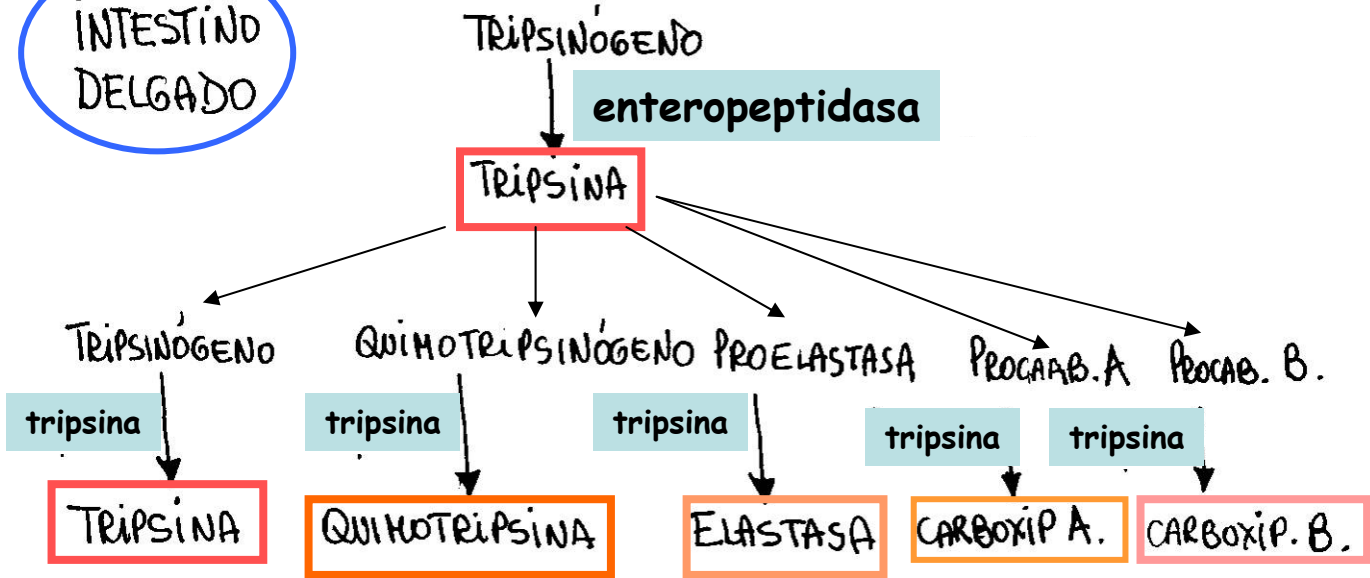
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

ESTÓMAGO



Activación de proteasas

INTESTINO DELGADO



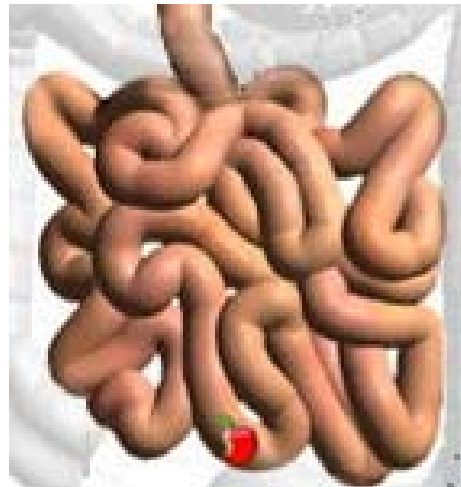


Estómago

15%

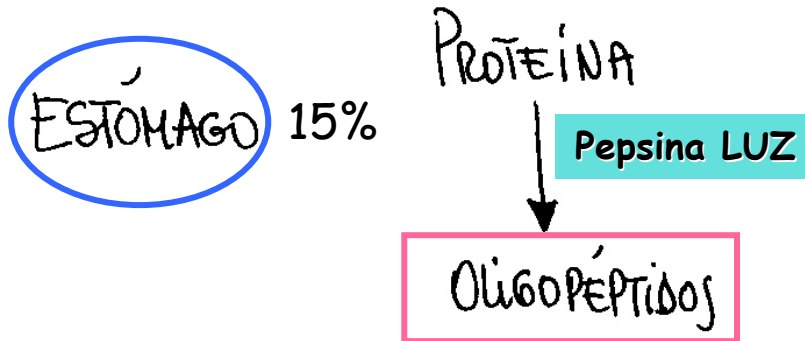


**III. DIGESTIÓN
PROTEÍNAS**



Intestino
Luz
Membrana enterocito
Intracelular

85%



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción Estómago



PROTEASA Gástrica

PEPSINA

Pepsinógeno inactivo
secretado por C. Principales

Activación en **pH ácido**
Inactivación en pH alcalino

Endopeptidasa hidroliza
enlaces con aa aromáticos

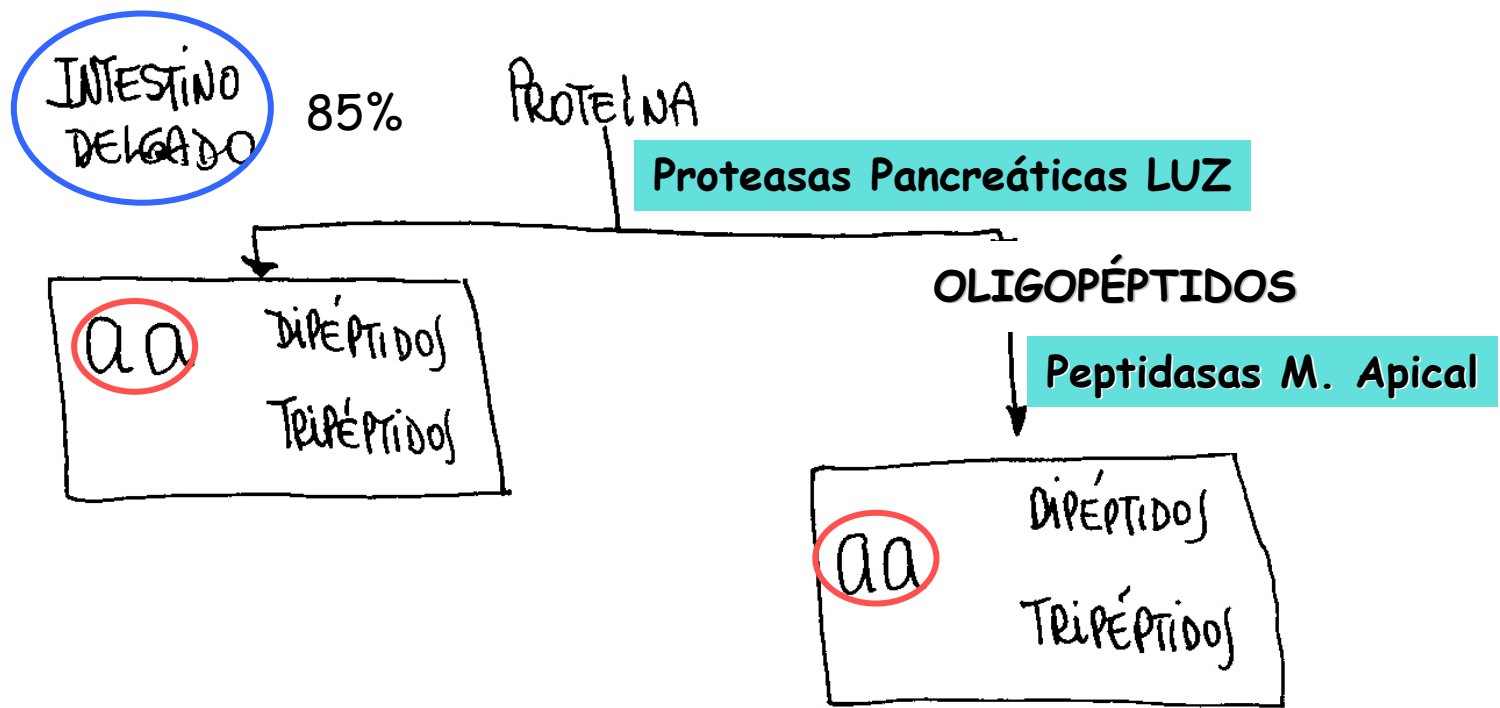
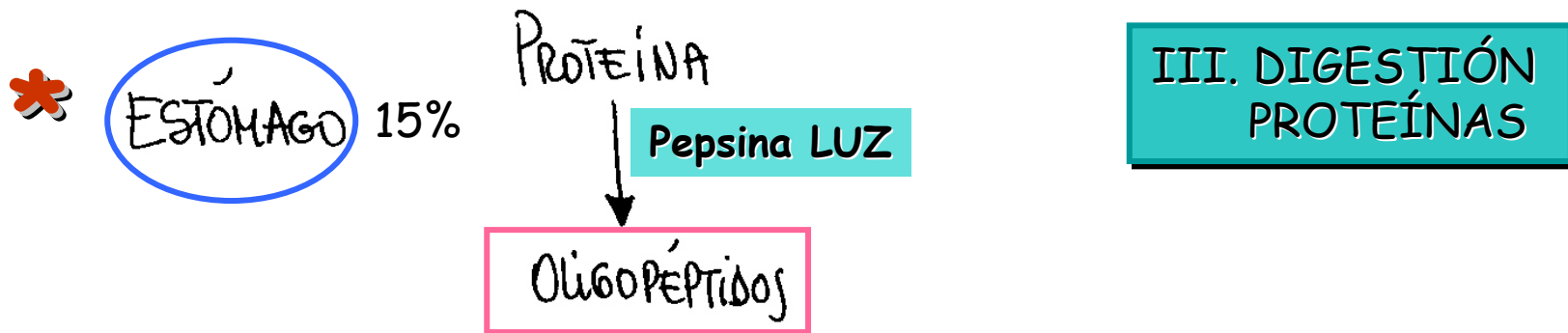


Productos:

Polipéptidos varios
tamaños

Proteosas
Peptonas

Estímulo para CCK



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

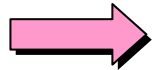
Acción I. Delgado

LUZ



PROTEASAS pancreáticas

- ENDOPEPTIDASAS**
 - Tripsina** entre aa básicos
 - Quimiotripsina** entre aa aromáticos
 - Elastasa** entre aa alifáticos y neutros
- EXOPEPTIDASAS**
 - Carboxipeptidasas** enlaces en terminal C
 - A** con aa neutros alifáticos y aromáticos
 - B** con aa básicos



- Productos:**
- Polipéptidos
 - Peptonas
 - Tri y dipéptidos
 - Pocos AA

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción I. Delgado

Memb. Apical enterocitos



PROTEASAS

ENDOPEPTIDASAS

Enteropeptidasa o ENTEROKINASA
activa tripsinógeno a tripsina

EXOPEPTIDASAS

Aminopeptidasa cliva el aa del terminal N
Carboxipeptidasa cliva el AA del terminal C

Endopeptidasas cliva péptido en el medio
Dipeptidasa cliva dipéptido en 2 AA



Productos
Tripéptidos
Dipéptidos
AA

¿Quién activa la secreción de enterokinasa?

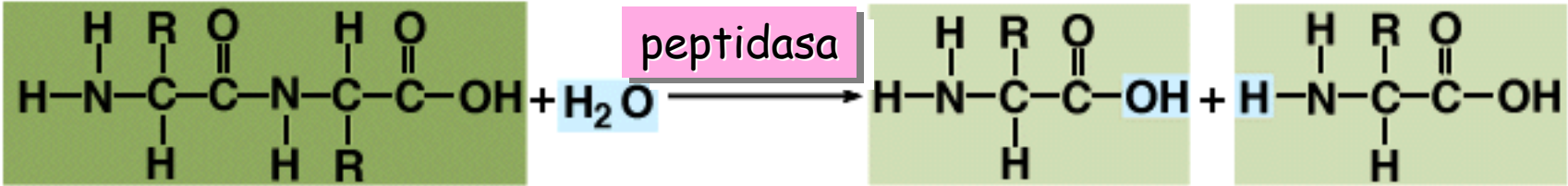
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción I. Delgado

Memb. Apical enterocitos

Dipéptidos

DIPEPTIDASAS



Péptido + agua

peptidasa

Aminoácido + aminoácido



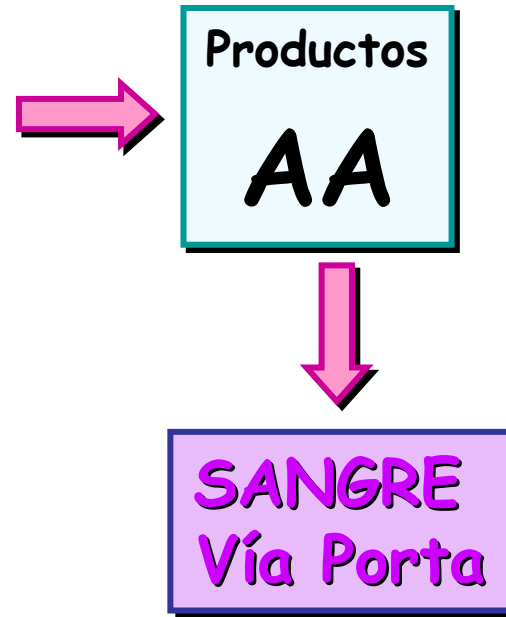
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción I. Delgado

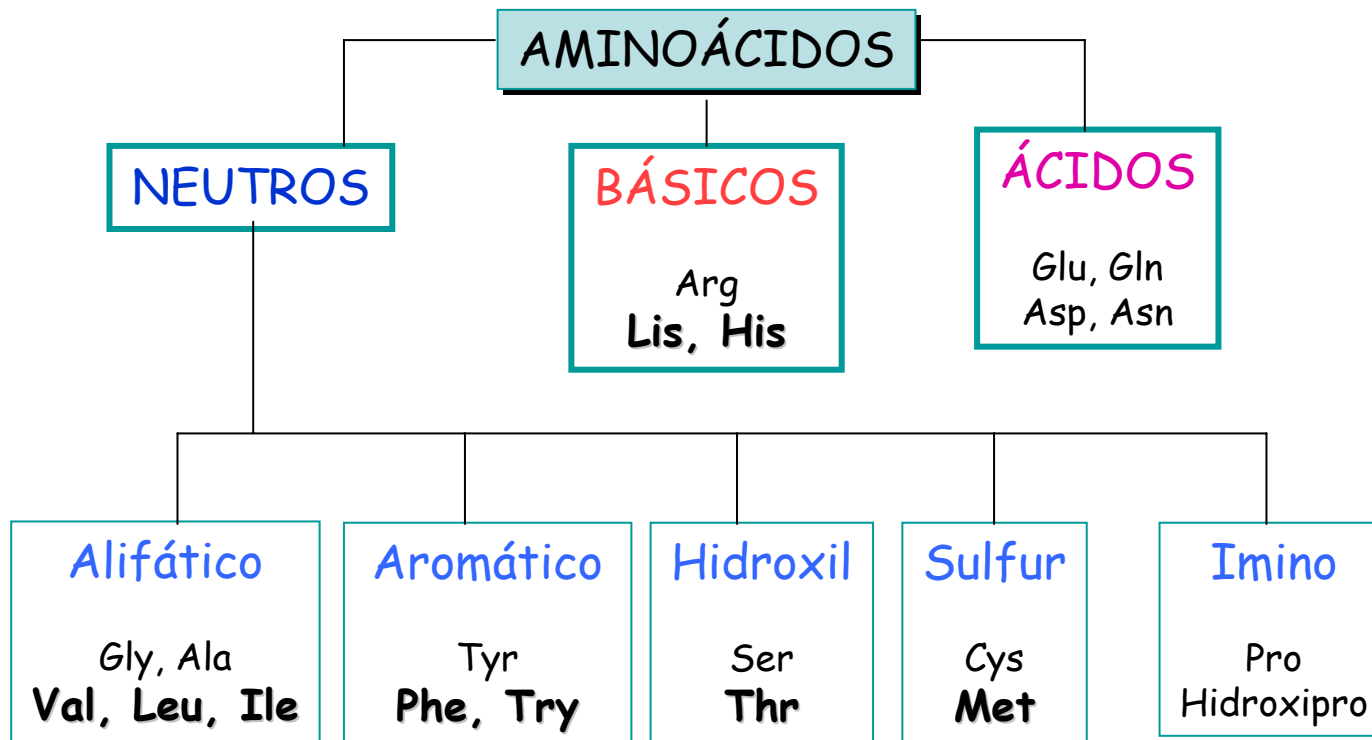
Dentro enterocitos

PROTEASAS intracelulares

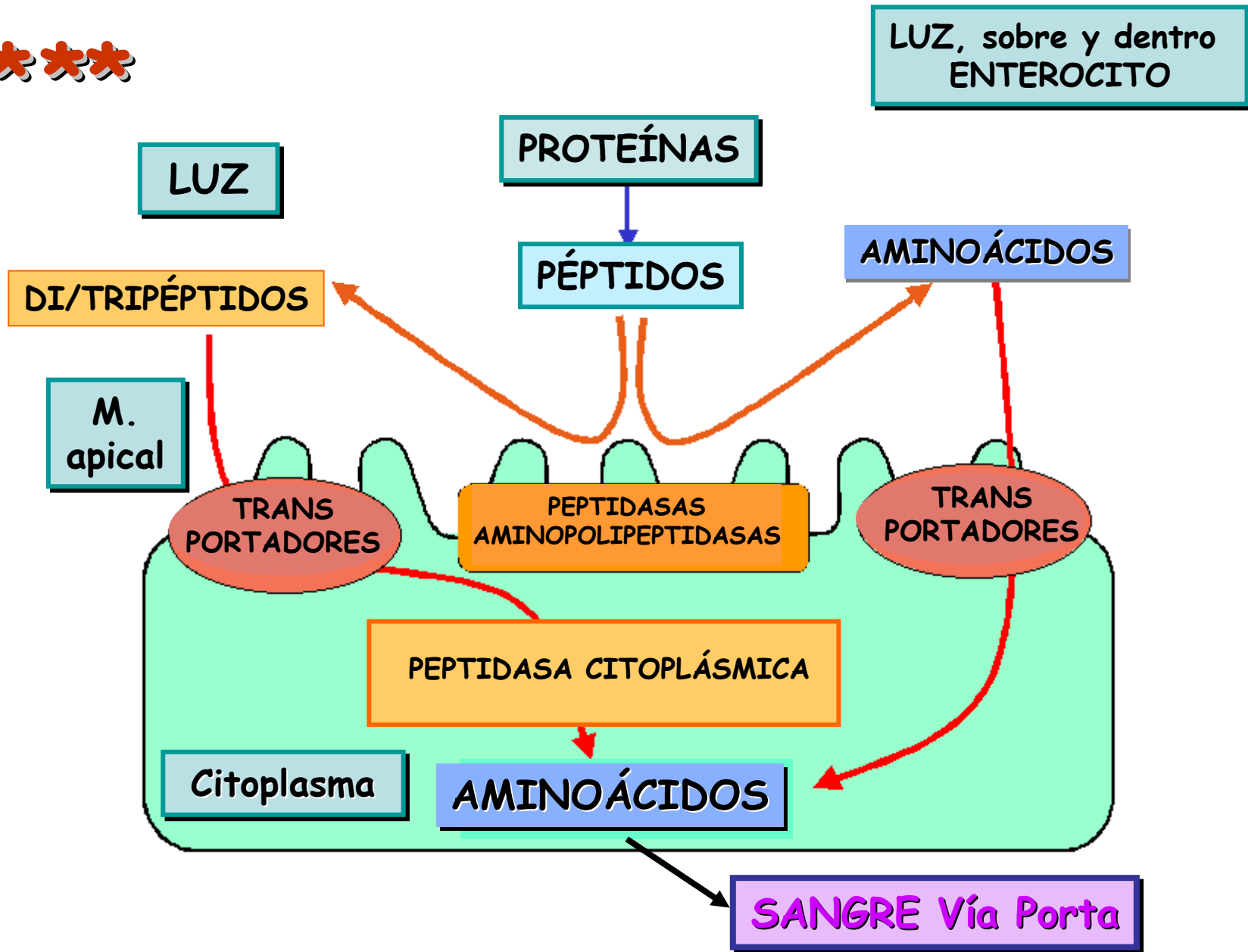
Peptidasas clivan
Di, Tri y Tetra péptidos a
AMINOÁCIDOS
productos finales de la digestión
de proteínas



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS



Aminoácidos esenciales que se debe ingerir con la dieta





Productos de acción de enzimas proteolíticas

PEPSINA
Luz estómago

Polipéptidos
Proteosas
Peptonas
No AA

Estímulo para
CCK en duodeno

ENZ. PANCREÁTICAS
Luz intestino

Polipéptidos
Peptonas
Di y tripéptidos
Pocos AA

ENZ. MEMB. APICAL
Enterocitos

Tripéptidos
Dipéptidos
AA

ENZ. CITOPLASMA
Enterocitos

AA

Absorción
vía porta

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Canibalismo

"CANIBALISMO"

¡ NOS COMEMOS A NOSOTROS MISMOS !

DE LAS PROTEÍNAS DIGERIDAS:

- 50% dieta
- 50% JUGOS DIGESTIVOS (25%)
CELULAS DESCAMADAS (25%) !!!

q/s

Sólo **2.5%** de proteínas ingeridas se **pierde** en colon y es digerido por **BACTERIAS**

Proteínas NO DIGERIDAS en las **heces** pertenecen a **bacterias** y **detritus celulares**

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

CREATORREA

Por defectos en digestión de proteínas
se pierde proteínas por la heces

IV. DIGESTIÓN GRASAS

- Grasas de dieta
- Lipasas
- Fases
 - Emulsificación
 - Hidrólisis
 - Solubilización
- Esteatorrea

IV. DIGESTIÓN GRASAS

DIETA
Grasas 25-30%



- Triglicéridos TG 90%
- Fosfolípidos
 - Fosfatidilcolina (lecitina)
 - Fosfatidilserina
 - Fosfatidilinositol
 - Esfingomiélinas
- Colesterol libre
Ésteres de colesterol
- Vitaminas liposolubles
A, D, E, K



DIETA
Grasas 25-30%

Grasas saturadas

Productos animales,
lácteos, carnes,
Aceites de palma y coco



© ADAM, Inc.

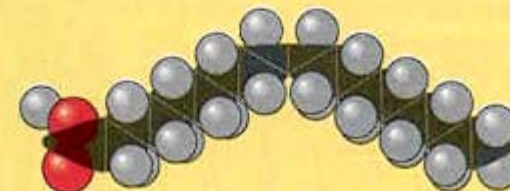
Grasas DIETA

GRASAS SATURADAS



ÁCIDO ESTEÁRICO
(saturado)
Sólidos a temperatura ambiente Ej. manteca

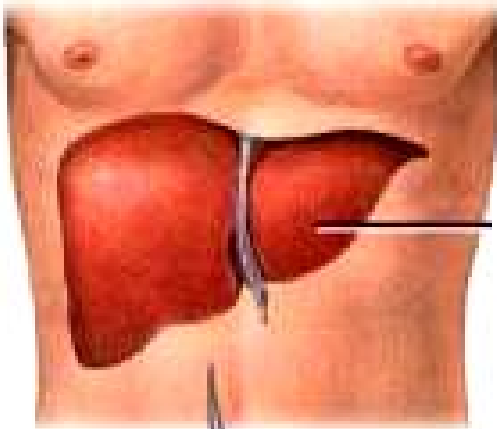
GRASAS INSATURADAS



ÁCIDO OLEICO
(insaturado) "torcidos"
(doble enlace)
No forman grasas sólidas
Aceite oliva

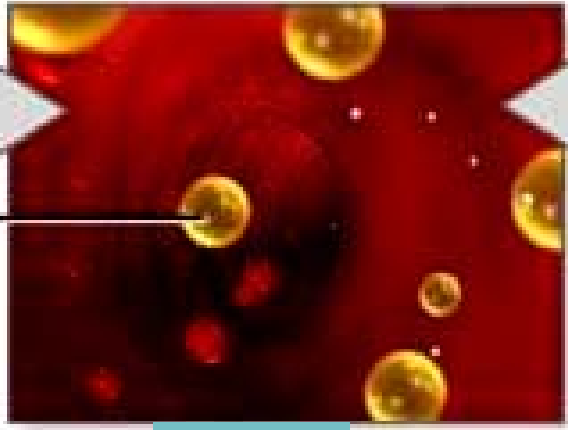
Grasas DIETA

Colesterol



Del Hígado

De la Dieta



Sangre

© ADAM, Inc.

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas DIETA

TRIGLICÉRIDOS 90% grasas

forma ingerida más abundante
forma principal de almacenamiento

Pueden absorberse en **40-50%**
SIN digerirse!!

Pero es un proceso muy **LENTO**

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas DIETA

La comida rápida de hoy...
"Trans-fat"



Grasas artificiales
Hidrogenación de Ac. grasos polinsaturados

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas DIETA



La comida rápida de hoy...

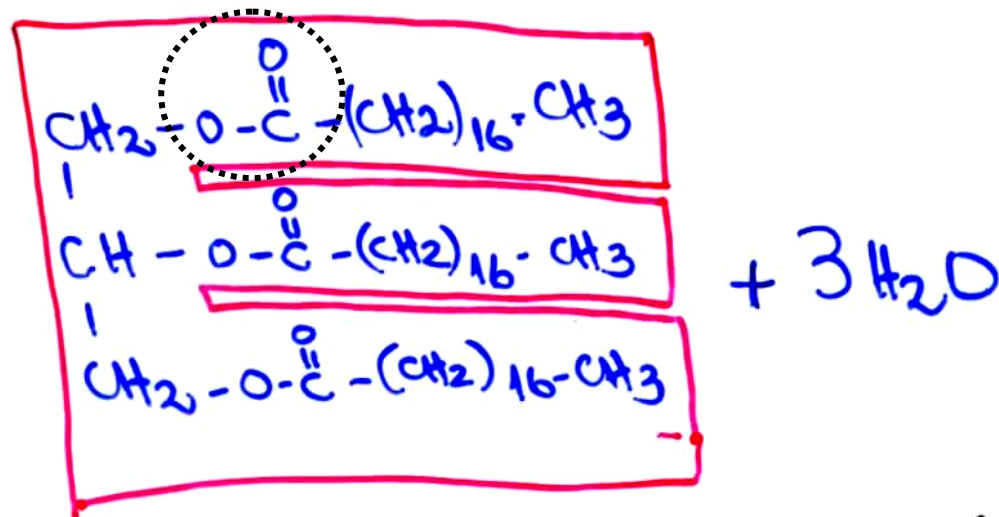
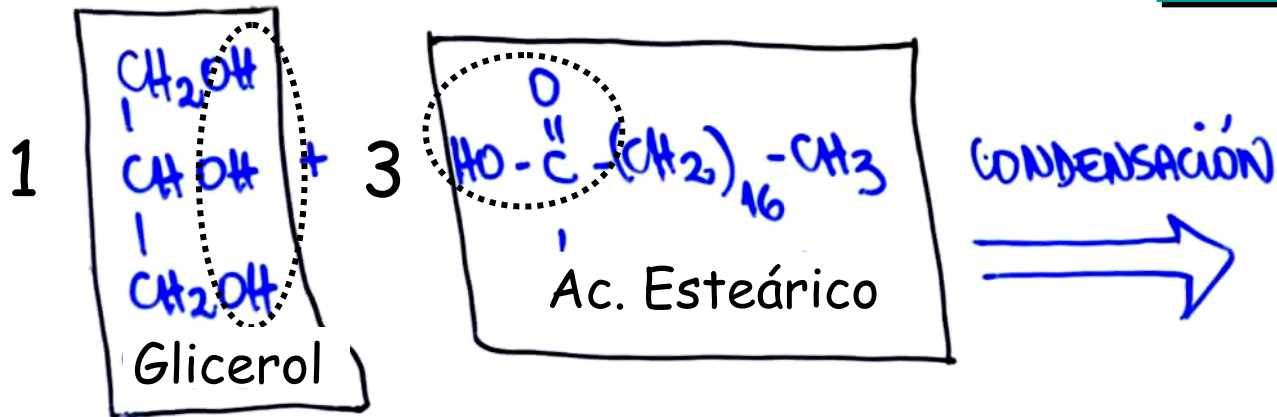
"Trans-fat"

Margarinas....

Son peores que las grasas saturadas
Disminuyen el HDL "colesterol bueno"
Aumentan riesgo de diabetes

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Síntesis



1 molécula de Triglicérido

eps

UNIÓN ÉSTER

4/3

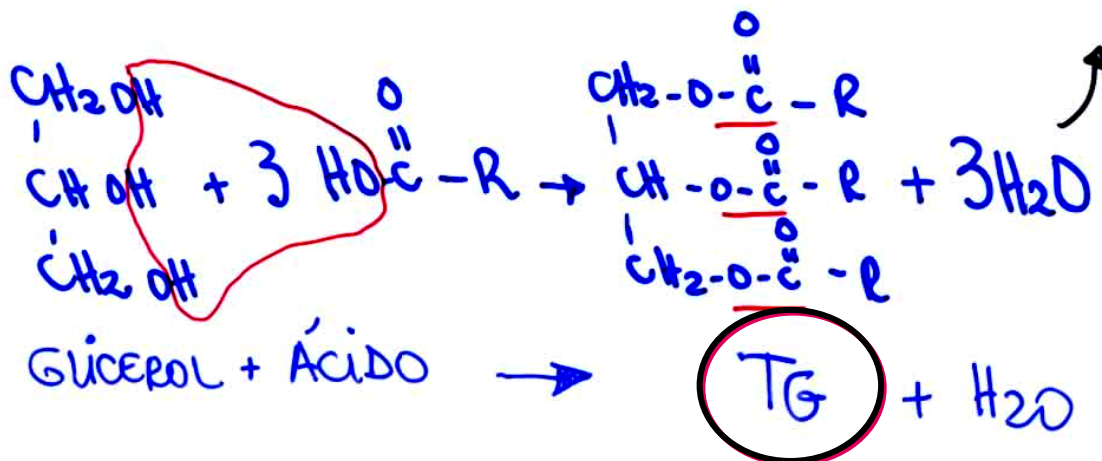
IV. DIGESTIÓN GRASAS

Síntesis

alcohol + ácido = éster

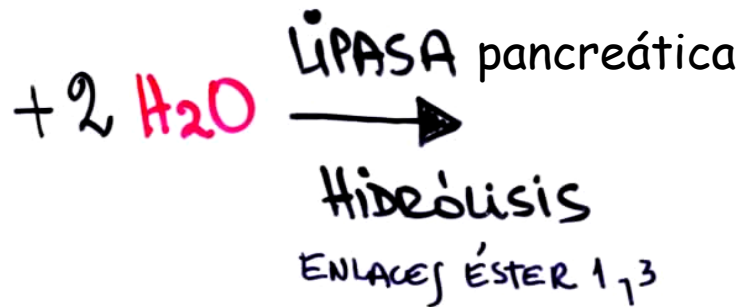
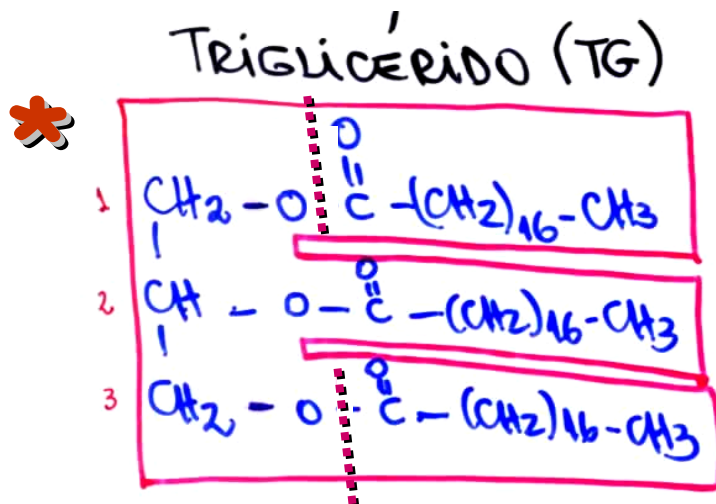


glicerol + ácido = TG



IV. DIGESTIÓN GRASAS

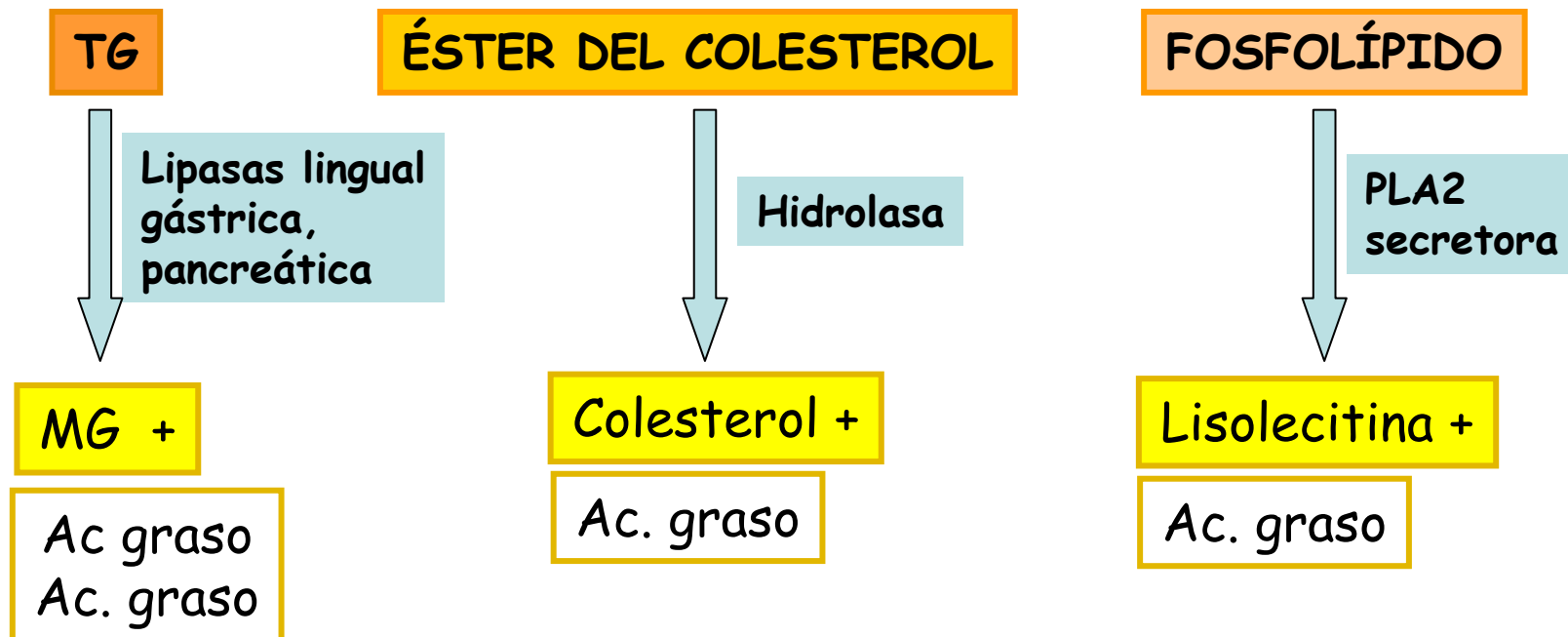
Acción lipasa





IV. DIGESTIÓN GRASAS

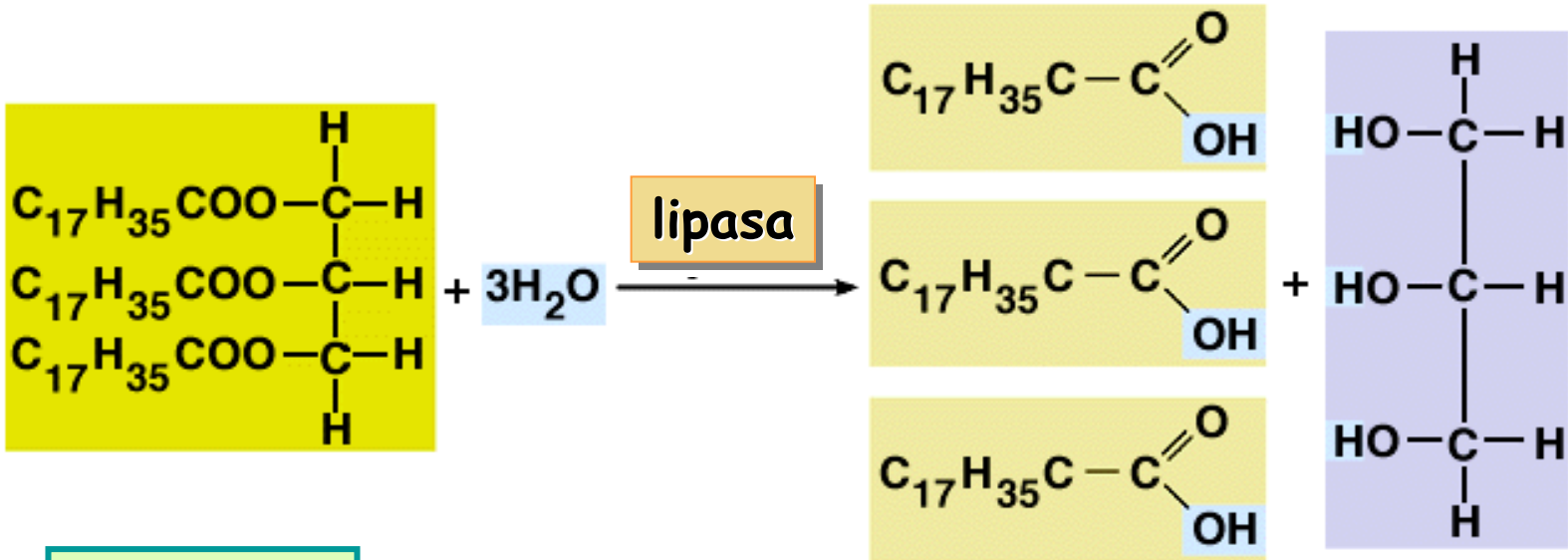
Acción Estearasas





IV. DIGESTIÓN GRASAS

Acción Lipasas



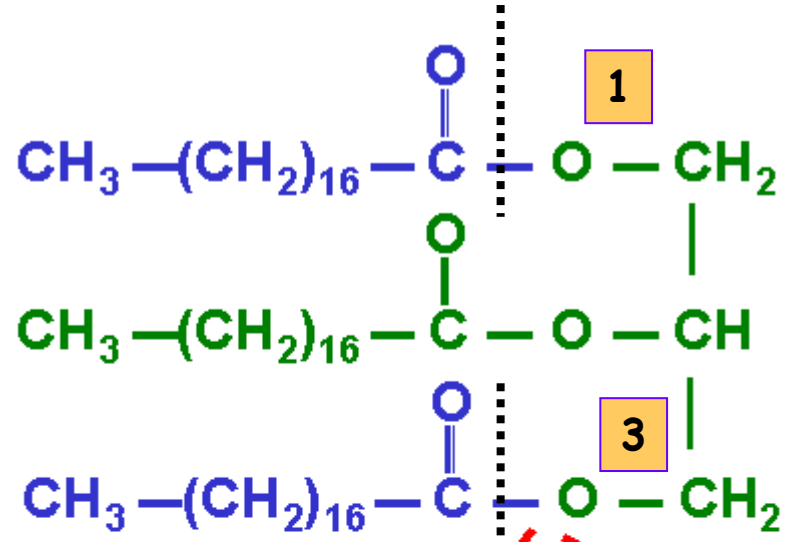
TG
+
3 moléculas
AGUA

lipasa

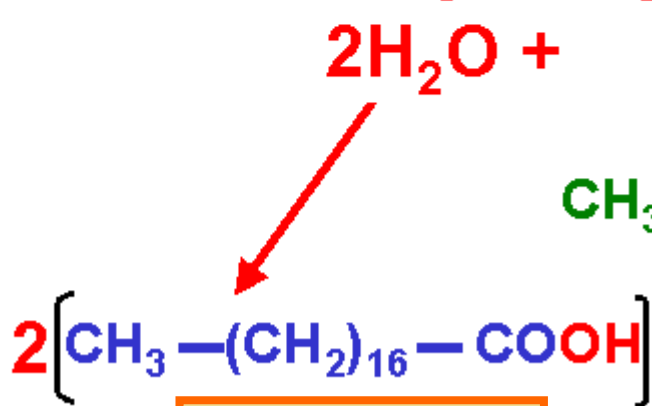
3 ÁCIDOS GRASOS
+
GLICEROL

Acción Lipasa

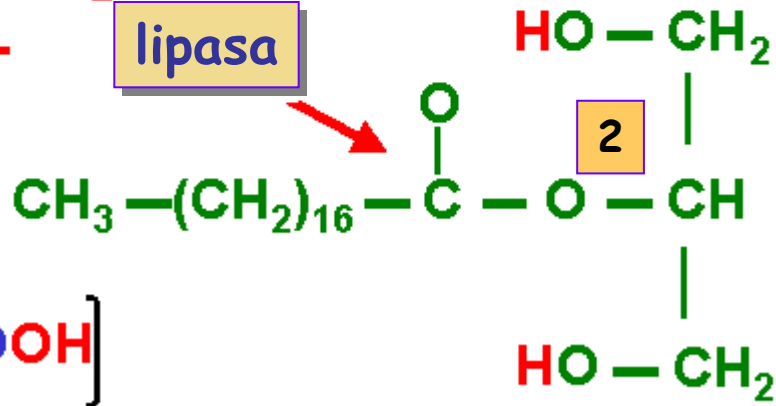
TG



LIPASA pancreática
rompe
enlaces éster 1 y 3

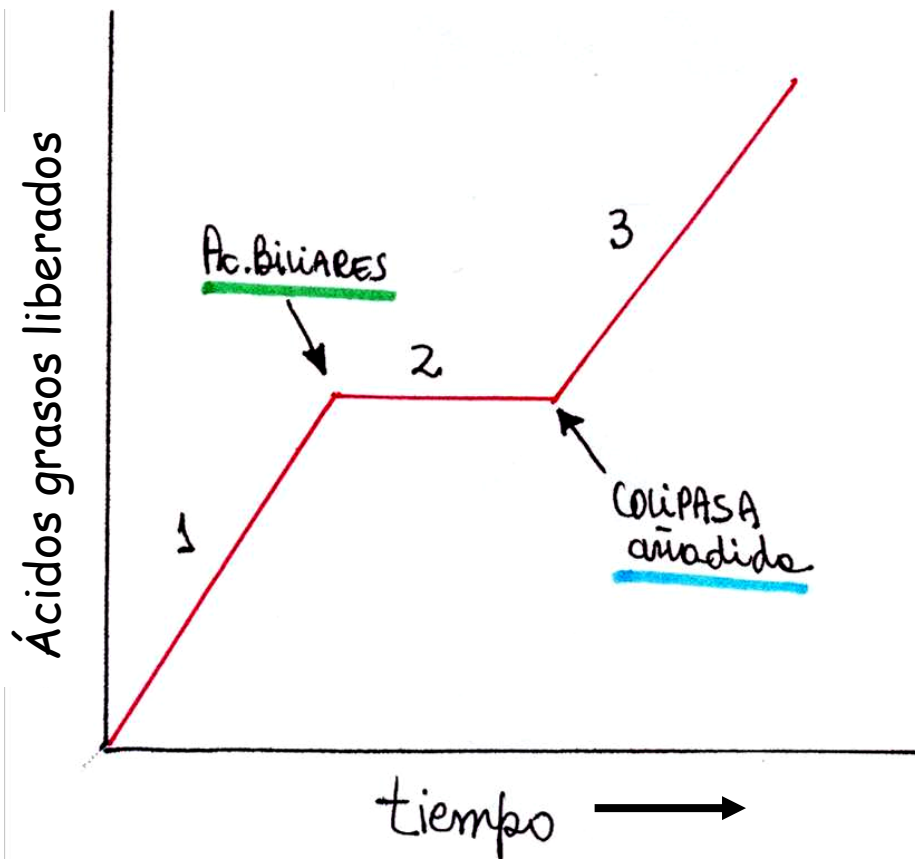


(2)
Ácidos grasos



(1)
2-monoglicérido (2-MG)

Acción Lipasa

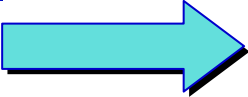
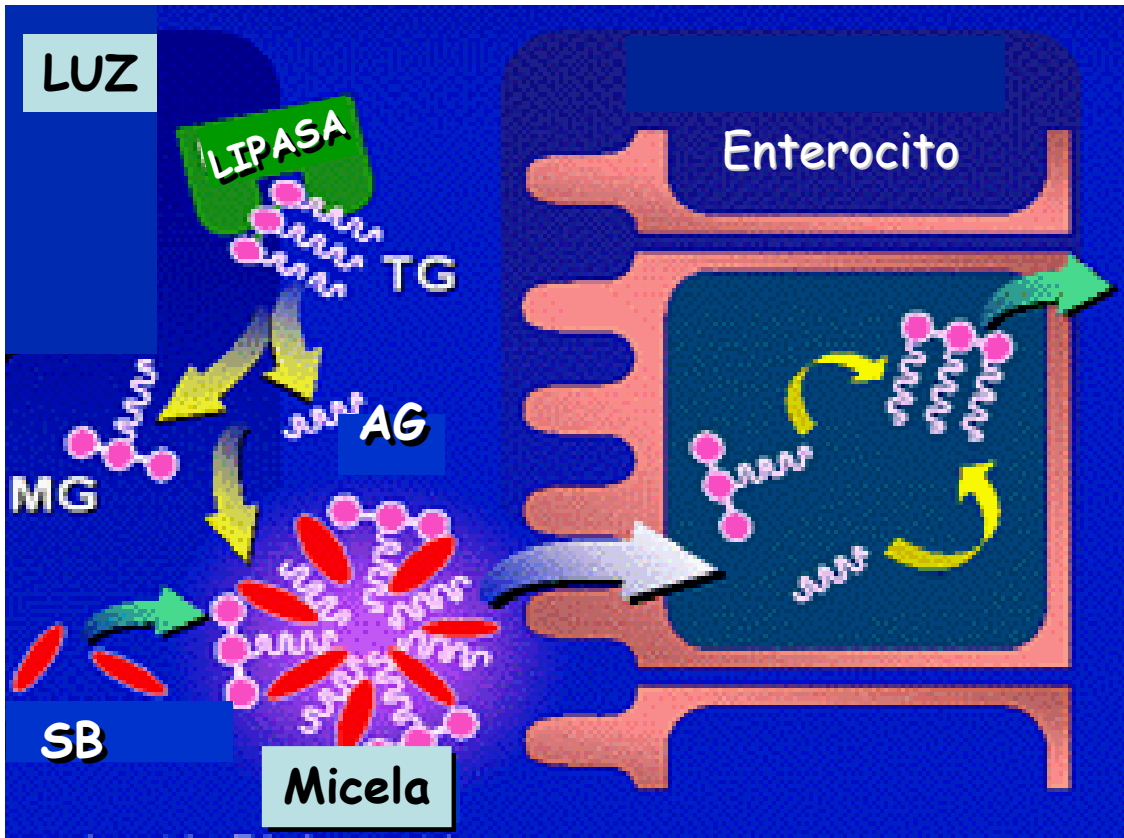


Ac. Biliares inhiben acción de lipasa

Colipasa estabiliza acción lipasa

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Hidrólisis



IV. DIGESTIÓN GRASAS

Perder peso...

Orlistat

Xenical

Es inhibidor de la Lipasa
Pancreática

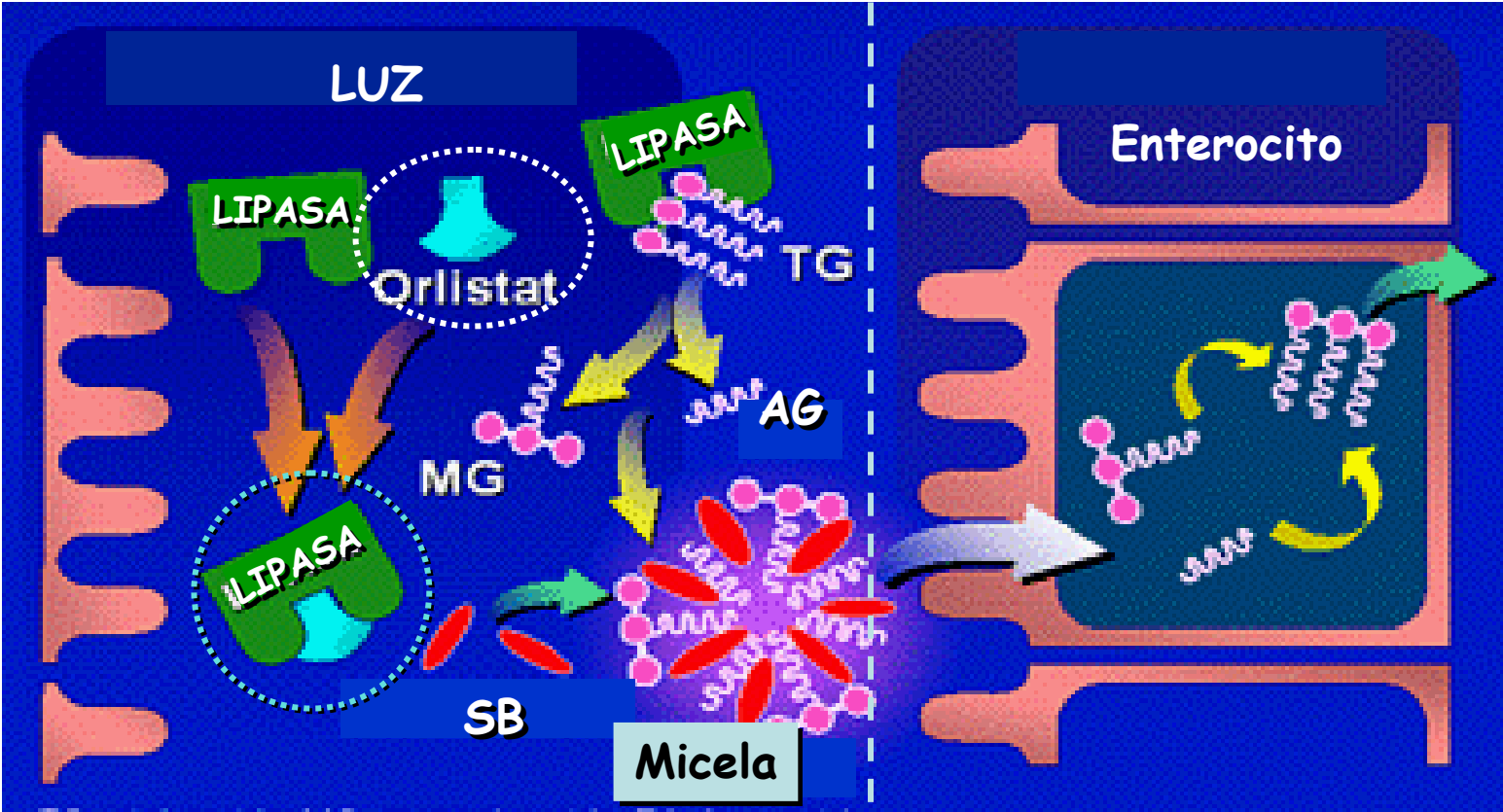
Reduce digestión de grasas

Efecto colateral: esteatorrea



Orlistat inhibidor de lipasas en la luz

Xenical



IV. DIGESTIÓN GRASAS

**Lipasa pancreática
dependiente de SB**

Pequeño porcentaje

Menos activa

Cataliza hidrólisis de:

TG

Ésteres del colesterol

Fosfolípidos



IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas

- NO solubles en agua
- Su digestión y transporte ocurren en medios acuosos:
 - * Luz intestinal
 - * Espacio intersticial
 - * Medio intracelular
- Las lipasas también son hidrosolubles



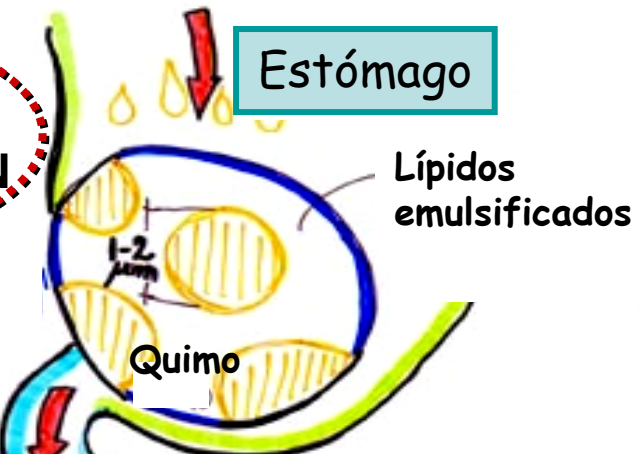
Por tanto,
Las GRASAS deben ser “tratadas”
previamente para digerirse y absorberse

IV. DIGESTIÓN GRASAS

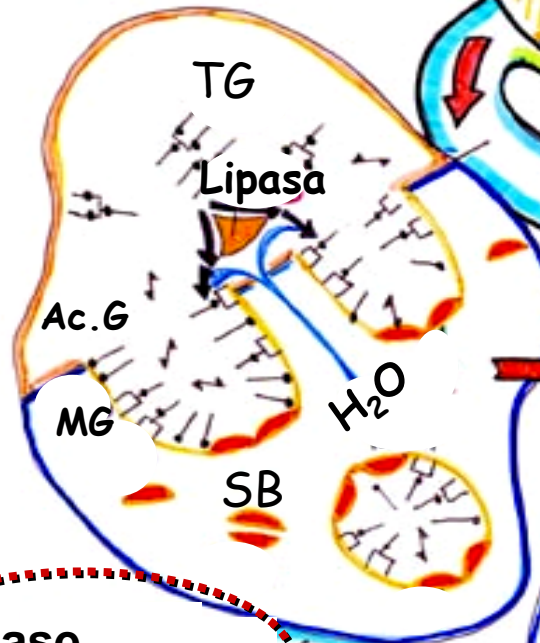
Fases



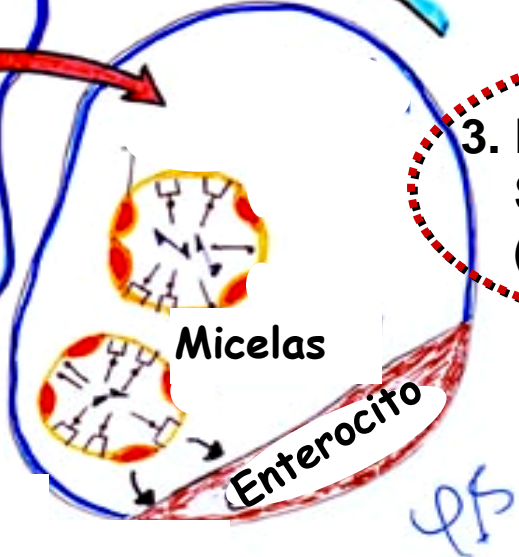
1. Fase EMULSIFICACIÓN



2. Fase HIDRÓLISIS



3. Fase SOLUBILIZACIÓN (MICELAS)





IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas DIETA

"PreTratamiento"
digestión y absorción

1. EMULSIFICACIÓN

↑ área para la LIPASA
AGITACIÓN
SALES BILIARES - LECITINA

2. HIDRÓLISIS

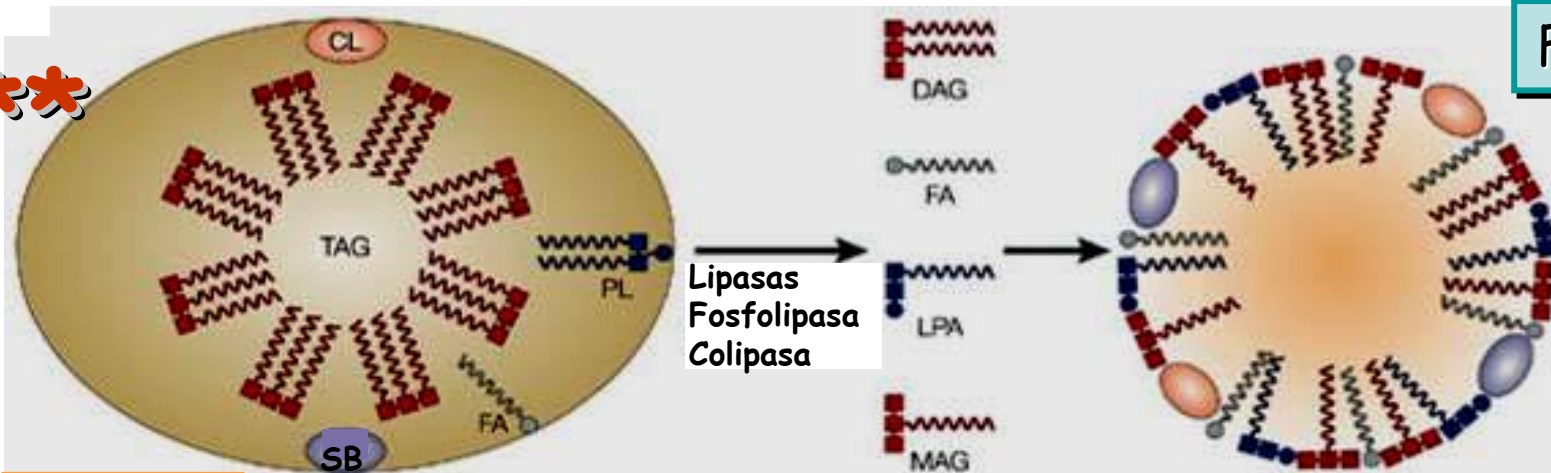
Lipasa + H₂O

3. SOLUBILIZACIÓN

MICELAS → EVITA RE-ESTERIFICACIÓN
→ TRANSPORTE a la MEMBRANA del ENTEROCITO

efs

Fases

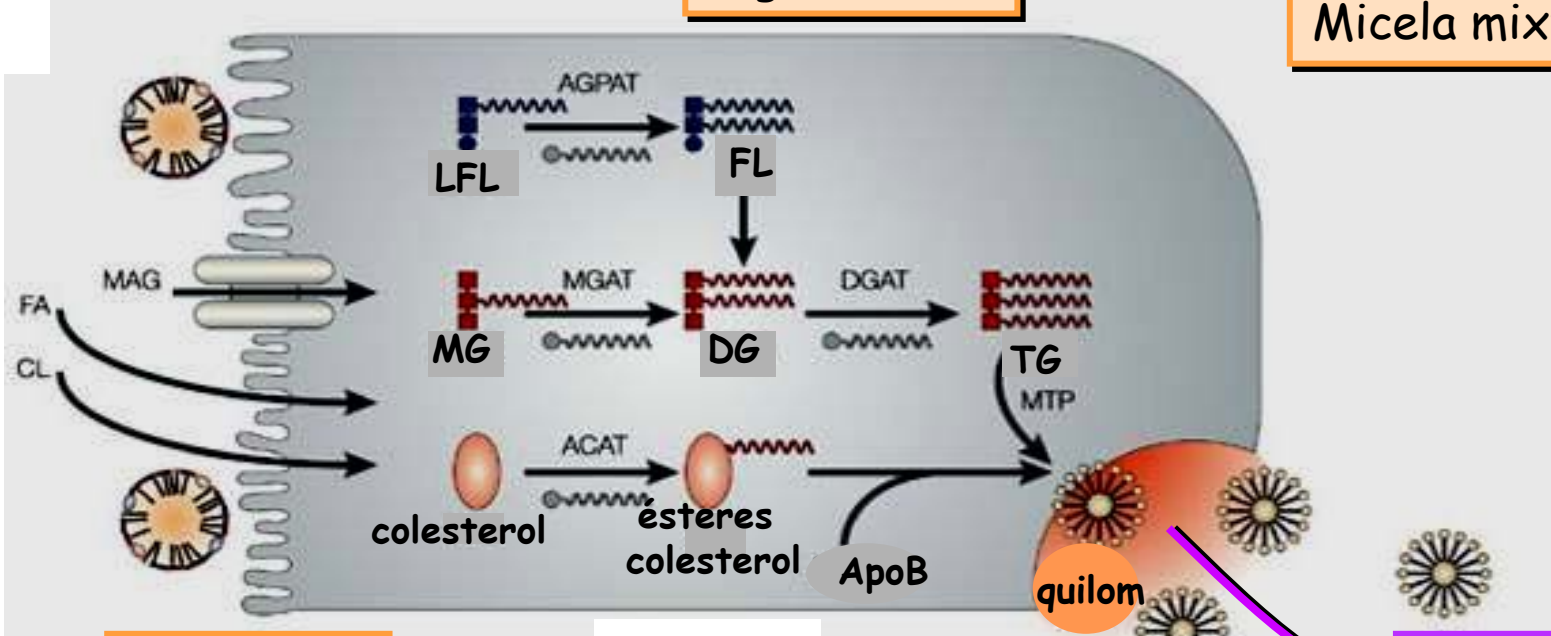


Lipasas
Fosfolipasa
Colipasa

Emulsión

Digestión luz

Transporte
Micela mixta



Absorción
enterocito

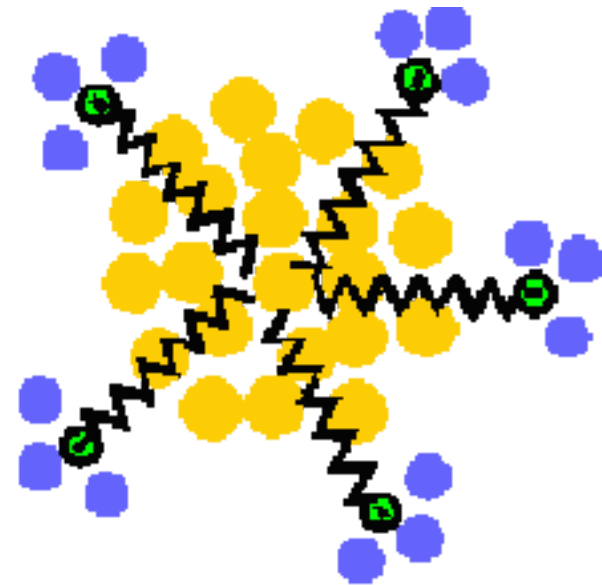
Resterificación

Quilomicrones

Linfa

Fases digestión grasas

Emulsificación



● molécula de agua

● molécula de grasa

~~~~~● jabón

“CORTAR la grasa” con detergente

“Vinagreta” con vinagre o limón se emulsifica el aceite

Ejercicio:

¿Qué tienen en común jabón, limón y las sales biliares?

## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases digestión grasas

Emulsificación

¿CÓMO se hace una "vinagreta"?





# IV. DIGESTIÓN GRASAS

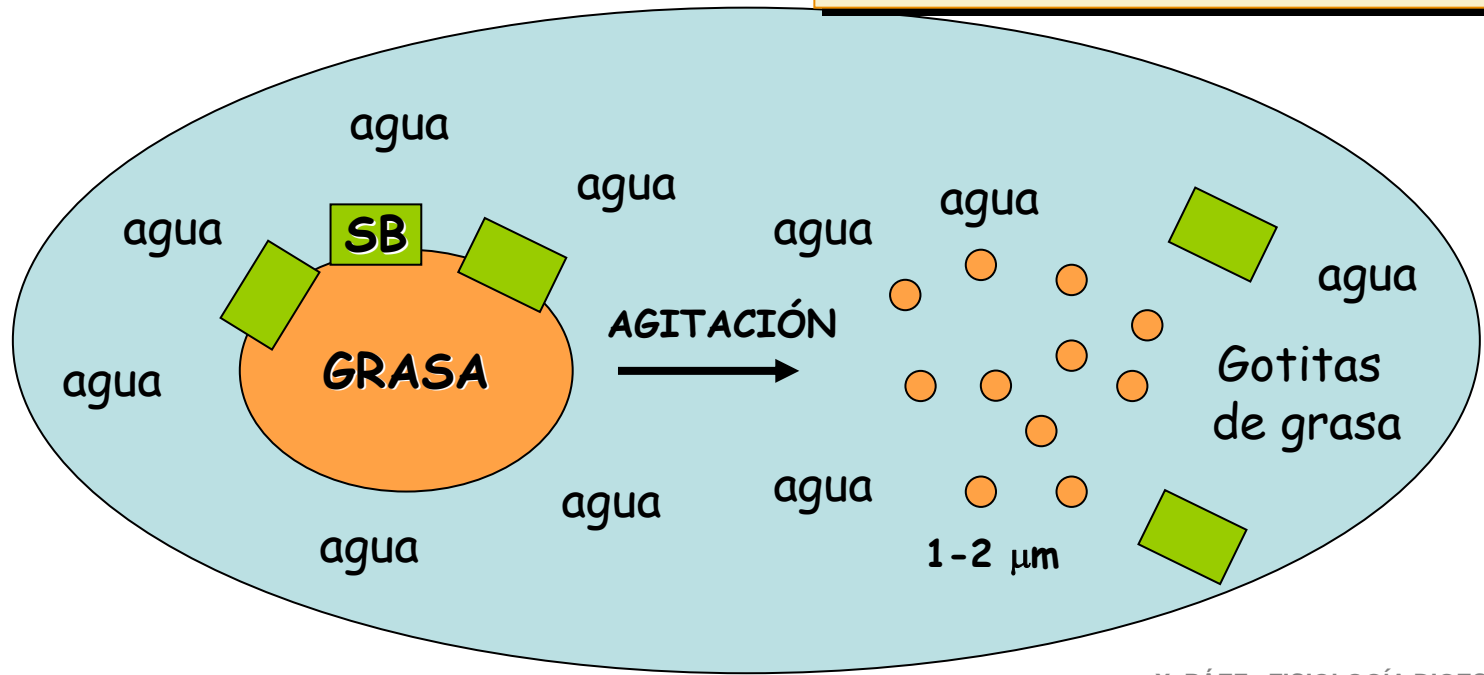
Fases

Emulsificación

**SB y Lecitina** son moléculas anfipáticas

La parte **APOLAR** se disuelve en la superficie del glóbulo de grasa  
La **POLAR** se proyecta hacia fuera

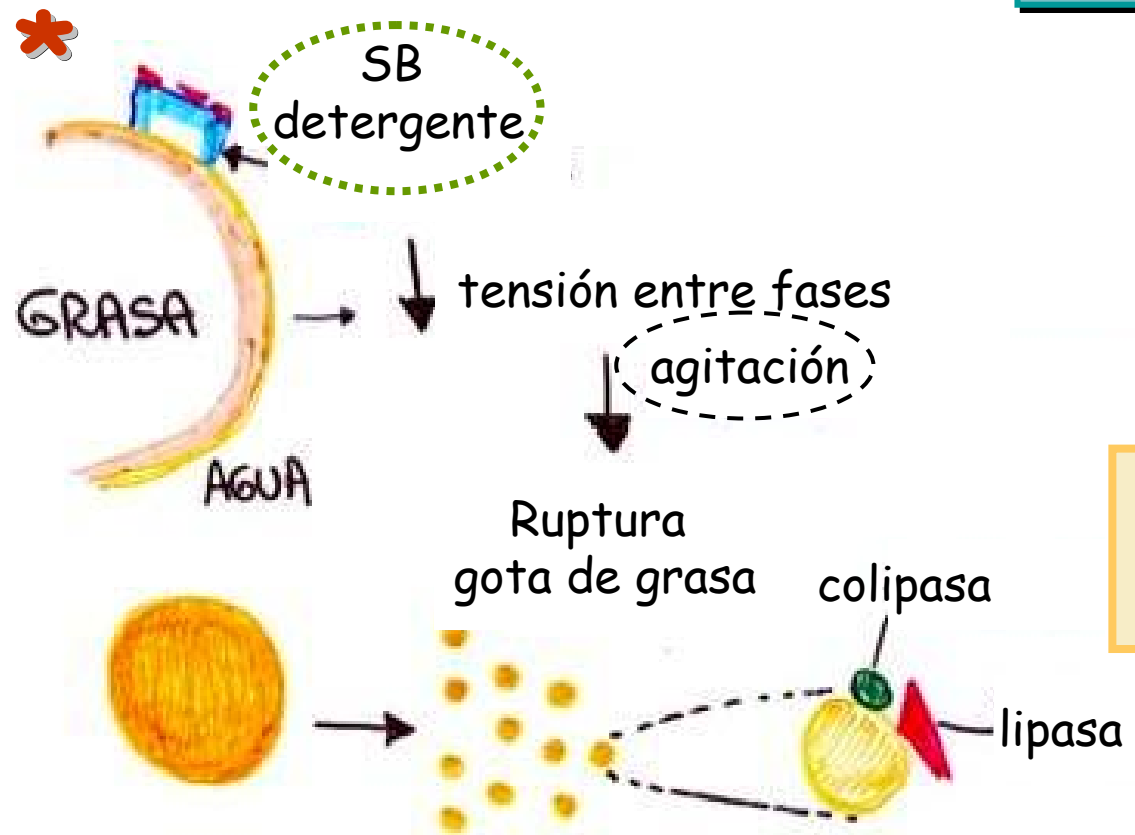
Disminuye la tensión entre fase agua/grasa  
Se rompe el glóbulo con **AGITACIÓN** (mezcla estómago y duodeno)



# IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

Emulsificación



Un glóbulo de grasa pasa a muchas gotitas

EMULSIÓN  
> Nº gotas > área

Aumenta el **ÁREA** para acción enzimática



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

Emulsificación

# IMPORTANCIA EMULSIFICACIÓN DE LAS GRASAS

Más fácil acceso y acción de  
LIPASAS hidrosolubles

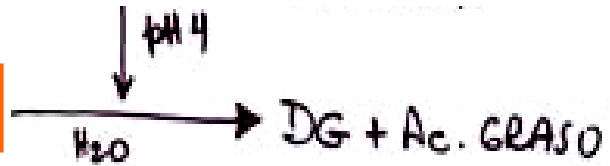


Estómago

10-30%

Lipasas bucal  
y gástrica

TG



Rompe unión éster  
en 1

Emulsión y digestión  
INICIALES

Hidrólisis

Fases



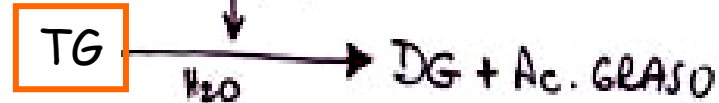
Fases

Hidrólisis

Estómago

10-30%

Lipasas bucal  
y gástrica



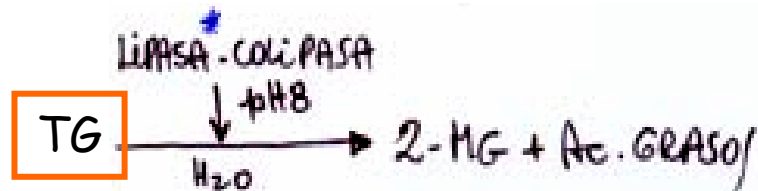
Emulsión y digestión  
INICIALES

Rompe unión éster  
en 1

Intestino

70-90%

Enzimas Pancreáticas



Emulsión y digestión  
APROPIADAS

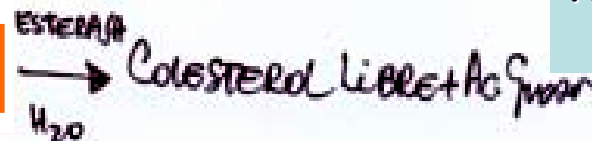
Rompe unión éster  
en 1 y 3

Fosfolípidos



Rompe unión éster  
en 2

Ésteres colesterol



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### Acción Esterasas

- Lipasa bucal- gástrica: TG
- Lipasa pancreática: TG
- Fosfolipasa A2 secretora: fosfolípidos, TG
- Esterasa colesterol: ésteres colesterol, TG

- L. gástrica  
unión éster 1 da 2,3- DG
- L. pancreática  
unión éster 1 y 3 da 2-MG
- PLA2 secretora  
unión éster 2 da 3 ac. grasos
- Esterasa de colesterol  
unión éster 2 da ac. grasos





## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

Hidrólisis

### Acción

Lipasa  
PLA2  
Esterasa del  
colesterol



### Productos

**MG** + ac. grasos  
**Lisolecitina** + ac. grasos  
**Colesterol libre** + ac. grasos



**ABSORCIÓN  
VÍA LINFA**

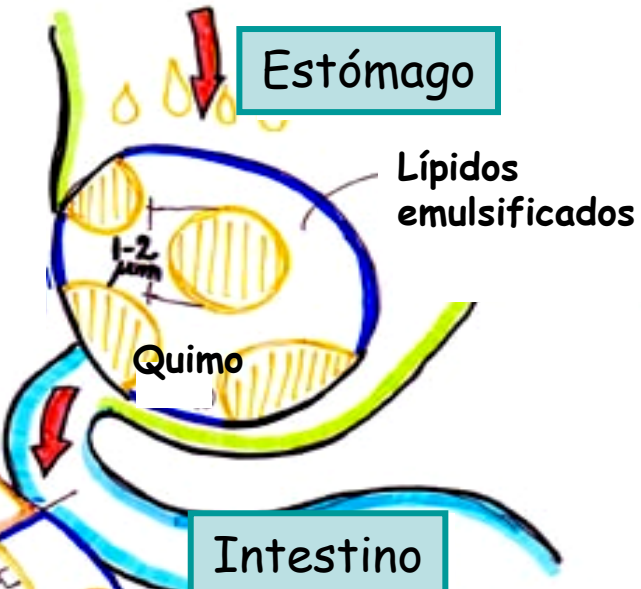




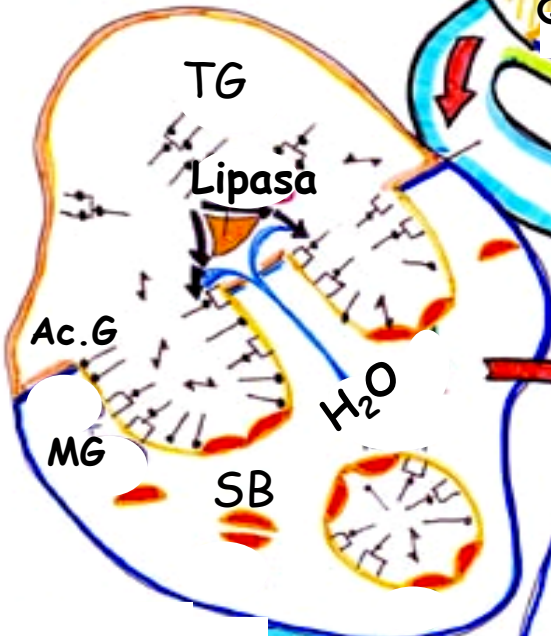
# IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

EMULSIFICACIÓN



Intestino

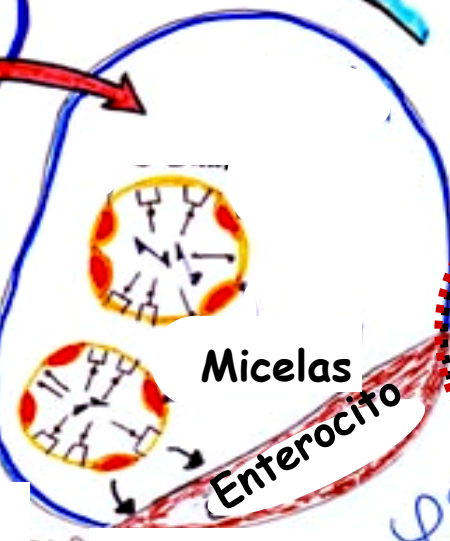


HIDRÓLISIS

Digestión

SOLUBILIZACIÓN Micelas

Transporte

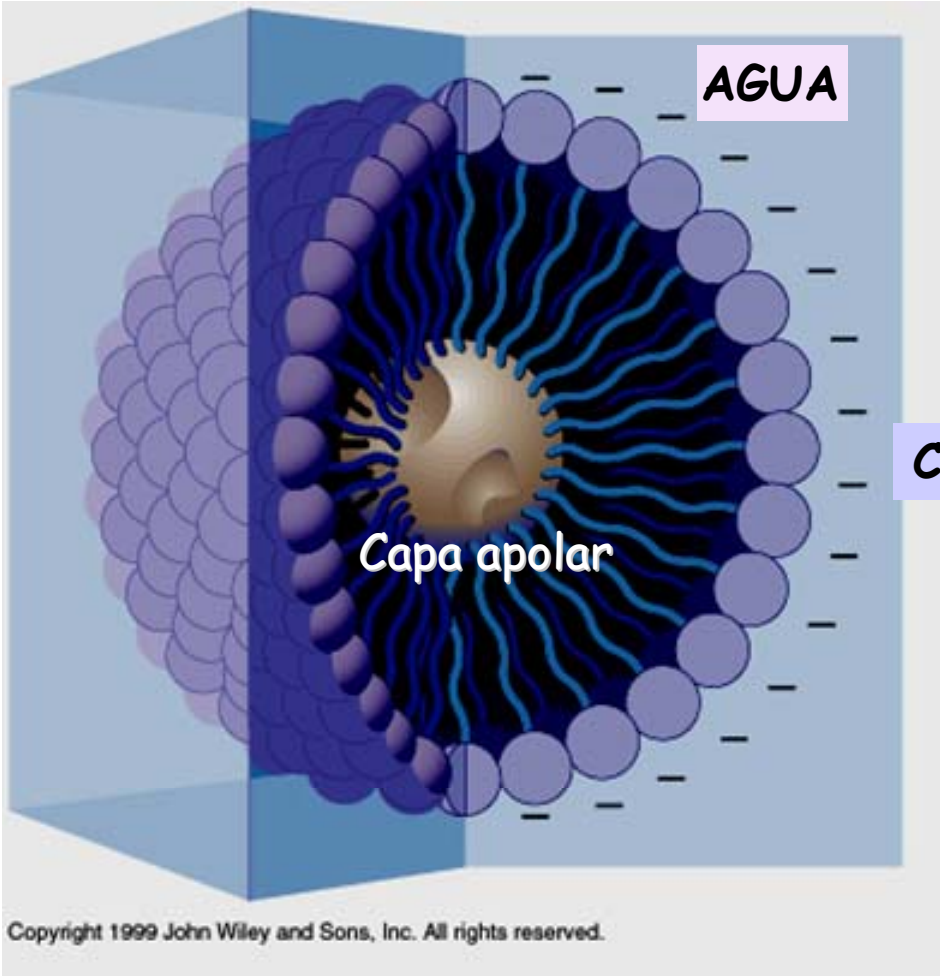




# IV. DIGESTIÓN GRASAS

## Solubilización

### Fases



### Micela

Esferas  
3-6 nm

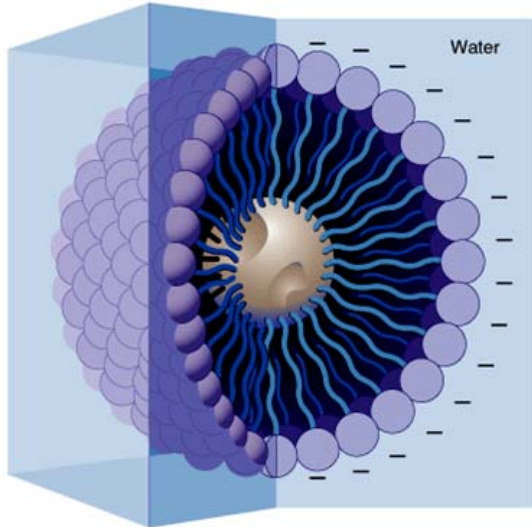
### Capa polar



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### Fases

## Solubilización



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

**SALES BILIARES**  
"concentración micelar crítica"  
forman **MICELAS**

**Parte POLAR hidrosoluble**  
afuera moléculas  
anfipáticas:

Monoglicéridos  
Fosfolípidos  
Sales Biliares

**Parte APOLAR liposoluble**  
adentro grasas disueltas:

Colesterol  
Ac. grasos cadena larga  
Vit. Liposolubles

# IV. DIGESTIÓN GRASAS

FOSFATIDILCOLINA  
O  
LECITINA



Símbolo  
FOSFOLÍPIDO

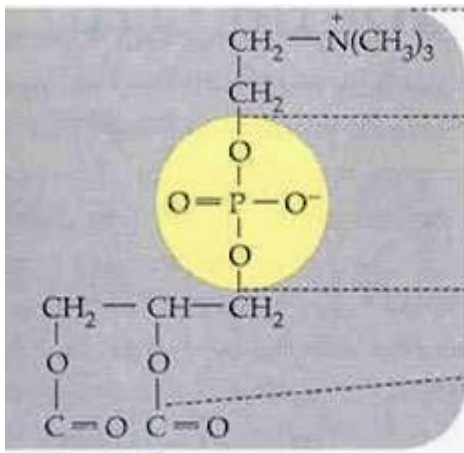
Cabeza  
hidrofílica

Colas  
hidrofóbicas

Fórmula estructural

Modelo 3D

Cabeza  
hidrofílica

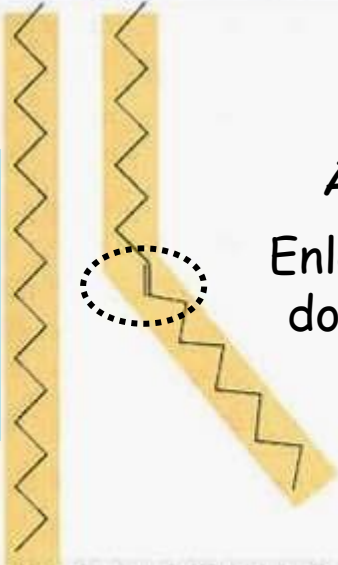


COLINA

FOSFATO

GLICEROL

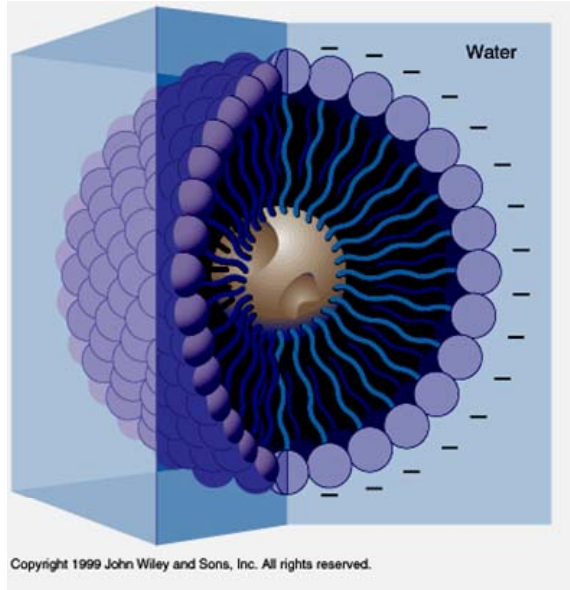
Colas  
hidrofóbicas



ÁCIDOS GRASOS

Enlace  
doble





Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

# IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

Solubilización

MICELA MIXTA SB-GRASA

Fosfolípidos, MG

Ac. Biliares

Ac. grasos cad. larga  
Colesterol, Vitaminas ADEK

Grupos OH

Enlace peptídico

Grupo carboxílico

3-6 nm

EXTERIOR HIDROFÍLICO

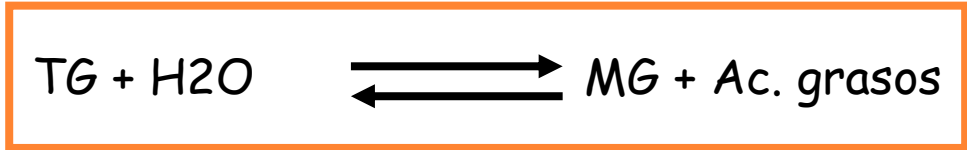
INTERIOR HIDROFÓBICO



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Solubilización

**LIPASA ACCIÓN REVERSIBLE**  
Hidrólisis y esterificación simultánea



Las grasas se van DIGIRIENDO e incorporando a las micelas!

**MICELAS SB impiden reesterificación antes absorción**





TG

ÉSTERES del COLESTEROL  
FOSFOLÍPIDOS :

HIDRÓLISIS +  
SOLUBILIZACIÓN

ÉSTERES AC GRASOS CADENA CORTA :

HIDRÓLISIS

COLESTEROL

VITAMINAS LIPOSOLUBLES :

SOLUBILIZACIÓN

## IV. DIGESTIÓN GRASAS

No todas  
las grasas necesitan  
las 3 fases!!

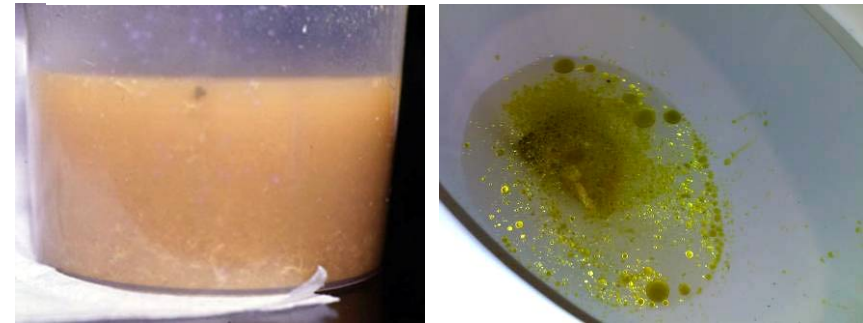
## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### Esteatorrea

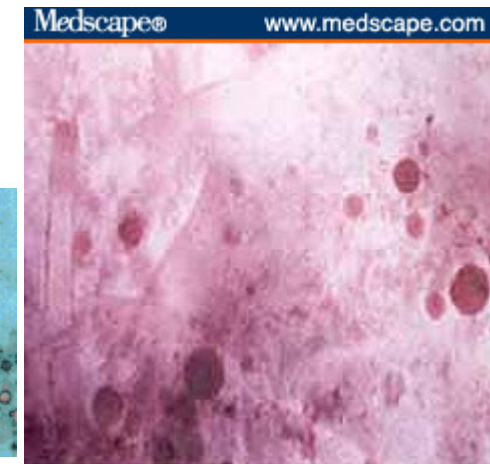
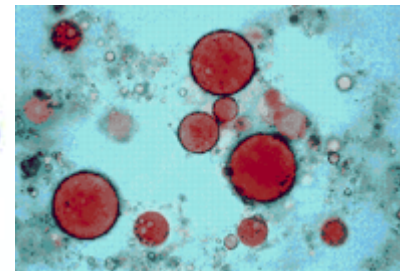
> 5% grasa en heces

1. INSUFICIENCIA PANCREÁTICA  
Faltan ENZIMAS  
pH NO ALCALINO
2. INSUFICIENCIA BILIAR  
Faltan SALES BILIARES  
OBSTRUCCIÓN flujo BILIS  
DEFECTO REABSORCIÓN Ileon
3. LESIÓN ENTEROCITO  
- MALABSORCIÓN -

¿Por qué flotan las heces?



Gotas  
grasa  
en heces



<http://cme.medscape.com/viewarticle/442814>  
<http://www.annals.org/content/132/4/279.1/F1.small.gif>

X. PÁEZ FISIOLÓGIA DIGESTIVA 2011 ULA



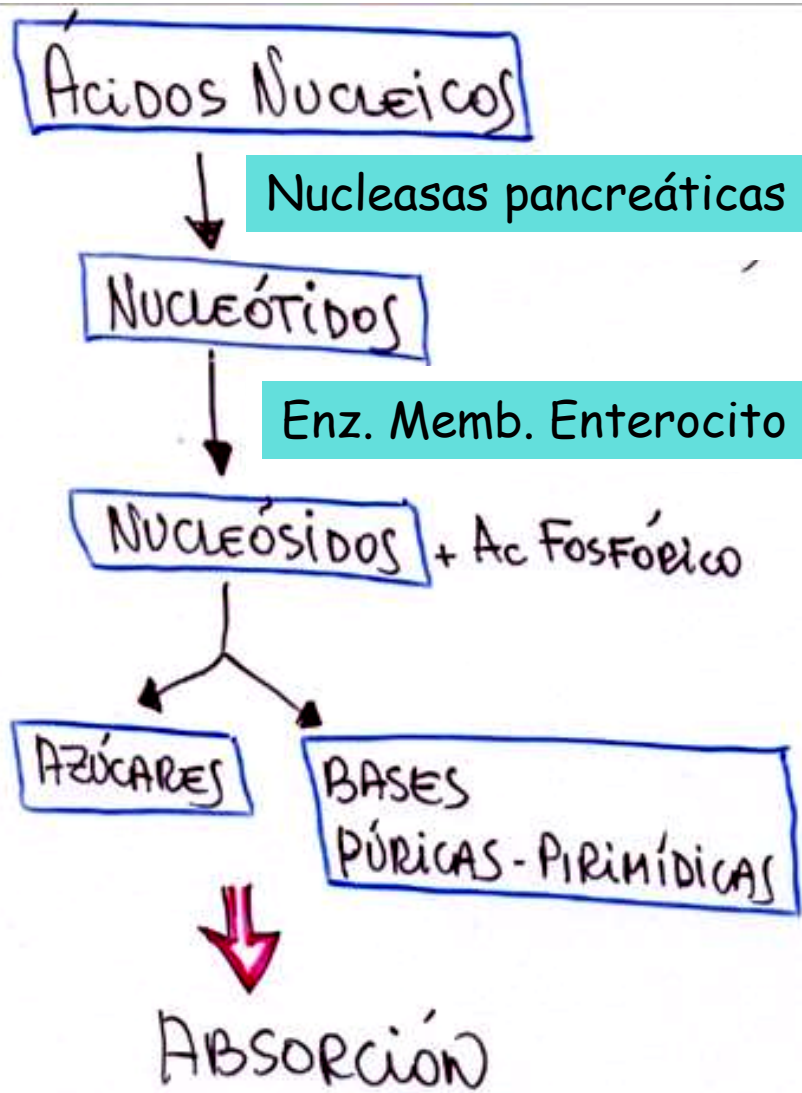
# DIGESTIÓN

| Nutriente | %                | Sitio                         | Enzimas                                                                                                   |
|-----------|------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H de C    | 5%<br>40%<br>55% | BOCA<br>ESTÓMAGO<br>INTESTINO | $\alpha$ amilasa salival<br>$\alpha$ amilasa salival<br>$\alpha$ amilasa pancreática<br>enzimas m. apical |
| PROTEÍNAS | 15%<br>85%       | ESTÓMAGO<br>INTESTINO         | pepsina<br>peptidasas páncreas,<br>enterocito: m. apical,<br>citoplasma                                   |
| GRASAS    | 10-30%<br>70-90% | ESTÓMAGO<br>INTESTINO         | lipasa bucal, gástrica<br>lipasa pancreática, PLA2,<br>esterasa colesterol                                |



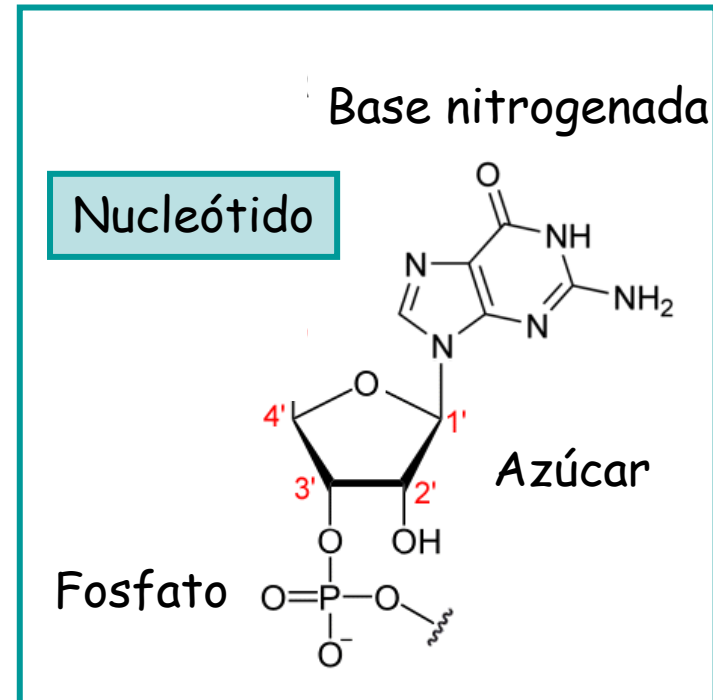
# DIGESTIÓN

| Sitios           | %     | Nutrientes | Enzimas                                                       |
|------------------|-------|------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Boca</b>      | 5     | CH         | $\alpha$ amilasa salival                                      |
| <b>Estómago</b>  | 40    | CH         | $\alpha$ amilasa salival                                      |
|                  | 15    | Proteína   | pepsina                                                       |
|                  | 10-30 | Grasa      | lipasa bucal,<br>gástrica                                     |
| <b>Intestino</b> | 55    | CH         | $\alpha$ amilasa pancreática<br>enzimas m. apical             |
|                  | 85    | Proteína   | peptidasas<br>páncreas, enterocito:<br>m. apical y citoplasma |
|                  | 70-90 | Grasa      | lipasa pancreática, PLA2,<br>esterasa colesterol              |



25

## V. DIGESTIÓN ÁCIDOS NUCLEICOS



**Nucleósido**  
Azúcar y base

# Fisiología del Aparato Digestivo

- Generalidades de la función digestiva
- Control neural de la función digestiva
- Boca-esófago, estómago
- Control humoral de la función digestiva
- Hígado, páncreas
- Intestino delgado
- Digestión
- **Absorción nutrientes**
  - Absorción de agua, electrolitos y vitaminas
  - Colon