

**FISIOLOGIA MEDICINA**

**FISIOLOGÍA  
DEL  
APARATO DIGESTIVO**

**2010**

**Ximena Páez**

**IMPORTANTE:**

Estos materiales audiovisuales  
NO sustituyen  
el uso de los libros para el  
estudio de la fisiología

## FUENTES

- *Ganong's Review of Medical Physiology*. 23<sup>er</sup>. Ed. K.E. Barrett, S.M. Barman, S. Boitano, H.L. Brooks Eds. Lange, **2010**.
- Silbernagl S. Despopoulos. *Fisiología. Texto y Atlas* 7<sup>ima</sup> Ed. Editorial Médica Panamericana, **2009**.
- Fox S.I. *Human Physiology*. 10<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill, New York, **2008**.
- Costanzo L.S. *Physiology*. 3<sup>er</sup> 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

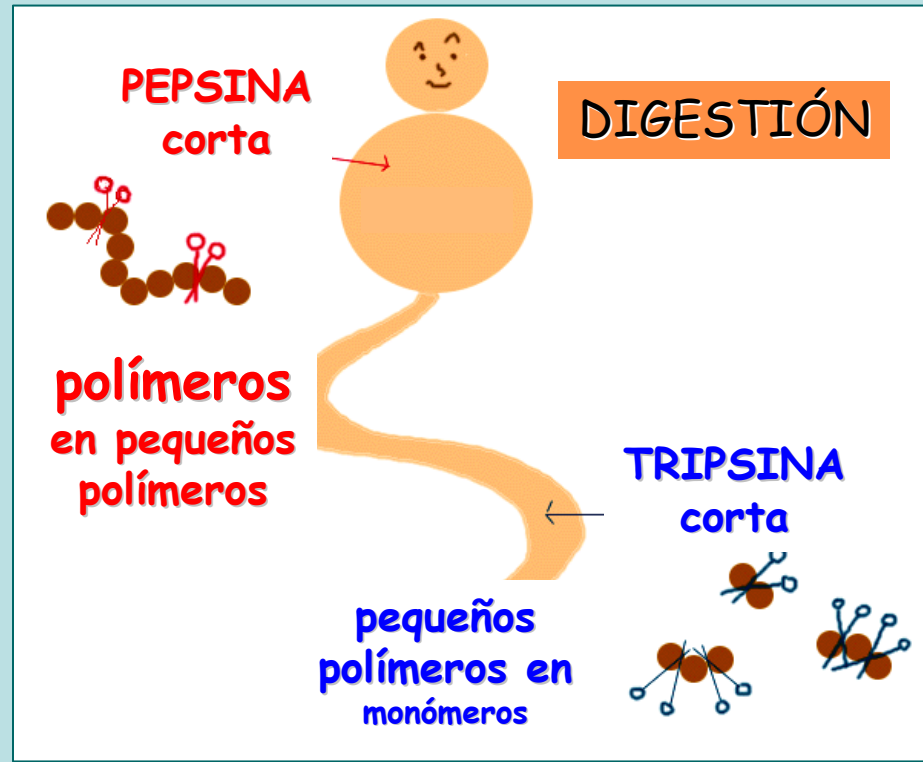
## I. DIGESTIÓN

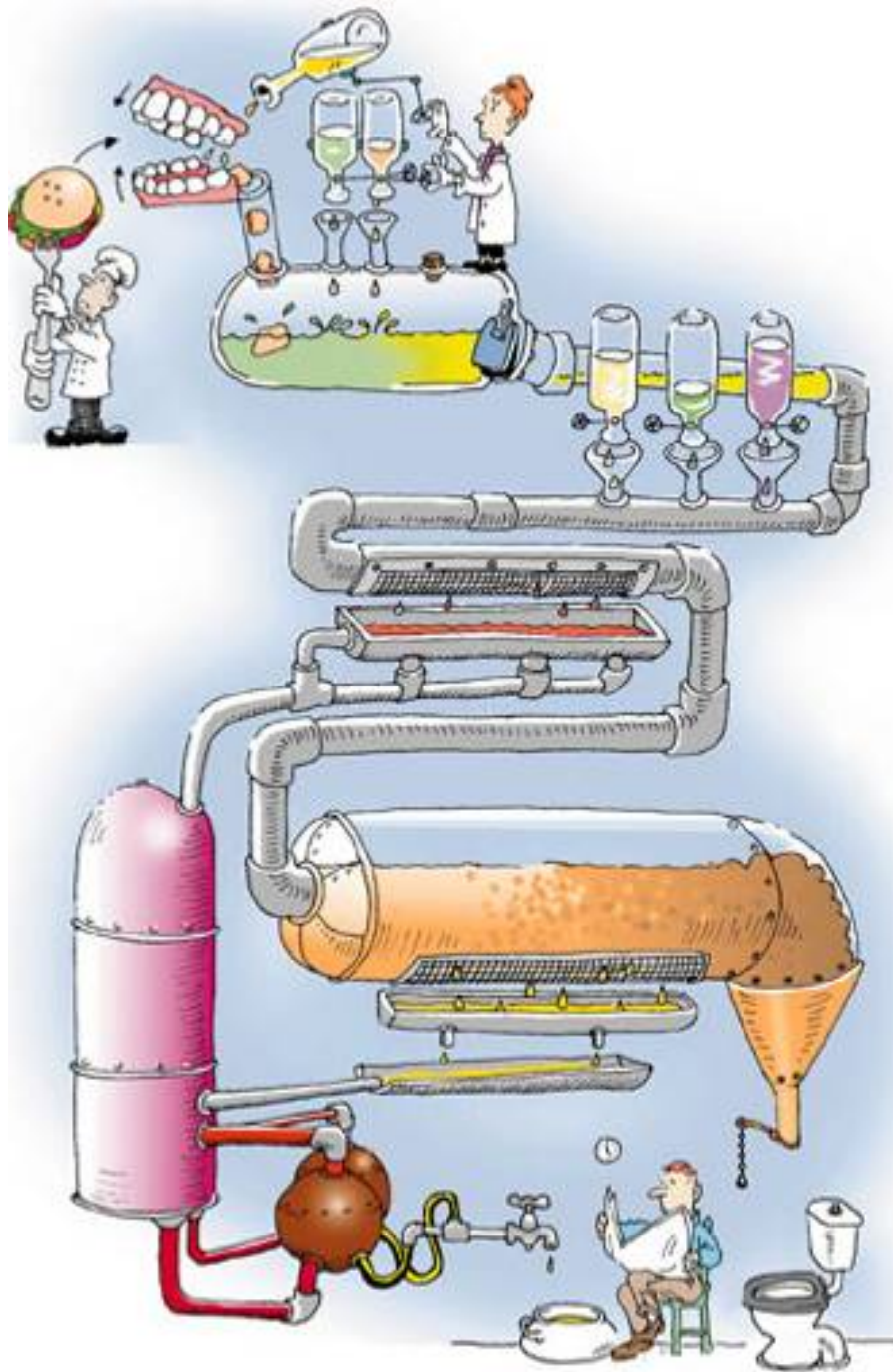
## II. D. CARBOHIDRATOS

## III. D. PROTEÍNAS

## IV. D. GRASAS

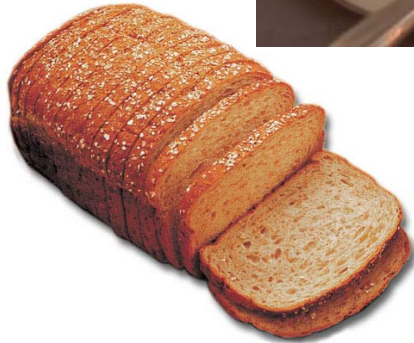
## V. D. ÁCIDOS NUCLÉICOS





## I. DIGESTIÓN

- Química de alimentos
- Concepto digestión
- Jugos digestivos



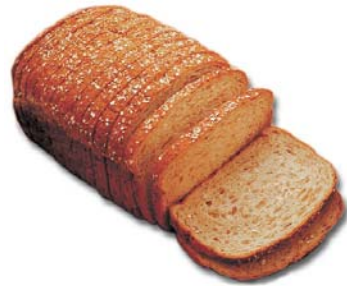
¿QUE  
es lo que vamos  
a DIGERIR?



# I. DIGESTIÓN

Química de alimentos





# I. DIGESTIÓN

## Química 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

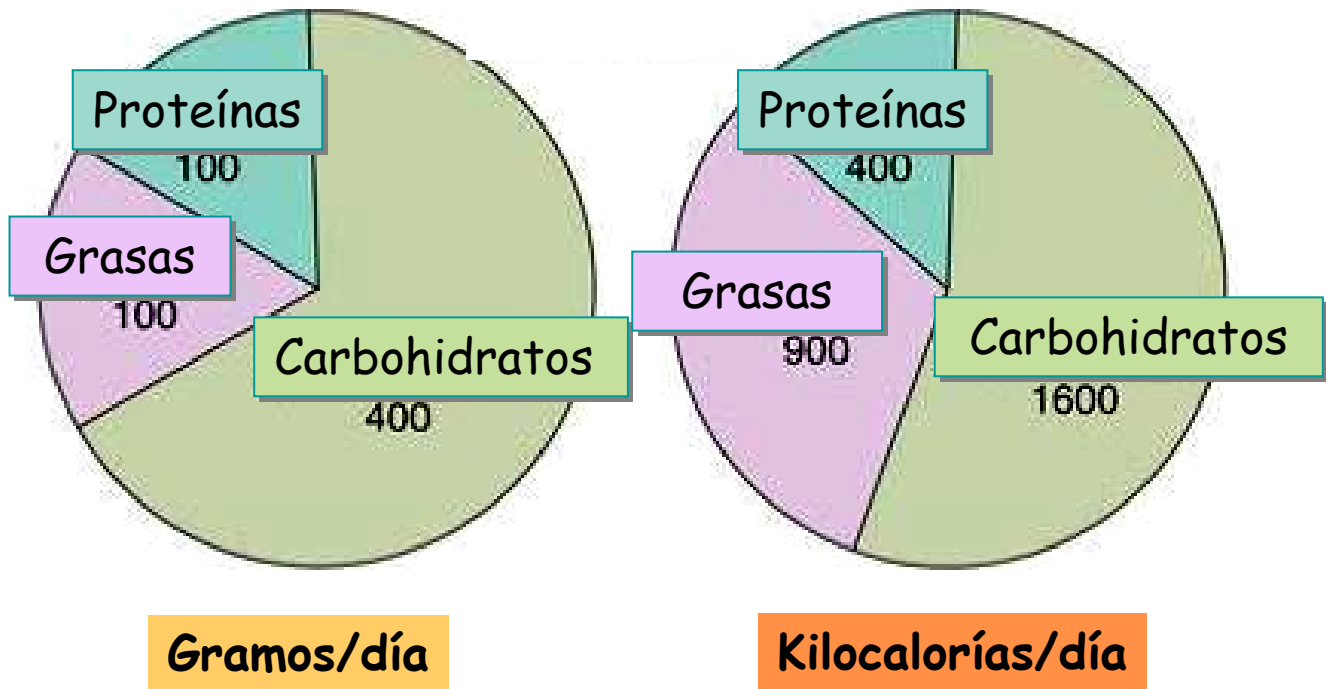




# I. DIGESTIÓN

## Dieta

### MACRONUTRIENTES



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

**MICRONUTRIENTES**  
Vitaminas, minerales, microelementos ( $\mu$ g a mg)

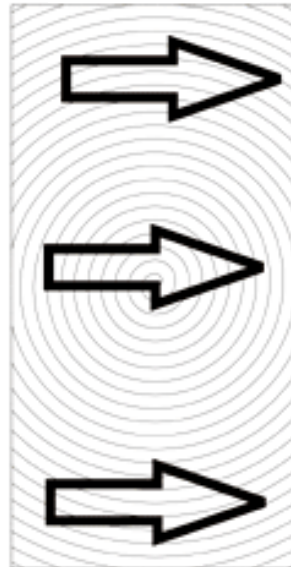
# I. DIGESTIÓN

Concepto

¿QUÉ es DIGESTIÓN?

# I. DIGESTIÓN

Concepto



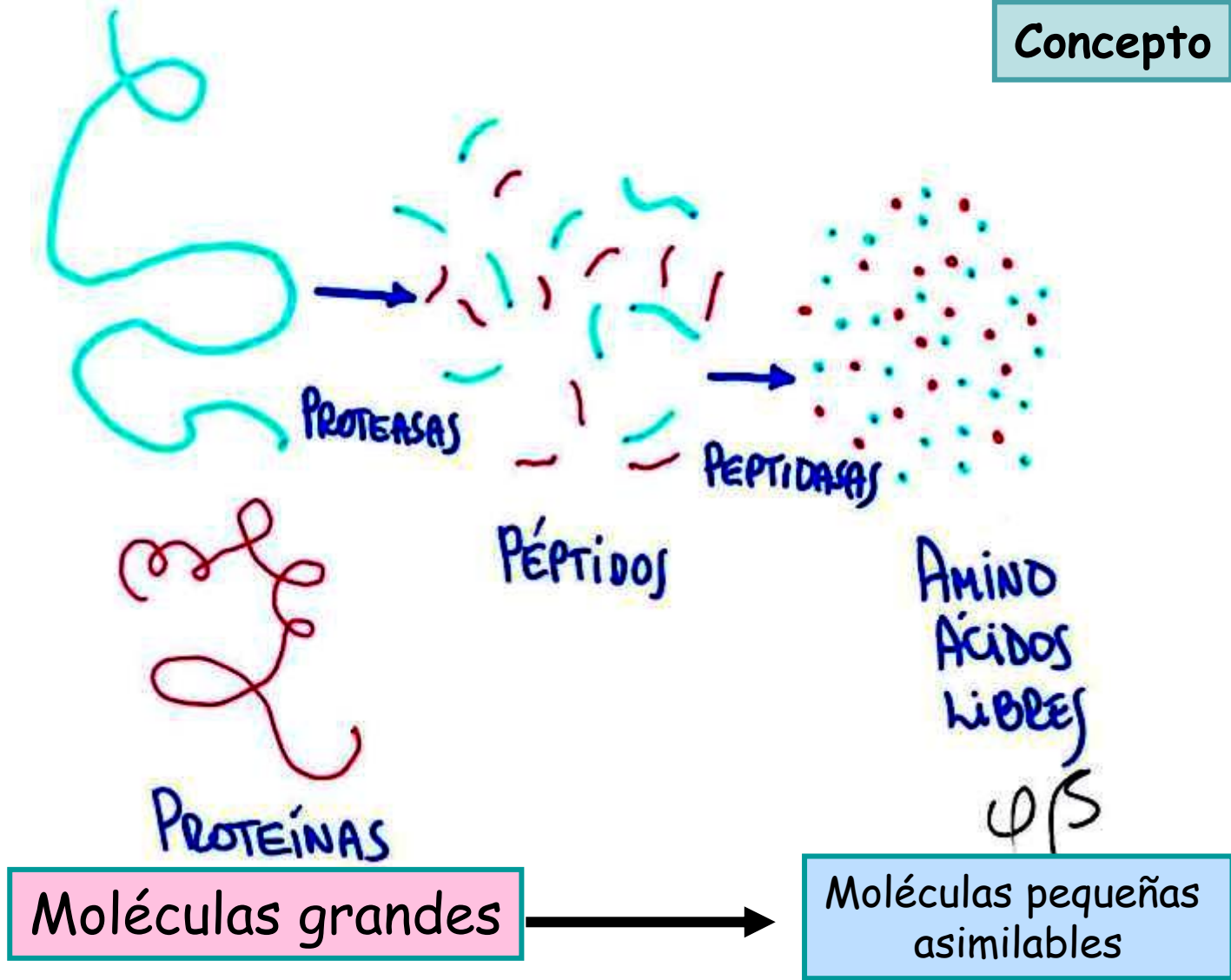
## DIGESTIÓN

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



# I. DIGESTIÓN

Concepto





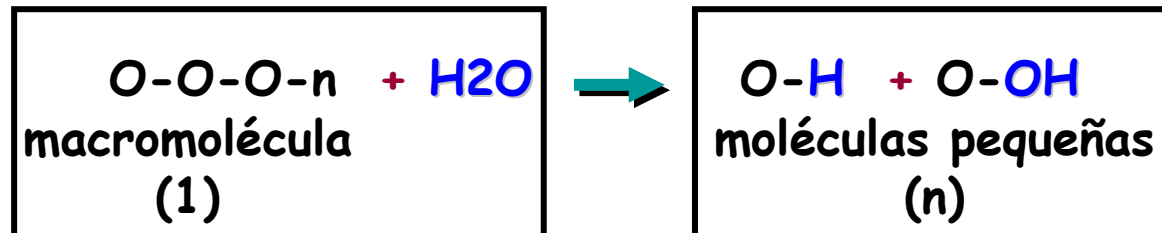
## I. DIGESTIÓN

### Concepto

¿CÓMO ocurre esto?

### HIDRÓLISIS

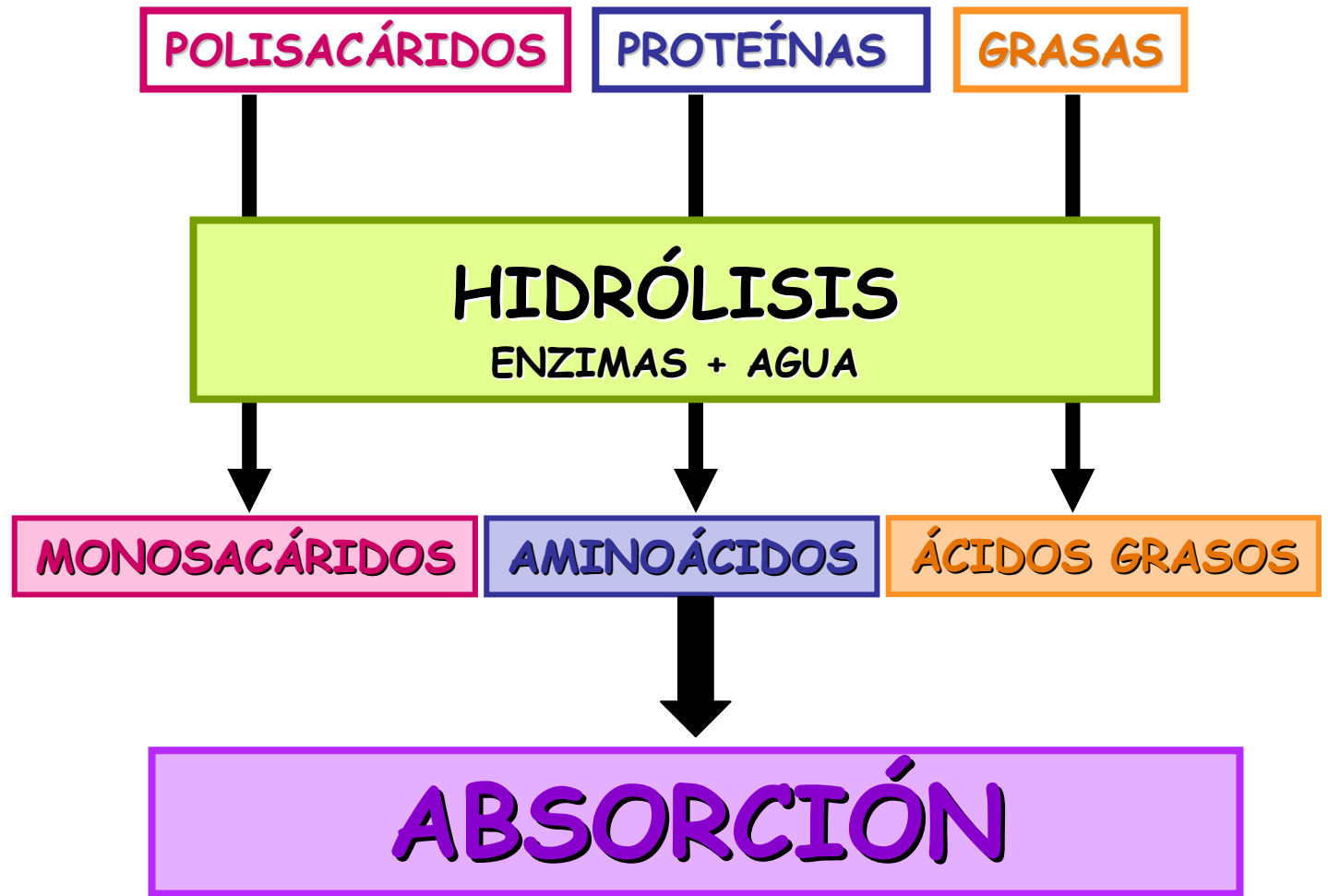
Reacción química con aporte de AGUA que se incorpora a la macromolécula rompiéndola en moléculas más pequeñas





# I. DIGESTIÓN

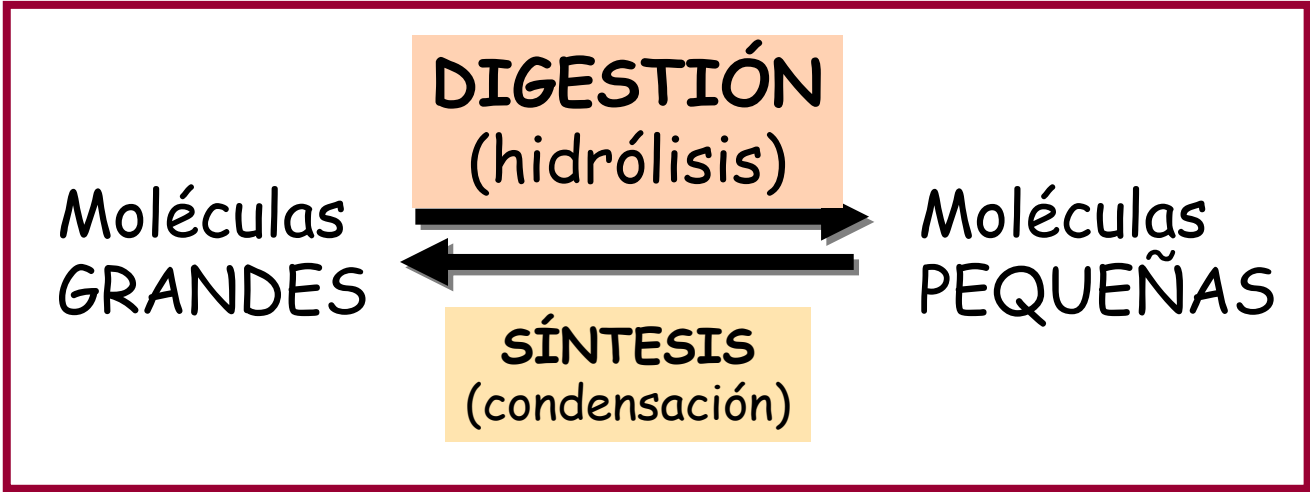
Concepto





# I. DIGESTIÓN

Hidrólisis



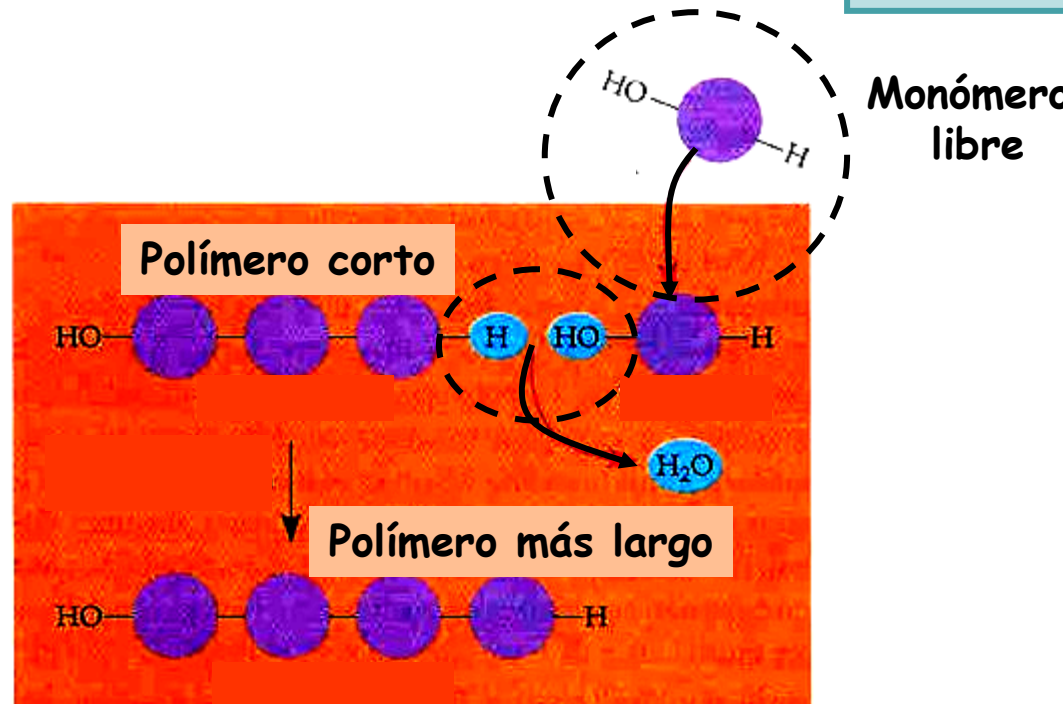
# I. DIGESTIÓN

## Hidrólisis

Monómero libre

SÍNTESIS DE UN POLÍMERO

Condensación



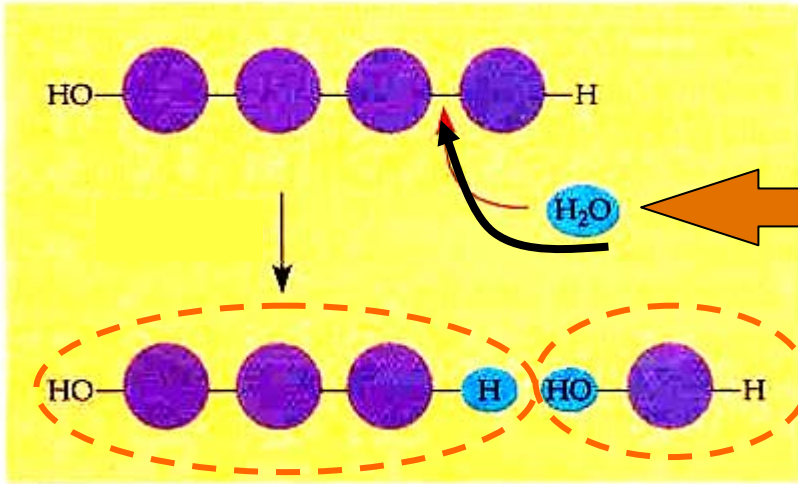


# I. DIGESTIÓN

## Hidrólisis

DIGESTIÓN DE UN POLÍMERO

Hidrólisis



# I. DIGESTIÓN

## Hidrólisis



### HIDRÓLISIS

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

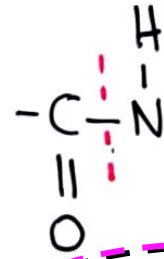


# I. DIGESTIÓN

DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



**ENLACE PEPTÍDICO**

ENZIMA

**PEPTIDASAS**

PRODUCTOS FINALES

**AMINOÁCIDOS**

**Hidrólisis**

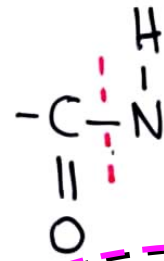


# I. DIGESTIÓN

DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENZIMA

**PEPTIDASAS**

PRODUCTOS FINALES

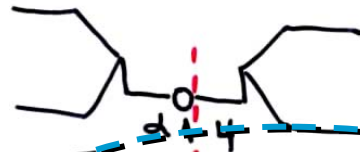
**AMINOÁCIDOS**

**Hidrólisis**

**ENLACE PEPTÍDICO**

• **CARBOHIDRATOS**

$\alpha$   $\beta$



**$\alpha$  AMILASAS**

**ENLACE GLUCOSÍDICO**

**MONOSACÁRIDO**

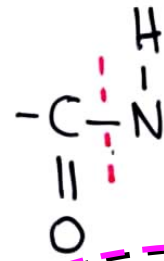


# I. DIGESTIÓN

DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENZIMA

**PEPTIDASAS**

PRODUCTOS FINALES

**AMINOÁCIDOS**

**Hidrólisis**

ENLACE PEPTÍDICO

• **CARBOHIDRATOS**

αβ



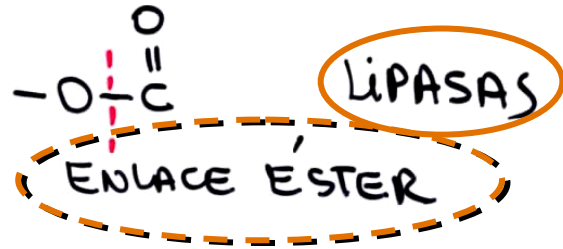
**α AMILASAS**

**MONOSACÁRIDOS**

ENLACE GLUCOSÍDICO

• **GRASAS**

αβ



**LIPASAS**

**ÁCIDOS GRASOS**

ENLACE ÉSTER

# I. DIGESTIÓN

## ENZIMAS DIGESTIVAS

- Jugos Digestivos
- Membrana apical enterocitos
- Citoplasma enterocitos



## ENZIMÁTICOS

## NO ENZIMÁTICOS

# I. DIGESTIÓN

## Jugos Digestivos

A. SALIVA :  $\alpha$  AMILASA o PTIALINA  
LIPASA BUCAL

B. JUGO GÁSTRICO :  
LIPASA GÁSTRICA  
PEPSINA

C. JUGO PANCREÁTICO :  
 $\alpha$  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:

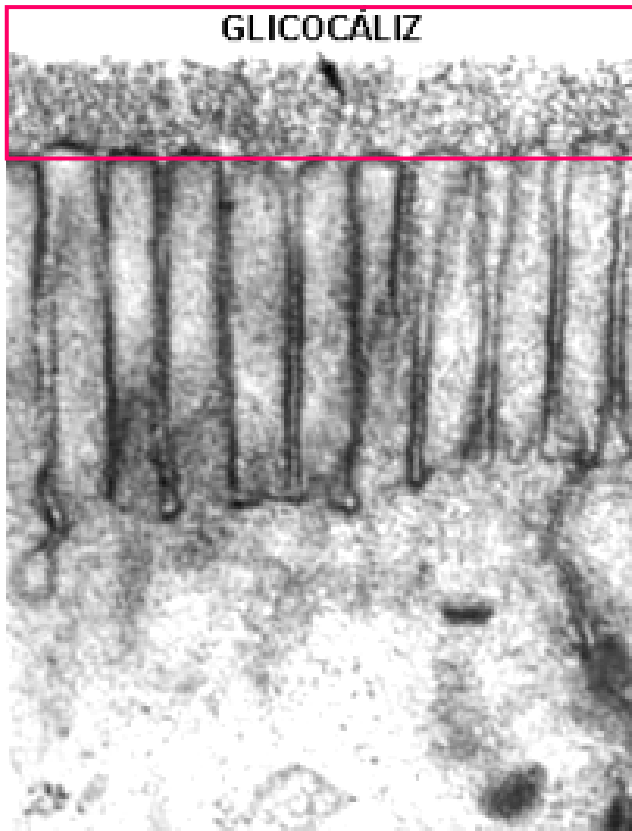
- Peptidasas
- Oligosacaridasas

#### Citoplasma:

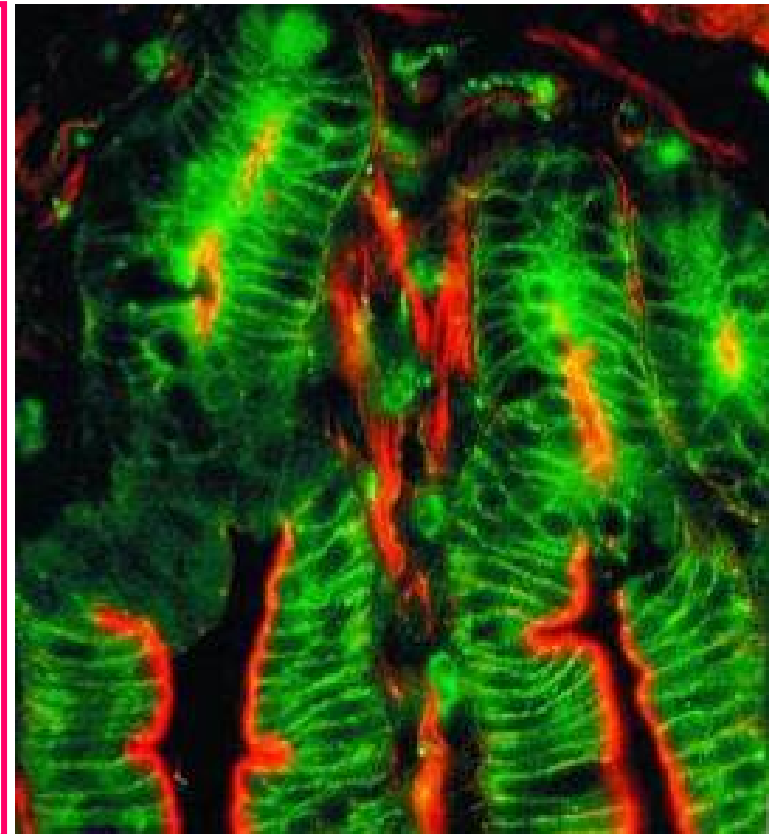
- Peptidasas



## ENZIMAS APICALES



Isomaltasa  
( $\alpha$  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

## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Carbohidratos de la dieta  
63%



### 1. Polisacáridos

Almidones

Amilopectina 75%  $\alpha$ 1-4 y  $\alpha$ 1-6

Amilosa 25%  $\alpha$ 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

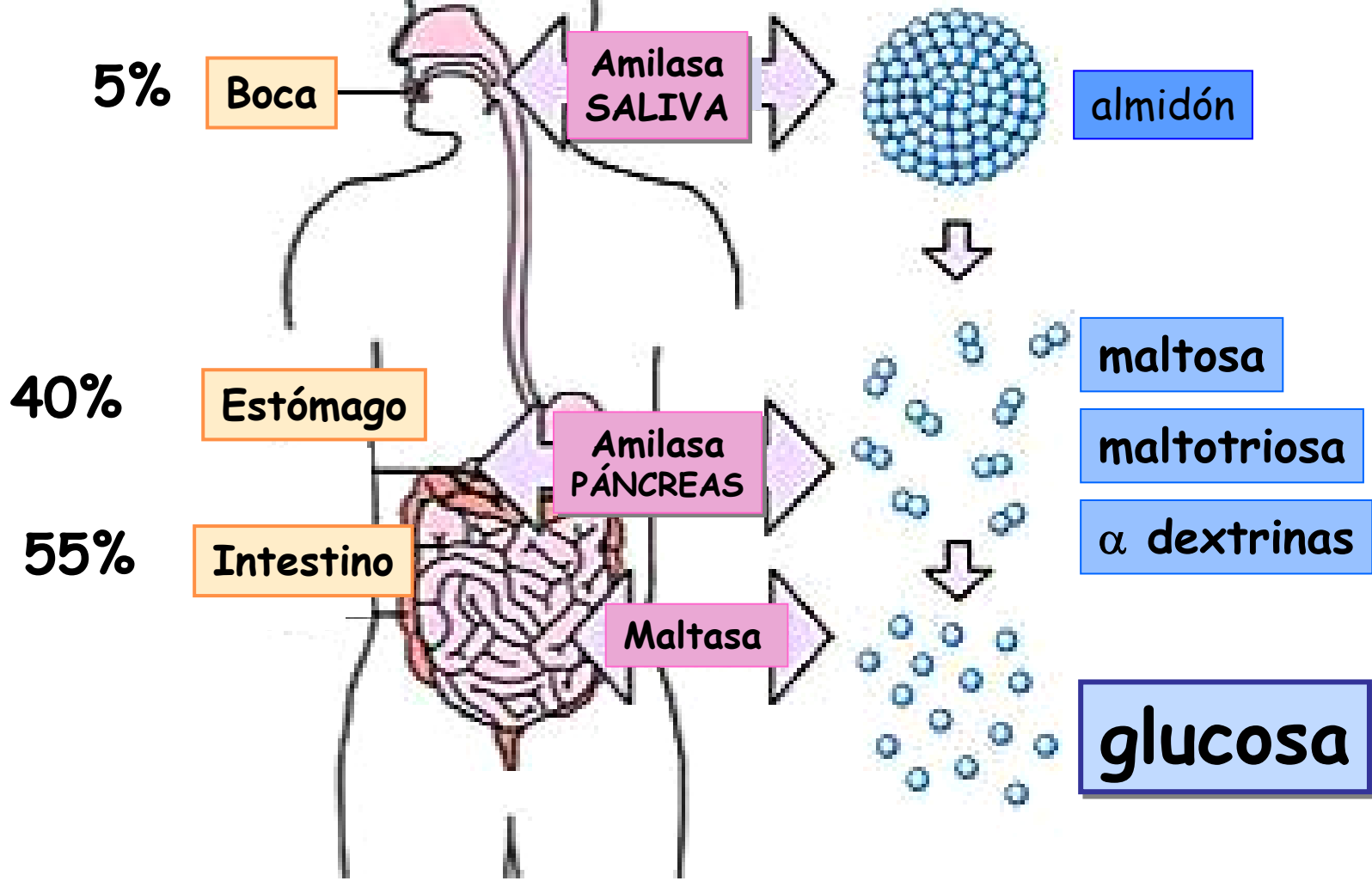


Insoluble

Trigo entero, bran



## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

### Acción AMILASA enlace $\alpha$ 1-4

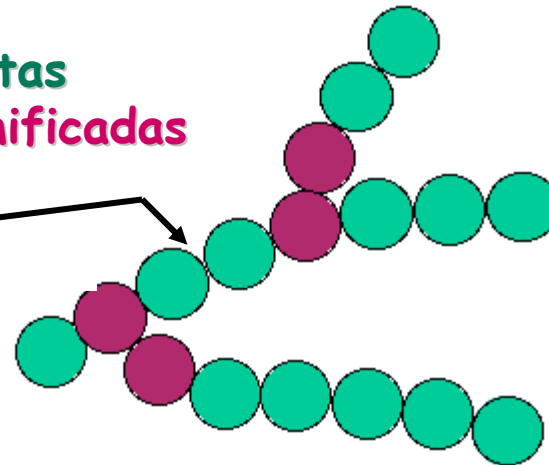
Inicio por la  $\alpha$  **Amilasa Salival**  
Digestión mayor  $\alpha$  **Amilasa Pancreática**  
pH óptimo 7-8

Polisacáridos

Enlaces  $\alpha$  1,4 dan **cadena rectas**

Enlaces  $\alpha$  1,6 dan **cadena ramificadas**

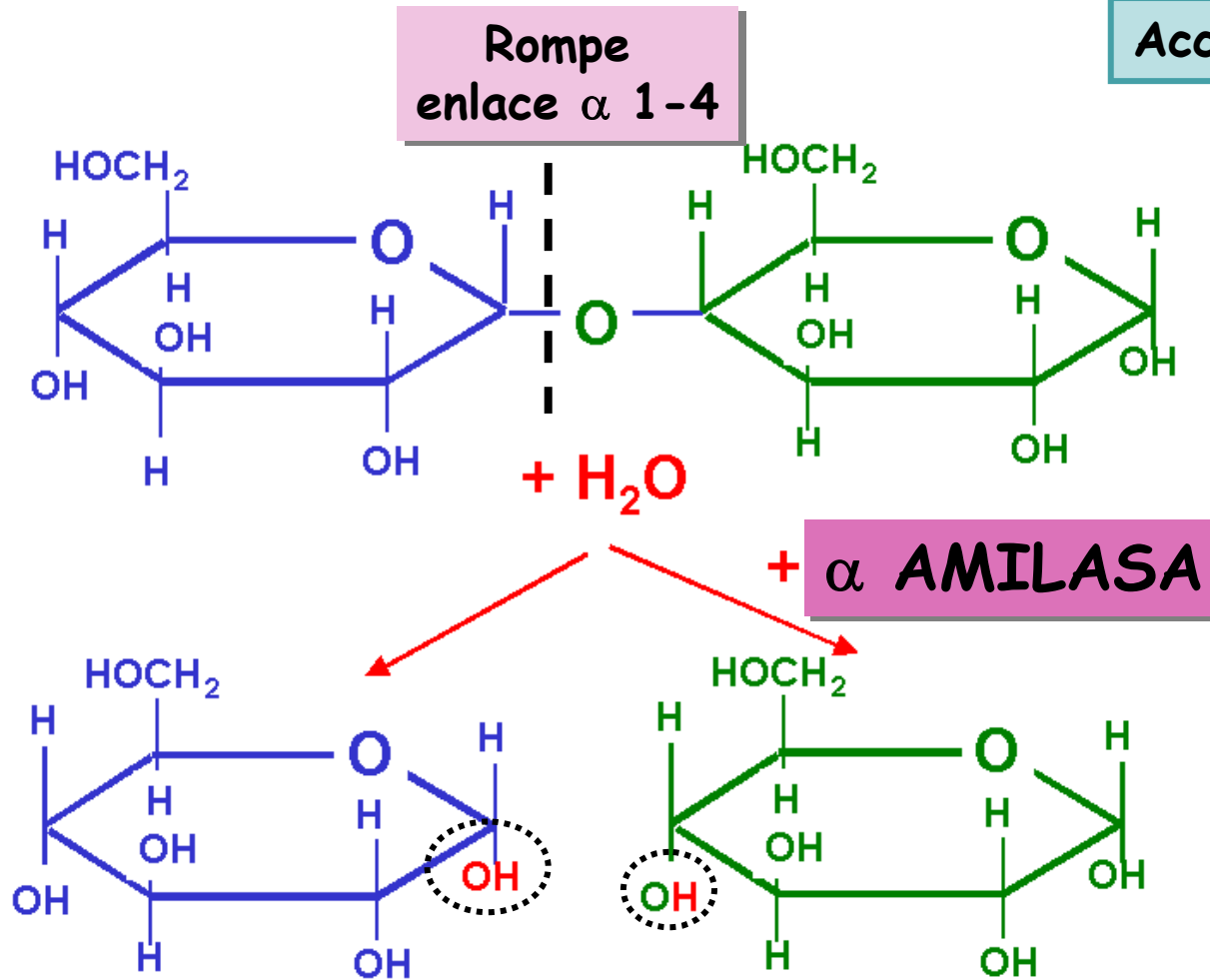
La **amilasa sólo**  
hidroliza enlaces  $\alpha$  1-4



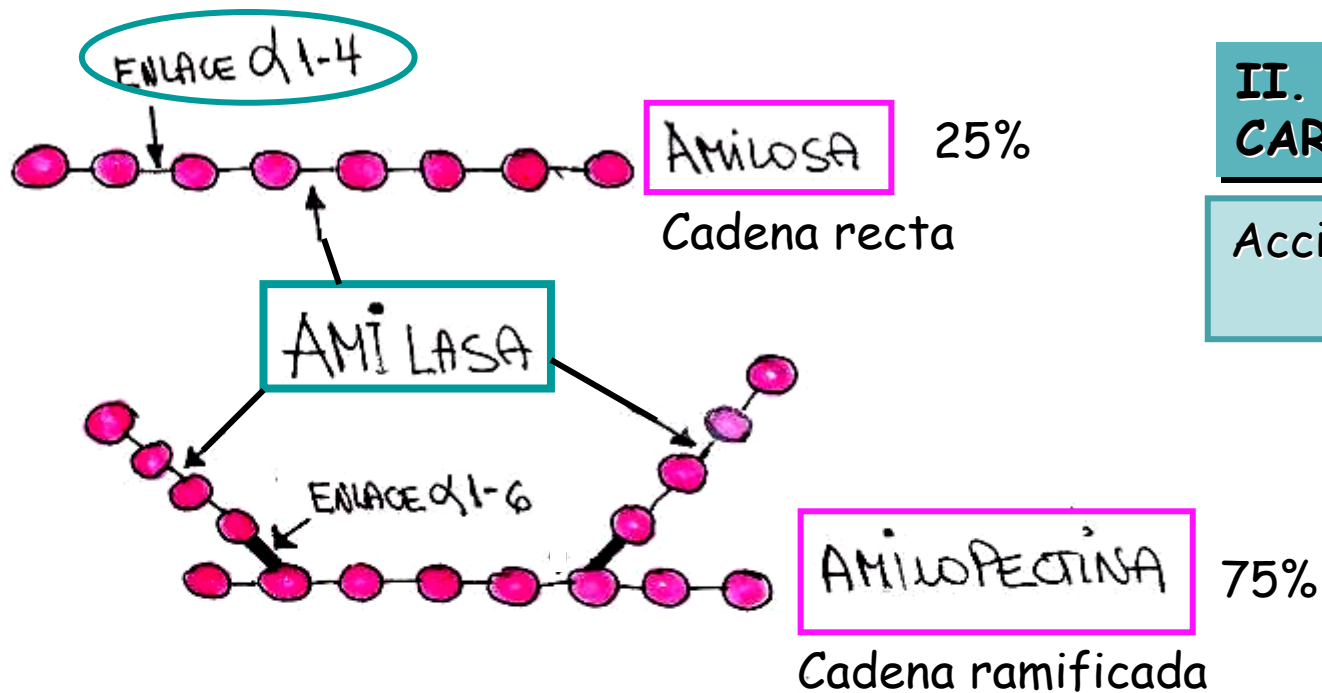


## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

### Acción AMILASAS



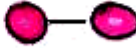







**II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS**

Acción AMILASAS en la LUZ

**Productos de digestión**

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

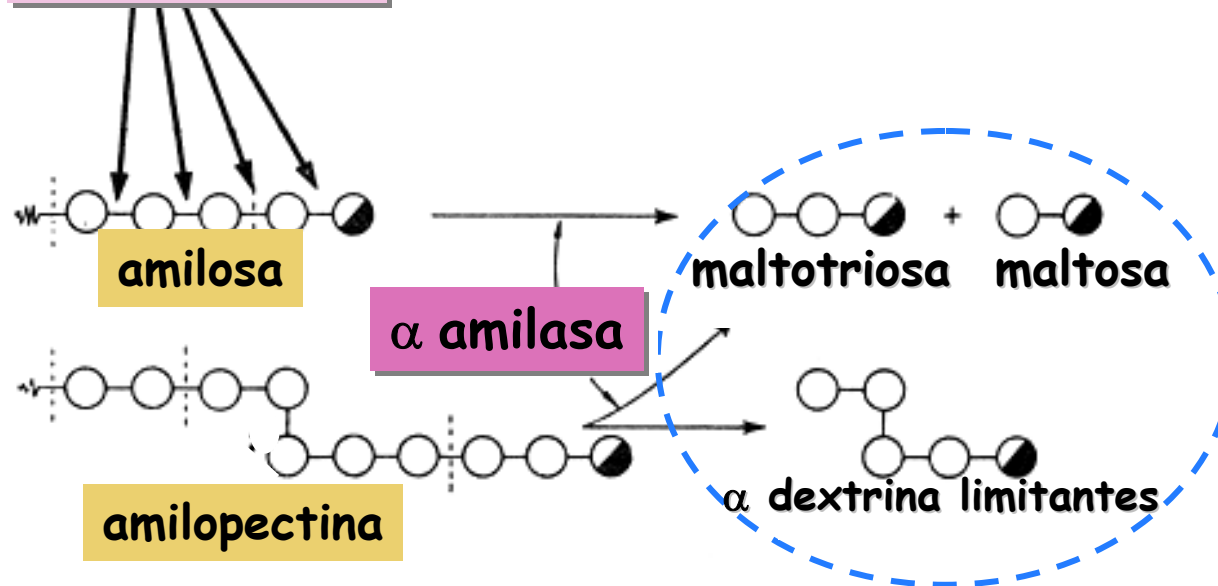
**OLIGOSACÁRIDOS**

## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

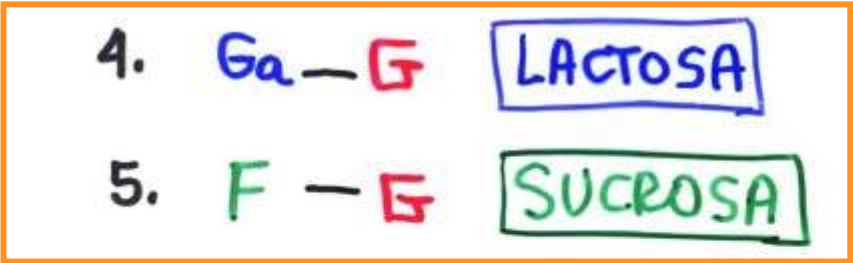
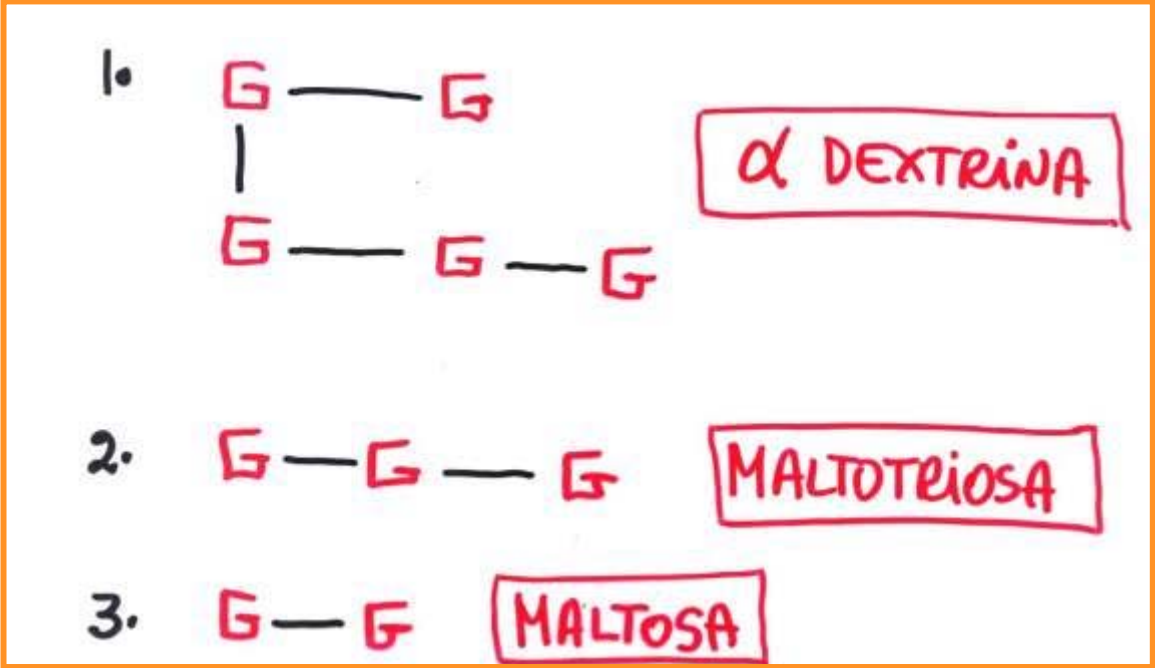
### Acción AMILASAS

**POLISACÁRIDOS**  
polímeros de glucosa

**Enlace  $\alpha$  1-4**



**II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS**



Oligosacáridos  
Productos de digestión  
Acción amilasa

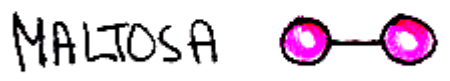
Disacáridos  
de dieta

Digeridos en  
membrana apical  
enterocitos

4/5

# Acción enzimas apicales

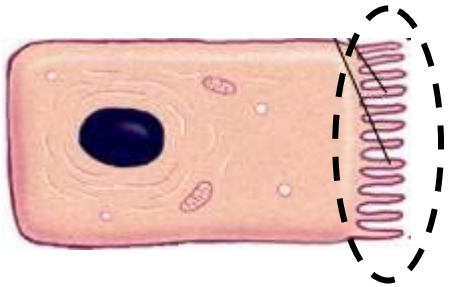
1.



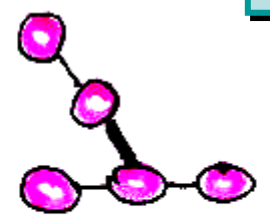
↓  
GLUCOAMILASA  
SUCRASA  
ISOMALTASA



**GLUCOSA**



2.



↓  
GLUCOAMILASA



↓  
ISOMALTASA  
Rompe enlace a 1-6



↓  
GLUCOAMILASA  
SUCRASA  
ISOMALTASA



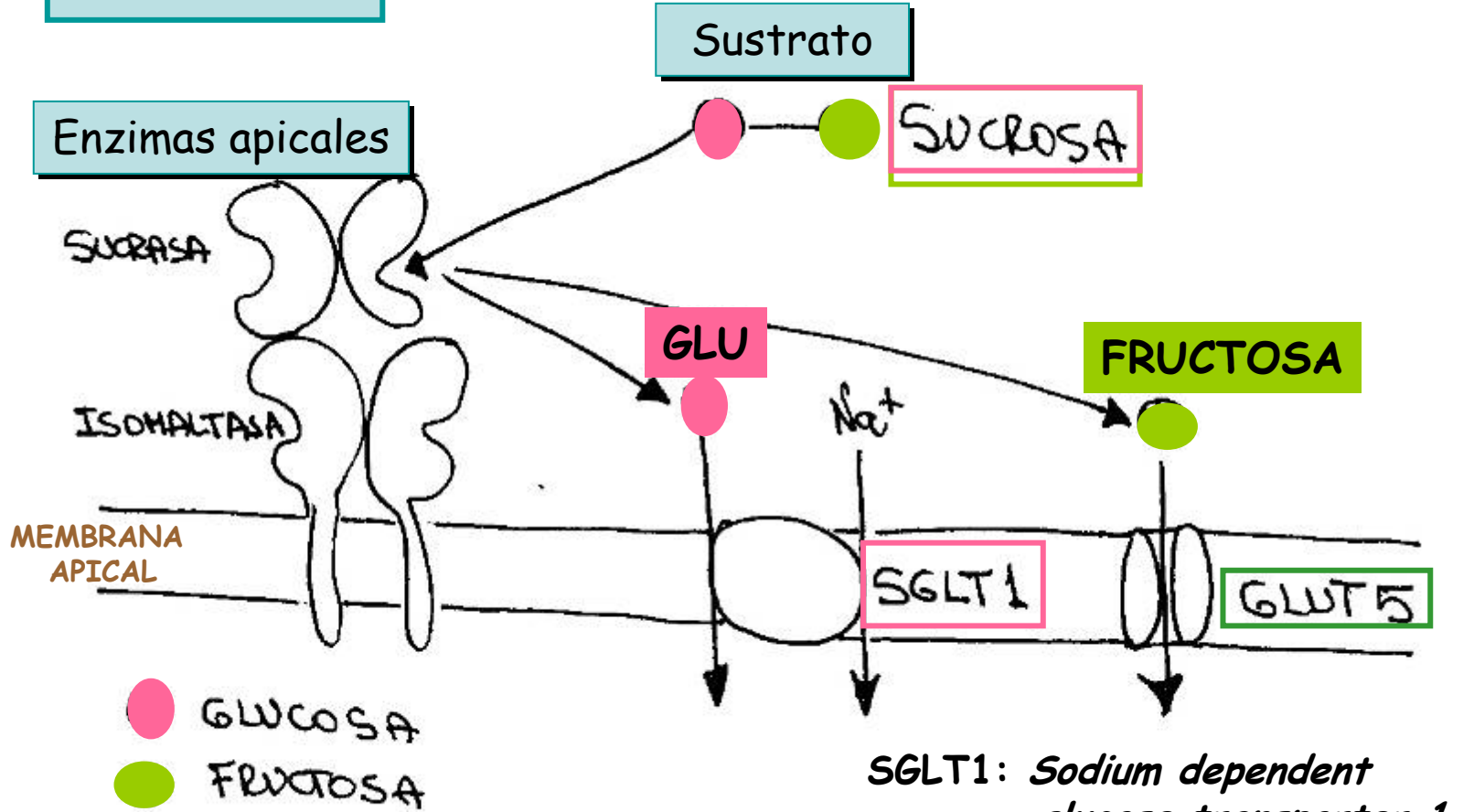
**GLUCOSA**

## Digestión Oligosacáridos MEMB. APICAL

DIGESTIÓN  
SUCROSA  
O SACAROSA

"Azúcar  
de caña"

Digestión  
Oligosacáridos  
MEMB. APICAL



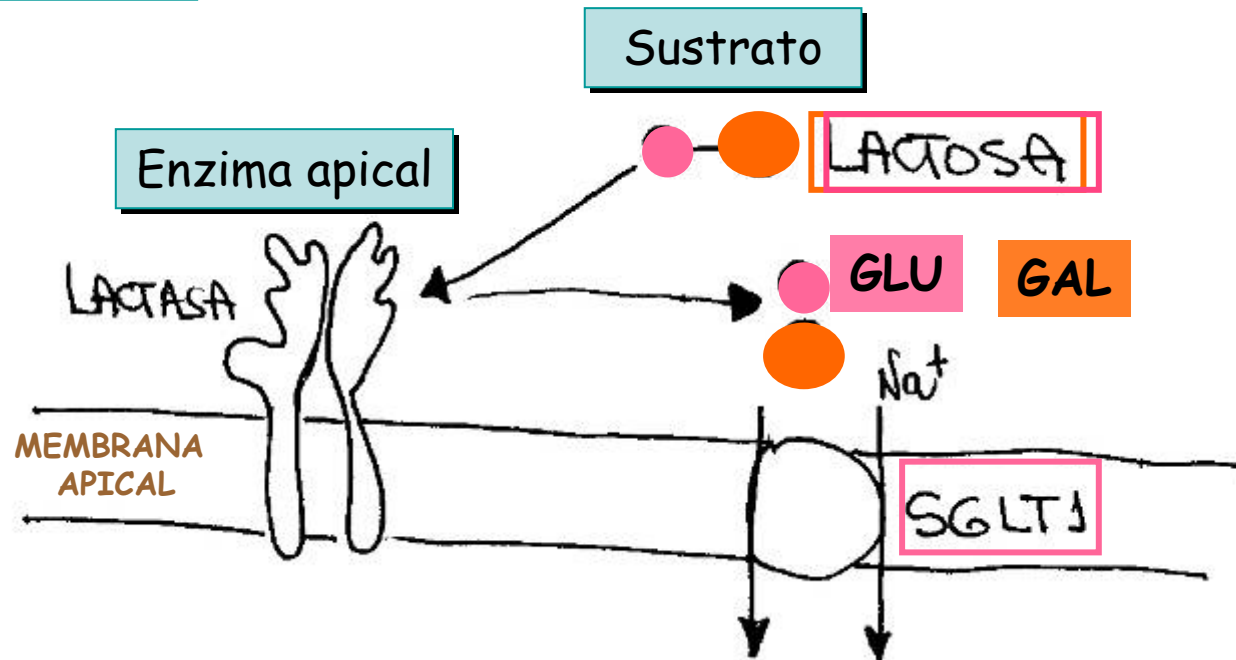
**SGLT1:** *Sodium dependent  
glucose transporter 1*

**GLUT5:** *glucosa transporter 5*  
Paso limitante en absorción fructosa

DIGESTIÓN  
LACTOSA

"Azúcar  
de leche"

DIGESTIÓN DE  
OLIGOSACÁRIDOS  
MEMB. APICAL



● GLUCOSA  
● GALACTOSA

SGLT1: *Sodium dependent  
glucose transporter 1*





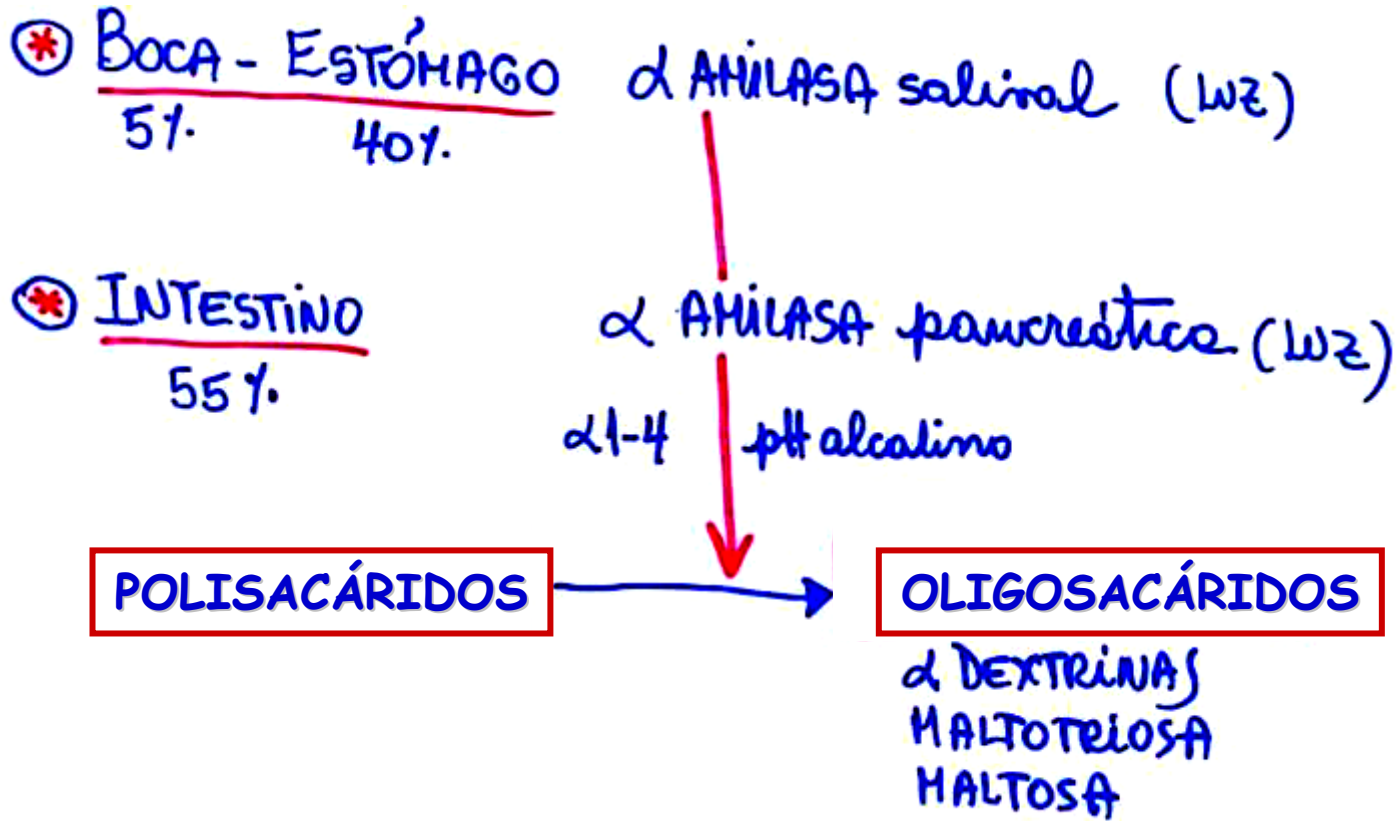
## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

**LUZ**

Acción AMILASAS  
 $\alpha$  1-4

Boca-estómago

Intestino







## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

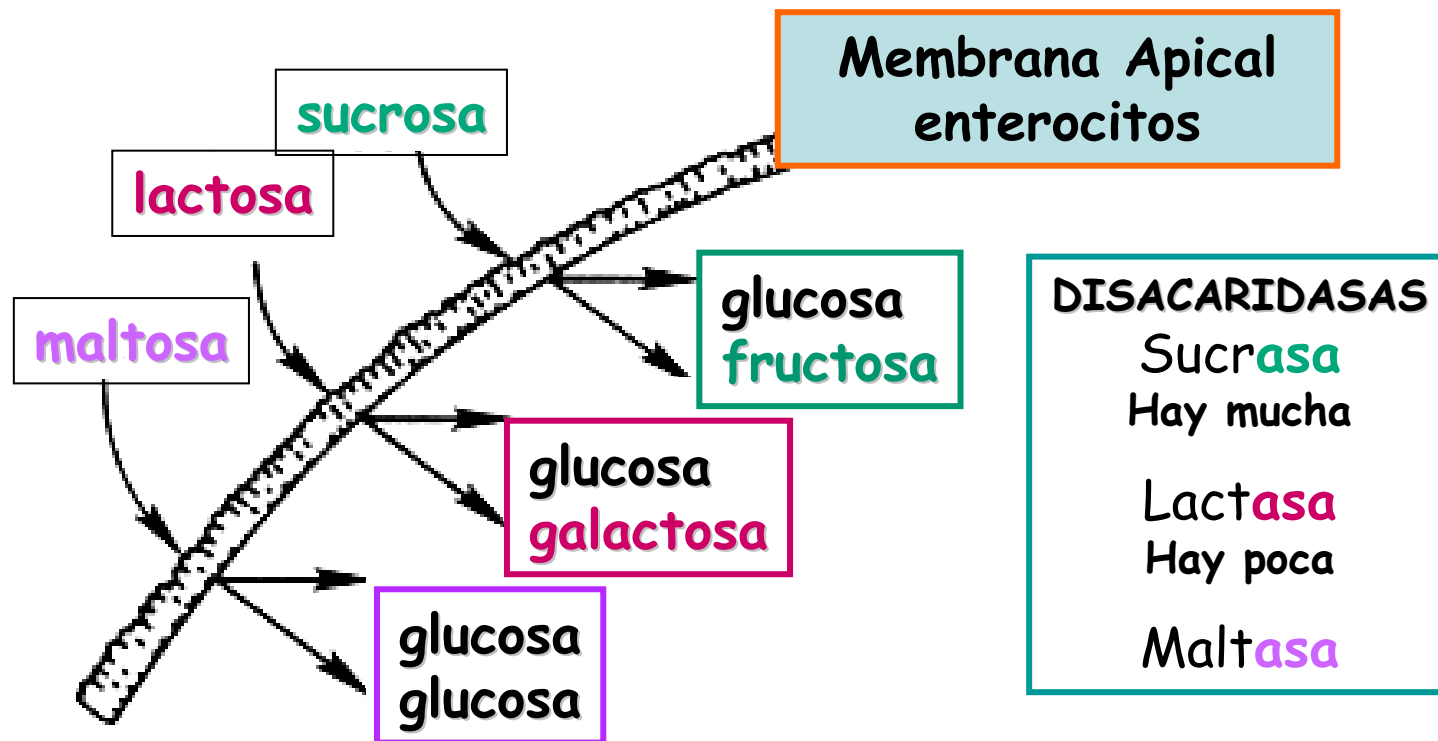
M. apical Intestino

Acción  
DISACARIDASAS

DISACÁRIDOS



MONOSACÁRIDOS

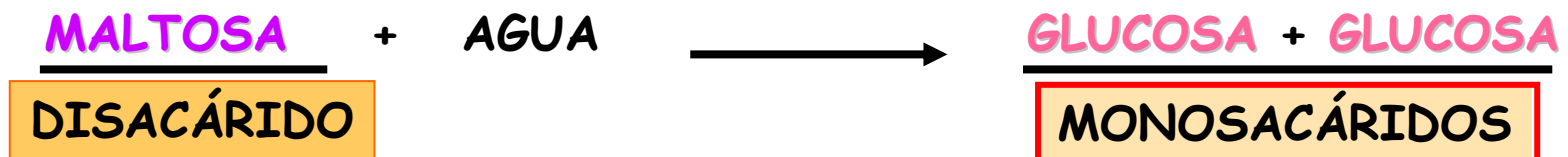
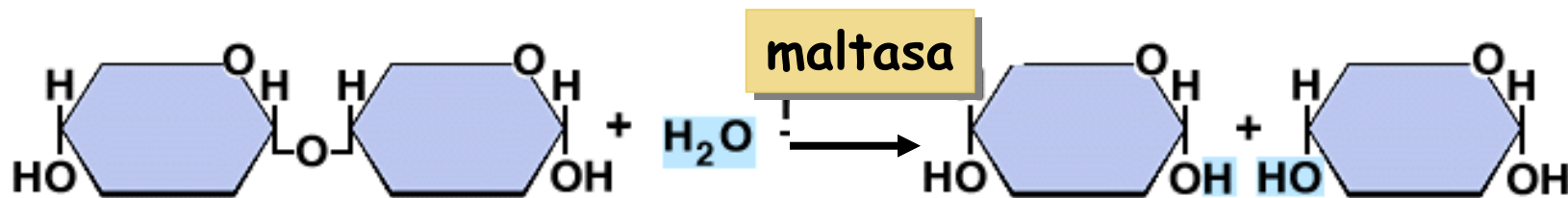




## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

M. apical Intestino

### Acción DISACARIDASAS

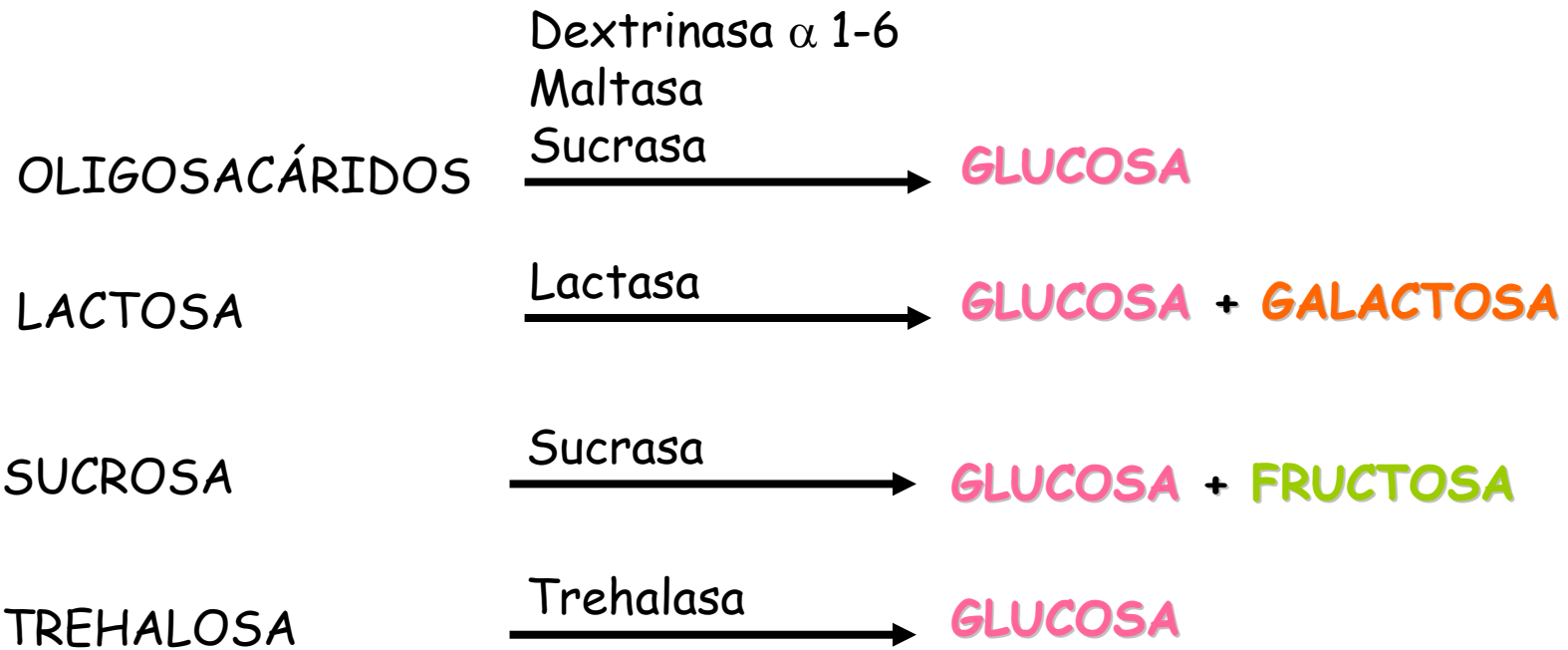




## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Intestino

Membrana Apical enterocitos

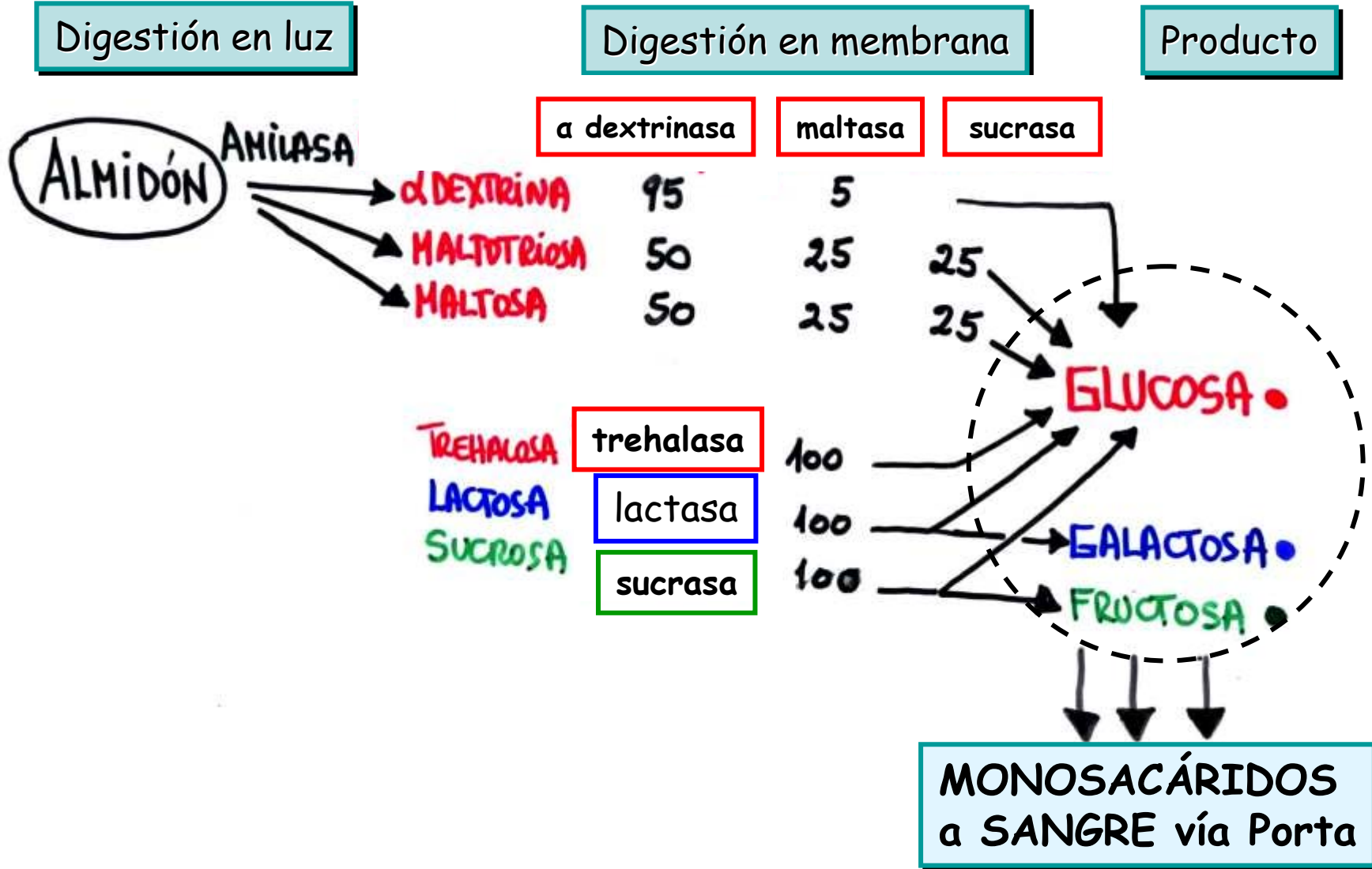


MONOSACÁRIDOS

SANGRE PORTAL



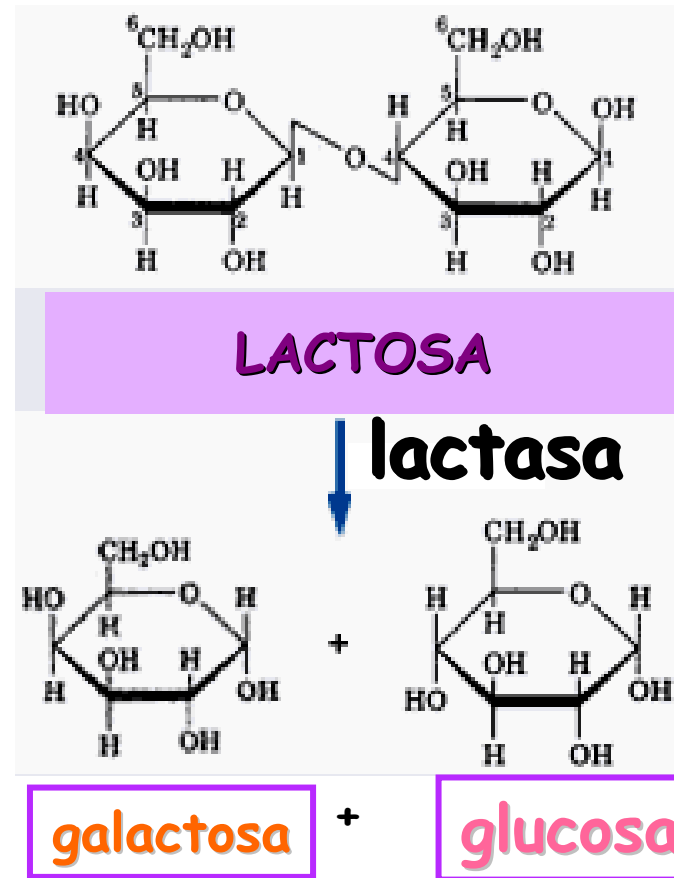
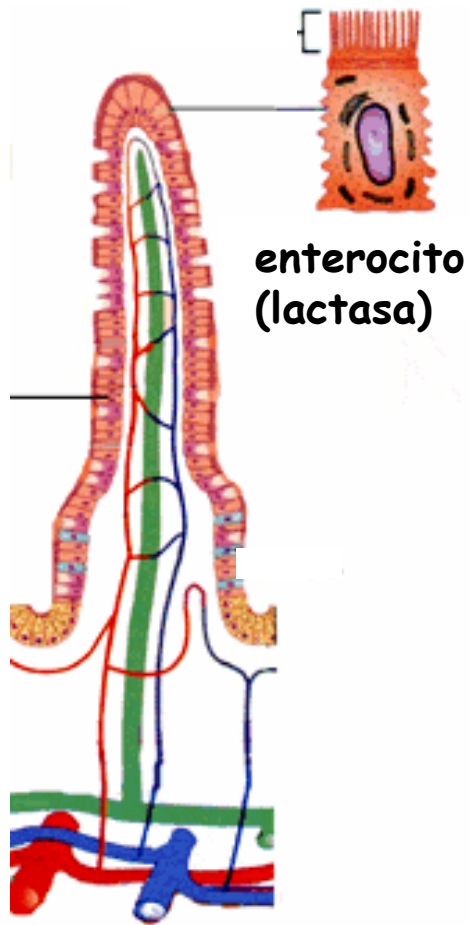
## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS





## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

### Déficit LACTASA



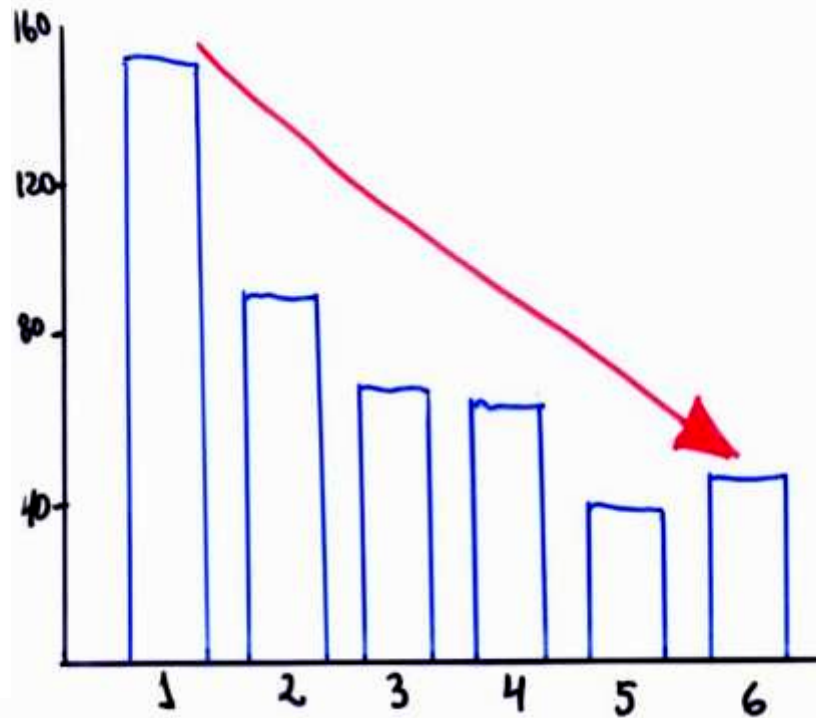


## II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

### Déficit LACTASA

Actividad de lactasa (mmol/min/g prot)

70% población pero  
No todos intolerantes



Semanas después nacimiento  
cerditos

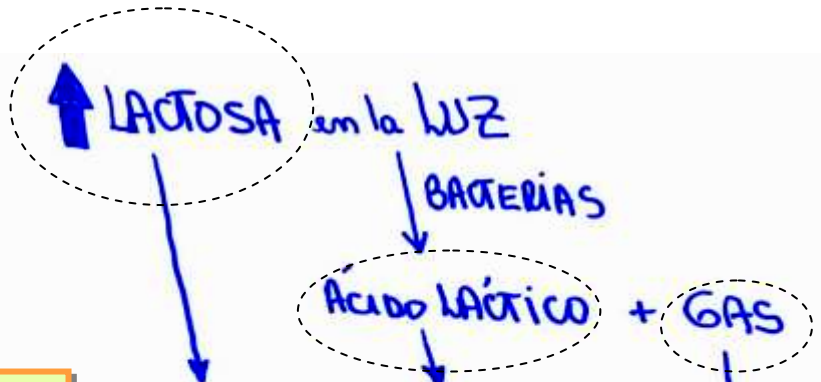
Hay mucha sucrasa  
pero poca lactasa

- Disminución expresión con la edad
- Inhibición por la glucosa



Disminución de absorción  
productos de lactosa

\*\*\*



### Déficit LACTASA

Intolerancia a lácteos

Diarrea Osmótica

Aumenta el número de partículas en la LUZ

1. Se pierde partículas osmóticamente activas
2. No se pierden electrolitos

eps





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

**GAP osmolar fecal**

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

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

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

**OK**

**Diarrea Osmótica**

La osmolaridad fecal está dada en mayor parte por las partículas osmóticamente activas que se pierden en heces, se pierde menos Na-K

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

**Déficit LACTASA**

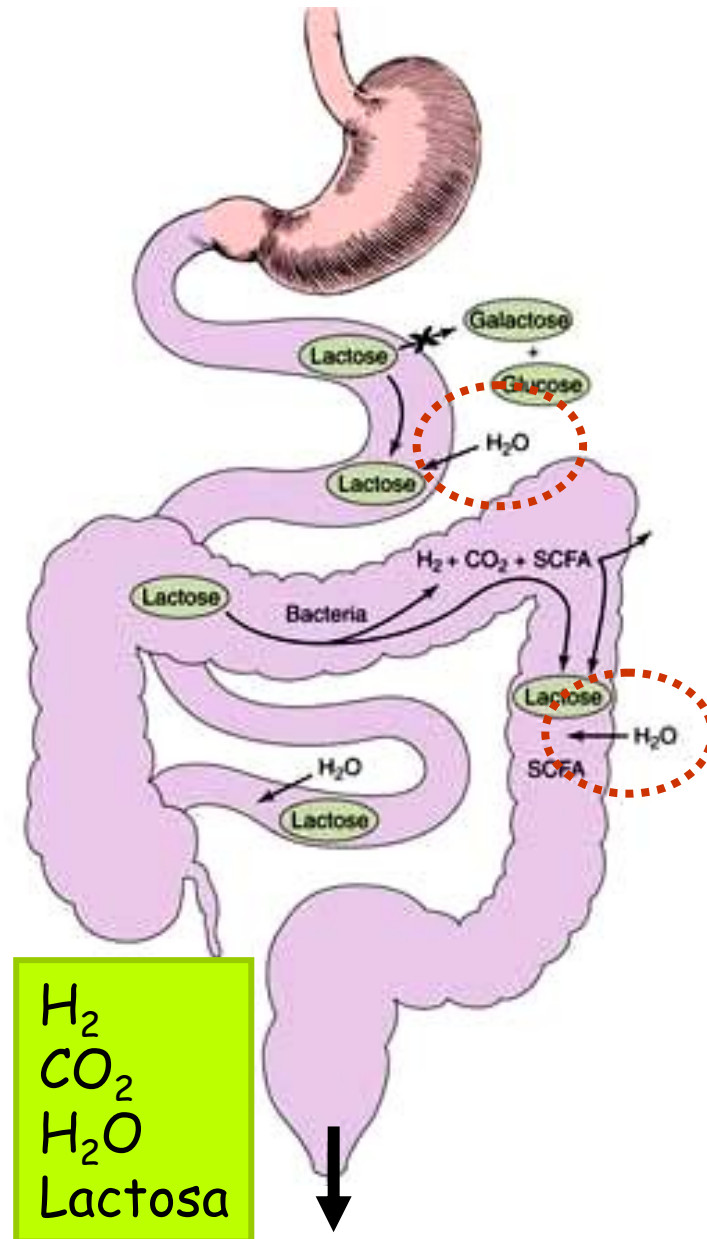
**Diarrea Osmótica**

Aumenta el número de partículas en la LUZ

NO se pierden electrolitos

**Diarrea Osmótica >100 mOs/L**





Déficit Lactasa

Diarrea Osmótica

### TRATAMIENTO

- Evitar lácteos
- Dar suplementos calcio
- Tomar lactasa
- Tomar 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"

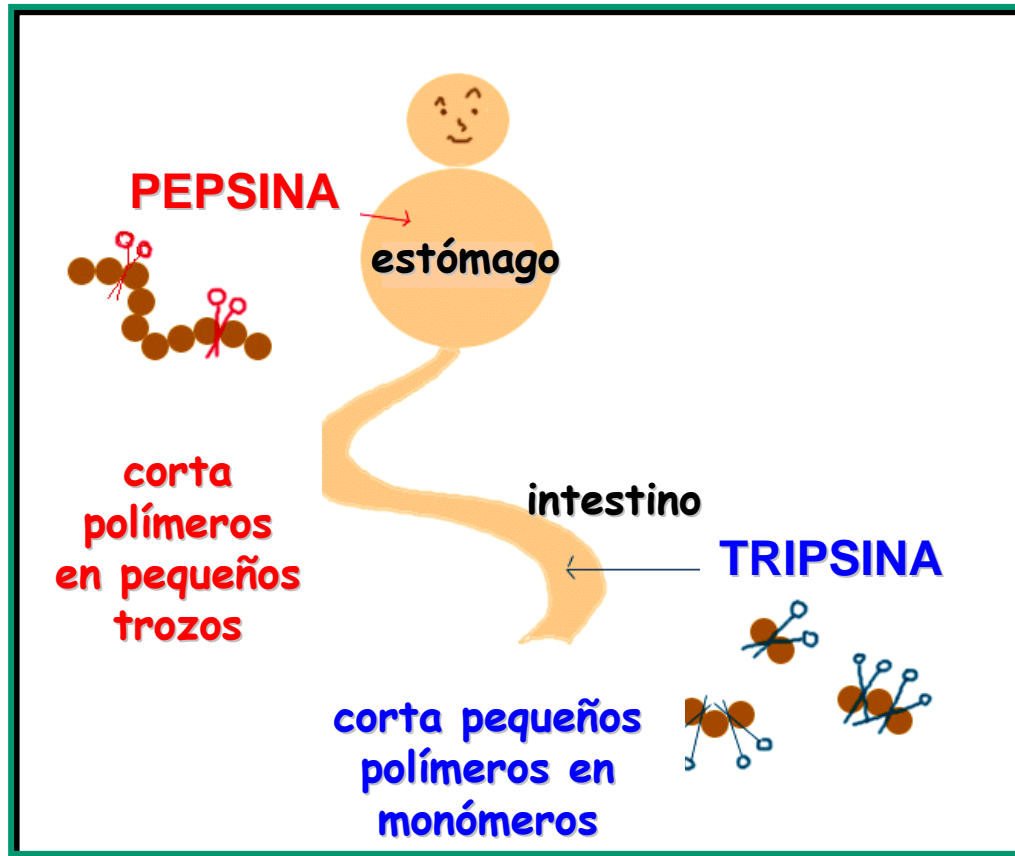
### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. DIETA  
Proteínas 12%



# III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

## Acción PROTEASAS

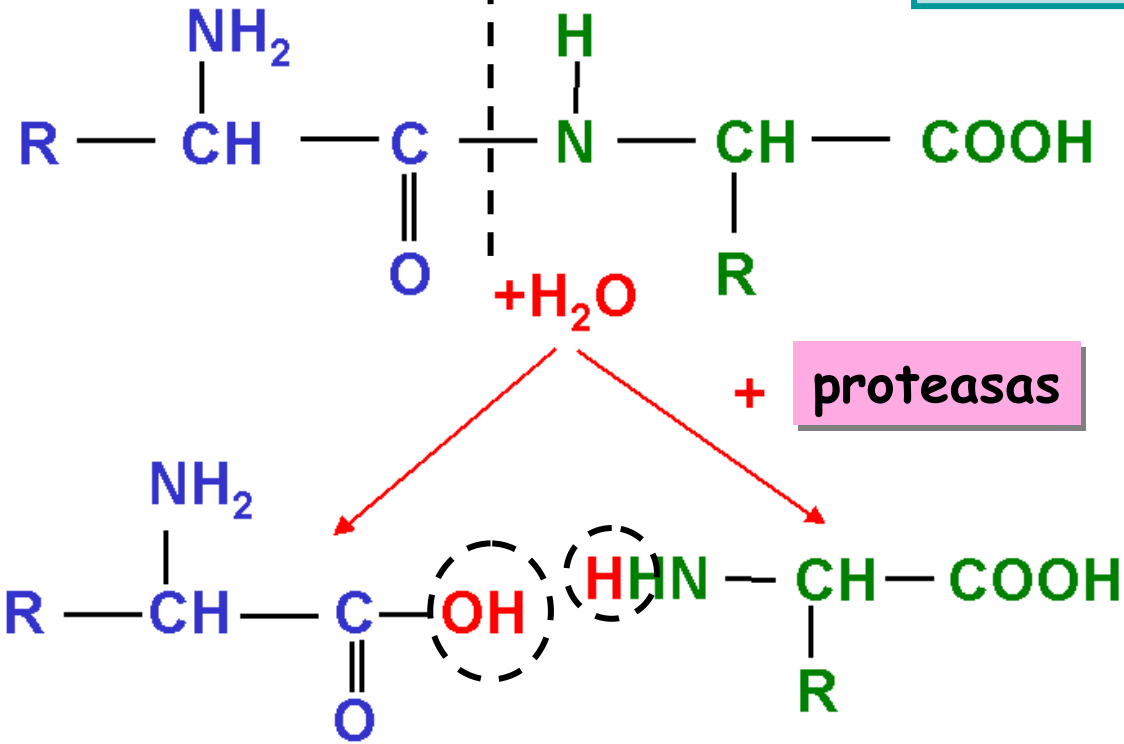




Rompe  
enlace  
peptídico

### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

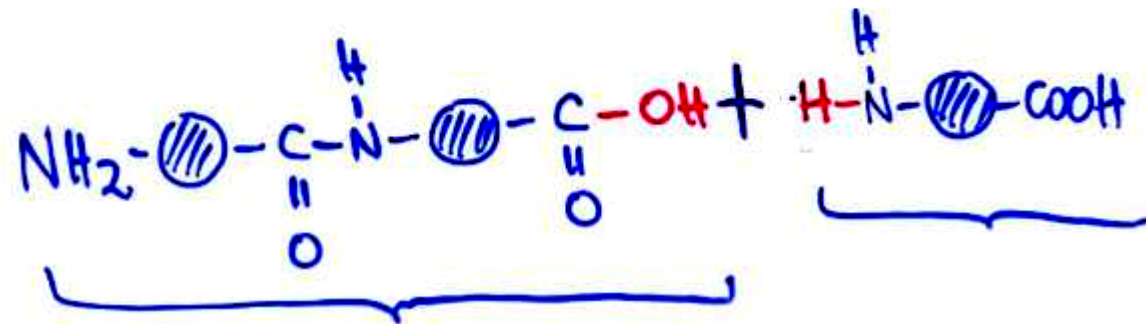
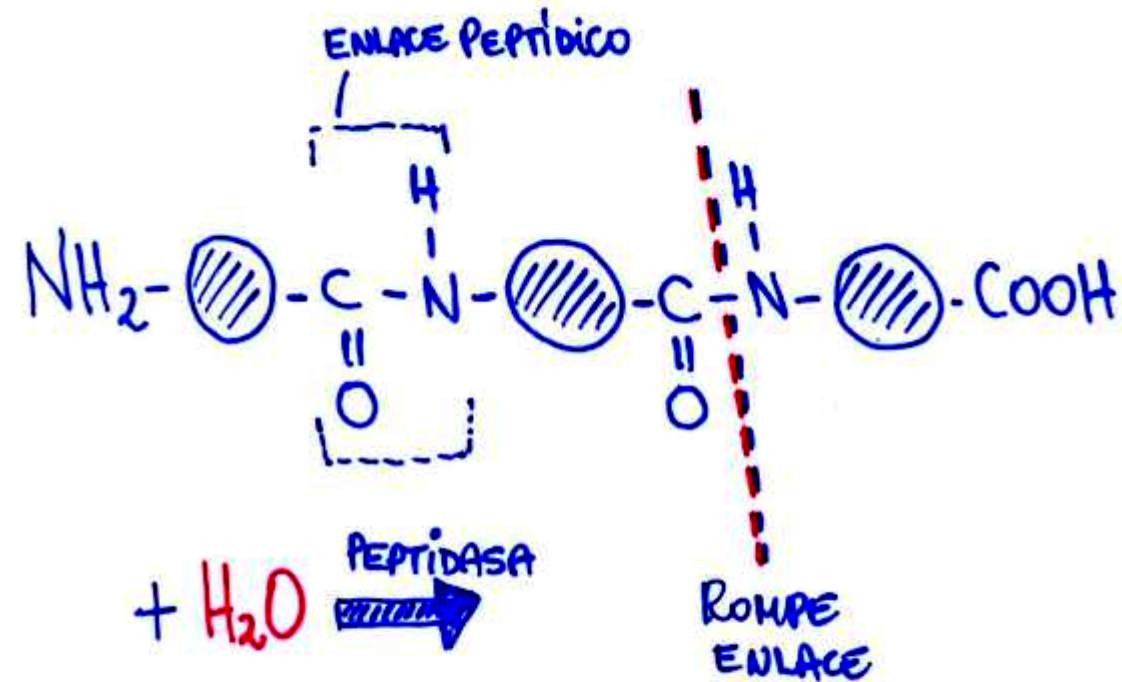
Acción PROTEASAS



Acción  
PROTEASAS

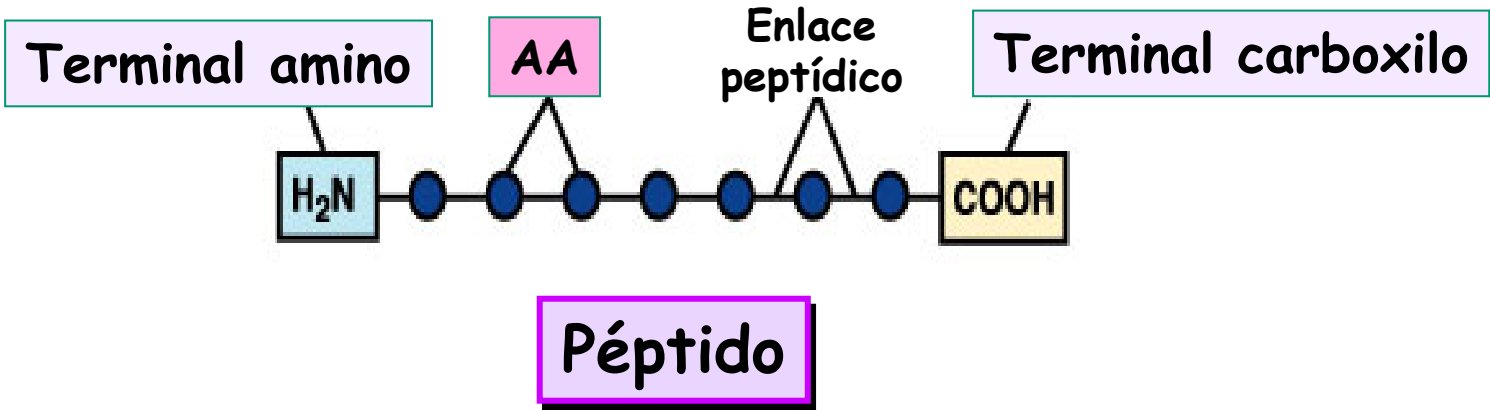
PROTEOLISIS:

4/5



### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

#### Acción PROTEASAS

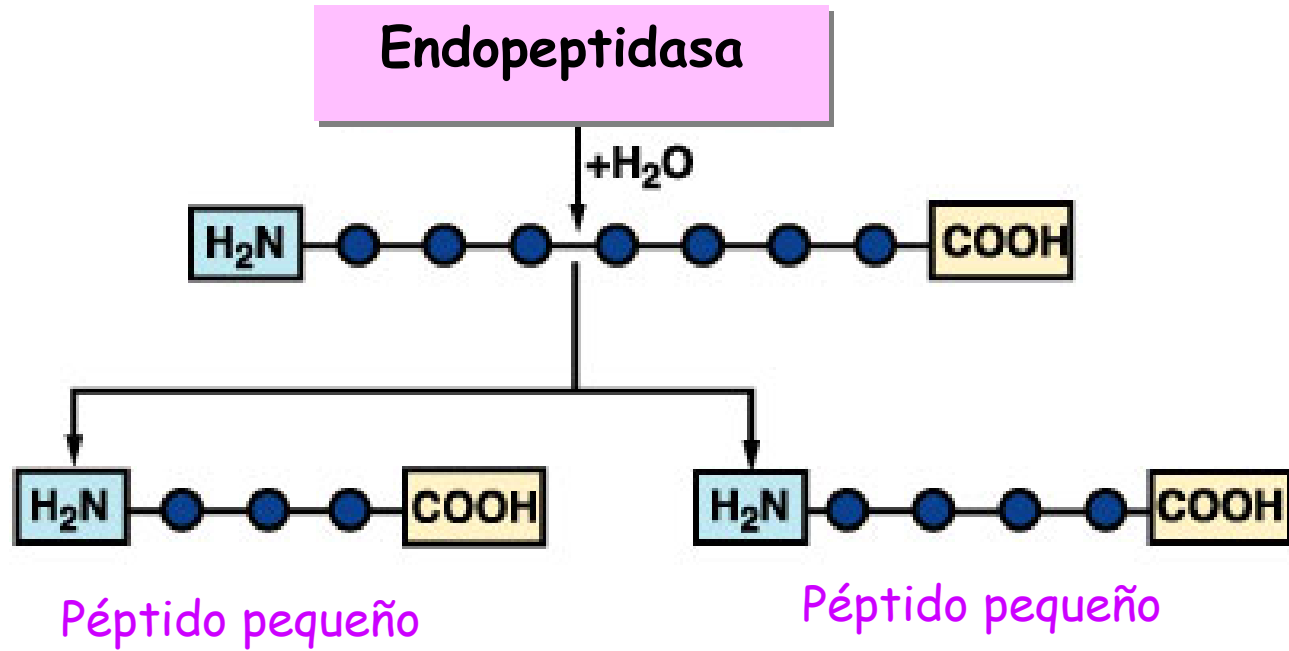




### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

#### Acción PROTEASAS

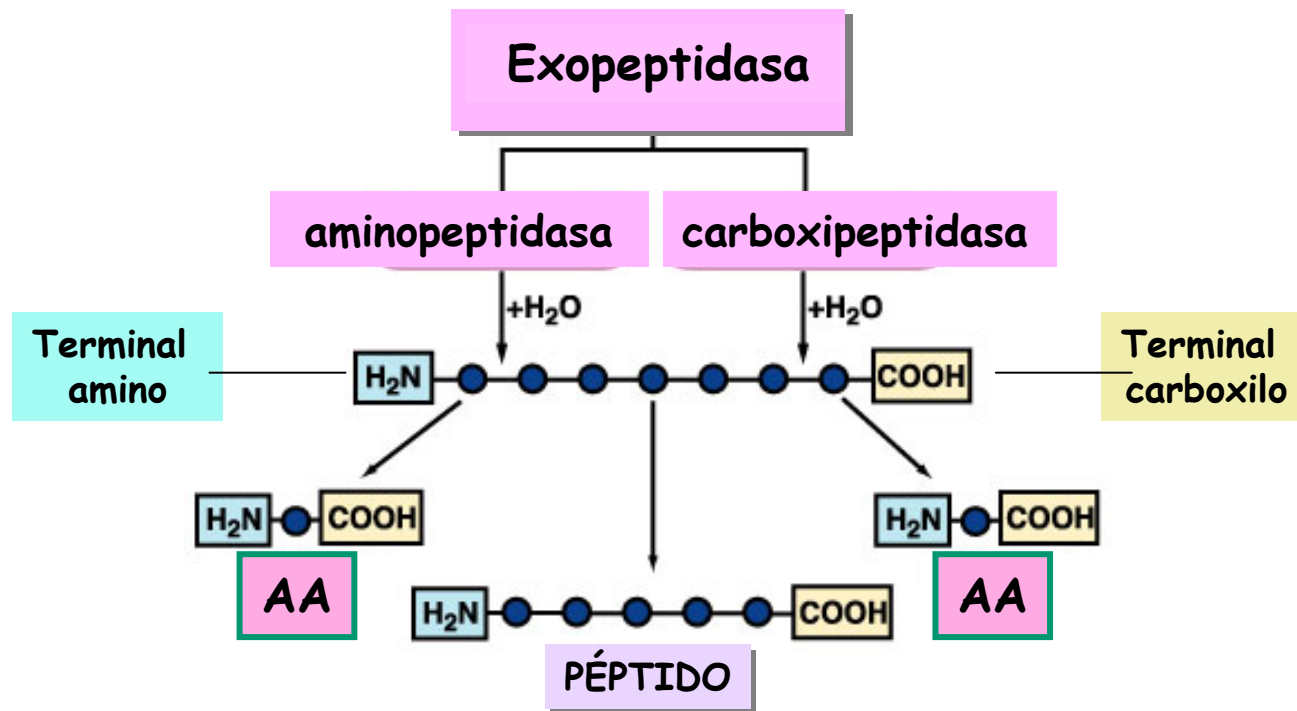
Exo y endopeptidasas



# III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

## Acción PROTEASAS

Exo y endopeptidasas



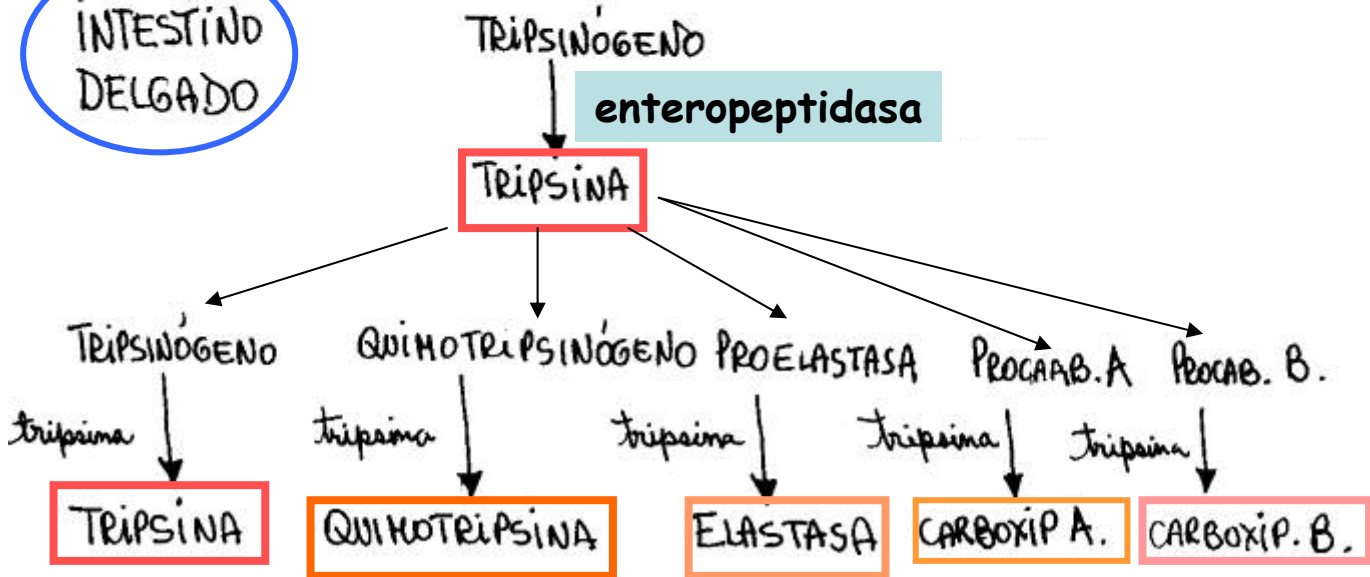
### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

ESTÓMAGO

PEPSINÓGENO  
↓ pH bajo  
PEPSINA

Activación de proteasas

INTESTINO DELGADO

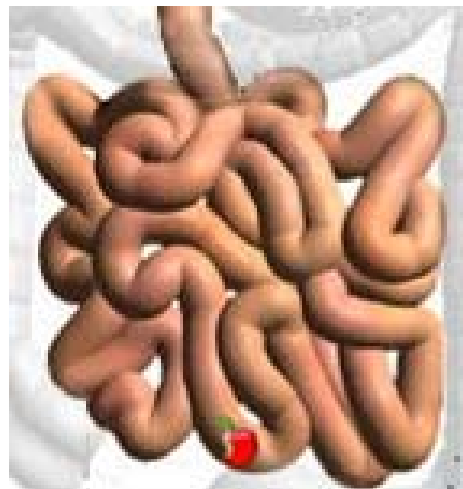


### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS



**Estómago**

**15%**



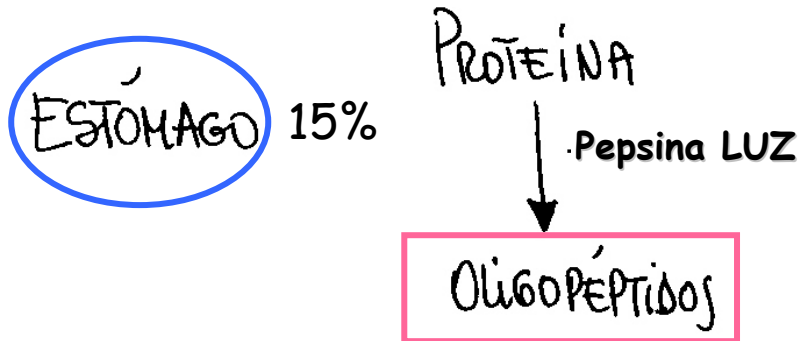
**Intestino**

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

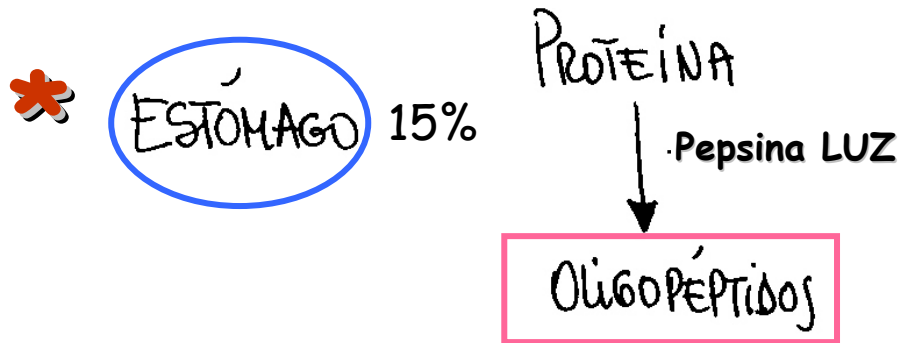


##### Productos

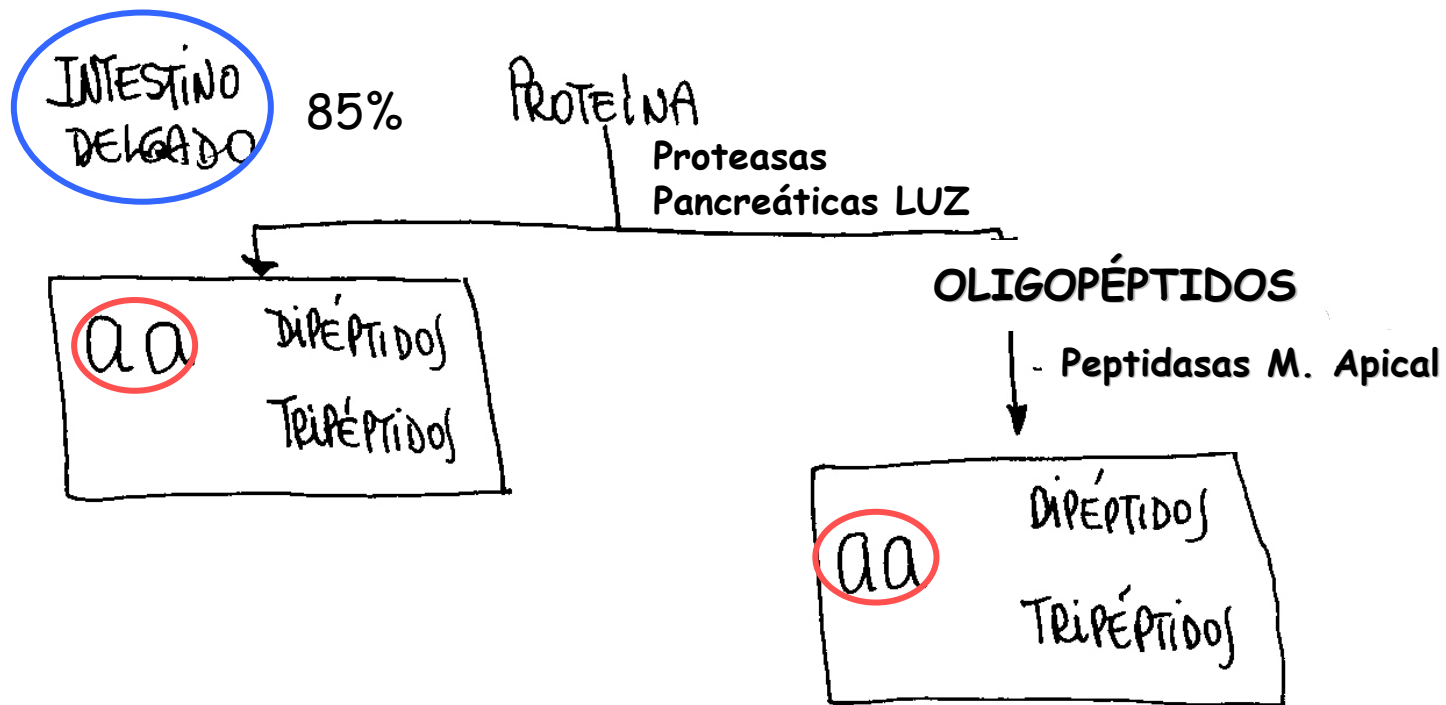
Polipéptidos varios  
tamaños

Proteosas  
Peptonas

**Estímulo para CCK**



**III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS**



### 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

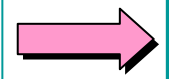


#### PROTEASAS

**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?

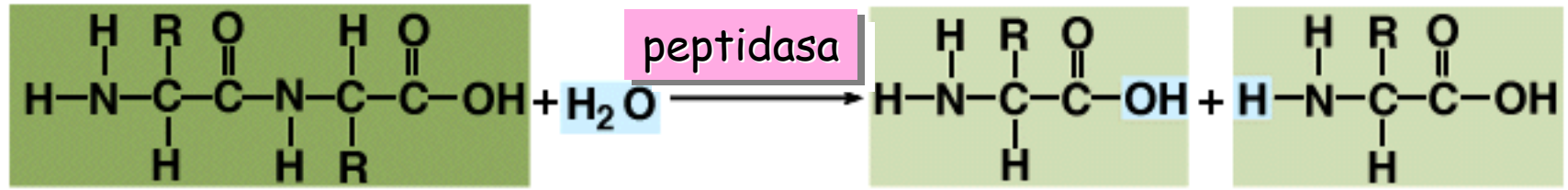
### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción I. Delgado

Memb. Apical enterocitos

Dipéptidos

DIPEPTIDASAS



Péptido + agua

peptidasa

Aminoácido + aminoácido



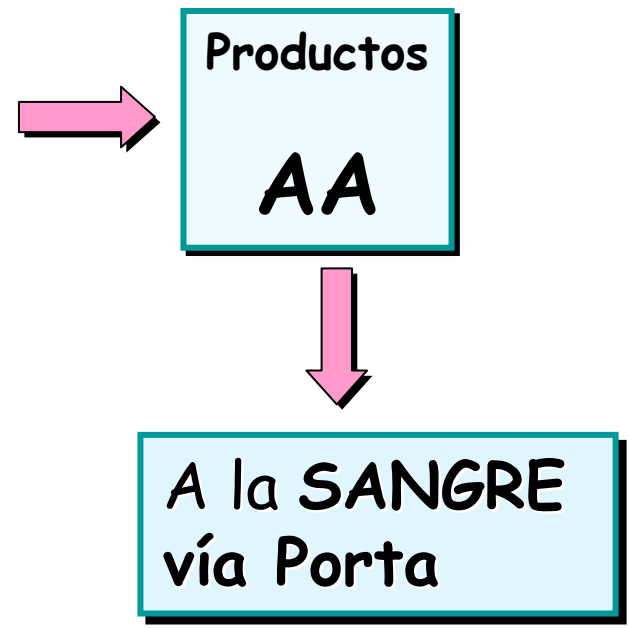
### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción I. Delgado

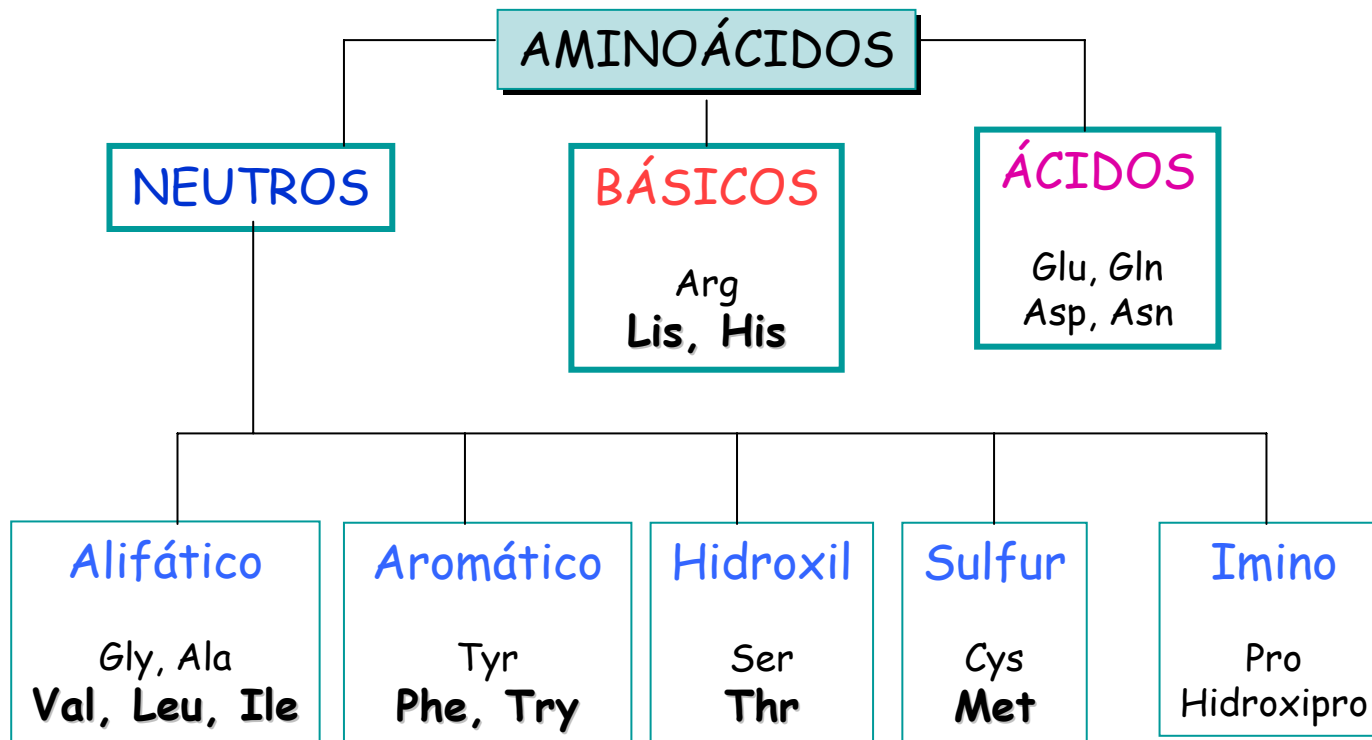
Memb. Apical enterocitos

#### PROTEASAS intracelulares

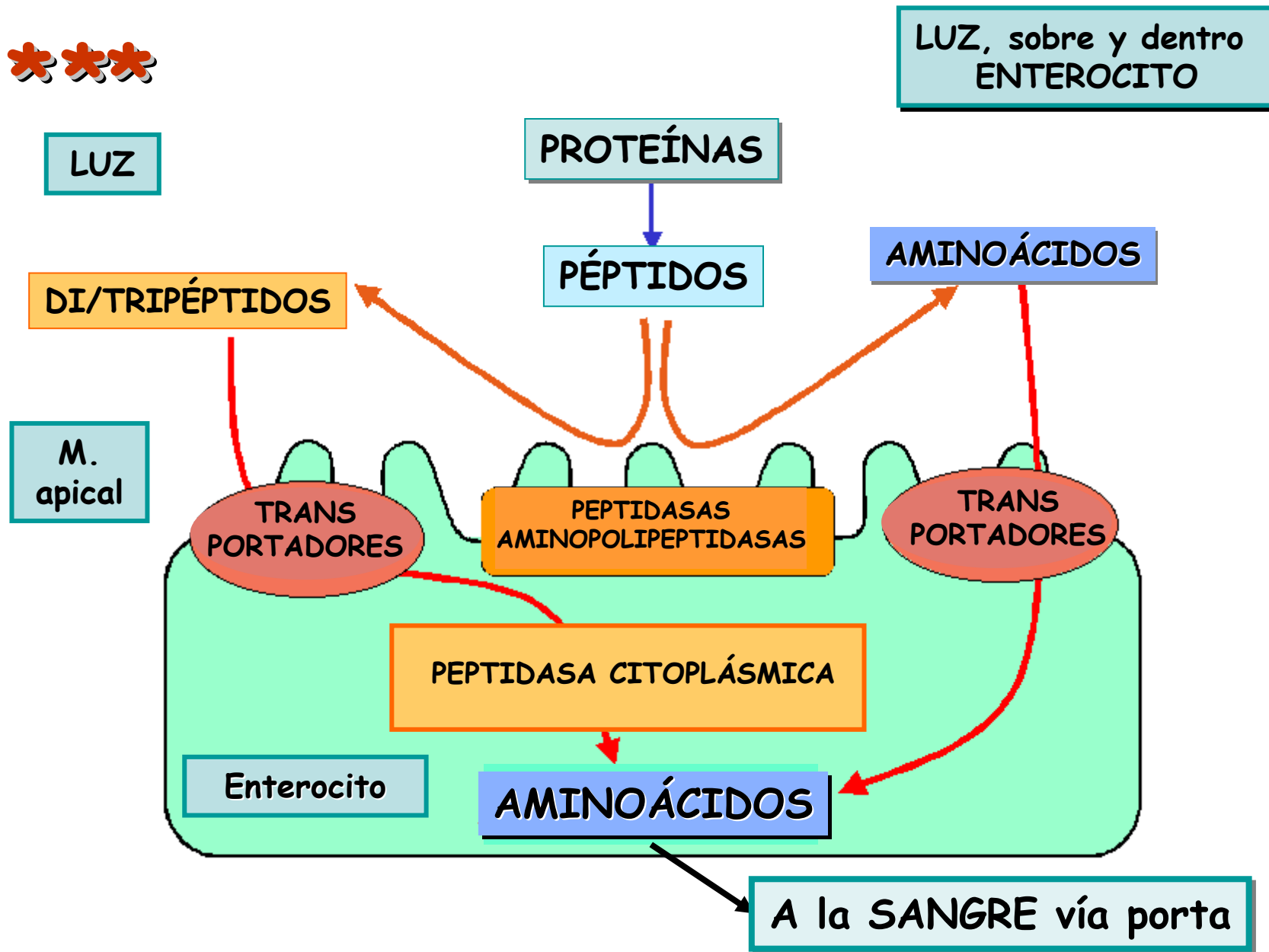
Peptidasas clivan  
Di, Tri y Tetra péptidos a  
**AMINOÁCIDOS**  
productos finales de la digestión  
de proteínas



### III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS



**Aminoácidos esenciales que se debe ingerir con la dieta**



### 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%**

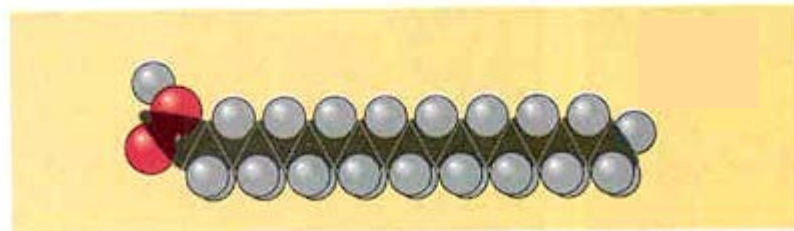
## Grasas saturadas

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



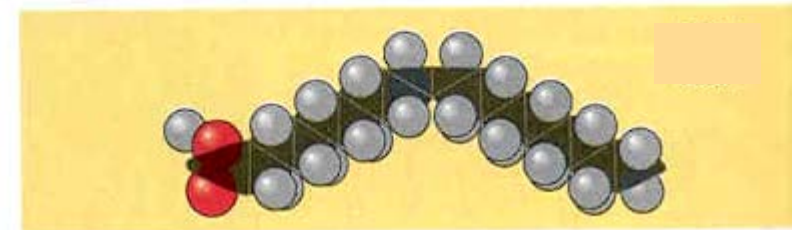
Grasas DIETA

GRASAS SATURADAS



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

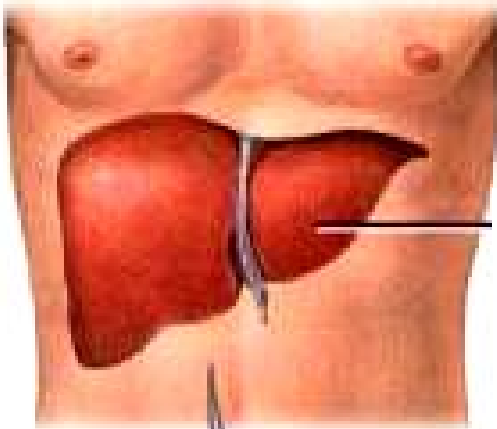
GRASAS INSATURADAS



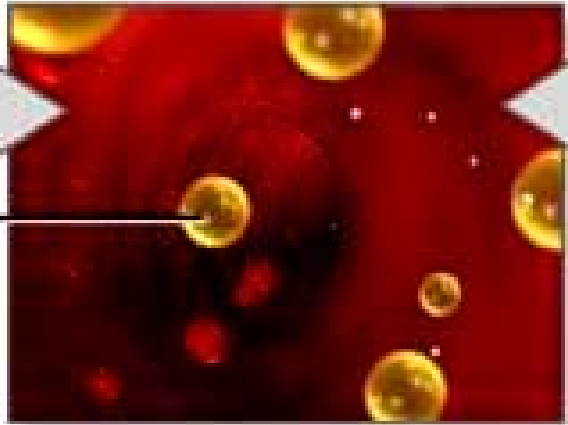
**ÁCIDO OLEICO**  
(insaturado) "torcidos"  
(doble enlace)  
No forman grasas sólidas  
Aceite oliva

Grasas DIETA

Colesterol



Hígado



Dieta

© 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...

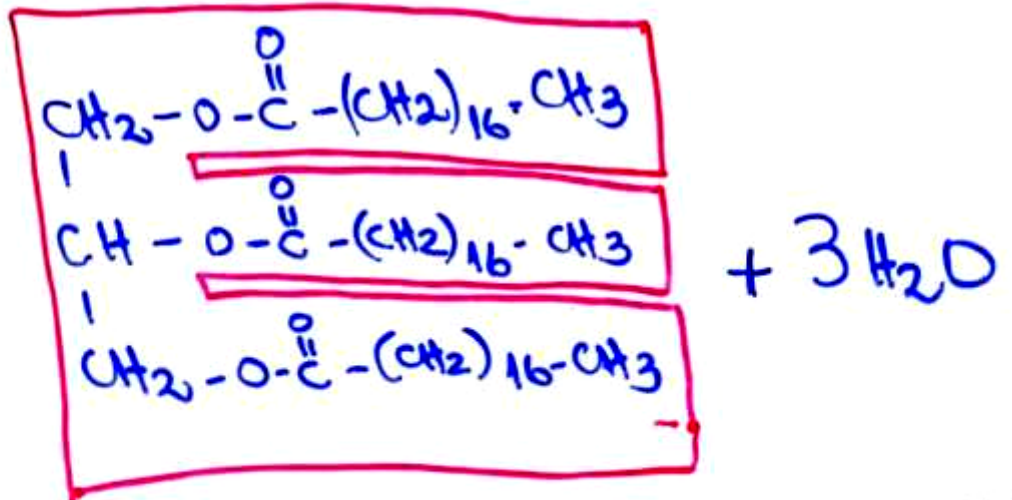
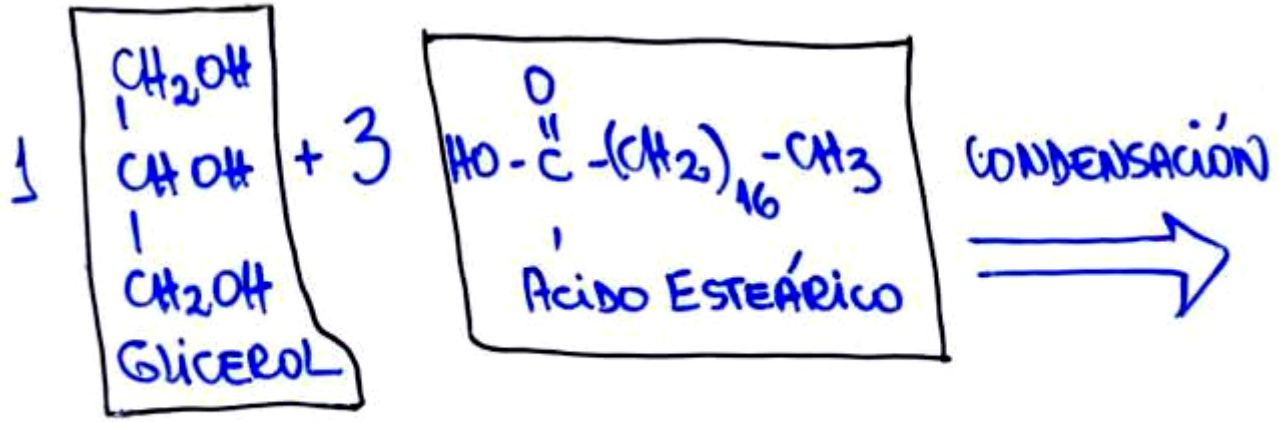
"Trans-fat"

Margarinas....

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

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Síntesis



↓ TRIGLICÉRIDO

eps



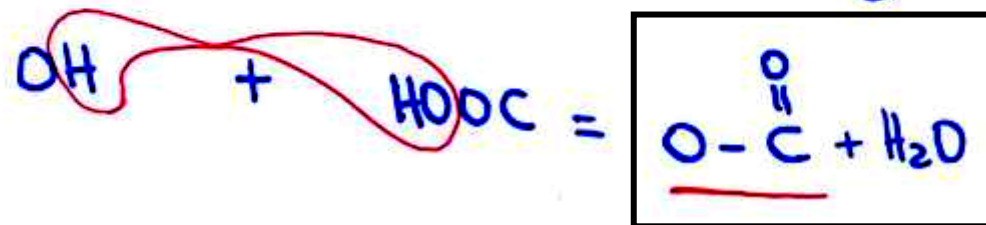
# UNIÓN ÉSTER

eps

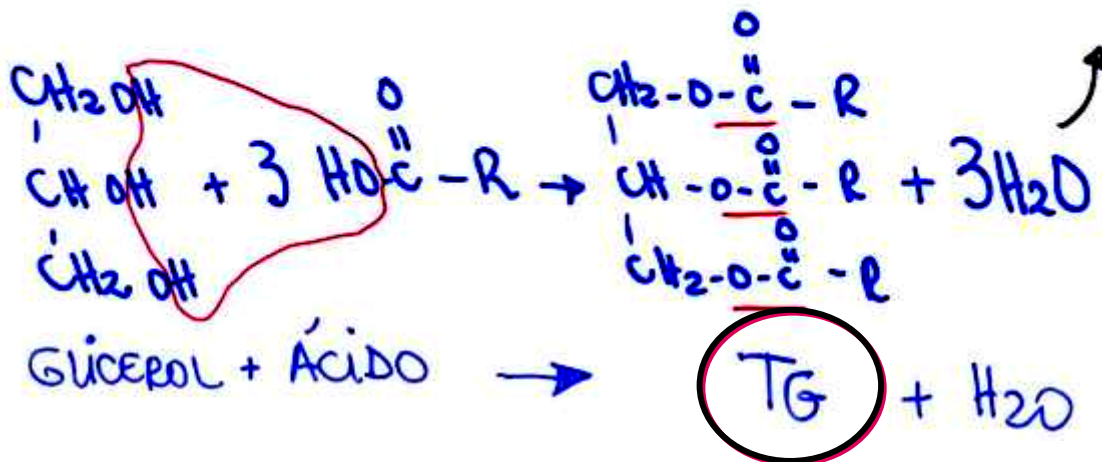
## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### Síntesis

alcohol + ácido = éster

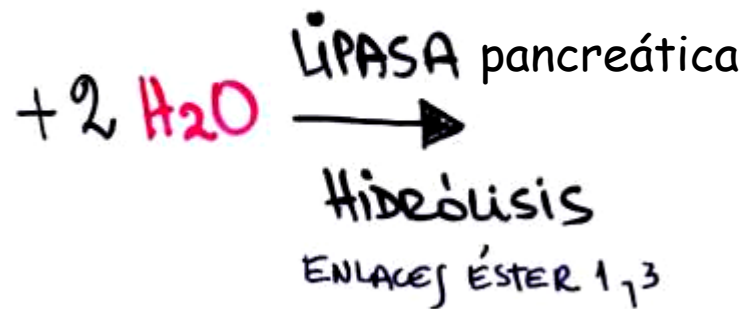
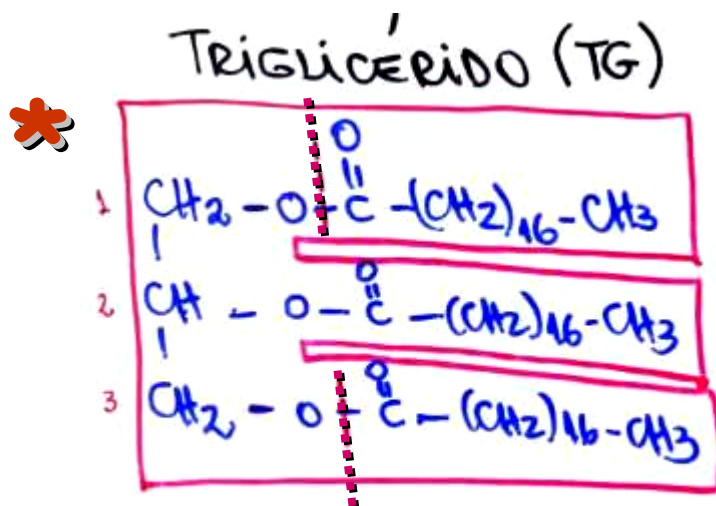


glicerol + ácido = TG



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

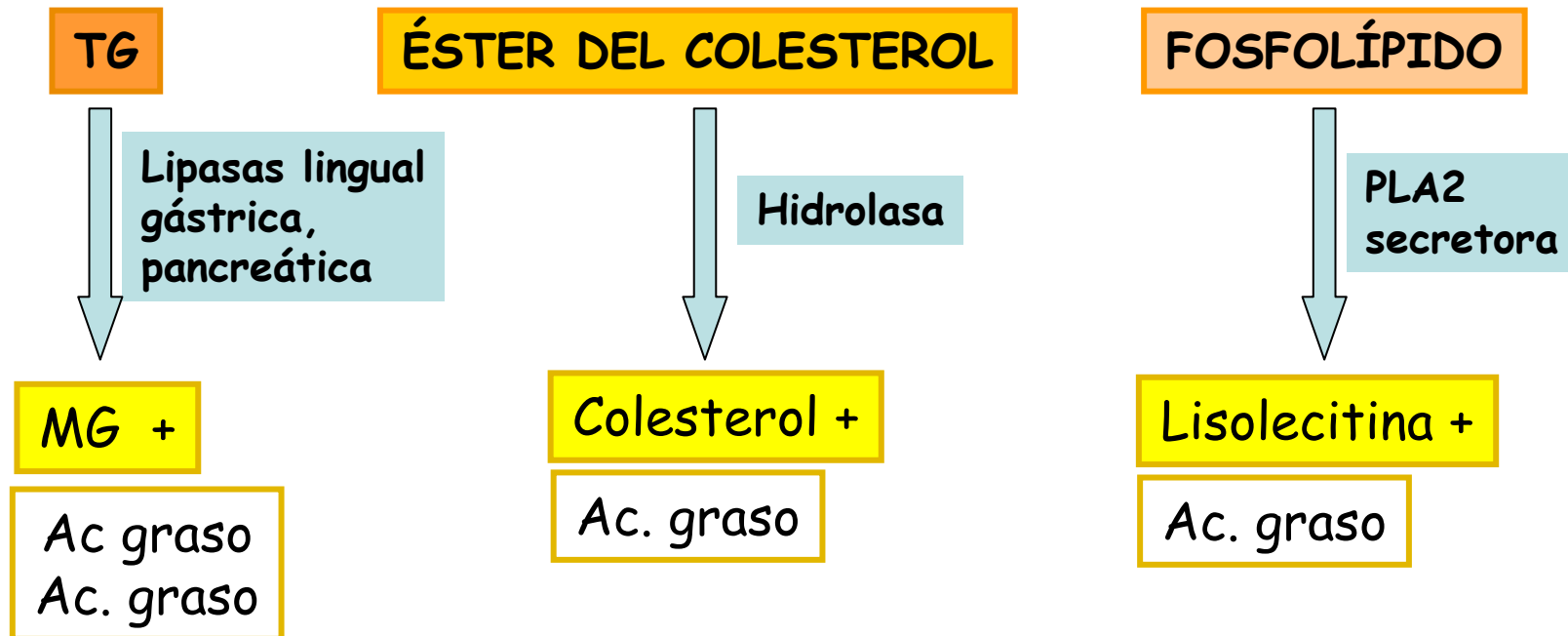
### Acción lipasa



## IV. DIGESTIÓN GRASAS



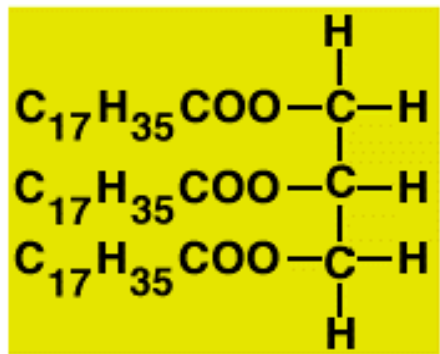
### Acción de Estearasas



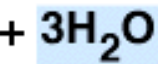


# IV. DIGESTIÓN GRASAS

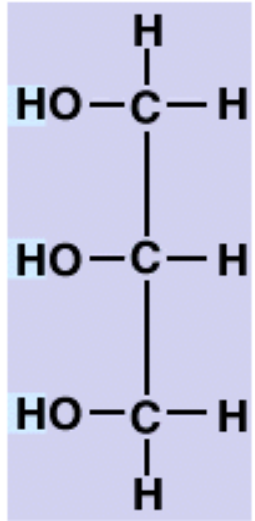
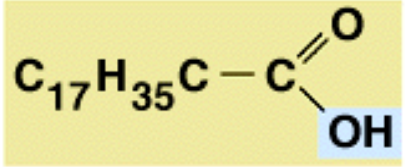
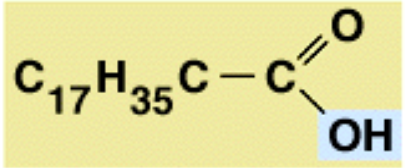
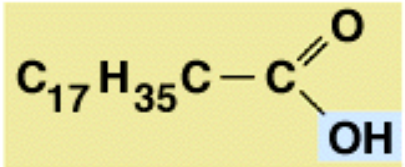
## Acción Lipasas



TG + 3 moléculas AGUA



lipasa

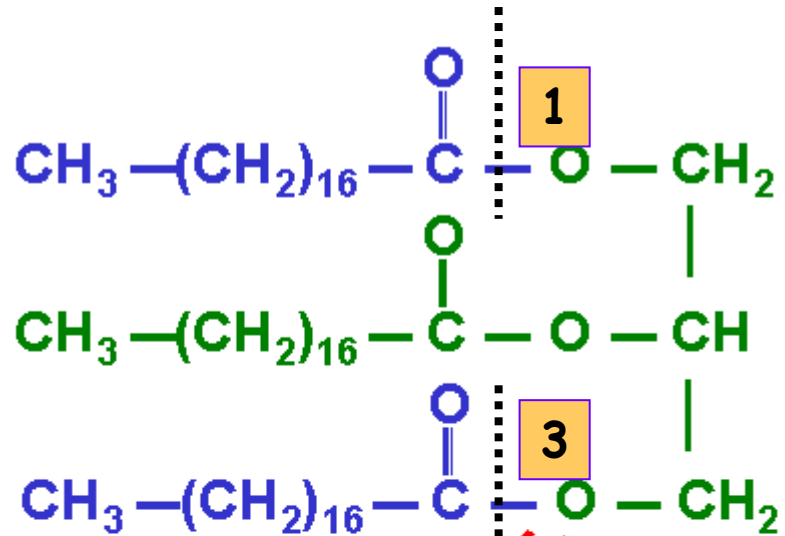


lipasa

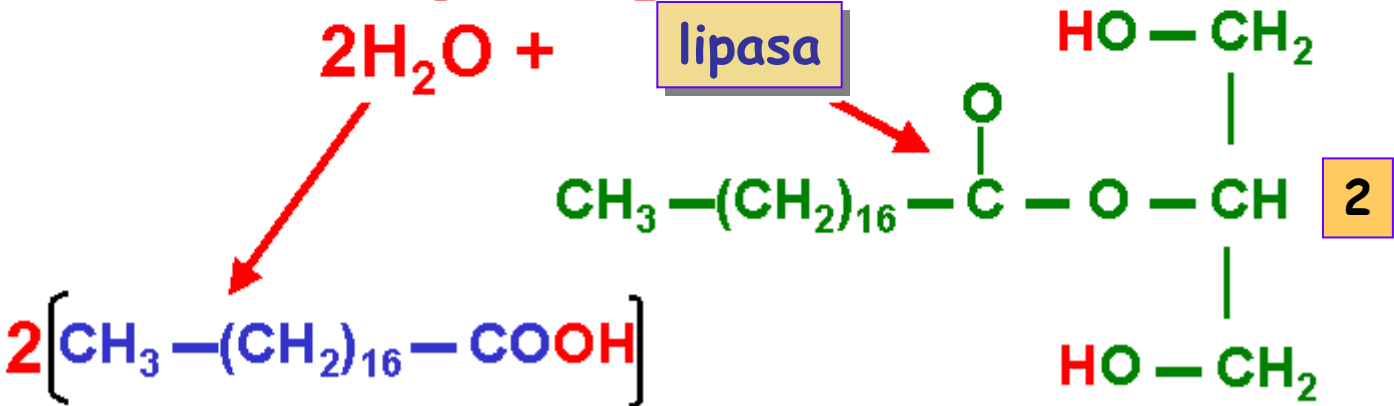
3 ÁCIDOS GRASOS + GLICEROL

TG

### Acción Lipasa



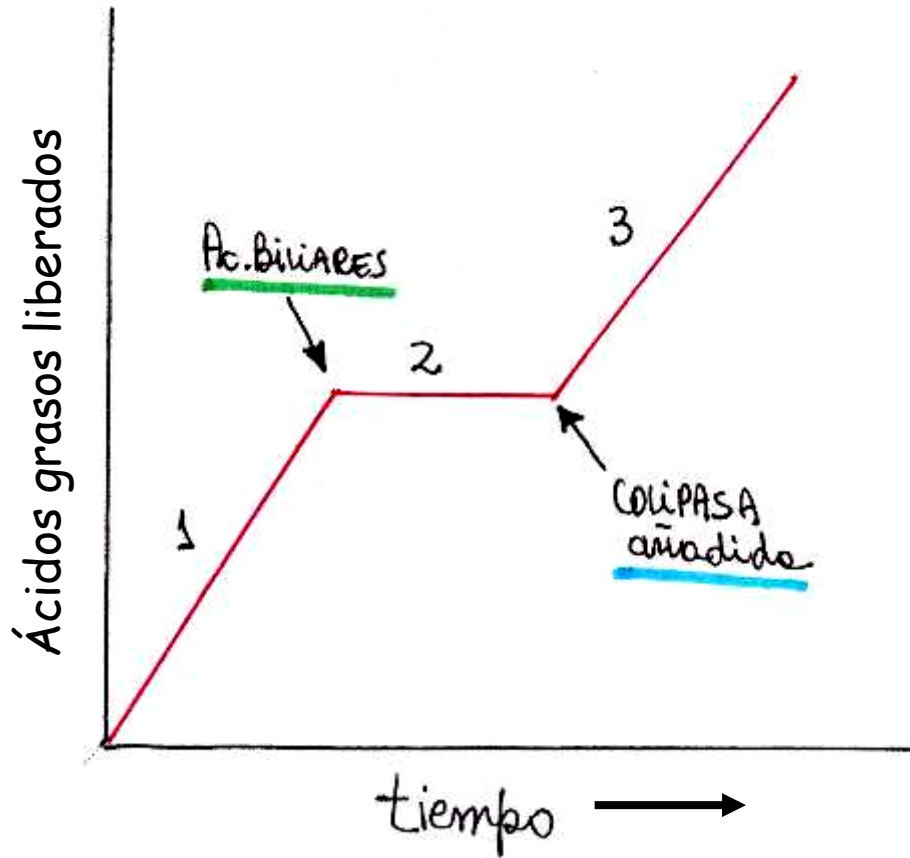
LIPASA pancreática rompe enlaces éster 1 y 3



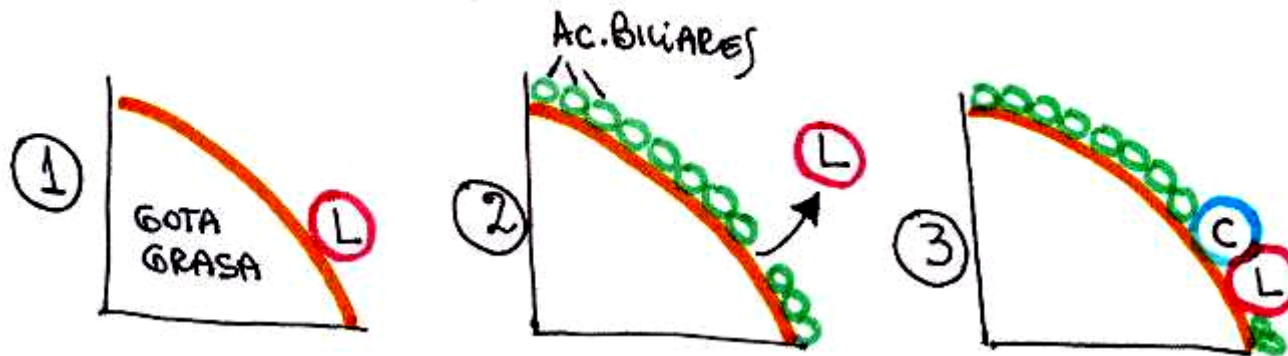
Ácidos grasos (2)

2-monoglicérido (2-MG) (1)

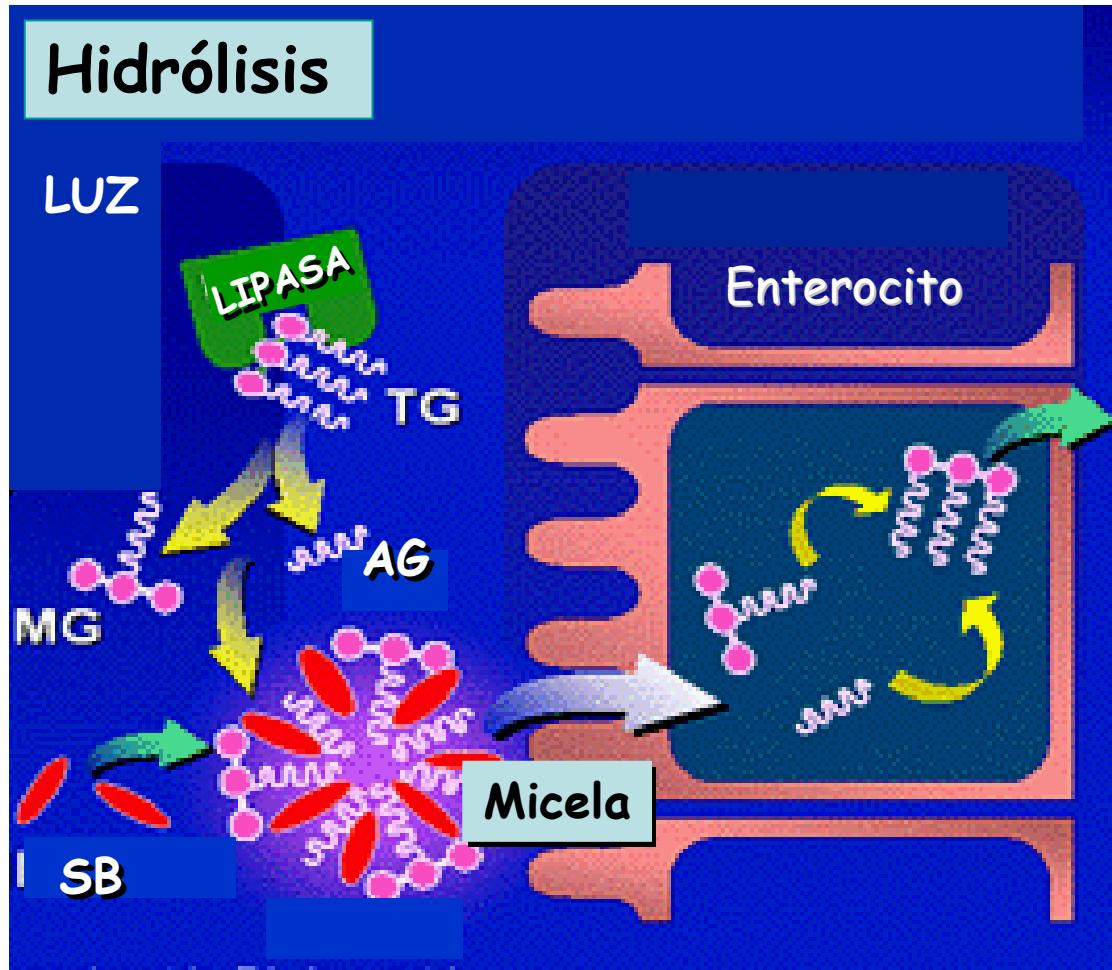
# Acción Lipasa



Colipasa estabiliza acción lipasa  
Ac. Biliares inhiben



# IV. DIGESTIÓN GRASAS

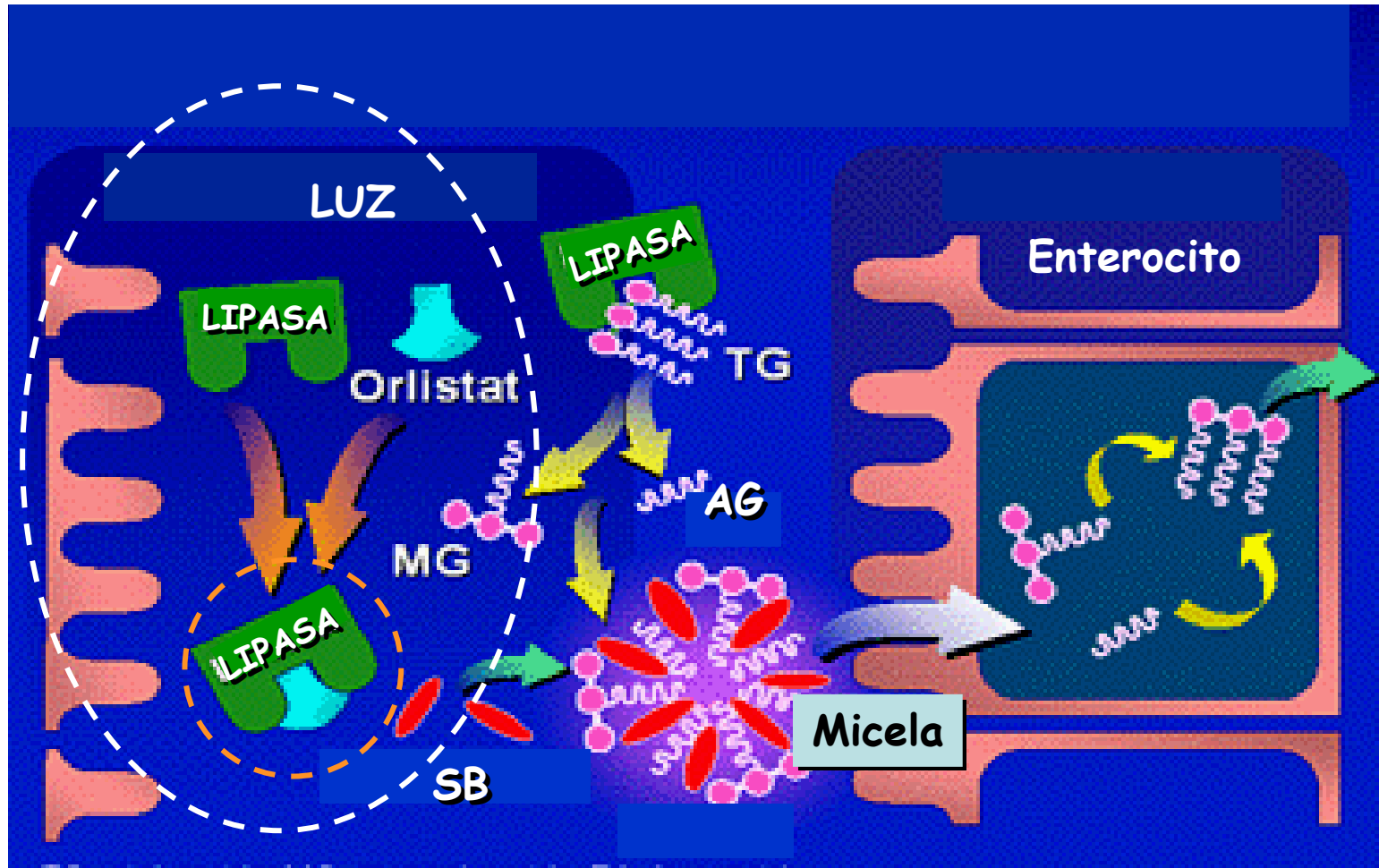


Perder peso...



*Orlistat* evita digestión de grasas por unirse a LIPASAS

Xenical





## IV. DIGESTIÓN GRASAS

**Lipasa pancreática  
dependiente de SB**

Pequeño porcentaje

Menos activa

Cataliza hidrólisis de:

TG

Ésteres del colesterol

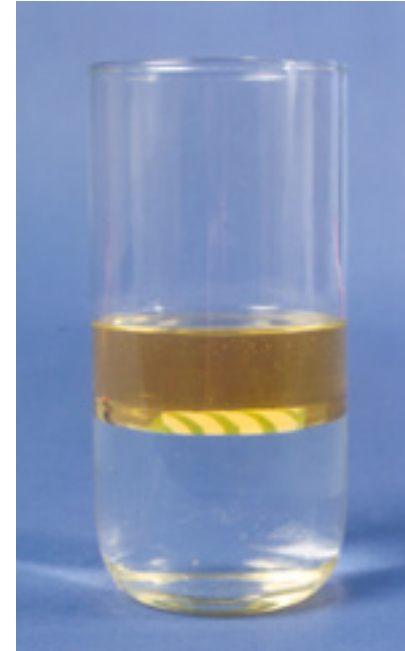
Fosfolípidos



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### Grasas

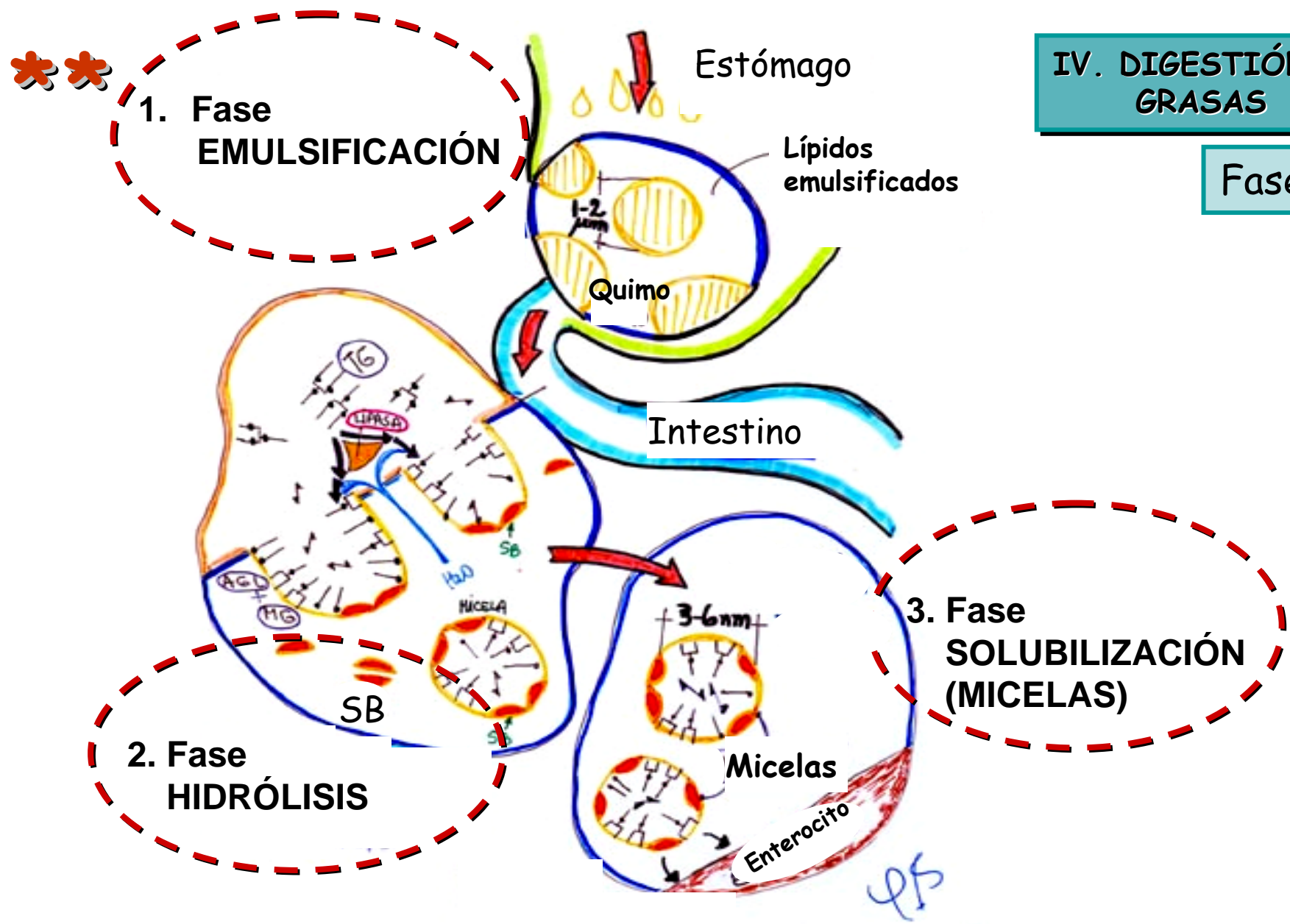
- NO solubles en agua
- Su digestión y transporte ocurren en medios acuosos:
  - \*Luz intestinal
  - \*Espacio intersticial
  - \*Medio intracelular
- Las lipasas también son hidrosolubles



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

# IV. DIGESTIÓN GRASAS

## Fases





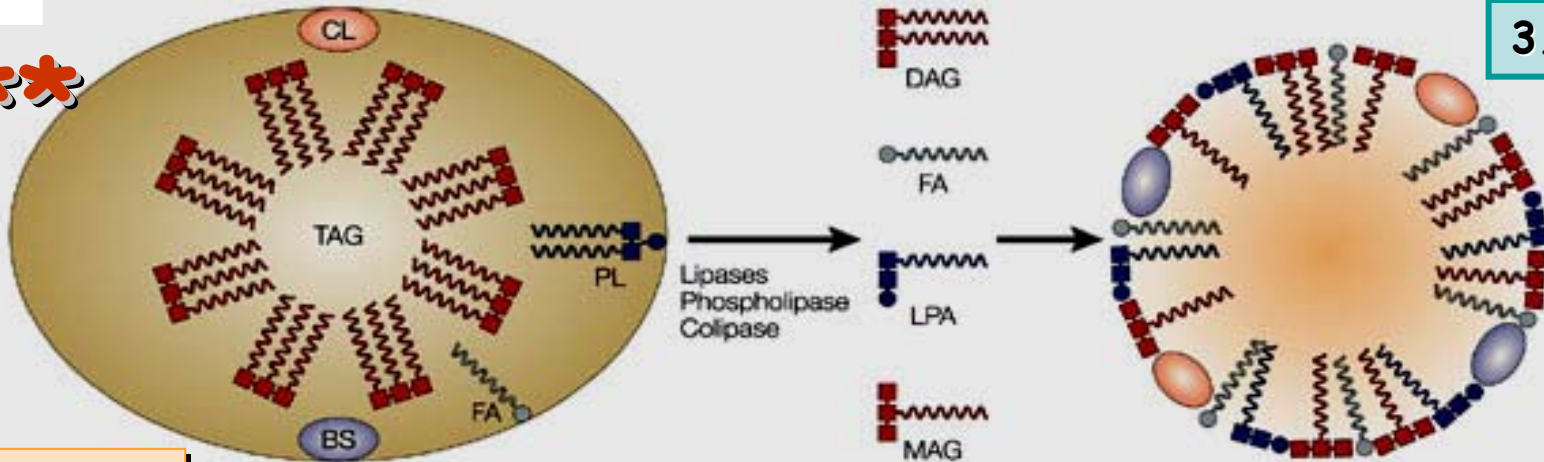
## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas DIETA

"PreTratamiento"  
digestión y absorción

1. EMULSIFICACIÓN
    - ↑ área para la LIPASA
    - AGITACIÓN
    - SALES BILIARES - LECITINA
  
  2. HIDRÓLISIS
    - lipasa + H<sub>2</sub>O
  
  3. SOLUBILIZACIÓN
    - MICELAS → EVITA RE-ESTERIFICACIÓN
    - TRANSPORTE a la MEMBRANA del ENTEROCITO
- q/s

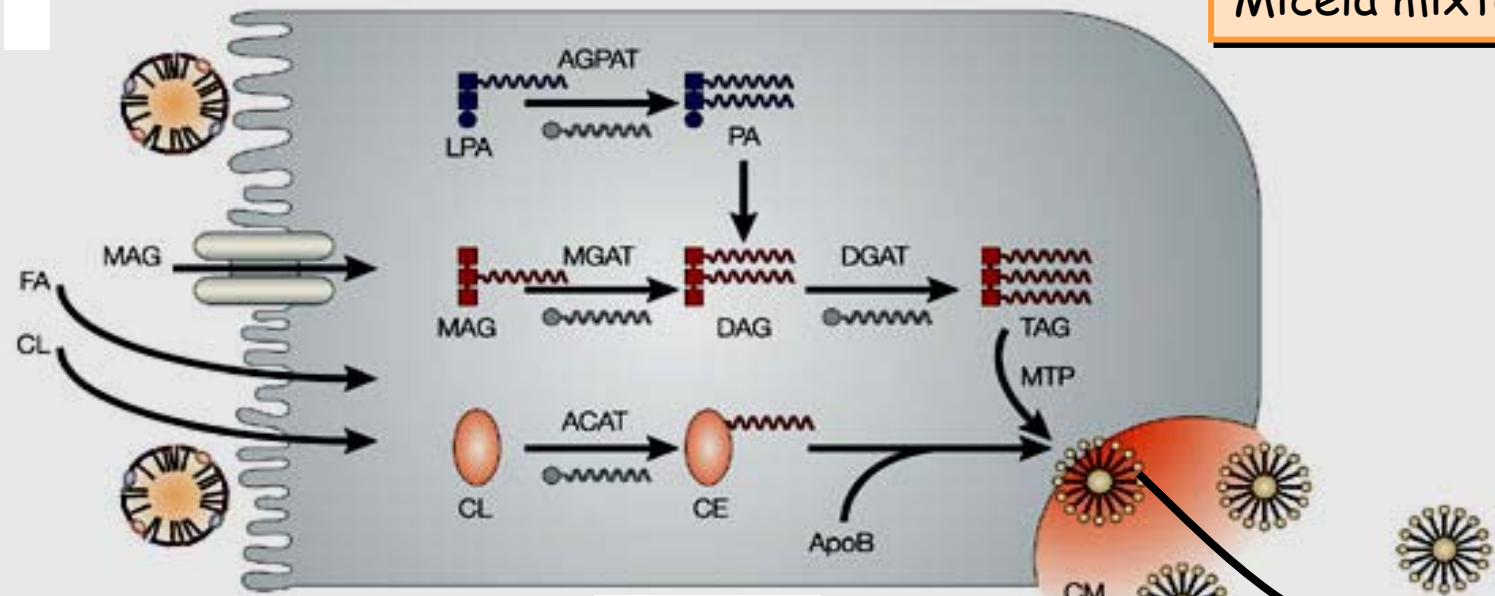
3. Fases



Emulsión

Digestión luz

Transporte Micela mixta



Absorción enterocito

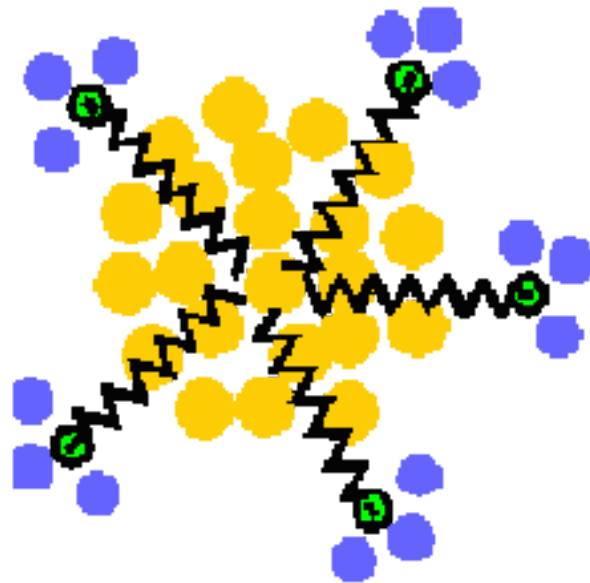
Resterificación

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

Emulsificación

¿CÓMO se hace una "vinagreta"?



Resterificación



# IV. DIGESTIÓN GRASAS

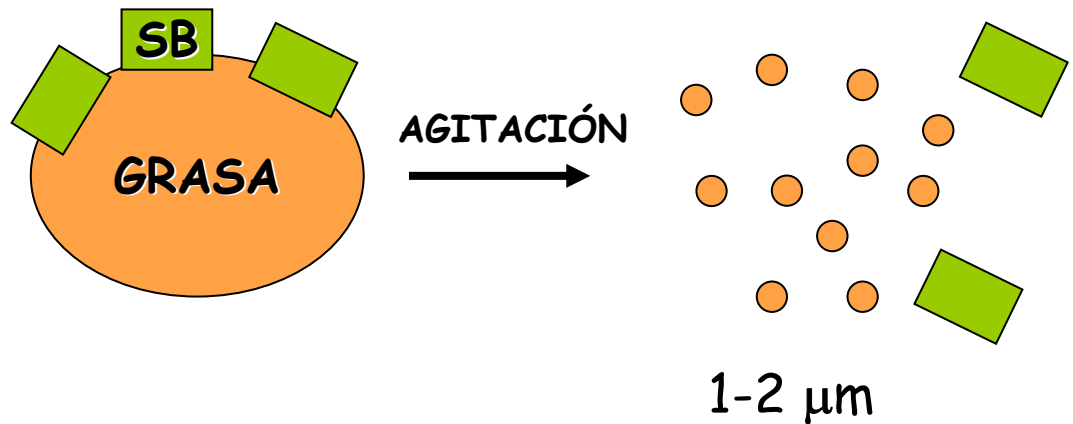
Fases

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)

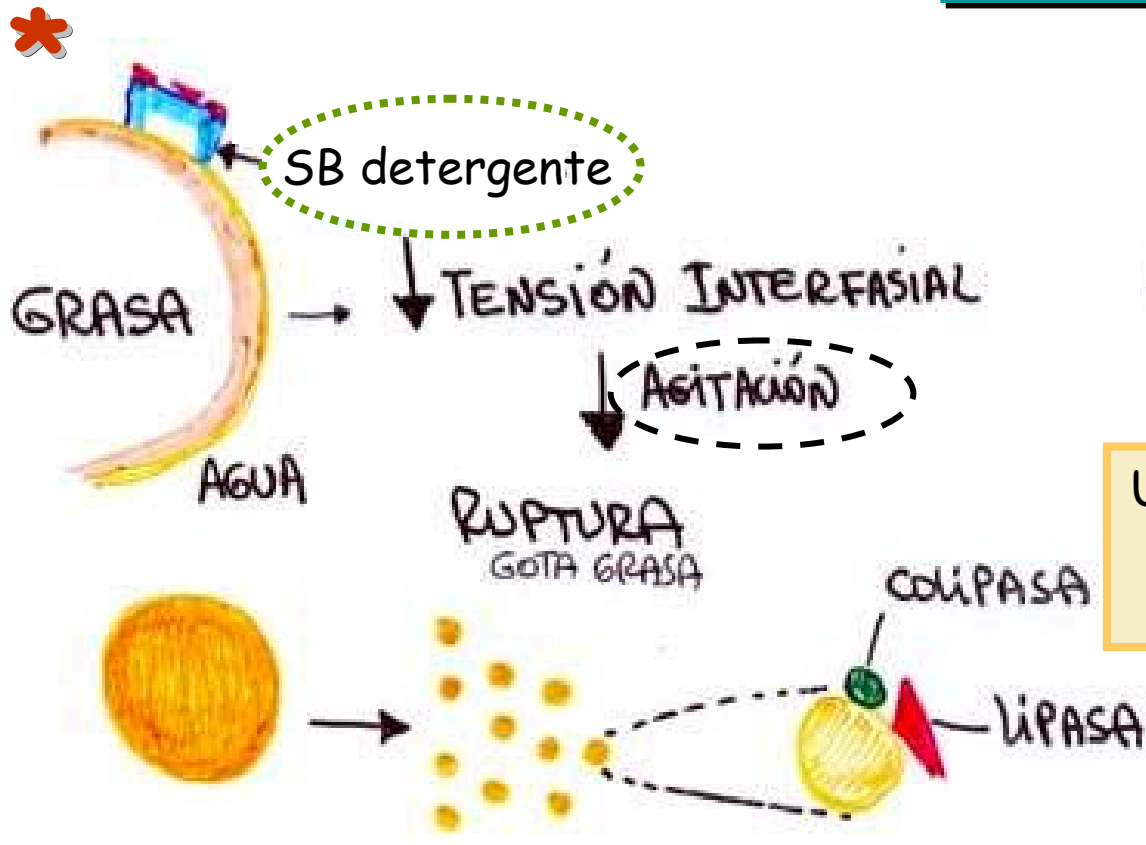




# IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

Emulsificación



Un glóbulo de grasa pasa a muchas gotitas

EMULSIÓN  
> N° gotas > área

Aumenta el **ÁREA**  
para acción enzimática

## IV. DIGESTIÓN GRASAS

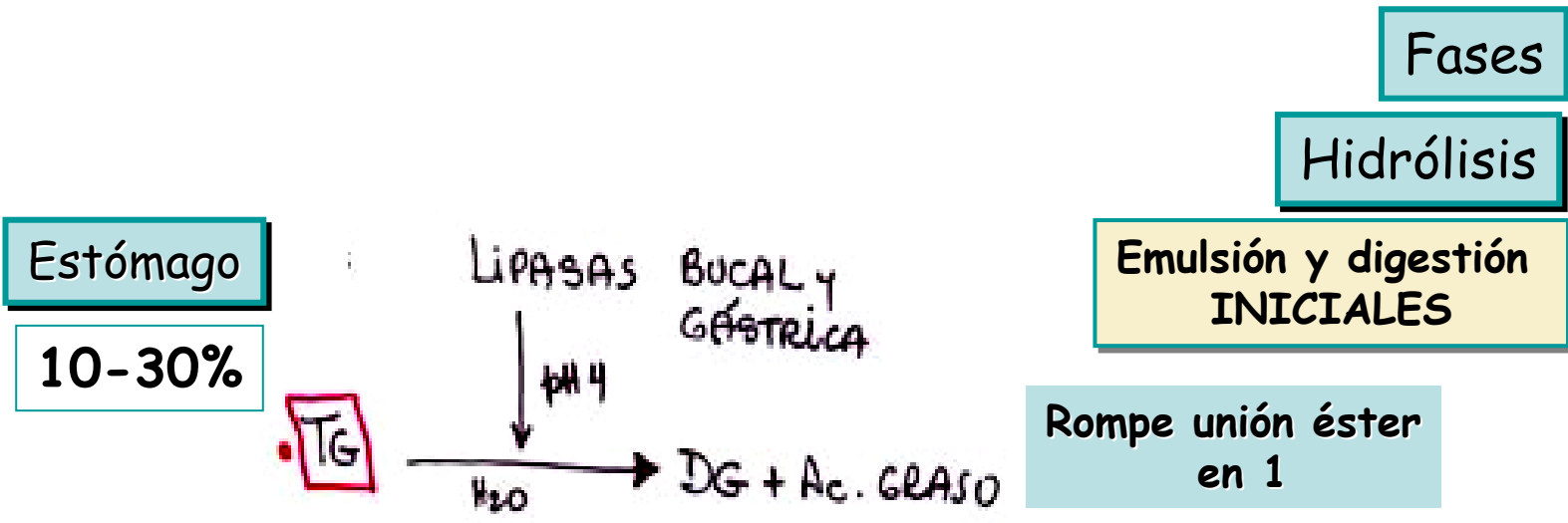
Fases

Emulsificación



IMPORTANCIA  
EMULSIFICACIÓN DE LAS GRASAS

Más fácil acceso y acción de  
LIPASAS hidrosolubles





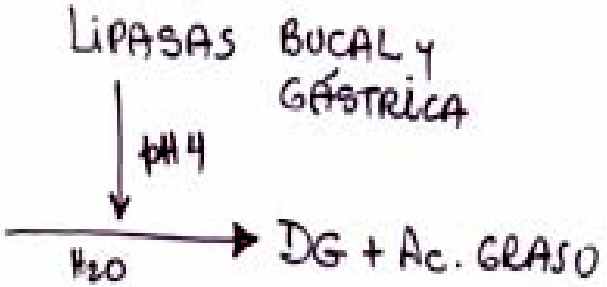
Fases

Hidrólisis

Estómago

10-30%

TG



Emulsión y digestión INICIALES

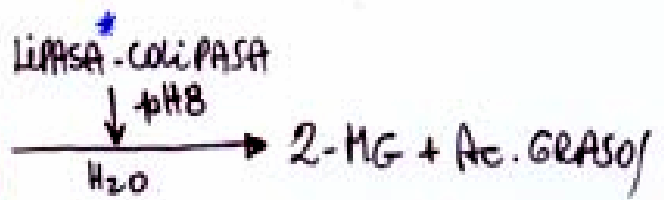
Rompe unión éster en 1

ENZIMAS PANCREÁTICAS

Intestino

70-90%

TG

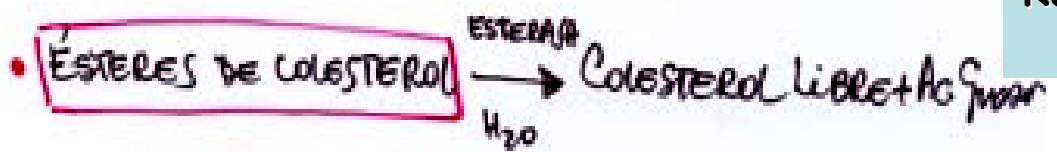


Emulsión y digestión APROPIADAS

Rompe unión éster en 1 y 3



Rompe unión éster en 2



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### Acción Esterasas

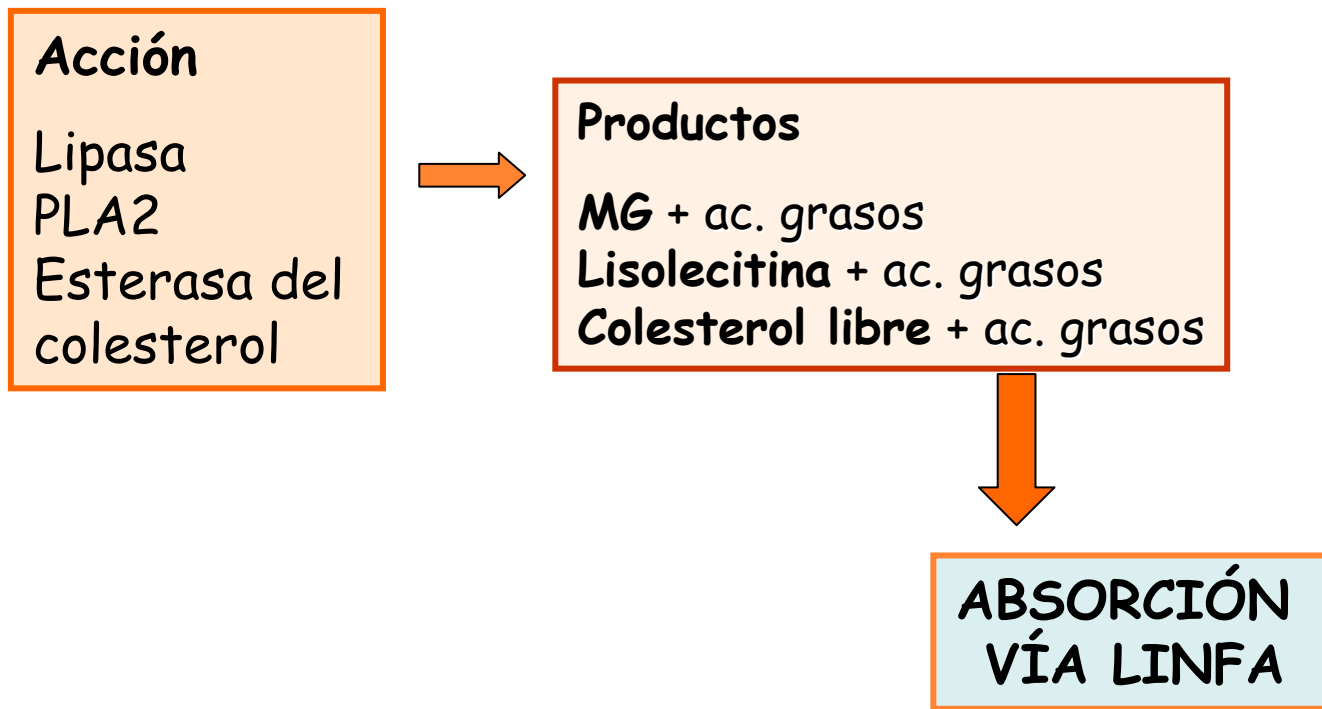
- Lipasa bucal- gástrica: TG
- Lipasa pancreática: TG
- Fosfolipasa A2 secretora: fosfolípidos, TG
- Esterasa colesterol: ésteres colesterol, TG

- 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



## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

Hidrólisis

### ACIDOS GRASOS

Pequeñas cantidades en tejidos animales y vegetales  
Son los elementos para lípidos complejos

#### DE CADENA LARGA

Ej. Ácido esteárico

14-22 átomos de C

Varían en la posición de enlaces  
dobles o insaturados

#### DE CADENA CORTA

Ej. Ácido acético, butírico,  
propiónico

Pequeños de 2-4 átomos de C

Muy importantes en metabolismo  
intermediario y en

**FERMENTACIÓN bacteriana**



# 1. EMULSIFICACIÓN

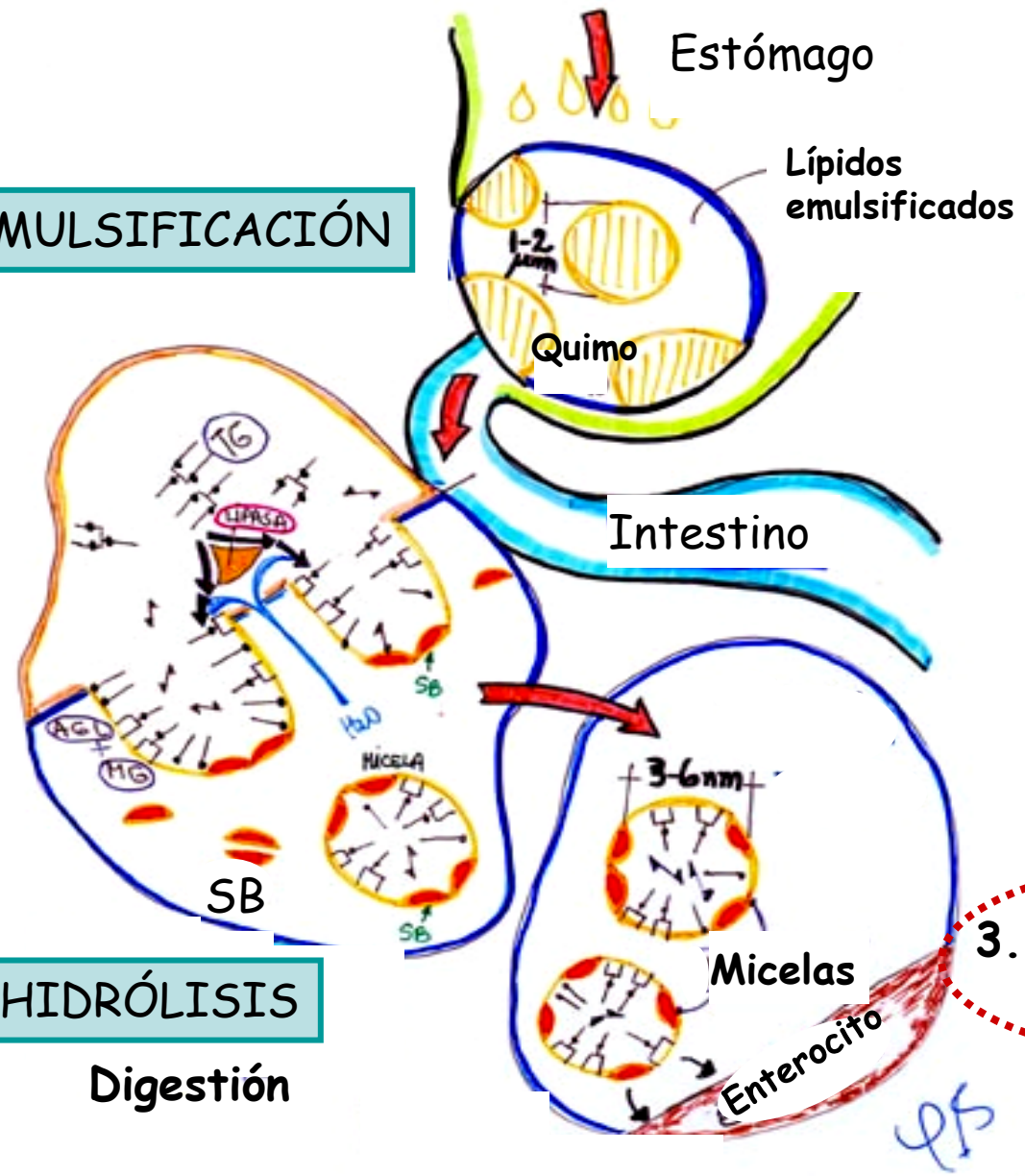
# 2. HIDRÓLISIS Digestión

# IV. DIGESTIÓN GRASAS

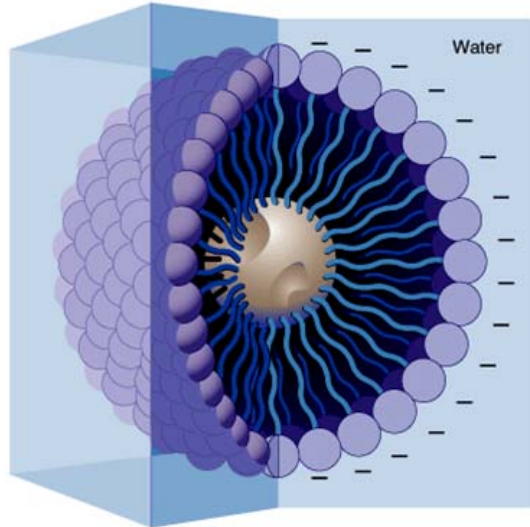
## Fases

## Transporte

# 3. SOLUBILIZACIÓN (Micelas)







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

## Solubilización

## IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fases

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

**Parte POLAR hidrosoluble**  
afuera moléculas  
anfipáticas:

MG, fosfolípidos y SB

**Parte APOLAR liposoluble**  
adentro grasas disueltas:

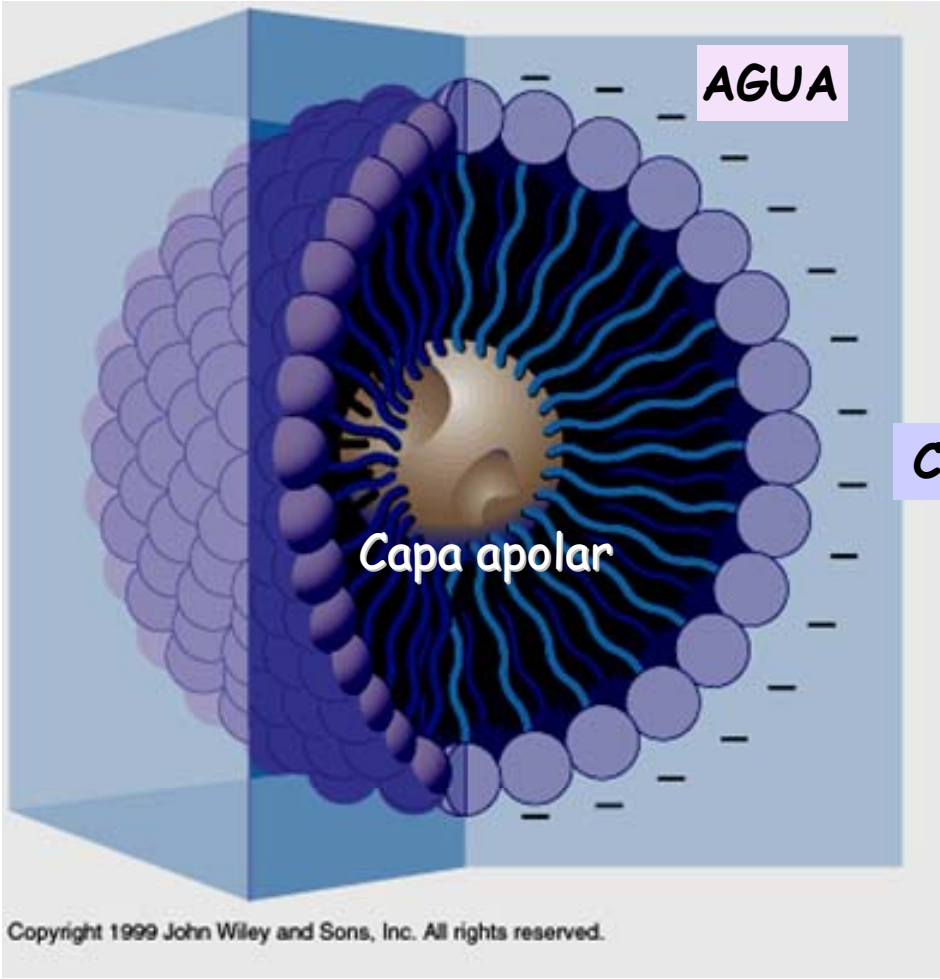
Colesterol, a. grasos cadena  
larga, Vit. liposolubles



# IV. DIGESTIÓN GRASAS

## Solubilización

### Fases



### Micela

Esferas  
3-6 nm

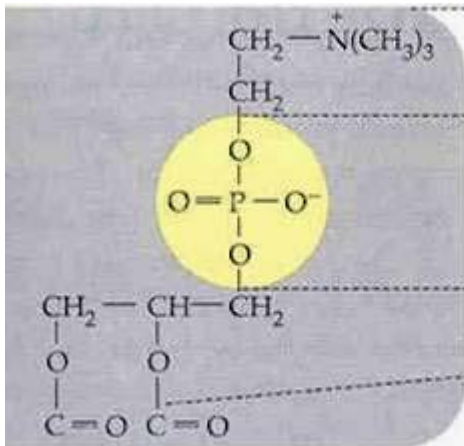
### Capa polar

# IV. DIGESTIÓN GRASAS

Fórmula estructural

Modelo 3D

Cabeza hidrofílica



COLINA

FOSFATO

GLICEROL

FOSFATIDILCOLINA  
O  
LECITINA



Colas hidrofóbicas

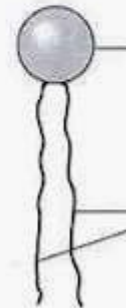


ÁCIDOS GRASOS

Enlace doble

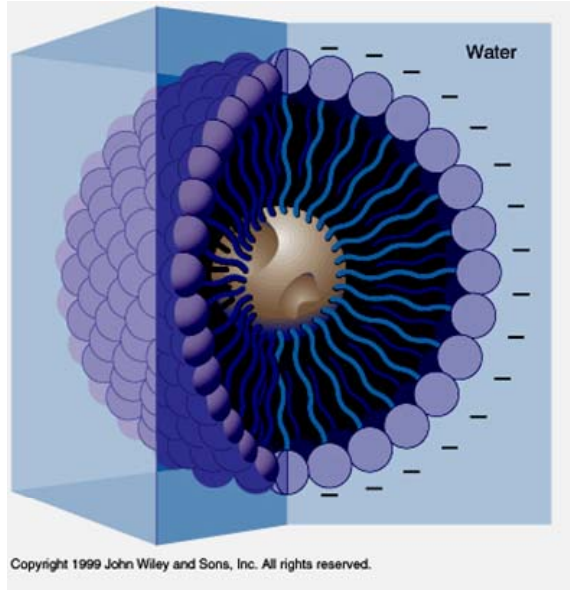


Símbolo FOSFOLÍPIDO



Cabeza hidrofílica

Colas hidrofóbicas



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!!

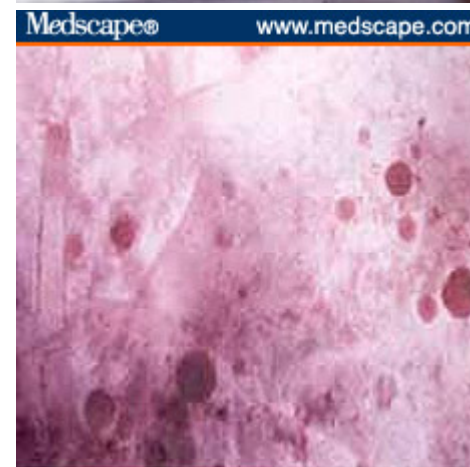
## IV. DIGESTIÓN GRASAS

### 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>



# 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                                |

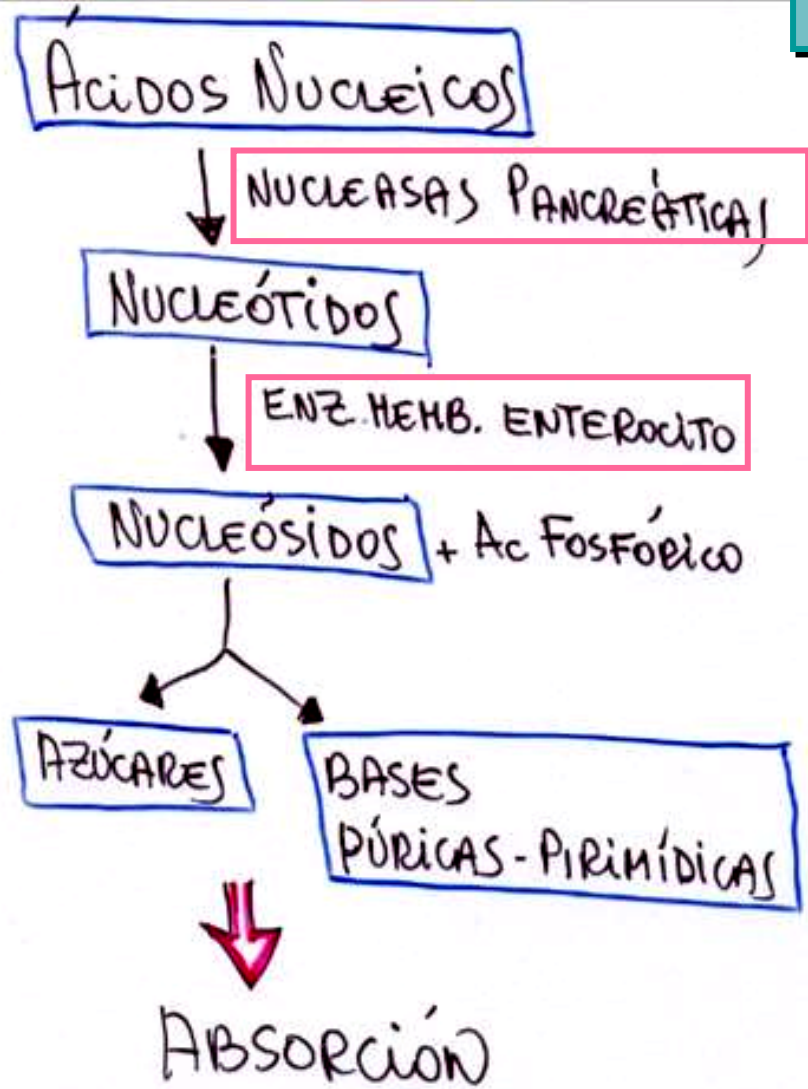




# DIGESTIÓN

| Sitios    | %     | Nutrientes | Enzimas                                                       |
|-----------|-------|------------|---------------------------------------------------------------|
| Boca      | 5     | CH         | $\alpha$ amilasa salival                                      |
| Estómago  | 40    | CH         | $\alpha$ amilasa salival                                      |
|           | 15    | Proteína   | pepsina                                                       |
|           | 10-30 | Grasa      | lipasa bucal,<br>gástrica                                     |
| Intestino | 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              |

V. DIGESTIÓN  
ÁCIDOS NUCLEICOS



45

# 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