

FISIOLOGIA MEDICINA

**FISIOLOGÍA
DEL
APARATO DIGESTIVO**

2007

Ximena Páez

TEMA 9

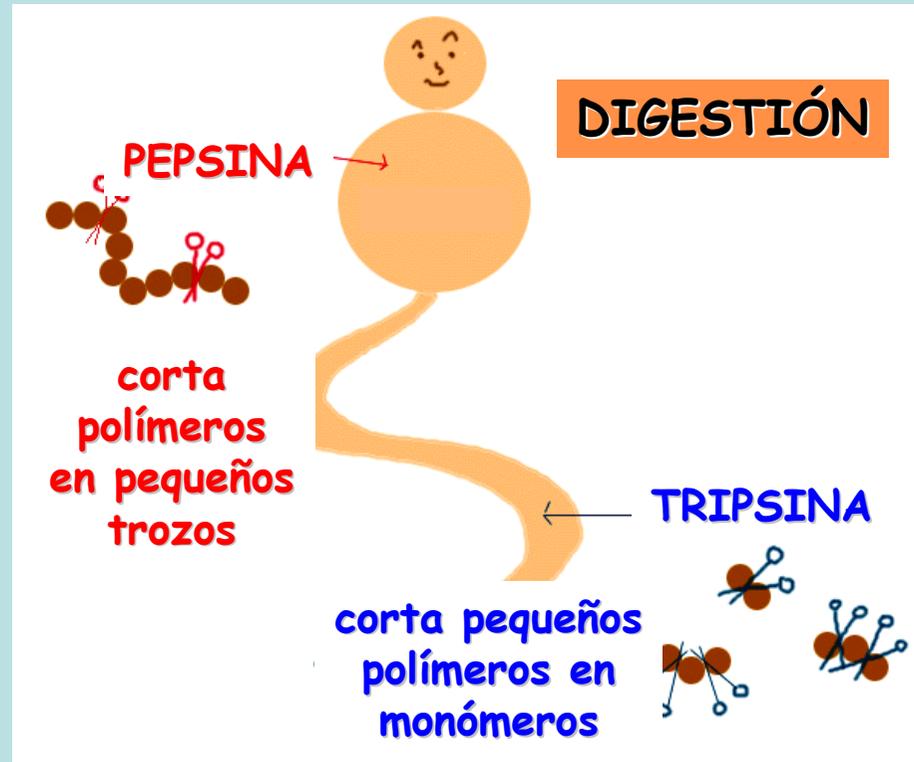
I. DIGESTIÓN

II. D. CARBOHIDRATOS

III. D. PROTEÍNAS

IV. D. GRASAS

V. D. ÁCIDOS NUCLÉICOS



I. DIGESTIÓN

1. Química de alimentos
2. Concepto
3. Jugos digestivos

I. DIGESTIÓN

1. Química de alimentos

¿QUÉ
es lo que vamos
a DIGERIR?



I. DIGESTIÓN



1. Química alimentos

¿CUÁLES son esas grandes moléculas?

CARBOHIDRATOS
63%

Los más abundantes

Grandes polímeros

Almidones
Glucógeno
Celulosa

Pequeños azúcares

Lactosa
Sacarosa

PROTEÍNAS
12%

Polímeros de AA
Glico y lipoproteínas

Polipéptidos cadena
Corta 3-10 AA

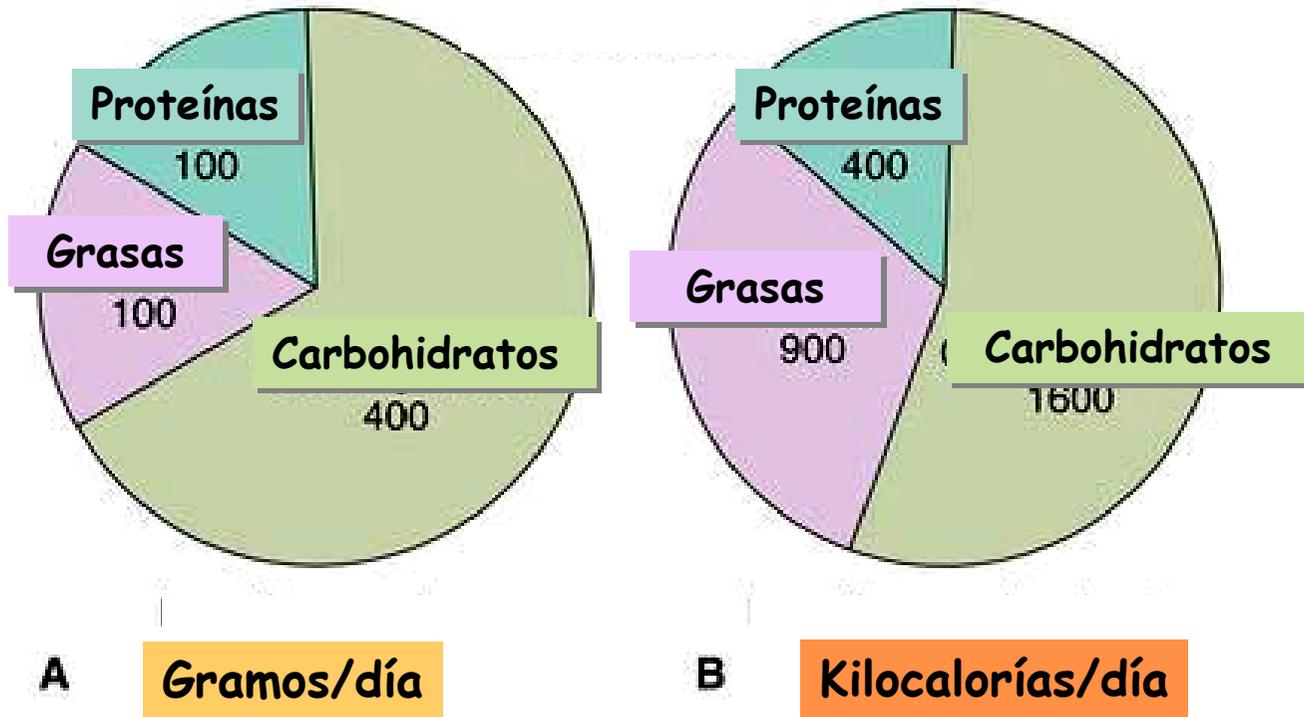
GRASAS
25%

TG o grasas neutras
Ésteres del colesterol
Fosfolípidos



I. DIGESTIÓN

MACRONUTRIENTES



1. Dieta

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

MICRONUTRIENTES
Vitaminas, minerales, microelementos (μg a mg)

I. DIGESTIÓN

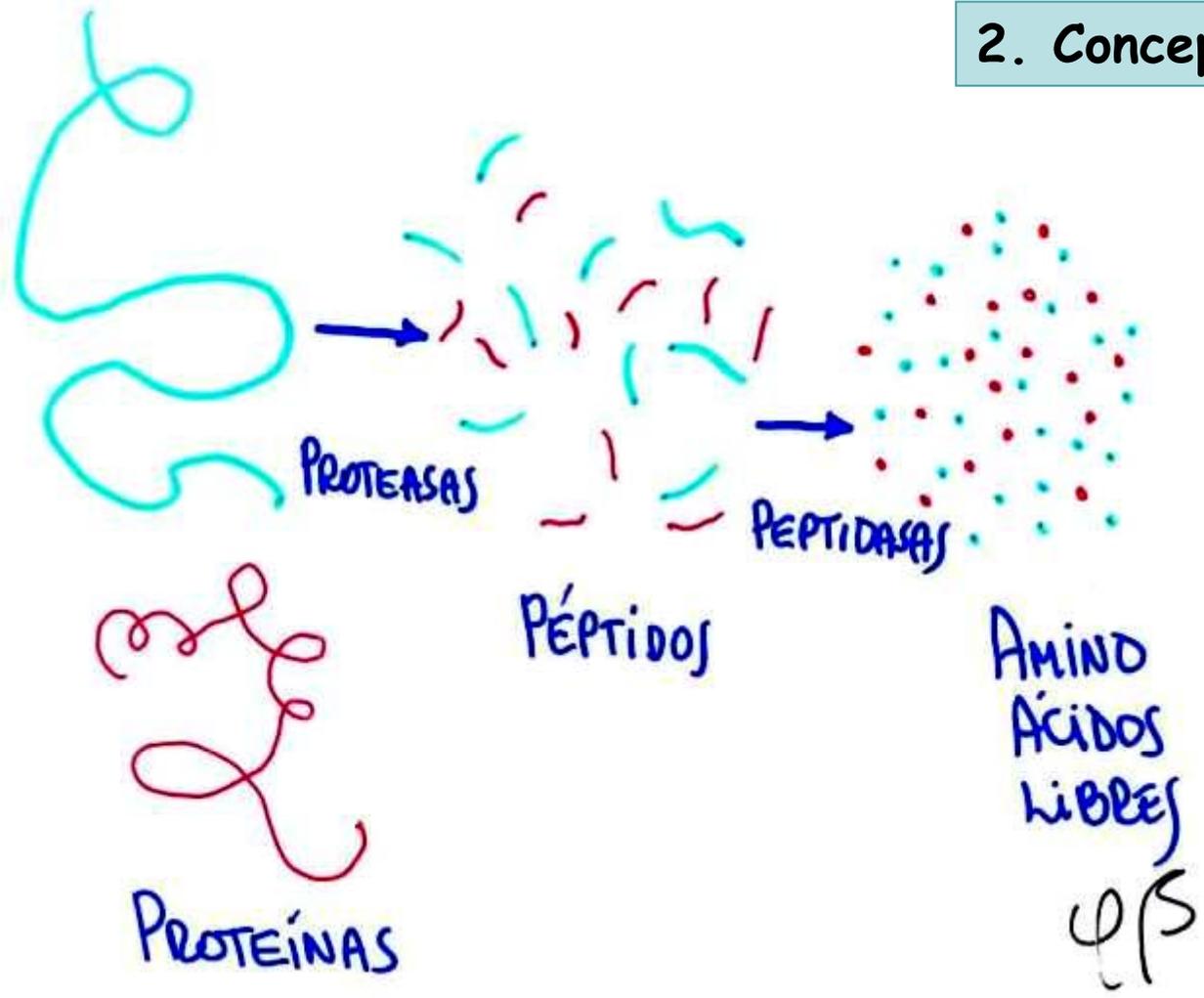
2. Concepto

¿QUÉ es DIGESTIÓN?



I. DIGESTIÓN

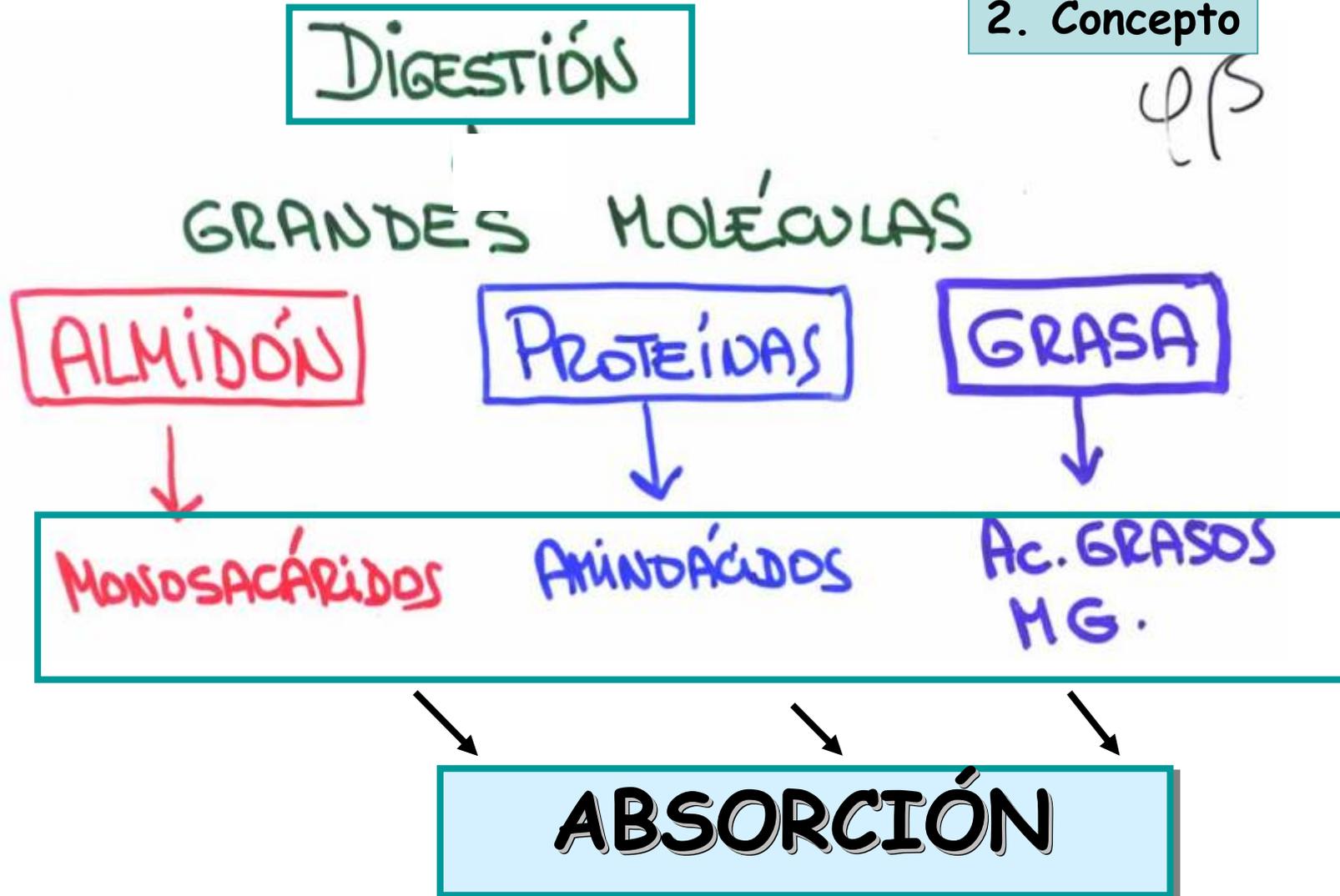
2. Concepto



I. DIGESTIÓN *

2. Concepto

eps





I. DIGESTIÓN

2. Concepto

DIGESTIÓN

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



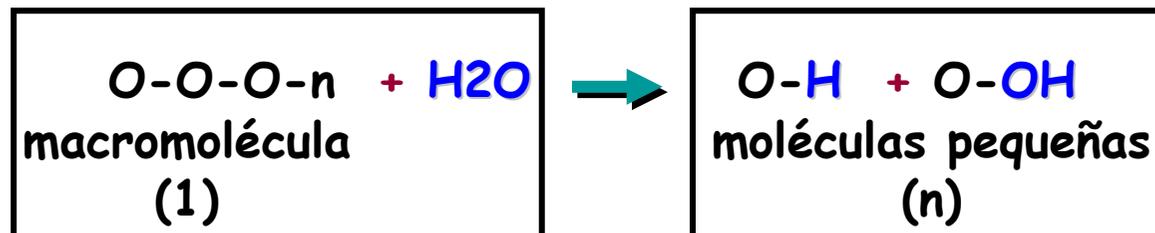
I. DIGESTIÓN

2. Concepto. Hidrólisis

¿CÓMO ocurre esto?

HIDRÓLISIS

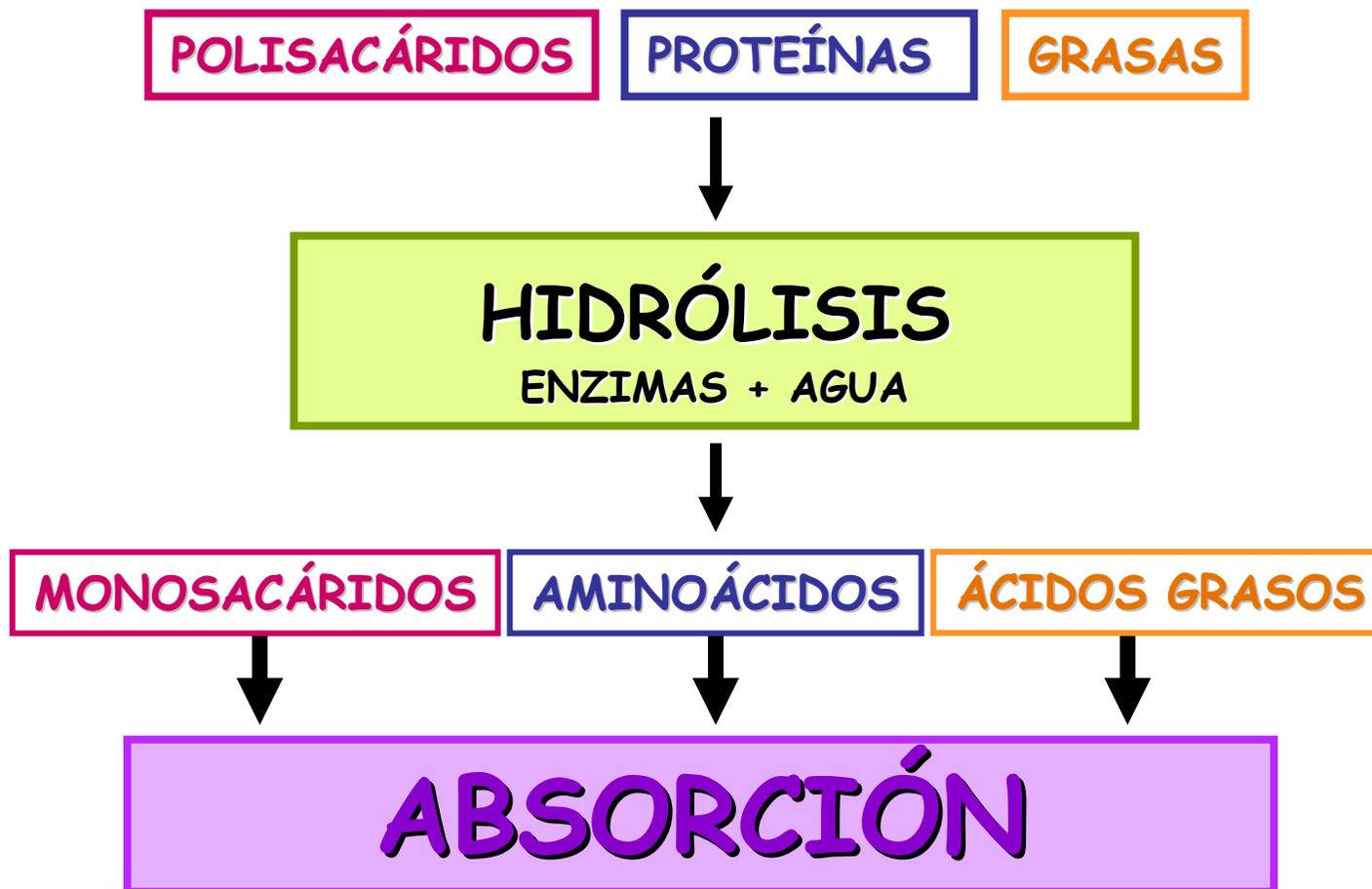
Reacción química con aporte de AGUA que se incorpora a la macromolécula rompiéndola en moléculas más pequeñas





I. DIGESTIÓN

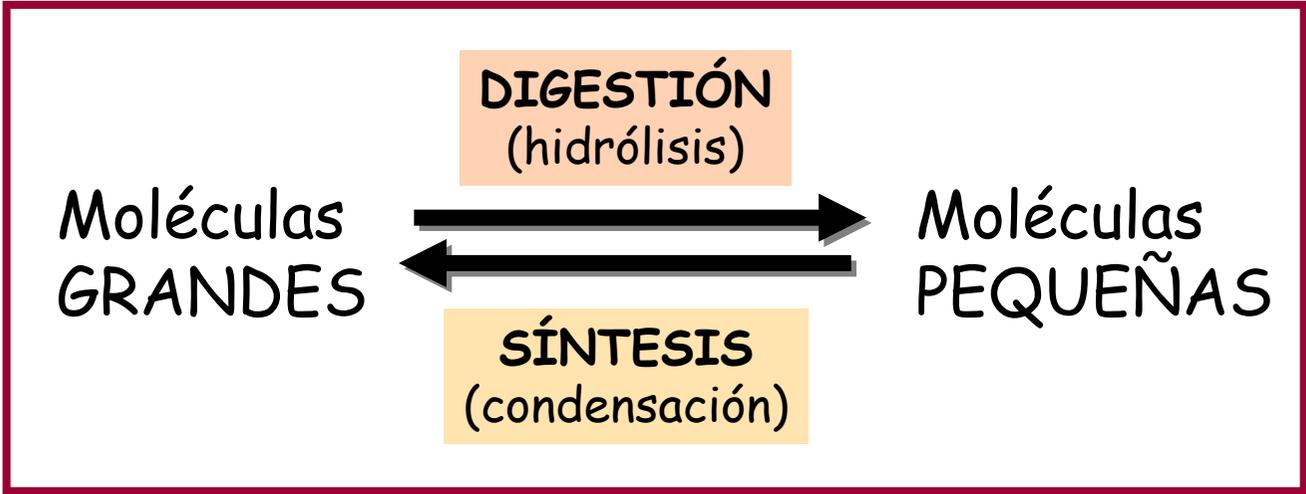
2. Concepto





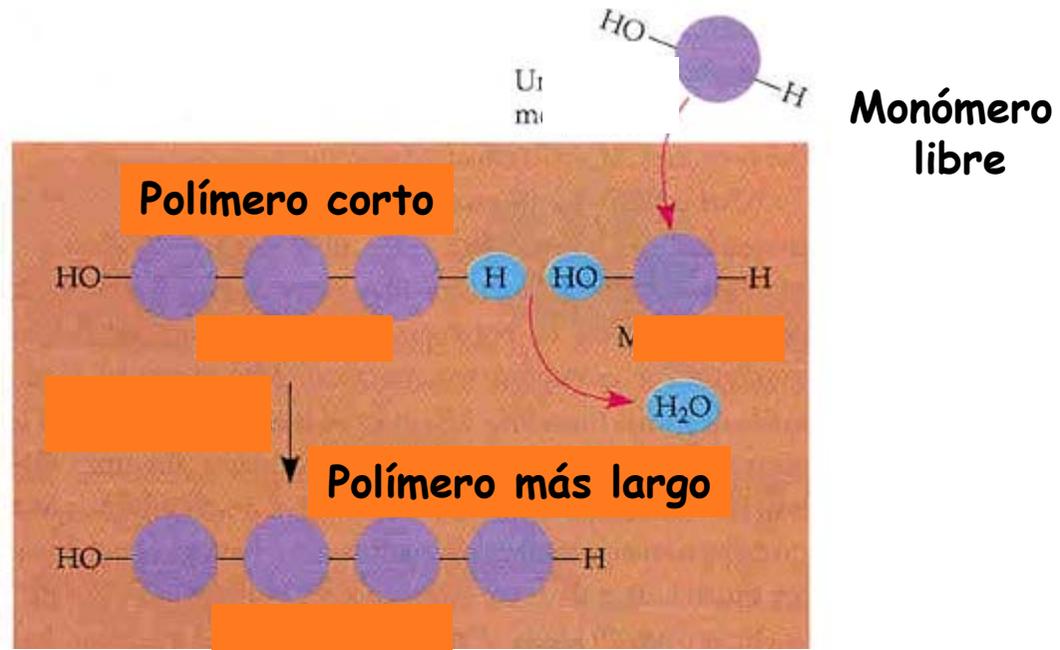
I. DIGESTIÓN

2. Hidrólisis



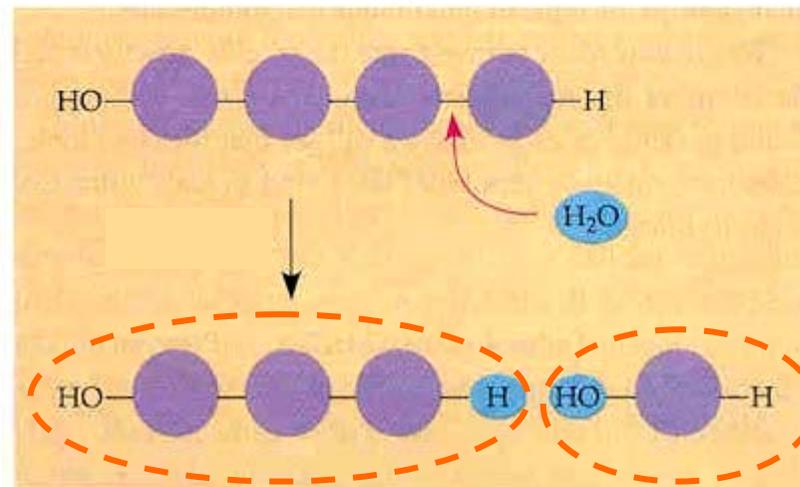
SÍNTESIS DE UN POLÍMERO

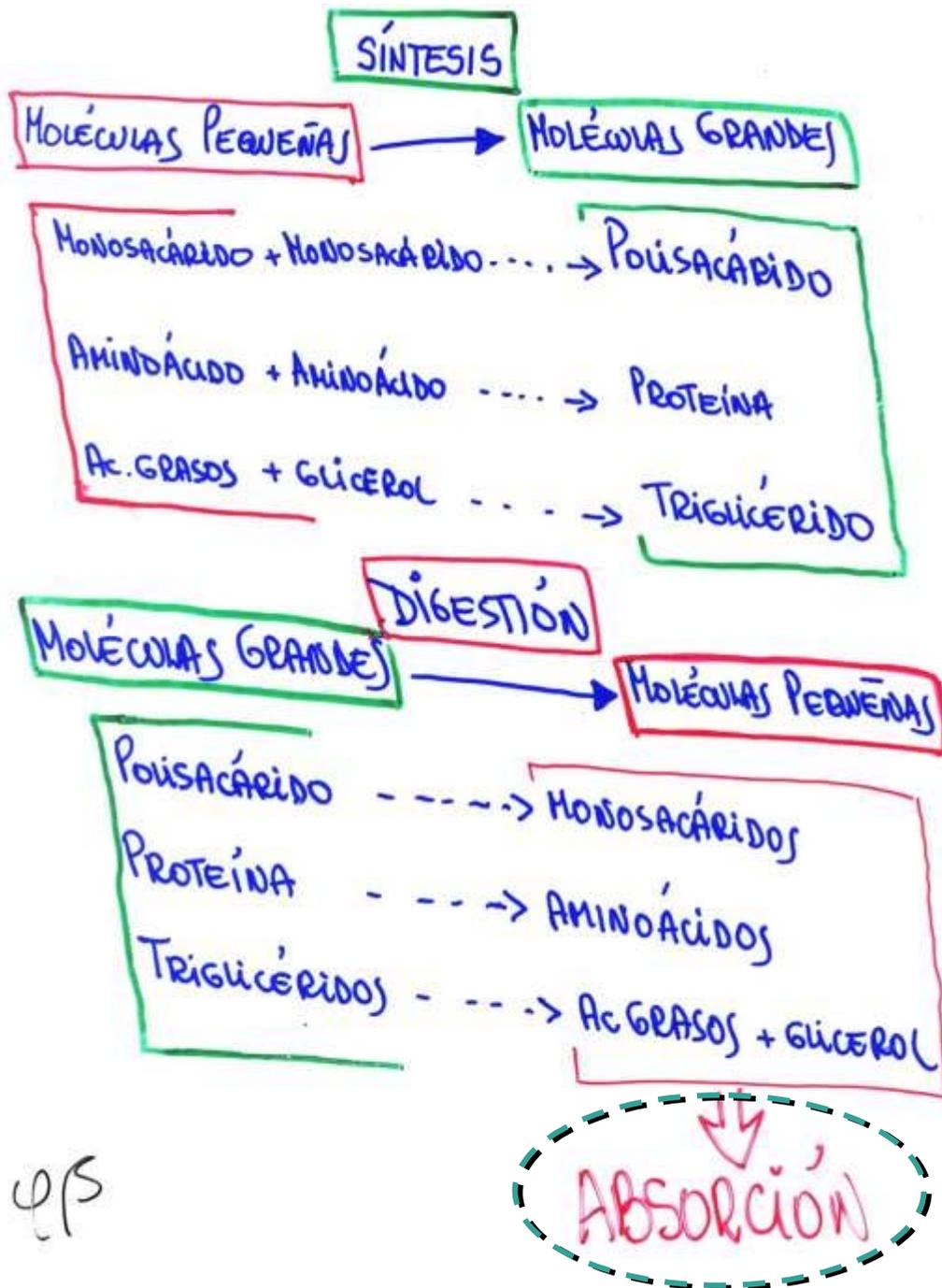
Condensación



DIGESTIÓN DE UN POLÍMERO

Hidrólisis





I. DIGESTIÓN

Síntesis vs. Digestión



I. DIGESTIÓN

2. Hidrólisis

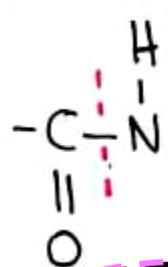
HIDRÓLISIS
aporte de agua
y
separación de la molécula
por acción
ENZIMÁTICA
Específica



DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENZIMA

PEPTIDASAS

PRODUCTOS FINALES

AMINOÁCIDOS

ENLACE PEPTÍDICO

I. DIGESTIÓN

2. Hidrólisis

• **CARBOHIDRATOS**

ef



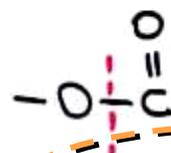
α AMILASAS

ENLACE GLUCOSÍDICO

MONOSACÁRIDOS

• **GRASAS**

ef



LIPASAS

ENLACE ÉSTER

ÁCIDOS GRASOS

I. DIGESTIÓN

3. Jugos Digestivos

ENZIMÁTICOS

NO
ENZIMÁTICOS

Jugos Digestivos

eps *

A. SALIVA : α AMILASA o PTIALINA
LIPASA BUCAL

B. JUGO GÁSTRICO : LIPASA GÁSTRICA
PEPSINA

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

D. SECRECIÓN INTESTINAL : Medio acuoso
para absorción

E. SECRECIÓN BILIAL : Ayuda a digerir y a
Transportar grasas

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

1. Carbohidratos de la dieta
2. Digestión carbohidratos **Boca-Estómago**
3. Digestión carbohidratos **Intestino Delgado**
4. Déficit de lactasa

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

1. Carbohidratos de la dieta
aprox. 63%

1. Polisacáridos

* ALMIDONES

} AMILOPECTINA 80% 1-4 α , 1-6 α
} AMILOSA 1-4 α

* GLUCÓGENO 1-4 α

* CELULOSA 1-4 β

2. Disacáridos

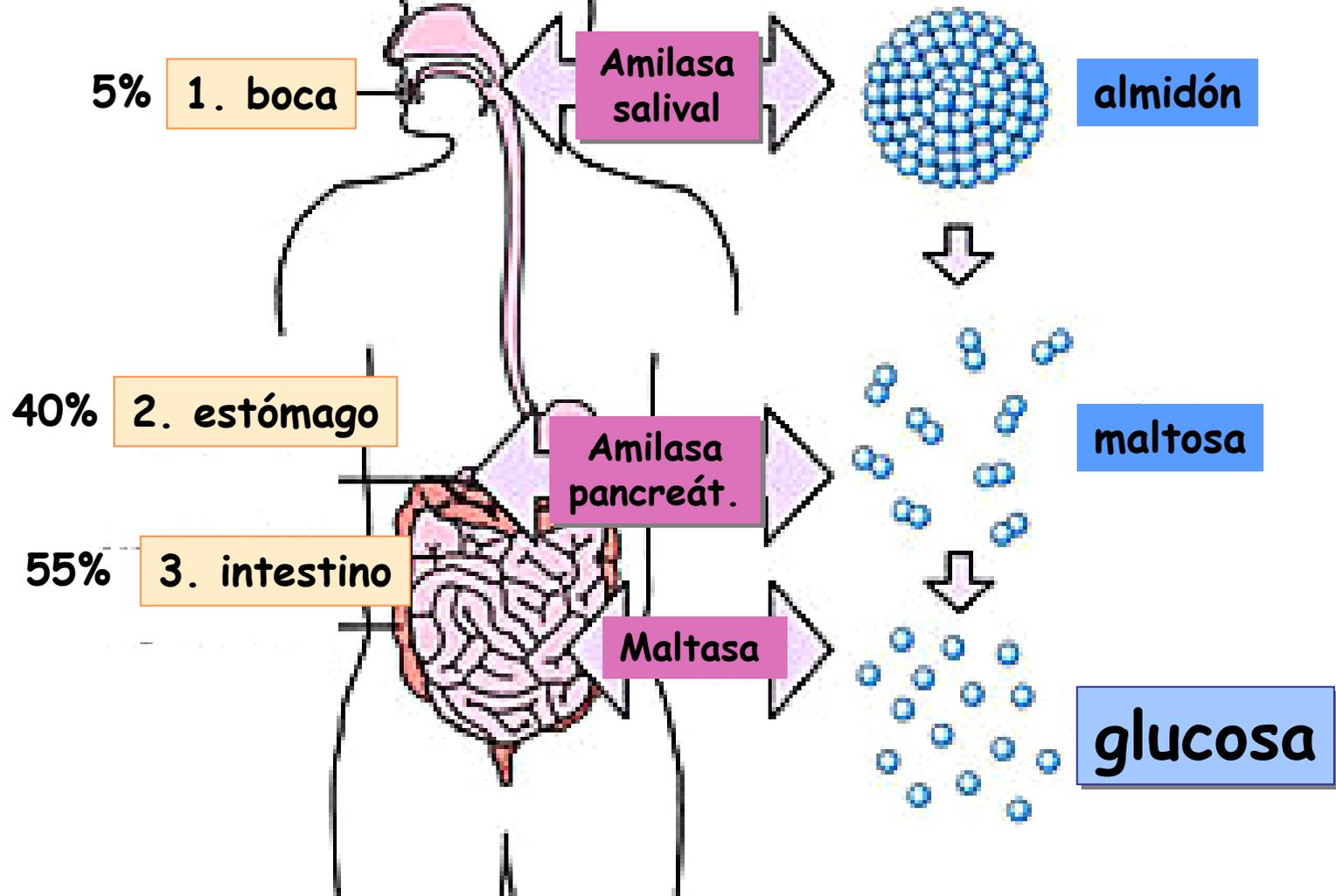
• LACTOSA "azúcar de leche"

• SACAROSA o SUCROSA "azúcar de mesa"



① y ② → **MONOSACÁRIDOS** ψ β

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



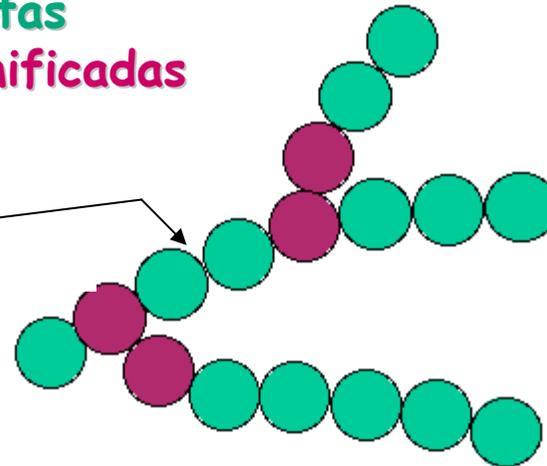
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

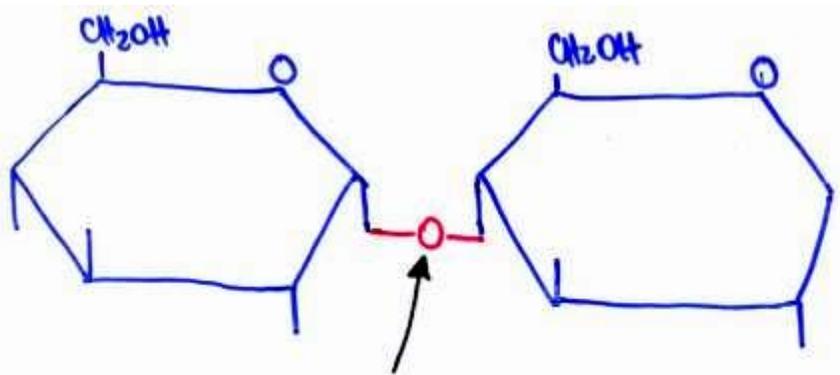
Acción AMILASA enlace α 1-4

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

Enlaces α 1,4 dan cadenas rectas
Enlaces α 1,6 dan cadenas ramificadas

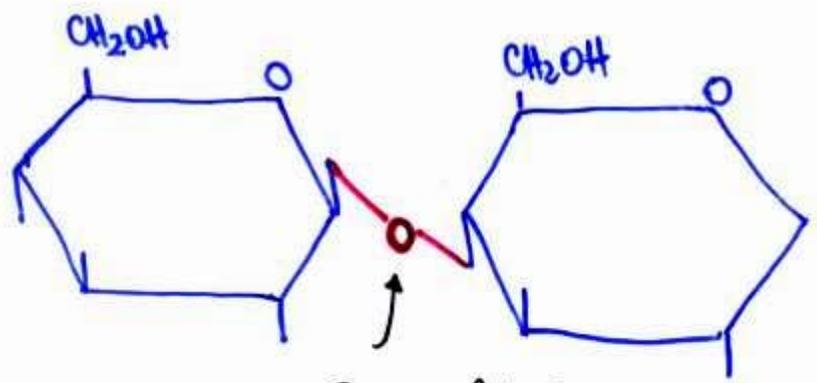
La amilasa sólo hidroliza
enlaces α 1,4





ENLACE α 1-4
ALMIDÓN
GLUCÓGENO ← AMILASAS

Acción AMILASAS



ENLACE β 1-4
CELULOSA ← CELULASAS
NO EXISTE EN EL
HOMBRE

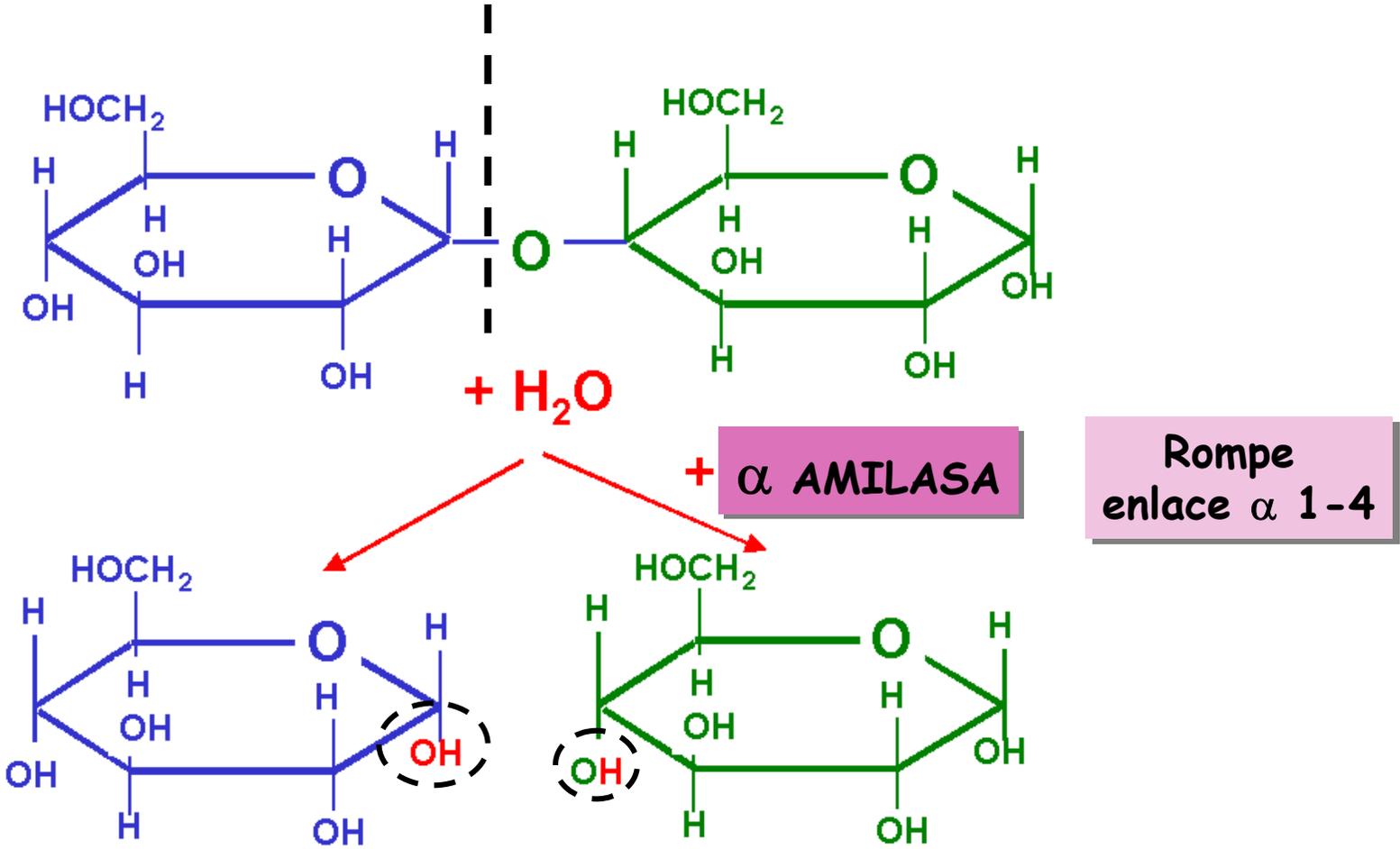
Ningún vertebrado
tiene
CELULASA!!!

ops

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



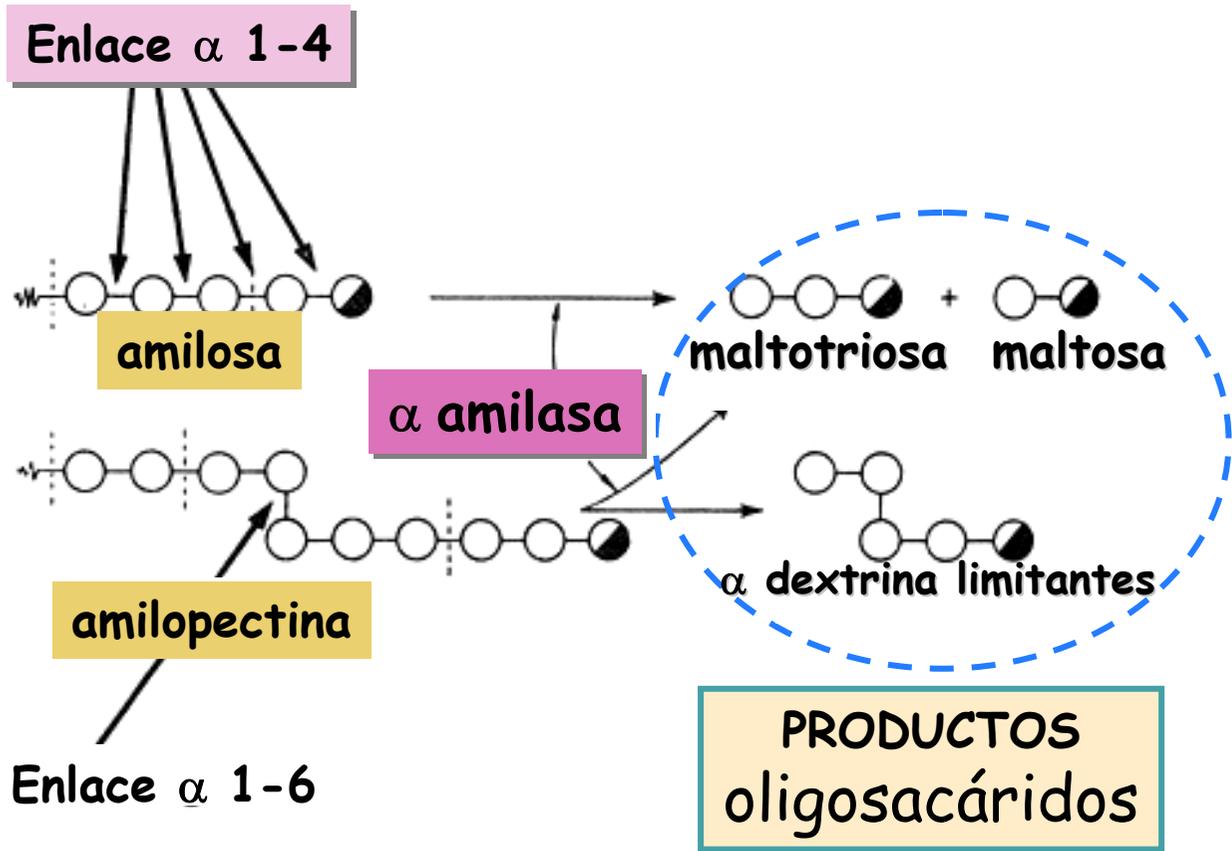
Acción AMILASAS



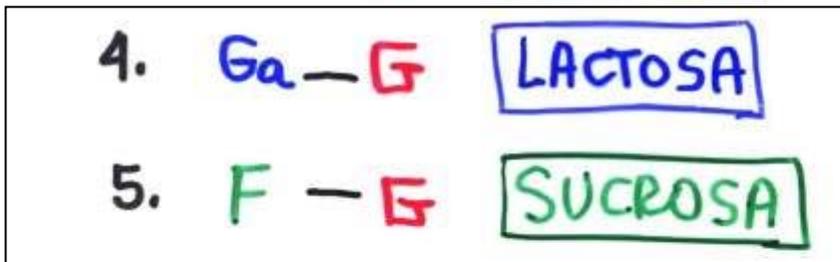
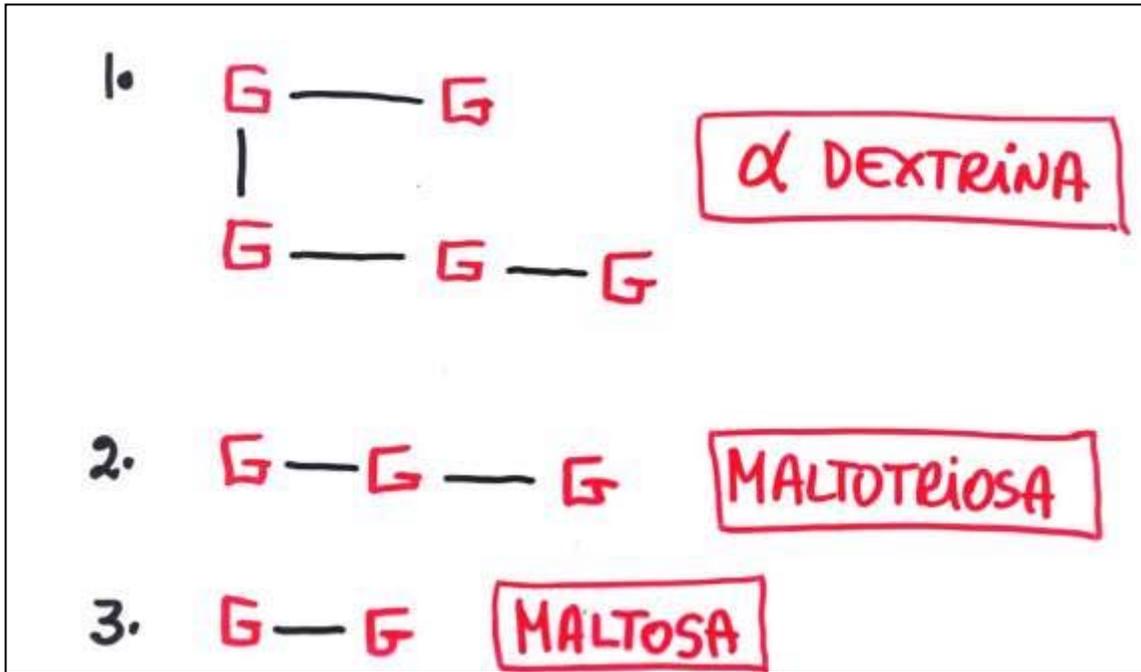
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

POLISACÁRIDOS
polímeros de glucosa

Acción AMILASA
enlace α 1-4



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



Oligosacáridos

Disacáridos

a ser digeridos en
membrana apical
enterocitos

4/5



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

2. Boca-estómago

3. Intestino

LUZ

* Boca - Estómago
51. 401.

* INTESTINO
551.

α AMILASA salival (LZ)

α AMILASA pancreática (LZ)

α 1-4 pH alcalino

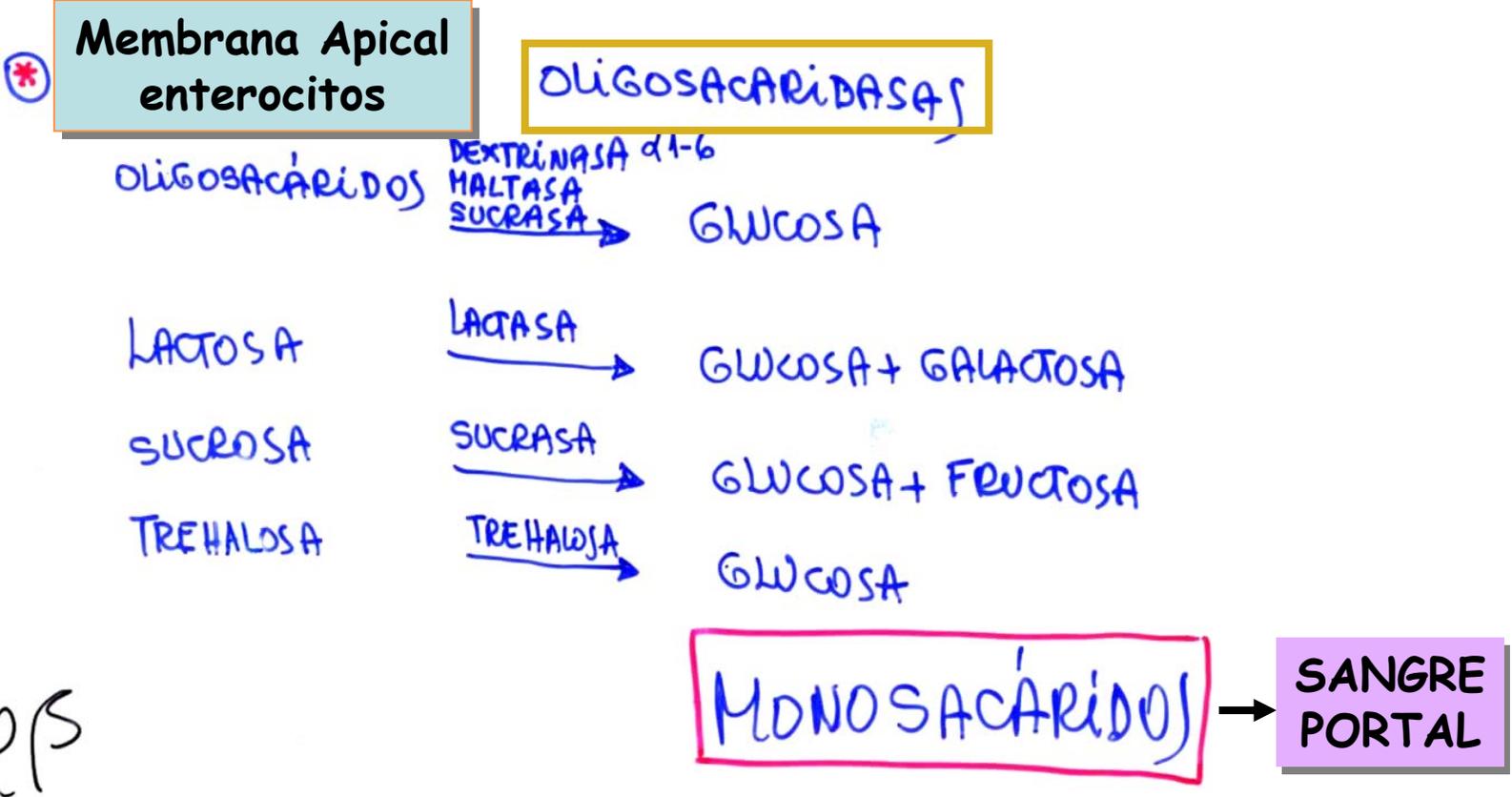
Polisacáridos

Oligosacáridos

α DEXTRINAS
MALTOTRIOSA
MALTOSA

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

3. Intestino





II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

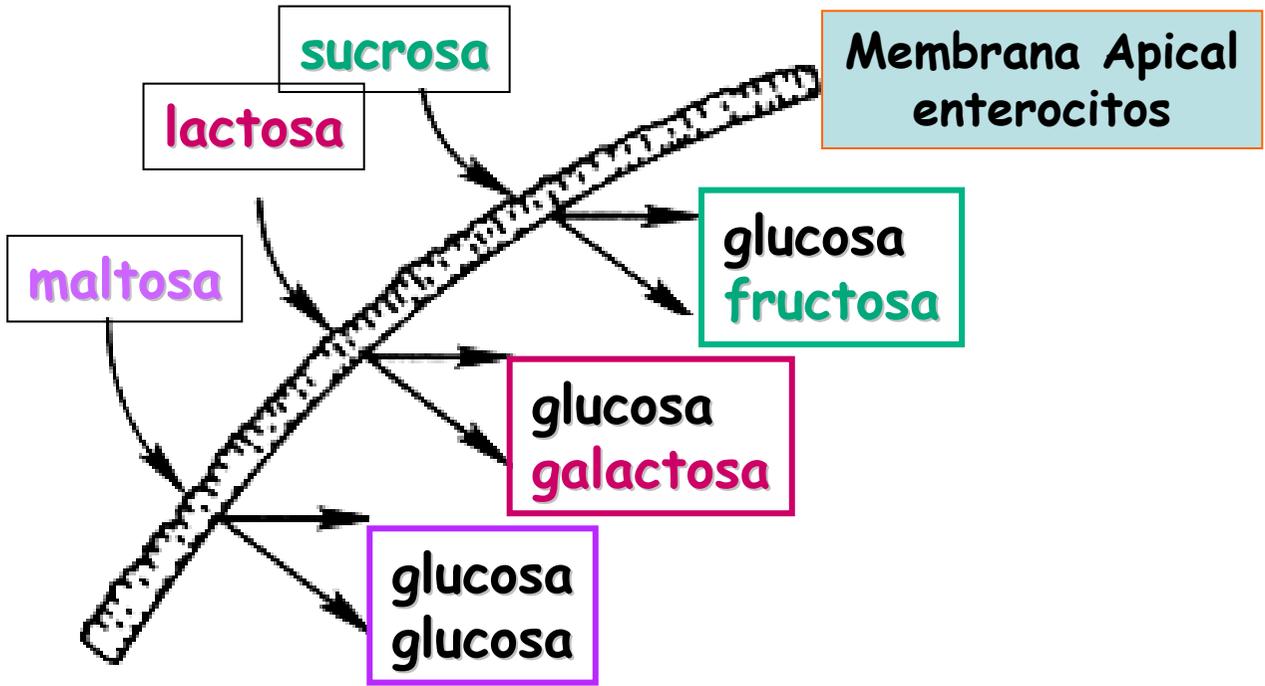
3. Intestino

Acción
DISACARIDASAS

DISACÁRIDOS



MONOSACÁRIDOS

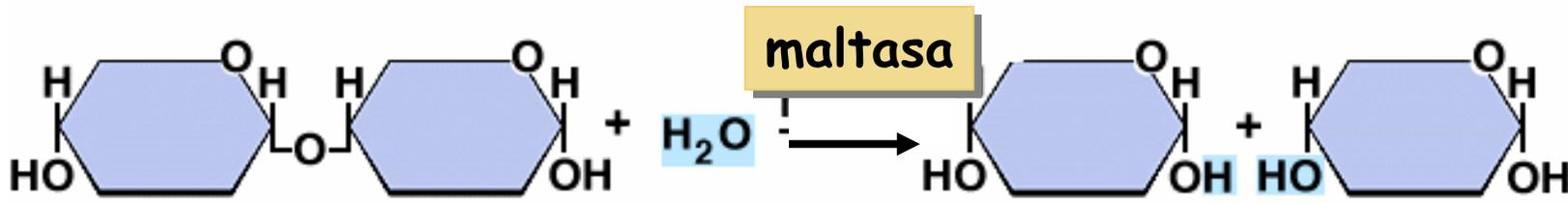


II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

3. Intestino



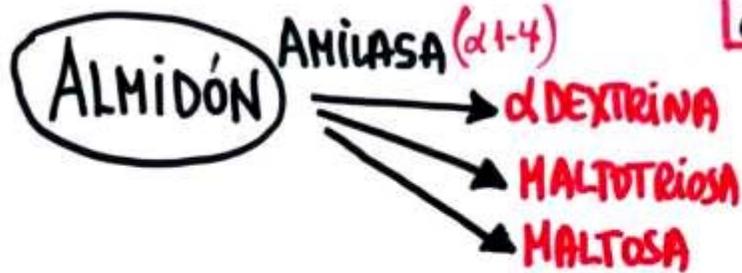
Acción DISACARIDASAS



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

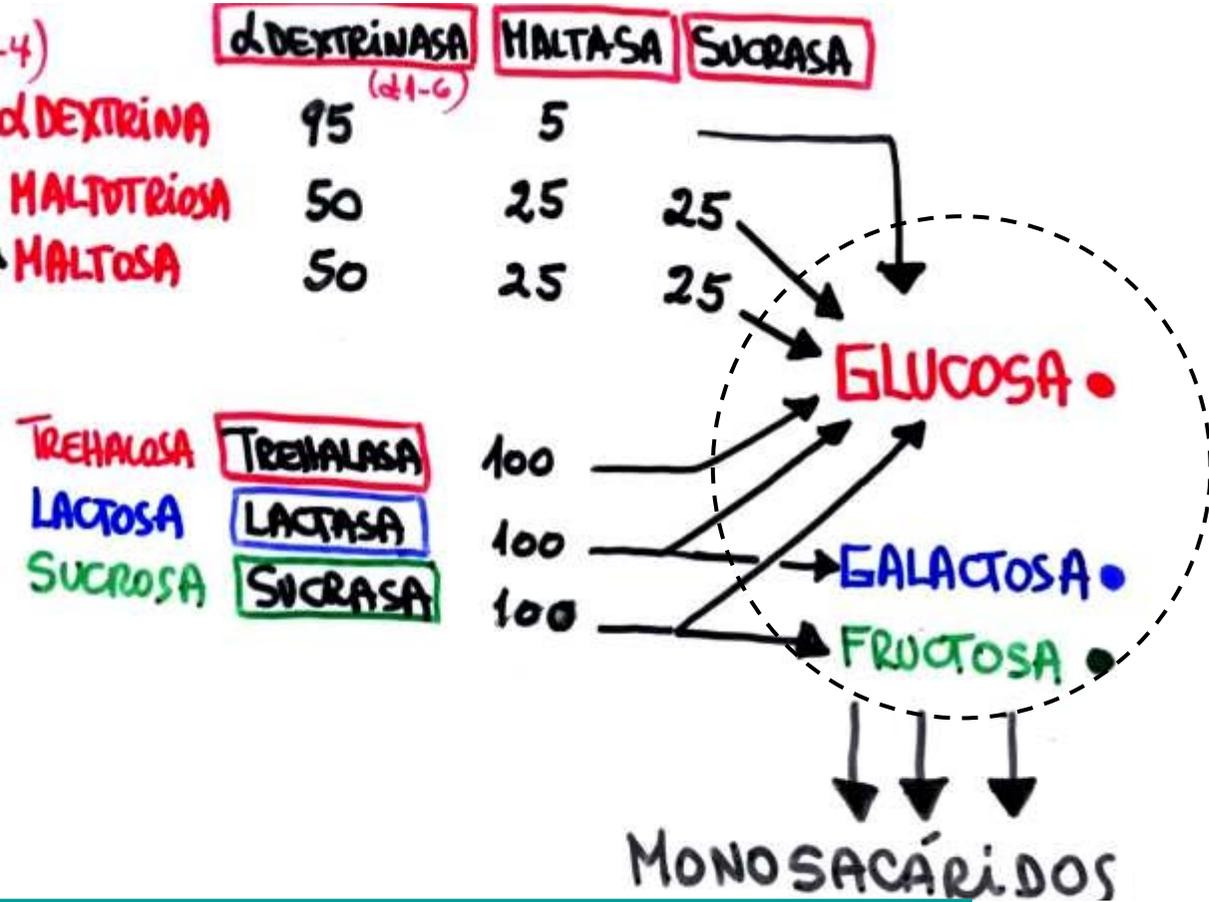
3. Intestino

Digestión luminal



Digestión membrana

Producto



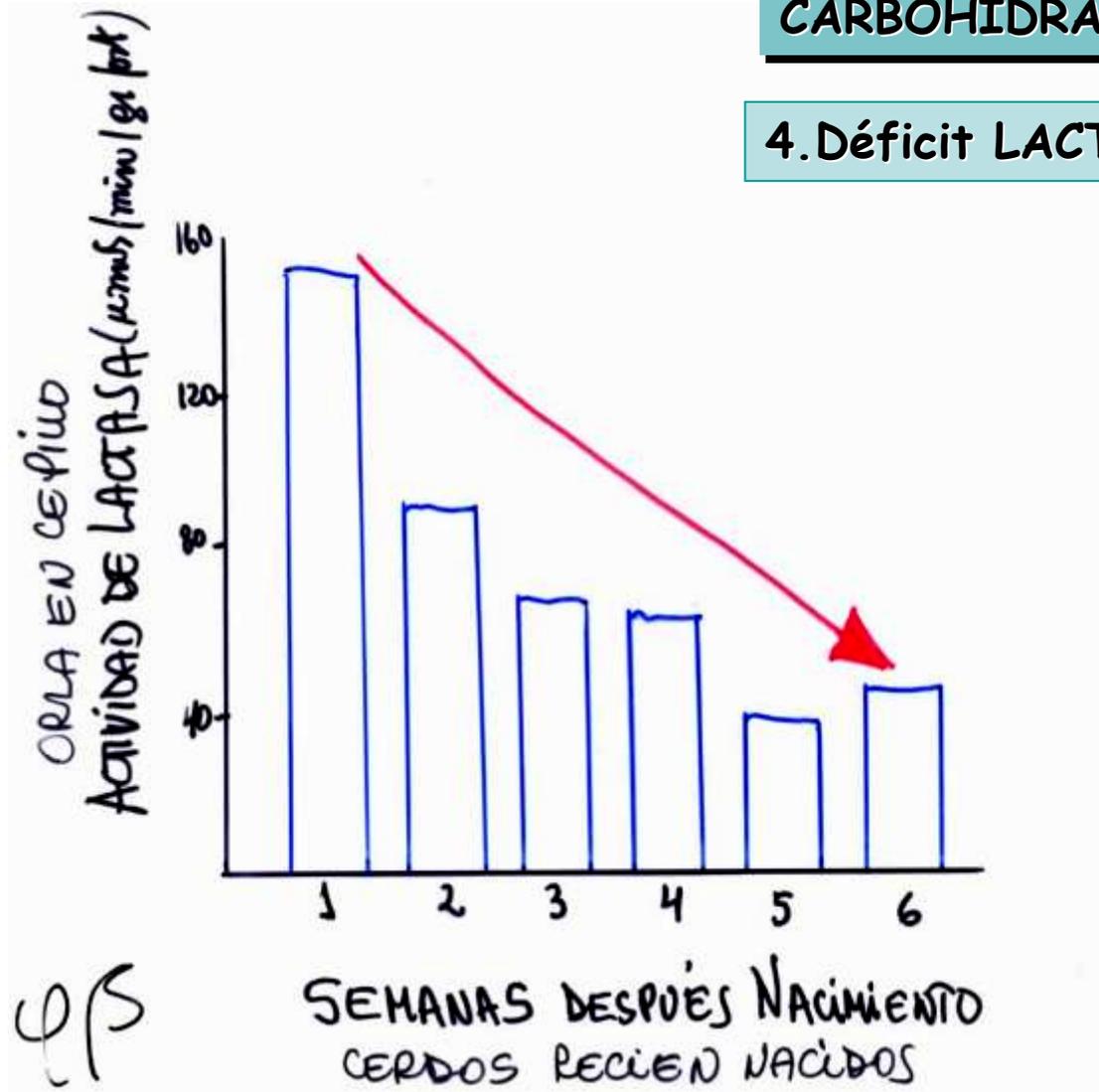
eps

MONOSACÁRIDOS van a la SANGRE vía porta



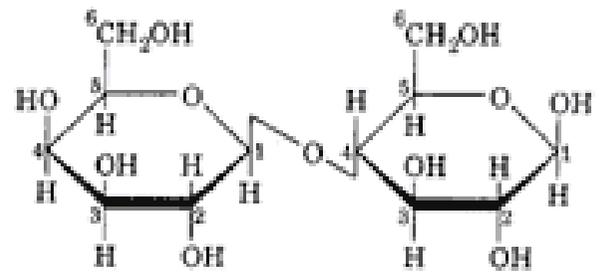
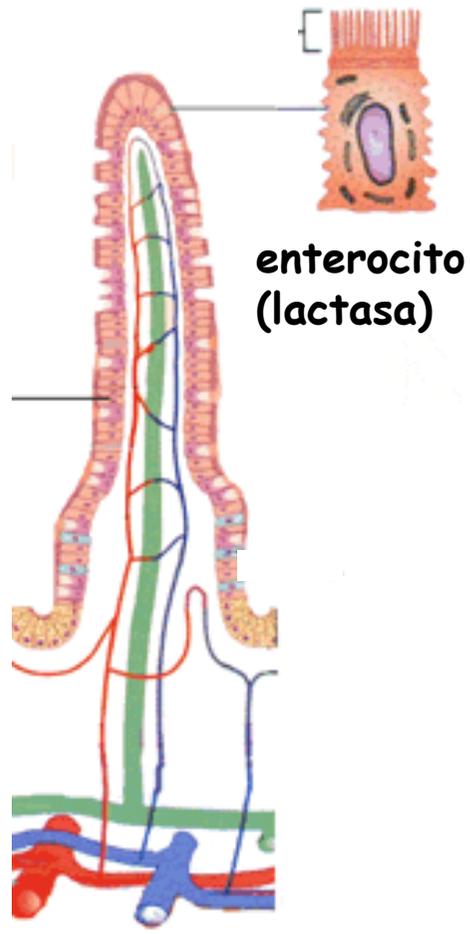
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

4. Déficit LACTASA



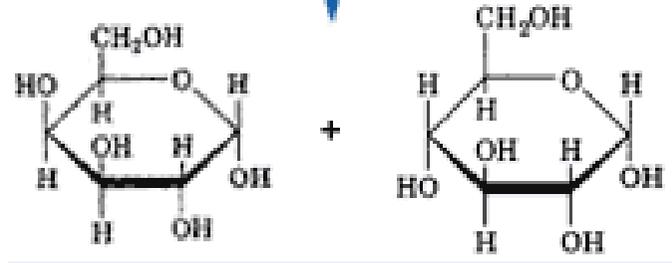
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

4. Déficit LACTASA



LACTOSA

↓ **lactasa**



galactosa + **glucosa**

4. Déficit LACTASA

Intolerancia a la leche

Diarrea Osmótica

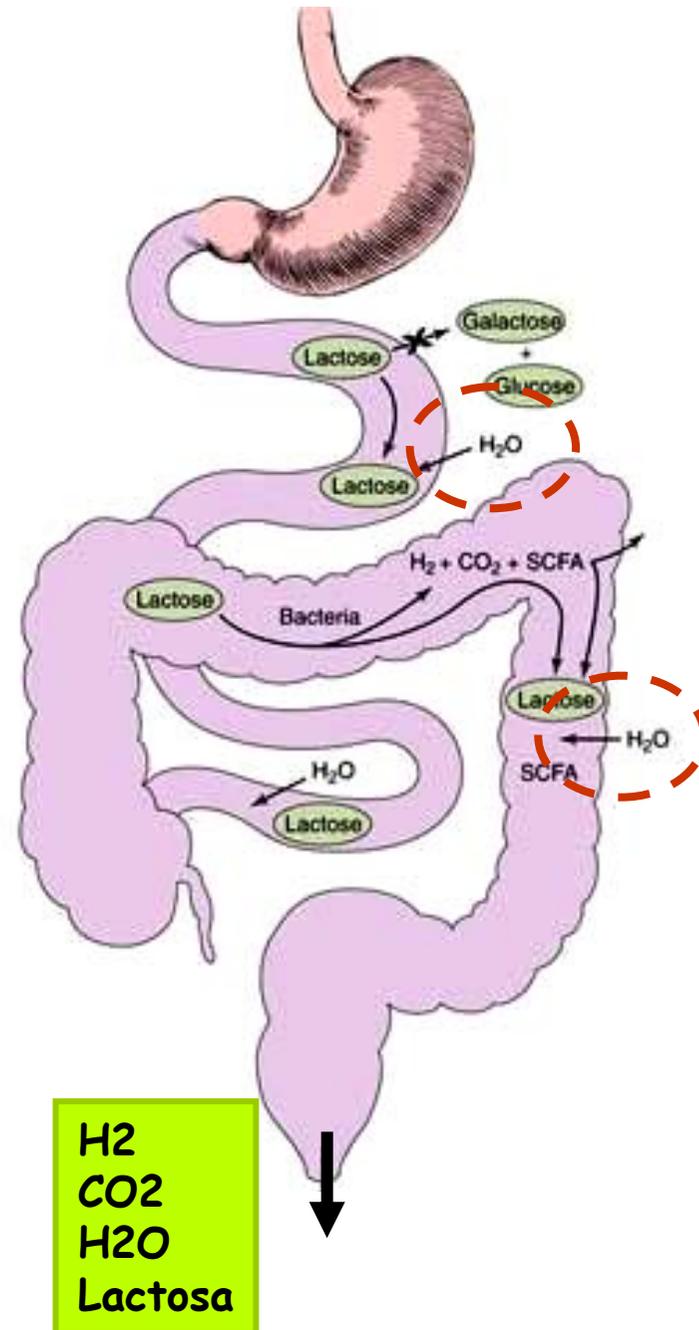
Aumento del número de partículas en la LUZ



eps

4. Déficit Lactasa

Diarrea Osmótica



TRATAMIENTO

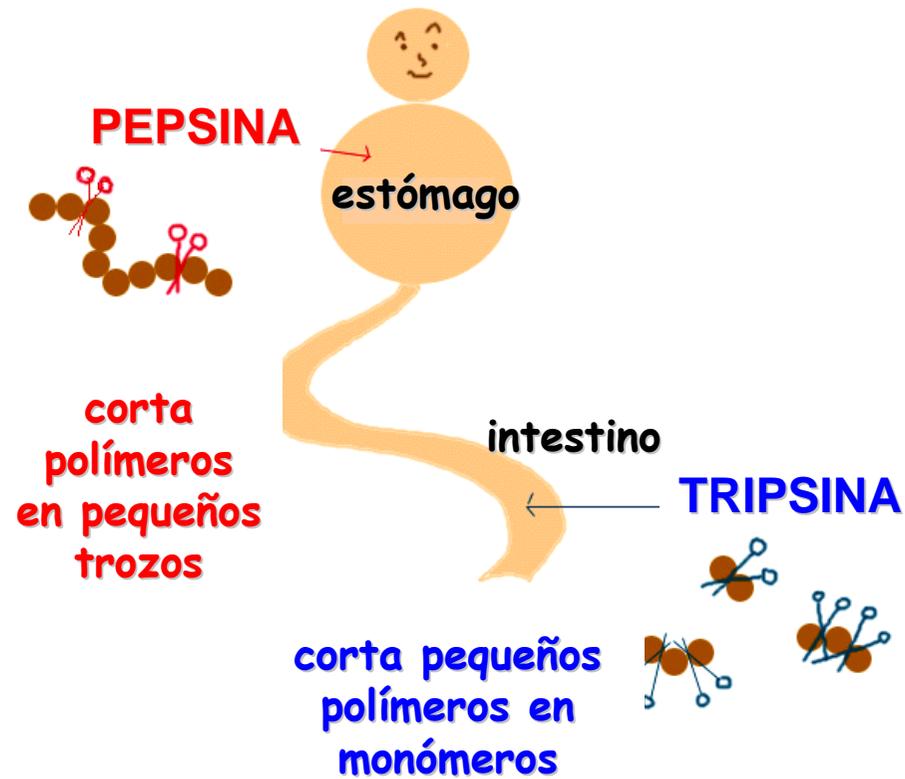
- Evitar lácteos
- Tomar lactasa
- Tomar yogourt

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

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

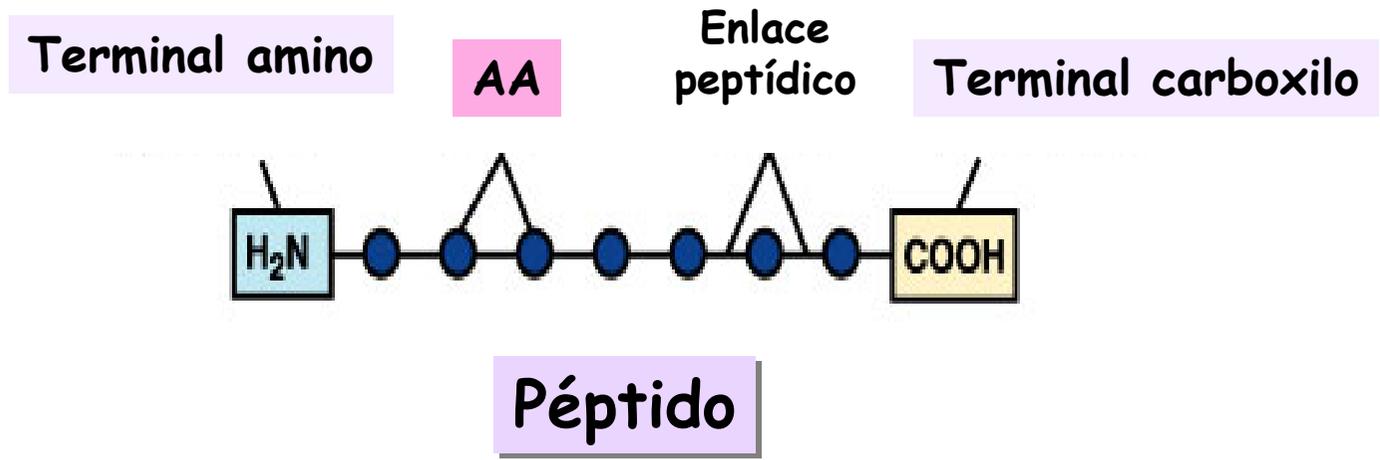
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. Acción PROTEASAS



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

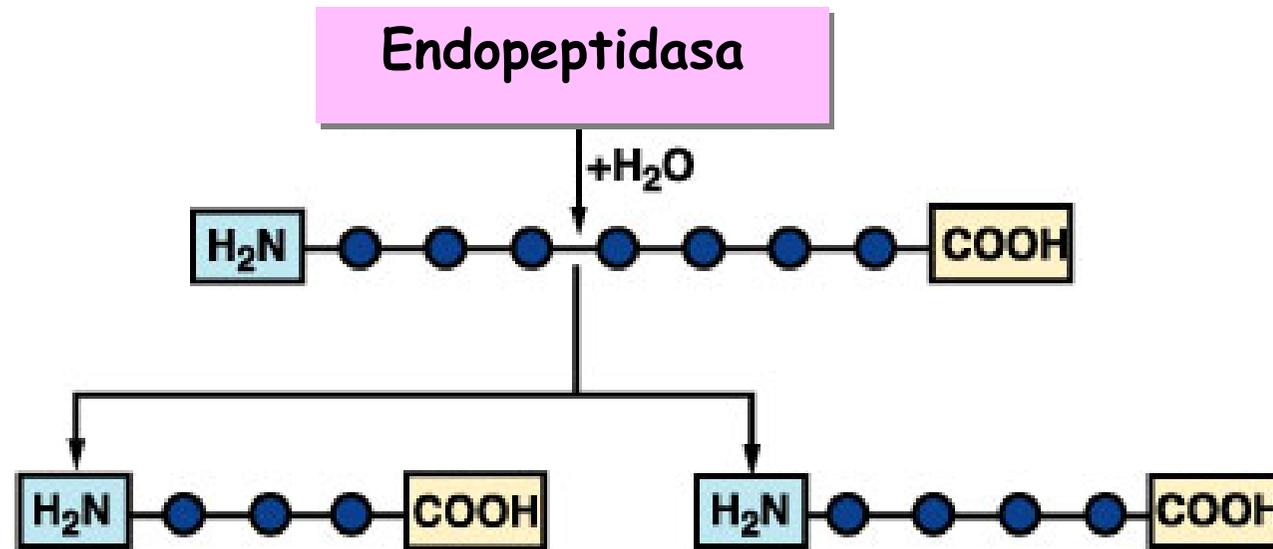
1. Acción PROTEASAS



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. Acción PROTEASAS

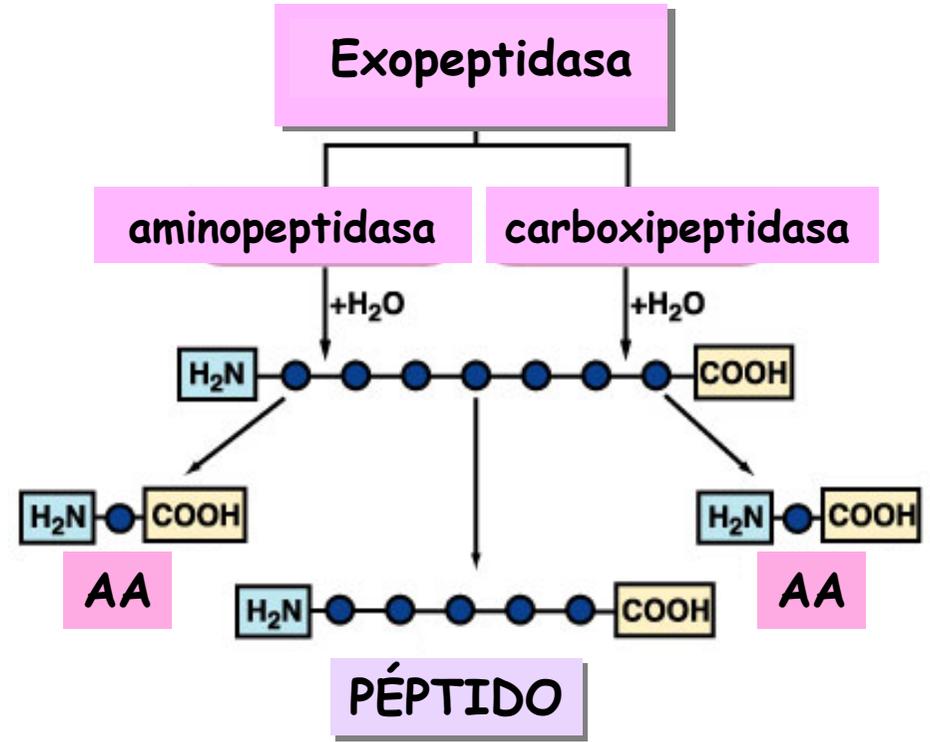
Exo y
endopeptidasas



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. Acción PROTEASAS

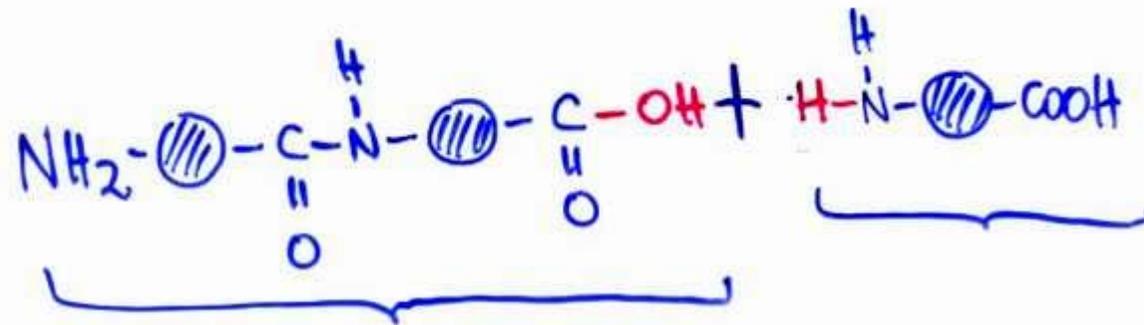
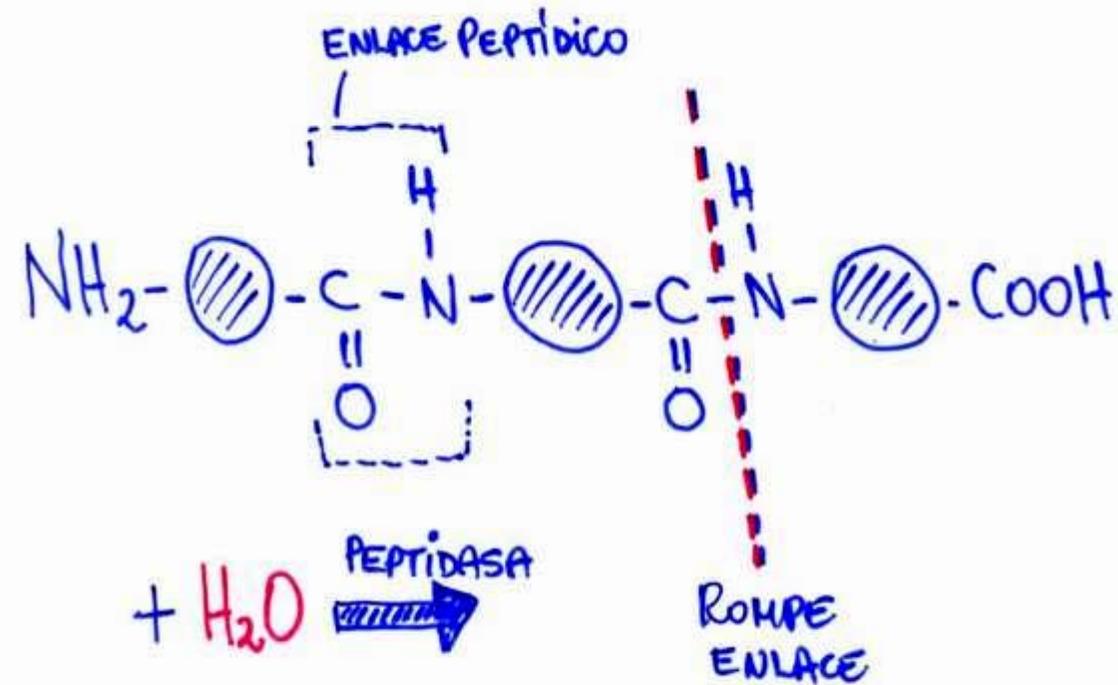
Exo y endopeptidasas



1. Acción
PROTEASAS

PROTEOLISIS:

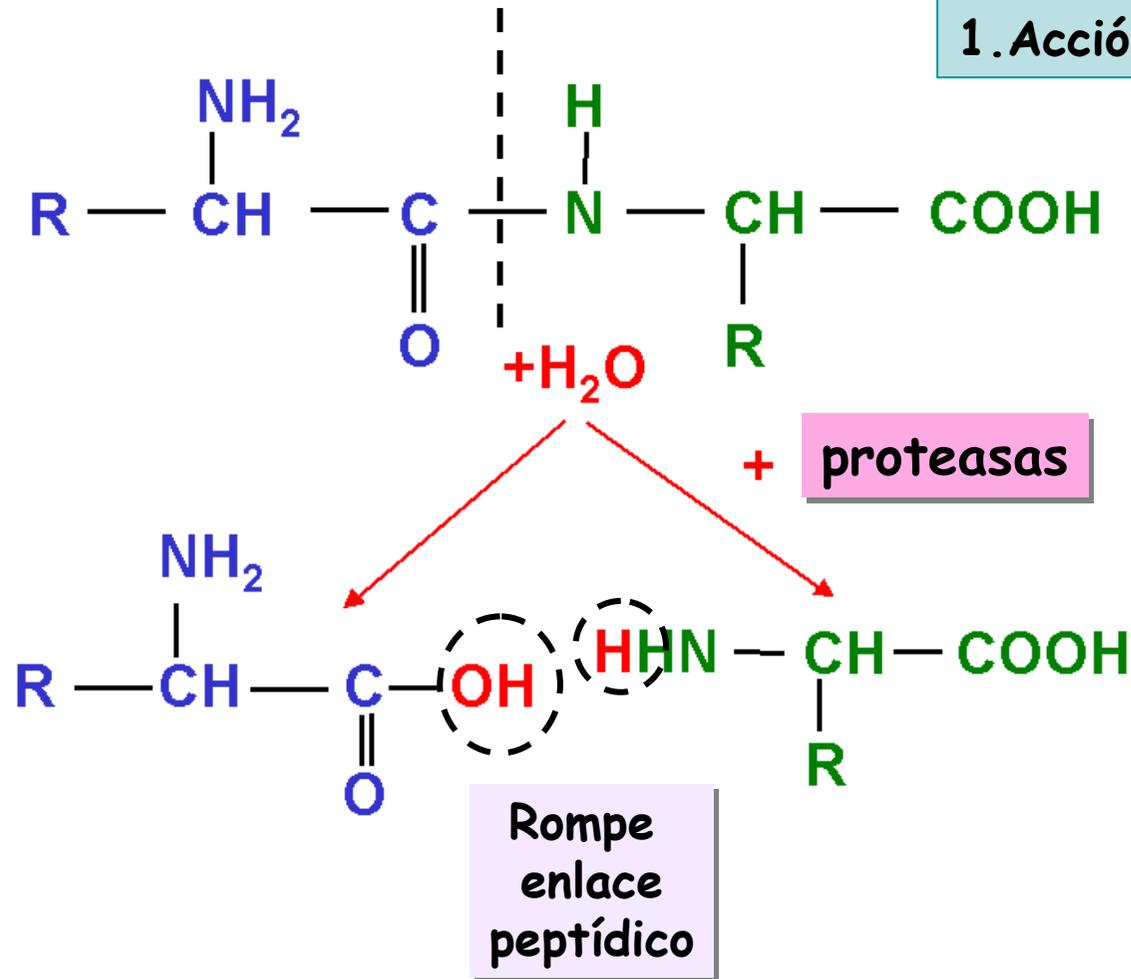
4/5





III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. Acción PROTEASAS





III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

2. Estómago

PROTEASA Gástrica

PEPSINA

Pepsinógeno inactivo
secretado por C. Principales

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

Endopeptidasa hidroliza
enlaces con aa aromáticos



Polipéptidos varios
tamaños
Proteosas
Peptonas

Estímulo para CCK



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

3. I. Delgado

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

LUZ

Productos

Polipéptidos

Peptonas

Tri y dipéptidos

Pocos AA



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

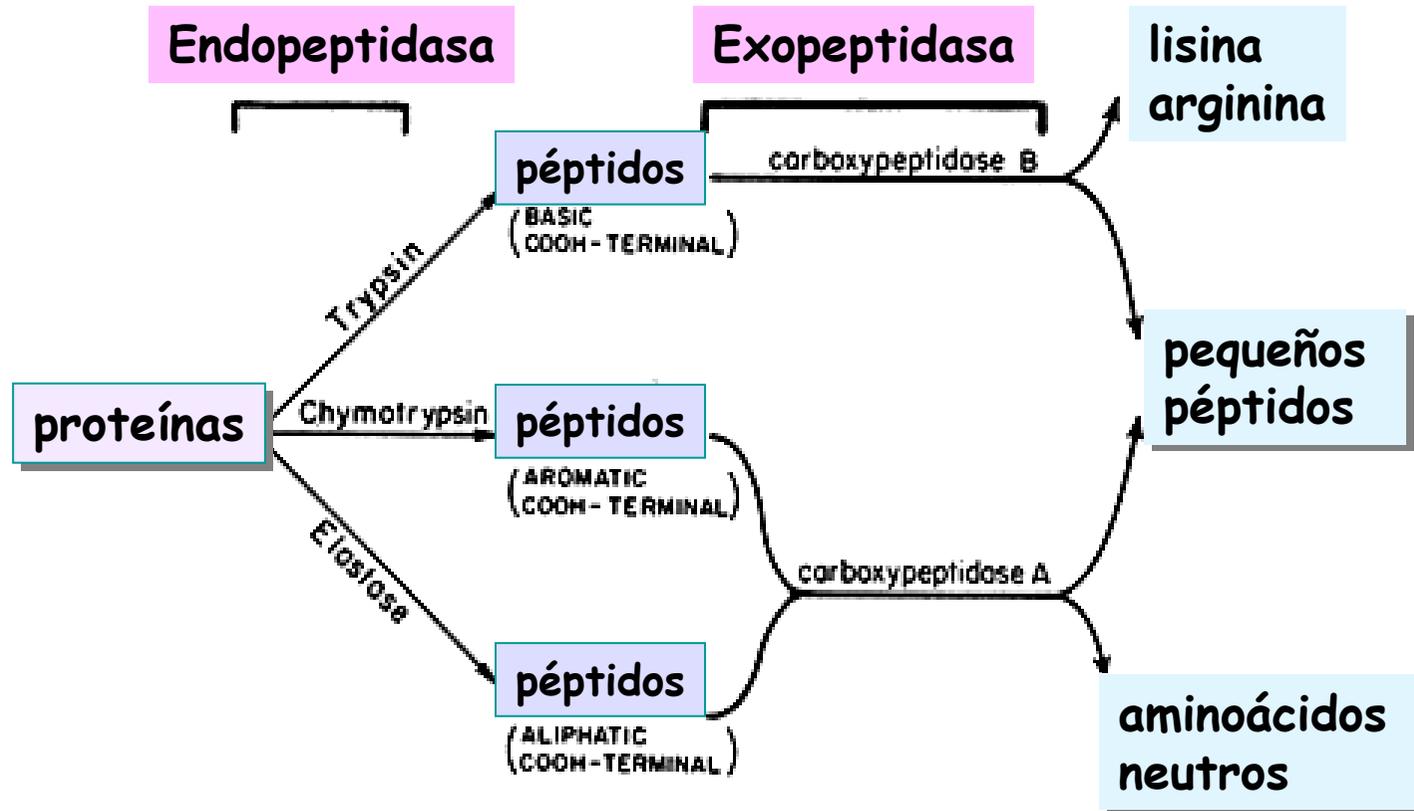
3. I. Delgado

LUZ

PROTEASAS
pancreáticas

Endopeptidasa

Exopeptidasa





III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

3. I. Delgado

Membrana APICAL
enterocitos

PROTEASAS

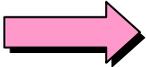
ENDOPEPTIDASAS

Enteropeptidasa 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



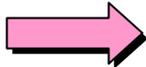
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

3. I. Delgado

Intraenterocitos

PROTEASAS intracelulares enterocito

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



Productos
AA

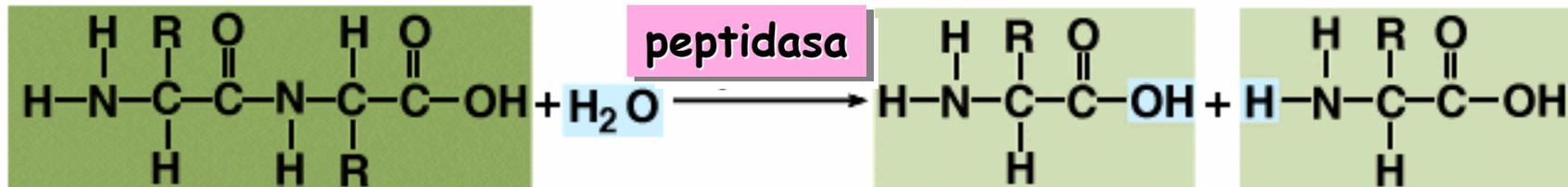
AA pasan a la SANGRE vía porta

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

3. I. Delgado

Acción DIPEPTIDASAS

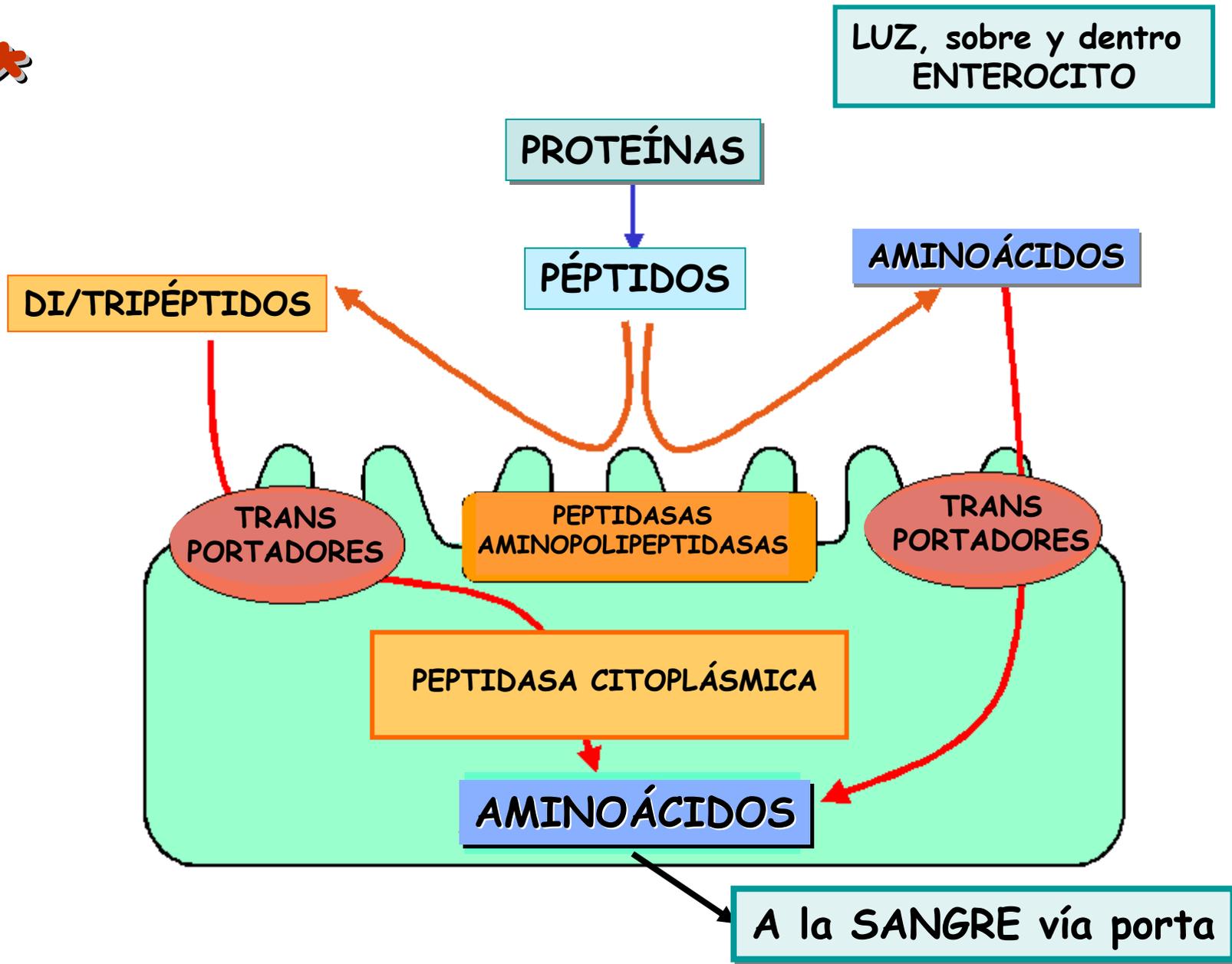
Dipéptidos



Péptido + agua

peptidasa

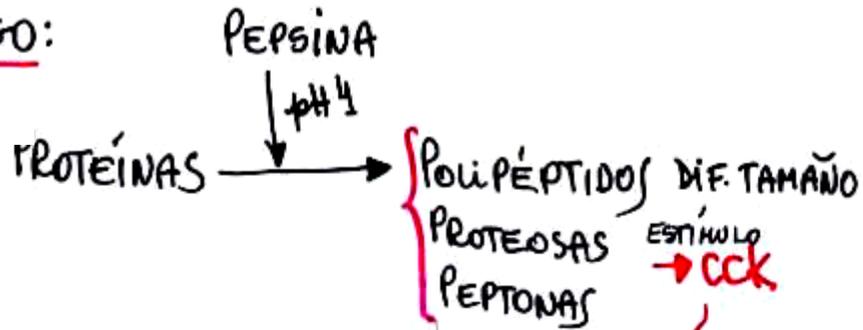
Aminoácido + aminoácido



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

1. ESTÓMAGO:

15

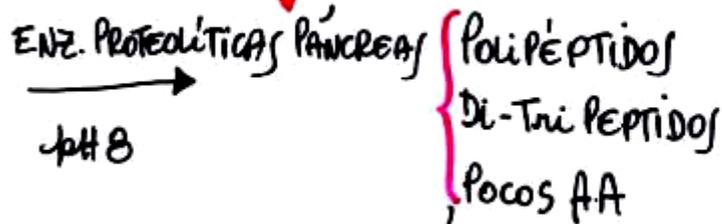


Estómago 15%

2. INTESTINO DELGADO

8:

• WZ



Intestino
Luz
Membrana enterocito
Intracelular

85%

• ORLA EN CEPILLO



• CITOPLASMA ENTEROCITO



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

4. 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

1. Grasas en dieta. Lipasas

2. Fases

Emulsificación

Hidrólisis

Solubilización

3. Esteatorrea

IV. DIGESTIÓN GRASAS

1. DIETA
Grasas 25-30%

- * TRIGLICÉRIDOS 90%.
- FOSFOLÍPIDOS
 - LECITINA (FOSFATIDILCOLINA)
 - FOSFATIDILSERINA
 - FOSFATIDIL INOSITOL
 - ESFINGOMIELINAS
- COLESTEROL LIBRE
 - ÉSTERES DEL COLESTEROL
- VITAMINAS LIPOSOLUBLES A, D, E, K

IV. DIGESTIÓN GRASAS

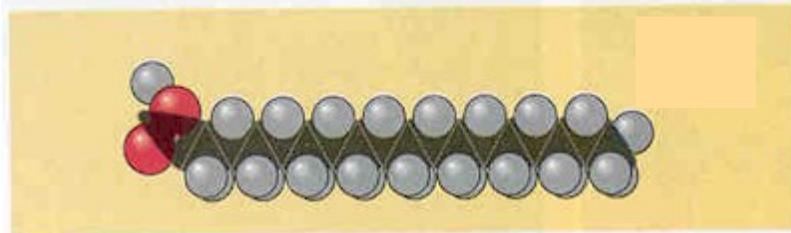
1. Grasas
25-30%

TRIGLICÉRIDOS

forma ingerida más abundante
forma principal de almacenamiento

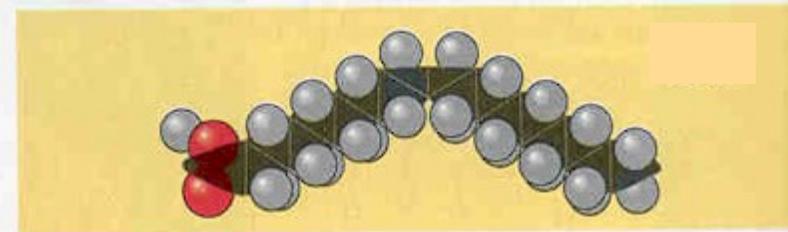
Pueden absorberse en **40-50% SIN digerirse!!**
Pero es un proceso muy **LENTO**

GRASAS SATURADAS



ÁCIDO ESTEÁRICO
(saturado)

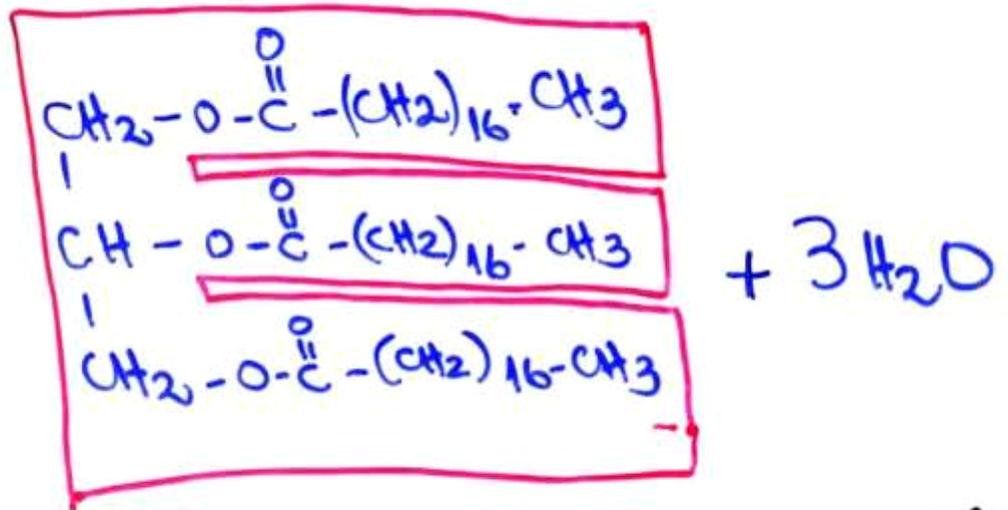
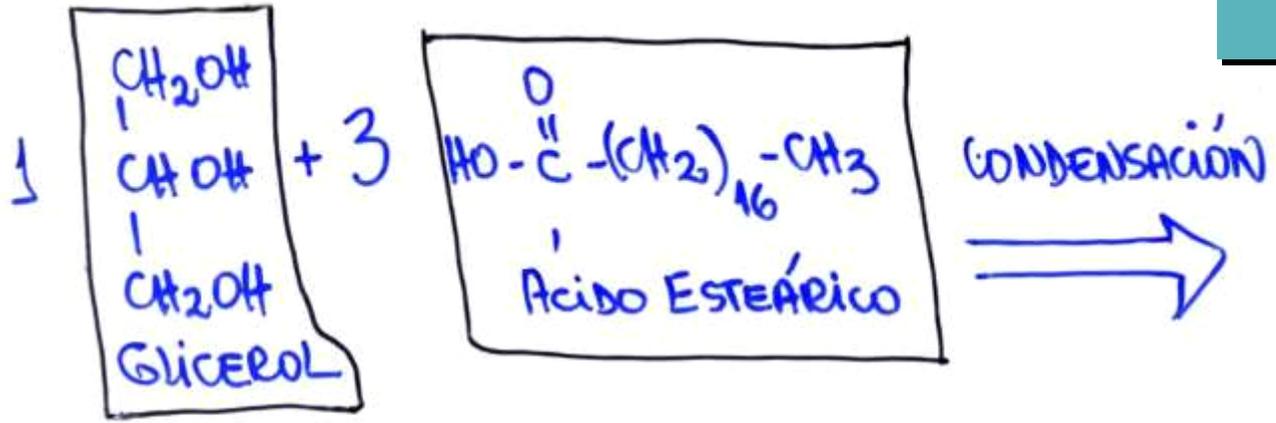
GRASAS INSATURADAS



ÁCIDO OLEICO
(insaturado)

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Síntesis



↓ TRIGLICÉRIDO

eps

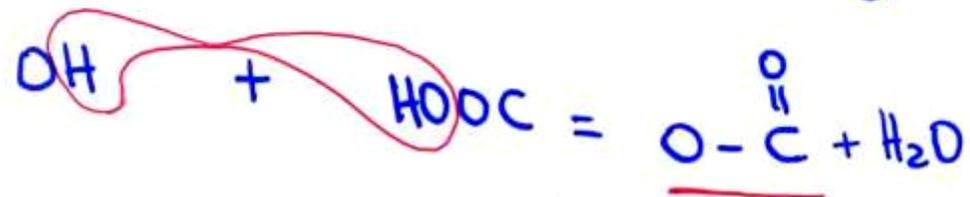
UNIÓN ÉSTER

eps

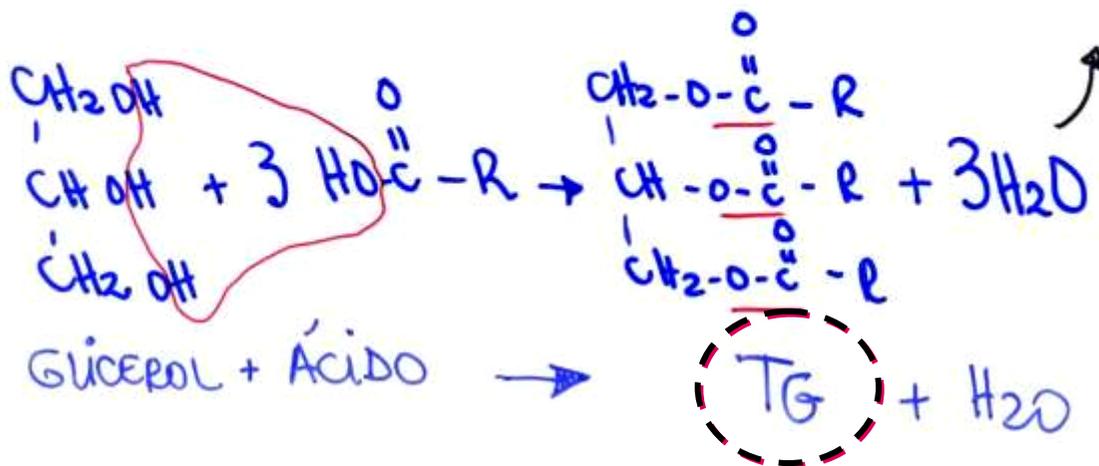
IV. DIGESTIÓN GRASAS

Síntesis

alcohol + ácido = éster



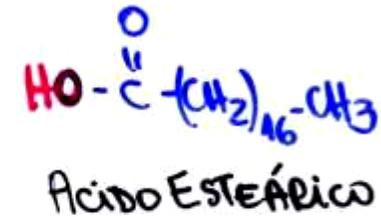
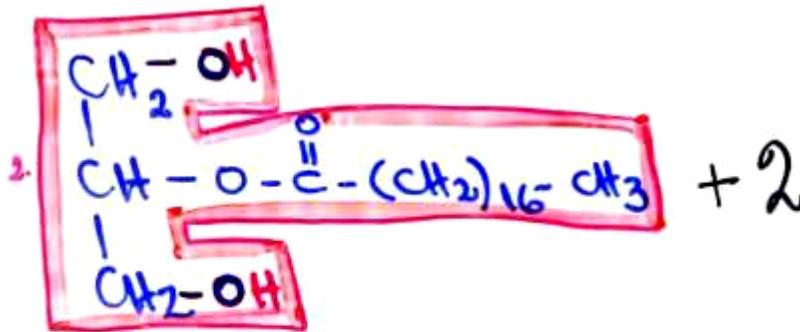
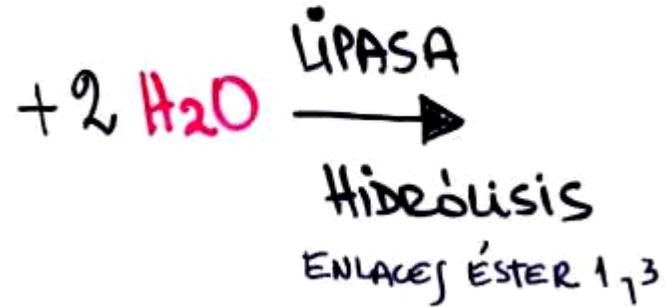
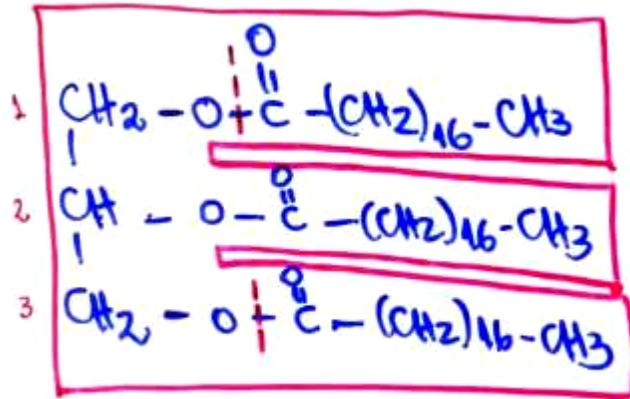
glicerol + ácido = TG



IV. DIGESTIÓN GRASAS

1. Acción lipasa

TRIGLICÉRIDO (TG)

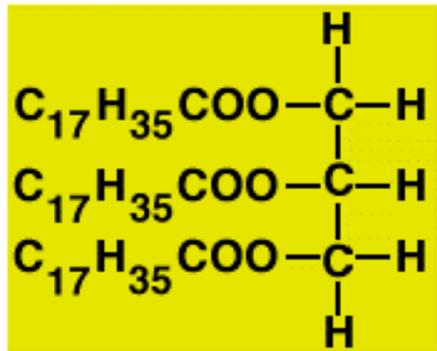


φβ 2-MONOGLICÉRIDO (2-MG)
1 MOLÉCULA

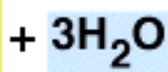
2 MOLÉCULAS DE
AC. GRASOS LIBRES

IV. DIGESTIÓN GRASAS

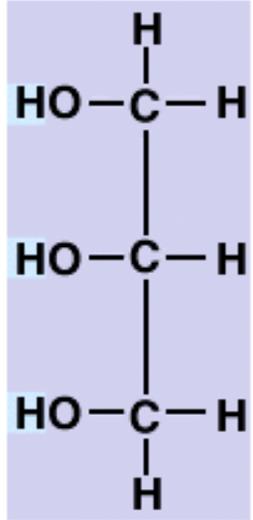
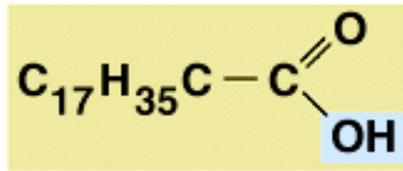
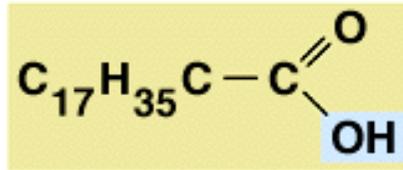
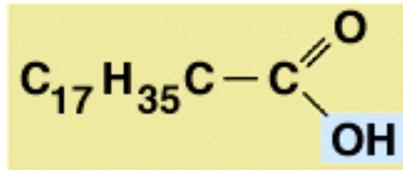
1. Acción lipasa



TG + 3 moléculas AGUA



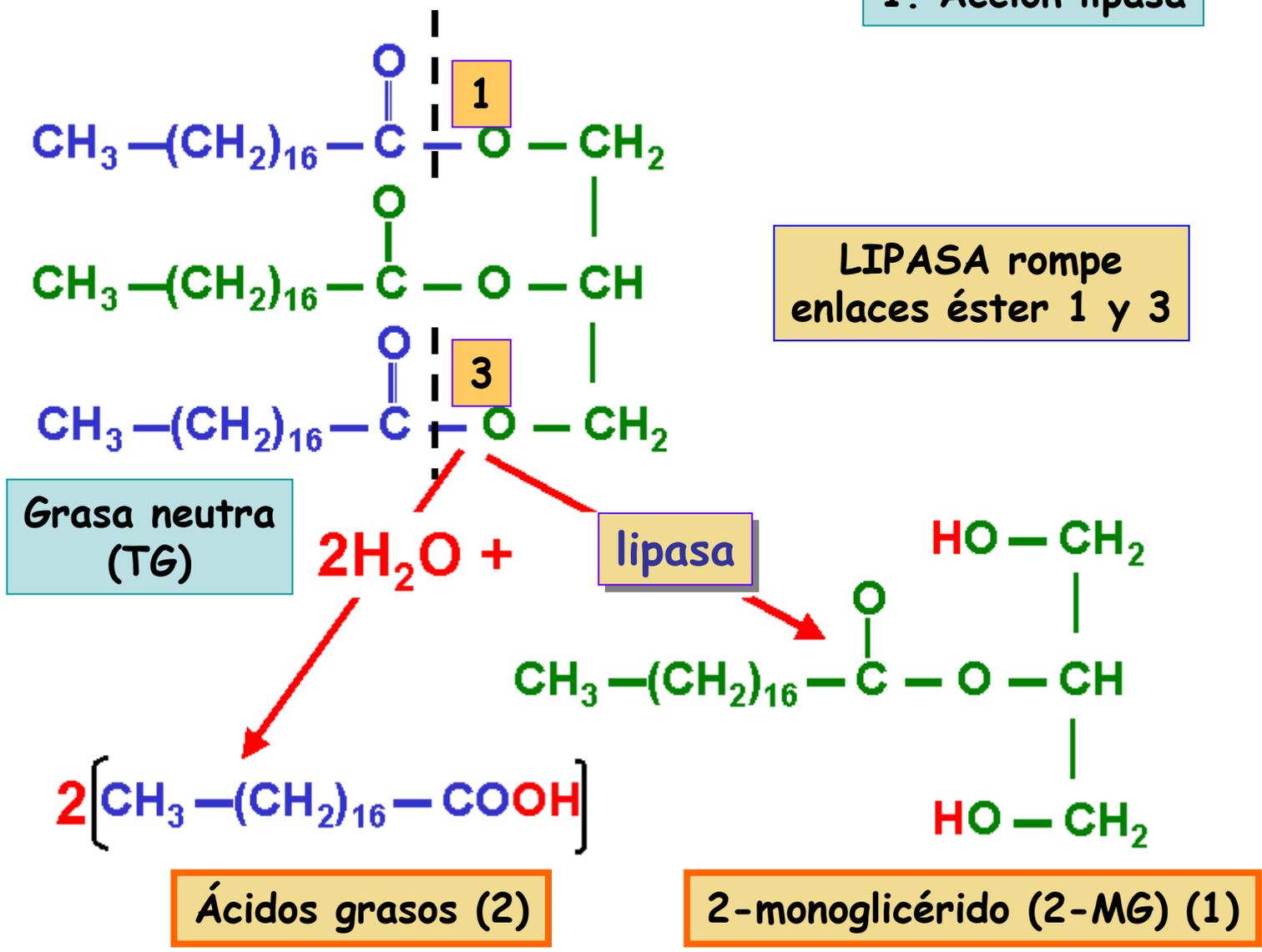
lipasa



lipasa

3 ÁCIDOS GRASOS + GLICEROL

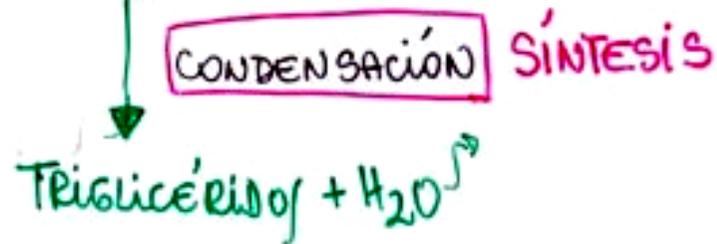
1. Acción lipasa



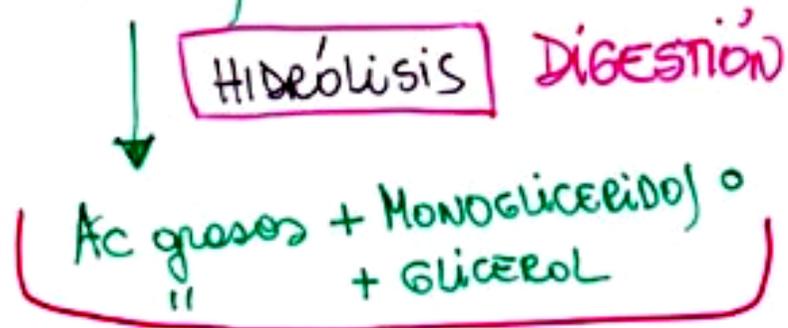
IV. DIGESTIÓN GRASAS

* GRASAS

- Ac GRASOS + GLICEROL



- TRIGLICÉRIDOS + H₂O

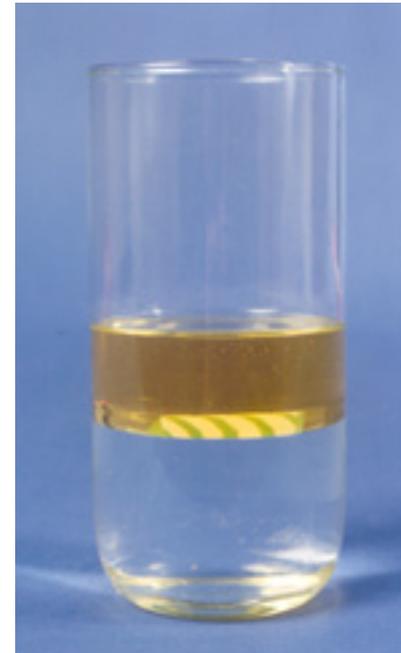


⇓
ABSORCIÓN

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas

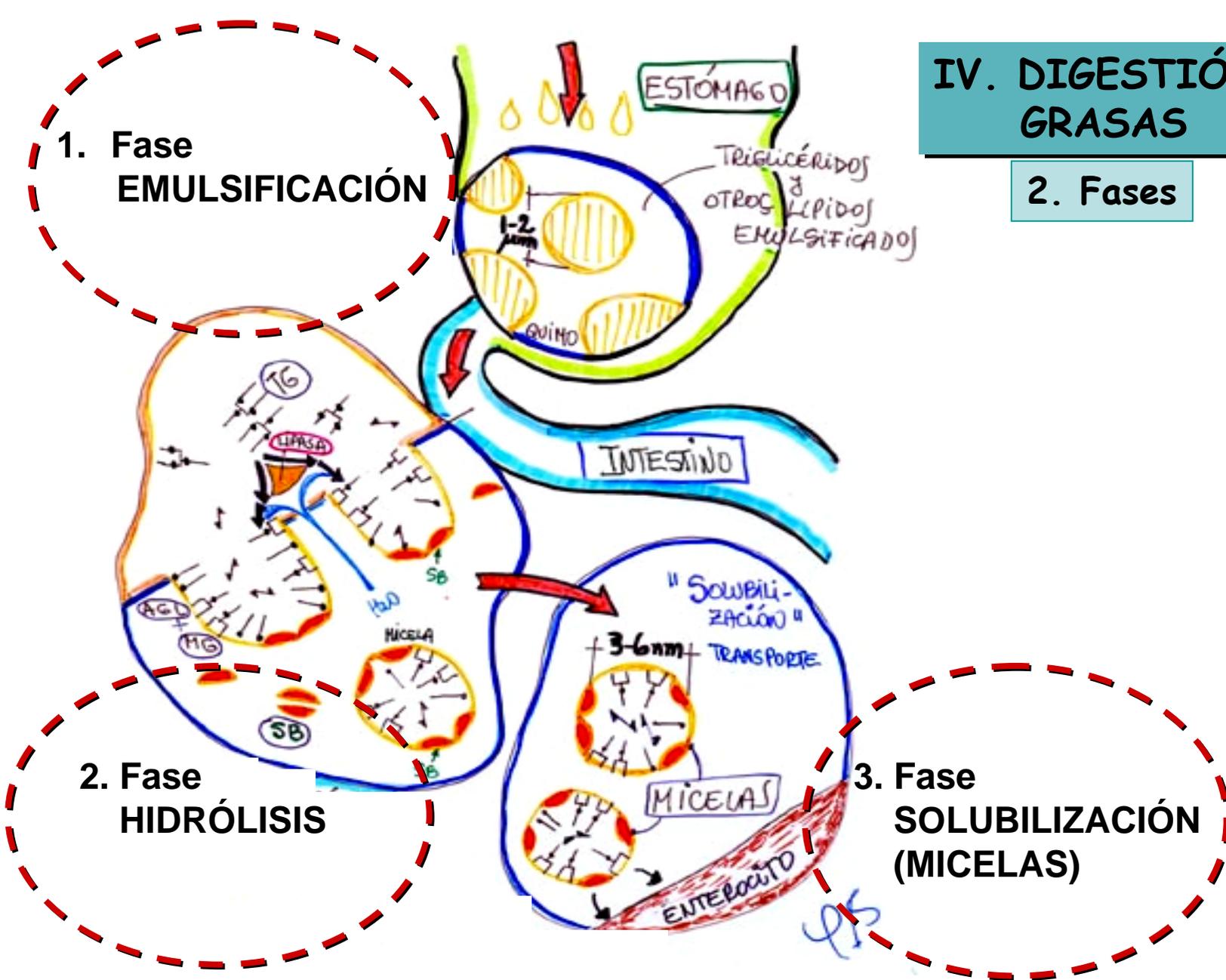
- NO solubles en agua
- Su digestión y transporte ocurren en medios acuosos:
 - *Luz intestinal
 - *Espacio intersticial
 - *Medio intracelular
- Las lipasas también son hidrosolubles



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

IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases



IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases

"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

q/s

IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Emulsificación

¿CÓMO se hace una "vinagreta"?



IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Emulsificación

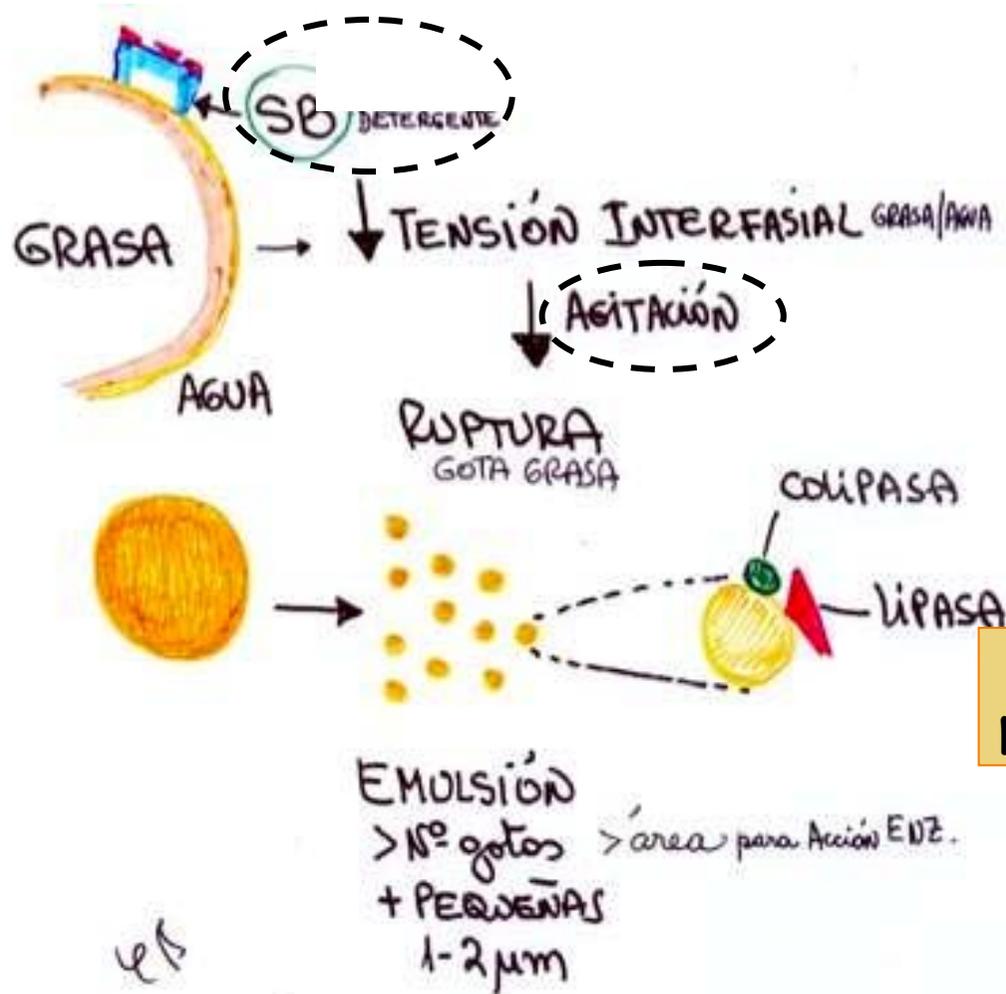
"CORTAR la grasa" con
detergente

"vinagreta" con vinagre o limón
se emulsifica el aceite



IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Emulsificación



Un glóbulo de grasa pasa a muchas gotitas

Aumenta el ÁREA para acción enzimática

IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Emulsificación

IMPORTANCIA EMULSIFICACIÓN DE LAS GRASAS

Más fácil acceso y acción de **LIPASAS**
hidrosolubles



IV. DIGESTIÓN GRASAS

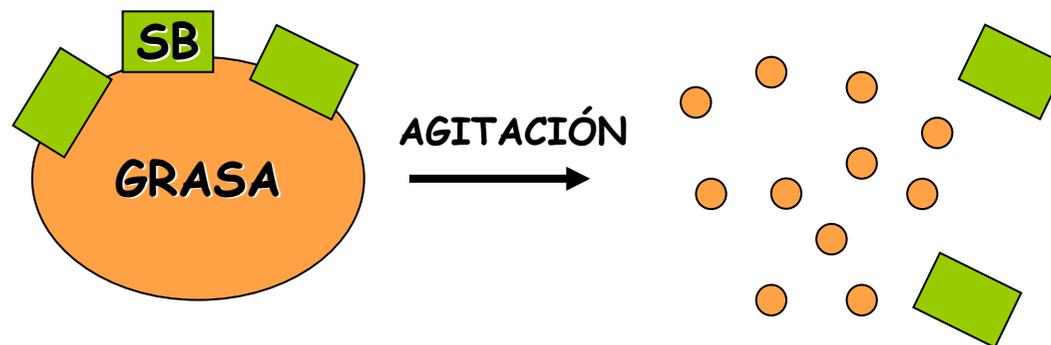
2. Fases Emulsificación

SB y Lecitina son moléculas anfipáticas

La parte **APOLAR** se disuelve en la superficie del glóbulo de grasa

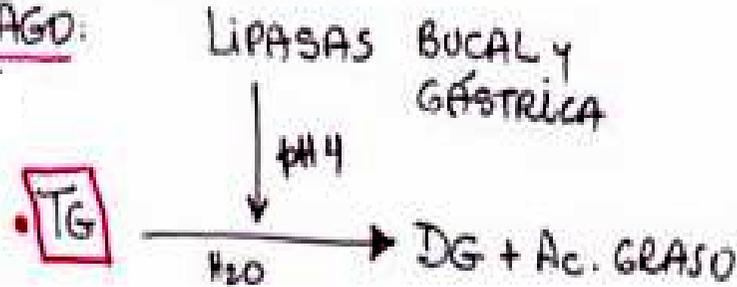
La **POLAR** se proyecta hacia fuera

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





1. ESTÓMAGO:



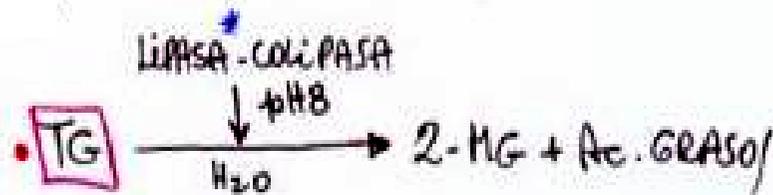
2. Fases Hidrólisis

Emulsión y digestión INICIALES

10-30%

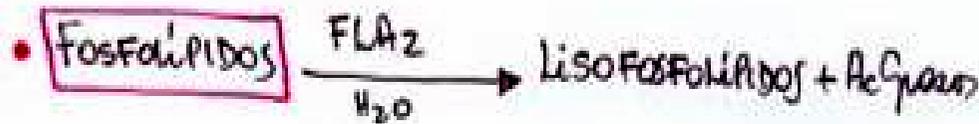
2. INTESTINO DELGADO:

ENZIMAS PANCREÁTICAS



Emulsión y digestión APROPIADAS

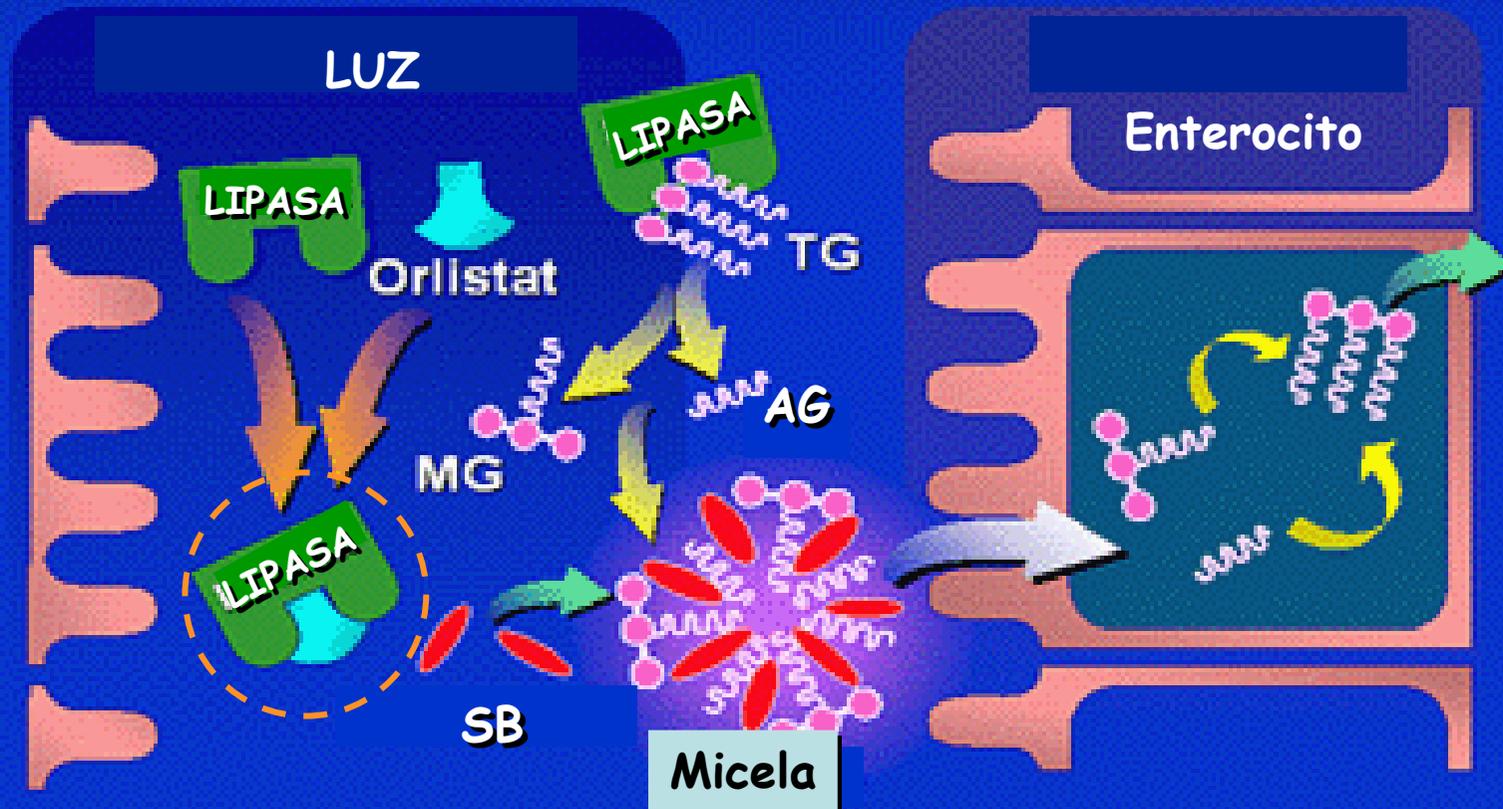
70-90%



IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Hidrólisis

ORLISTAT evita digestión de grasas por unirse a LIPASAS



TG=triglyceride; MG=monoglyceride; FA=fatty acid.

TG=triglyceride
MG=monoglyceride
FA=fatty acid

IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Hidrólisis

**Lipasa pancreática
dependiente de SB**

Pequeño porcentaje

Menos activa

Cataliza hidrólisis de:

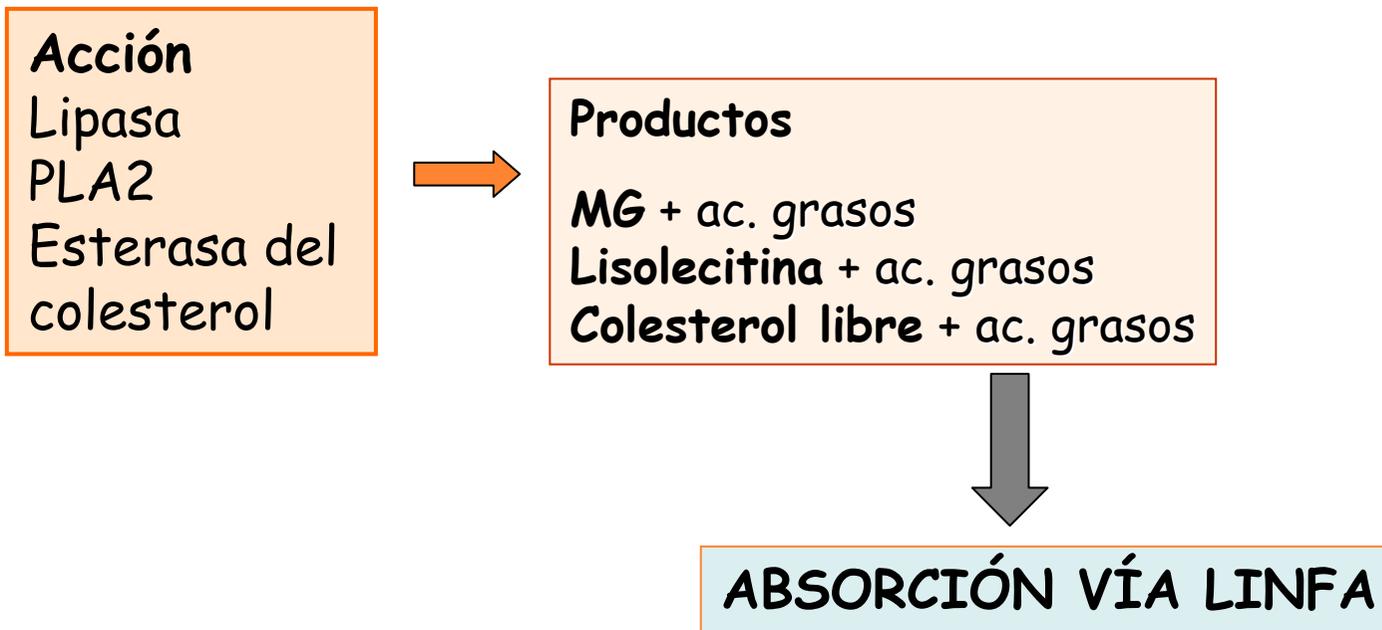
TG

Ésteres del colesterol

Fosfolípidos

IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Hidrólisis



IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. 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

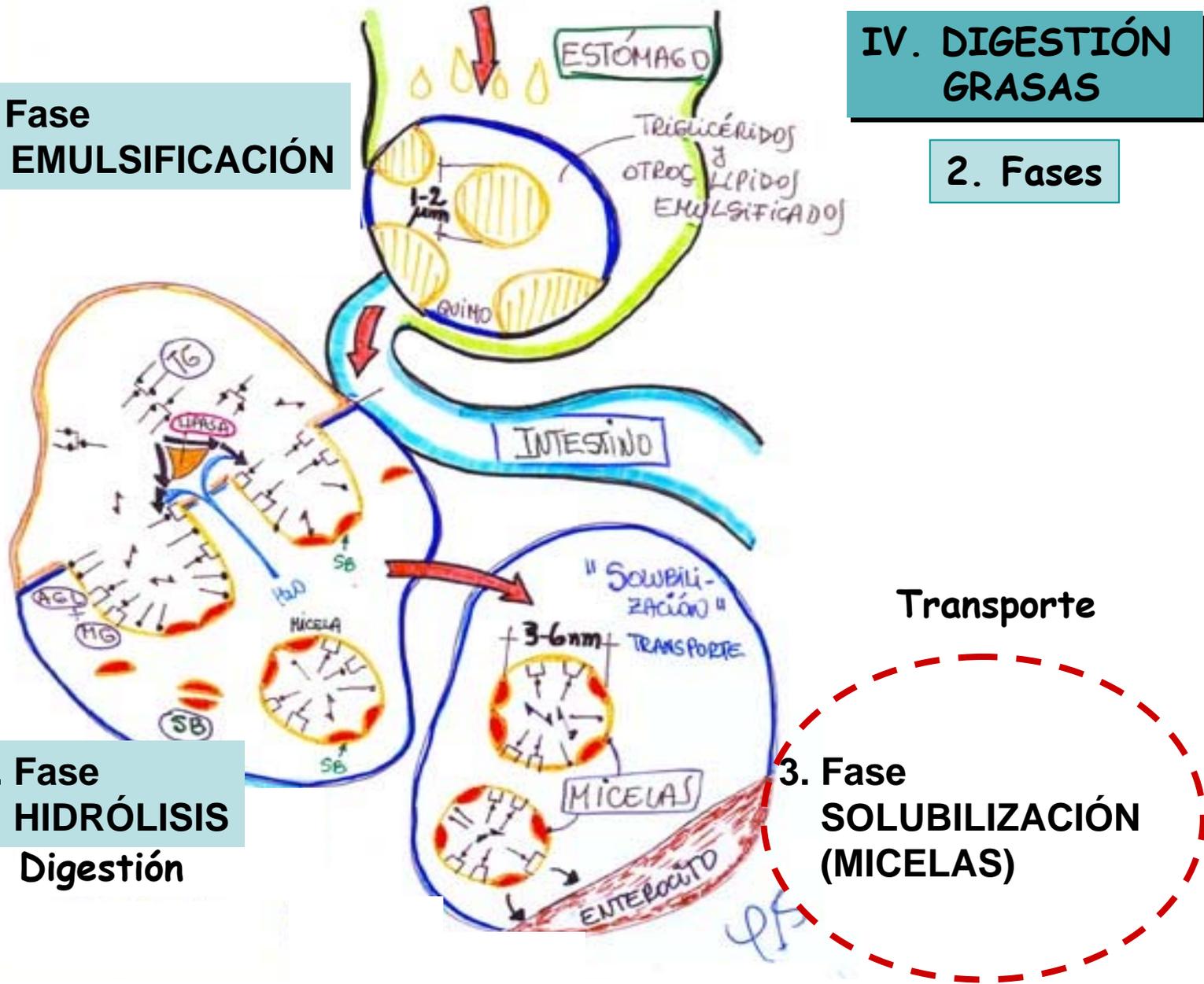


1. Fase EMULSIFICACIÓN

2. Fase HIDRÓLISIS Digestión

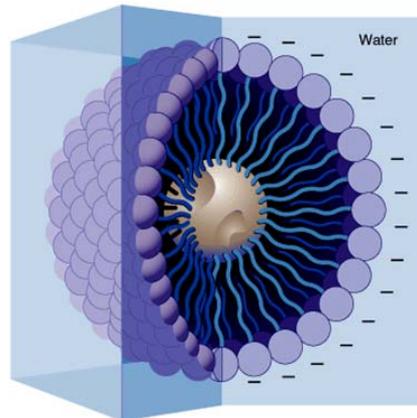
IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases





2. Fases Solubilización



Esferas
3-6 nm

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

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

Parte **POLAR** hidrosoluble
afuera grasas anfipáticas:

MG, fosfolípidos y SB

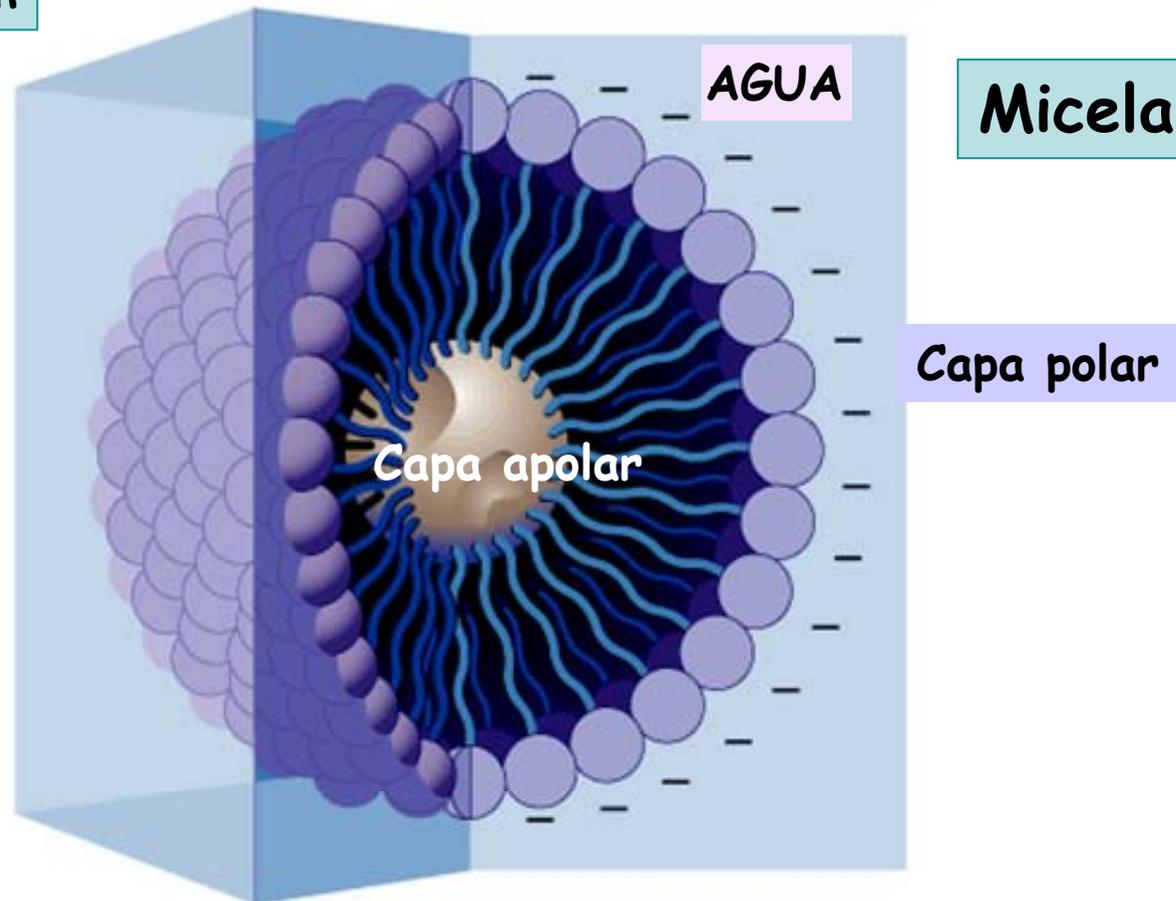
Parte **APOLAR** liposoluble
adentro grasas disueltas:

Colesterol, a. grasos cadena
larga, Vit. liposolubles

IV. DIGESTIÓN GRASAS



2. Fases Solubilización

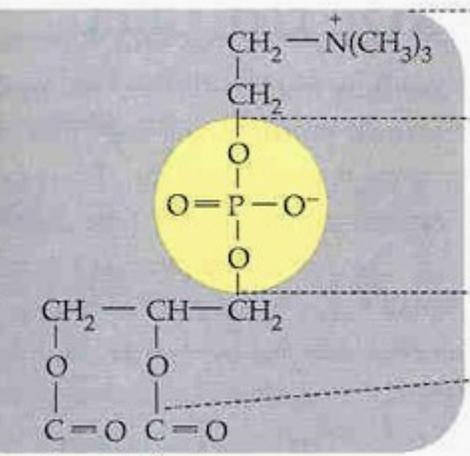


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

IV. DIGESTIÓN DE GRASAS

Fórmula estructural

Cabeza hidrofílica



COLINA

FOSFATO

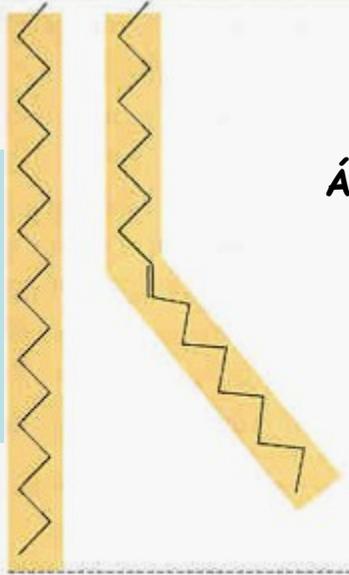
GLICEROL

FOSFATIDILCOLINA
O
LECITINA

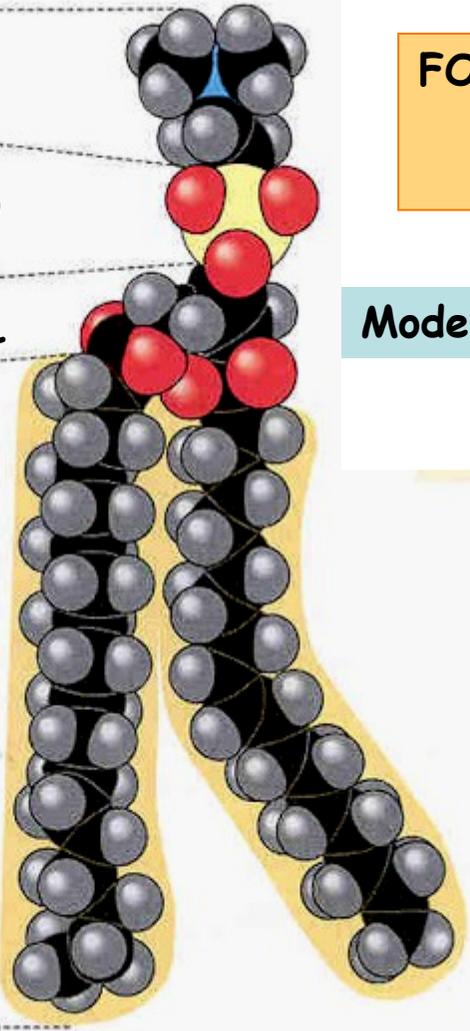
Modelo 3D



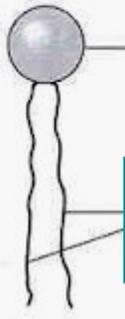
Colas hidrofóbicas



ÁCIDOS GRASOS



Símbolo FOSFOLÍPIDO

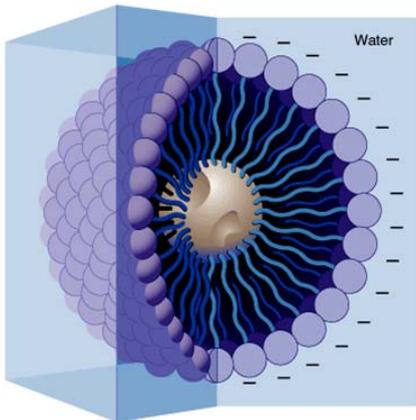


Cabeza hidrofílica

Colas hidrofóbicas

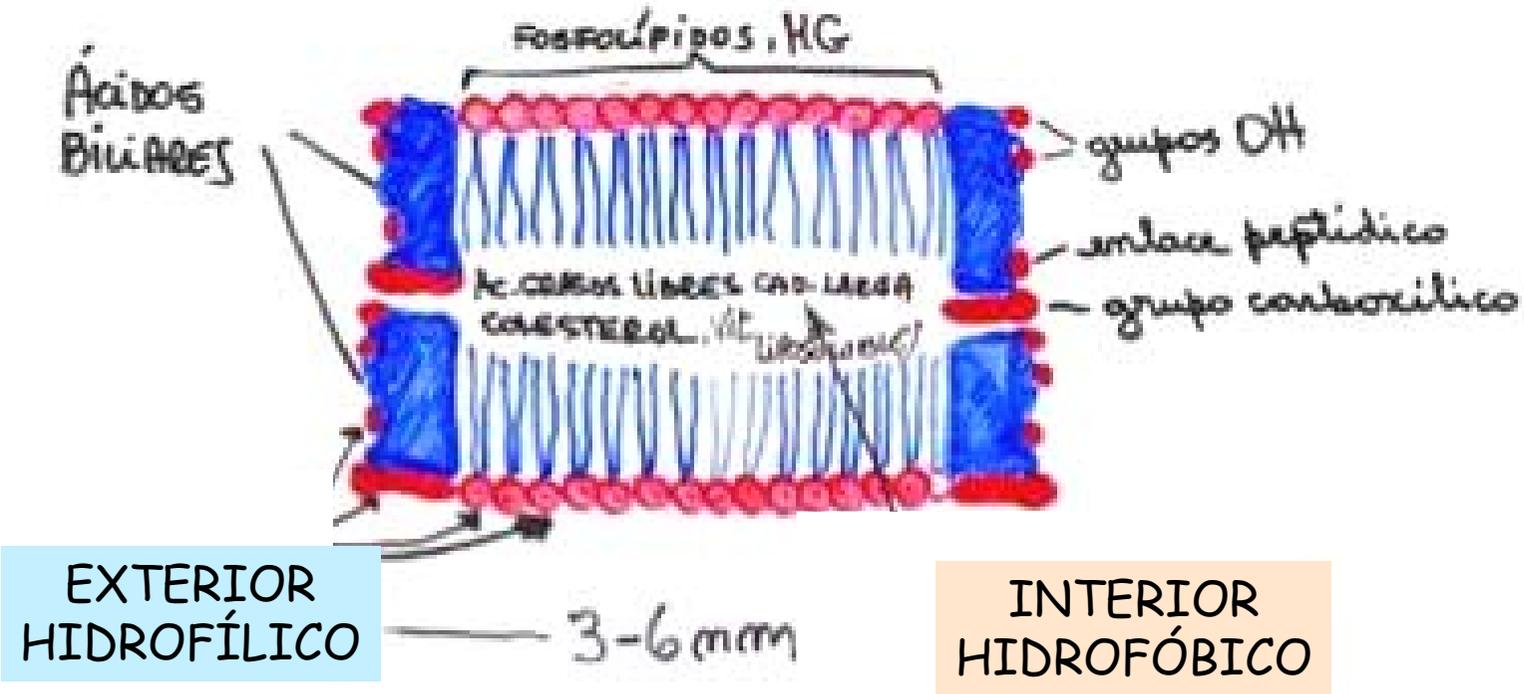
IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Solubilización



MICELA MIXTA SB-GRASA

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



IV. DIGESTIÓN GRASAS

2. Fases Solubilización

LIPASA ACCIÓN REVERSIBLE
Hidrólisis y esterificación simultánea



Las grasas se van **DIGIRIENDO** e incorporando a las **micelas!**

MICELAS SB impiden la **reesterificación** antes de la absorción



TG

ÉSTERES de COLESTEROL
FOSFOLÍPIDOS :

HIDRÓLISIS +
SOLUBILIZACIÓN

ÉSTERES Ac GRASOS CADENA CORTA :

HIDRÓLISIS

COLESTEROL

VITAMINAS LIPOSOLUBLES :

SOLUBILIZACIÓN

IV. DIGESTIÓN GRASAS

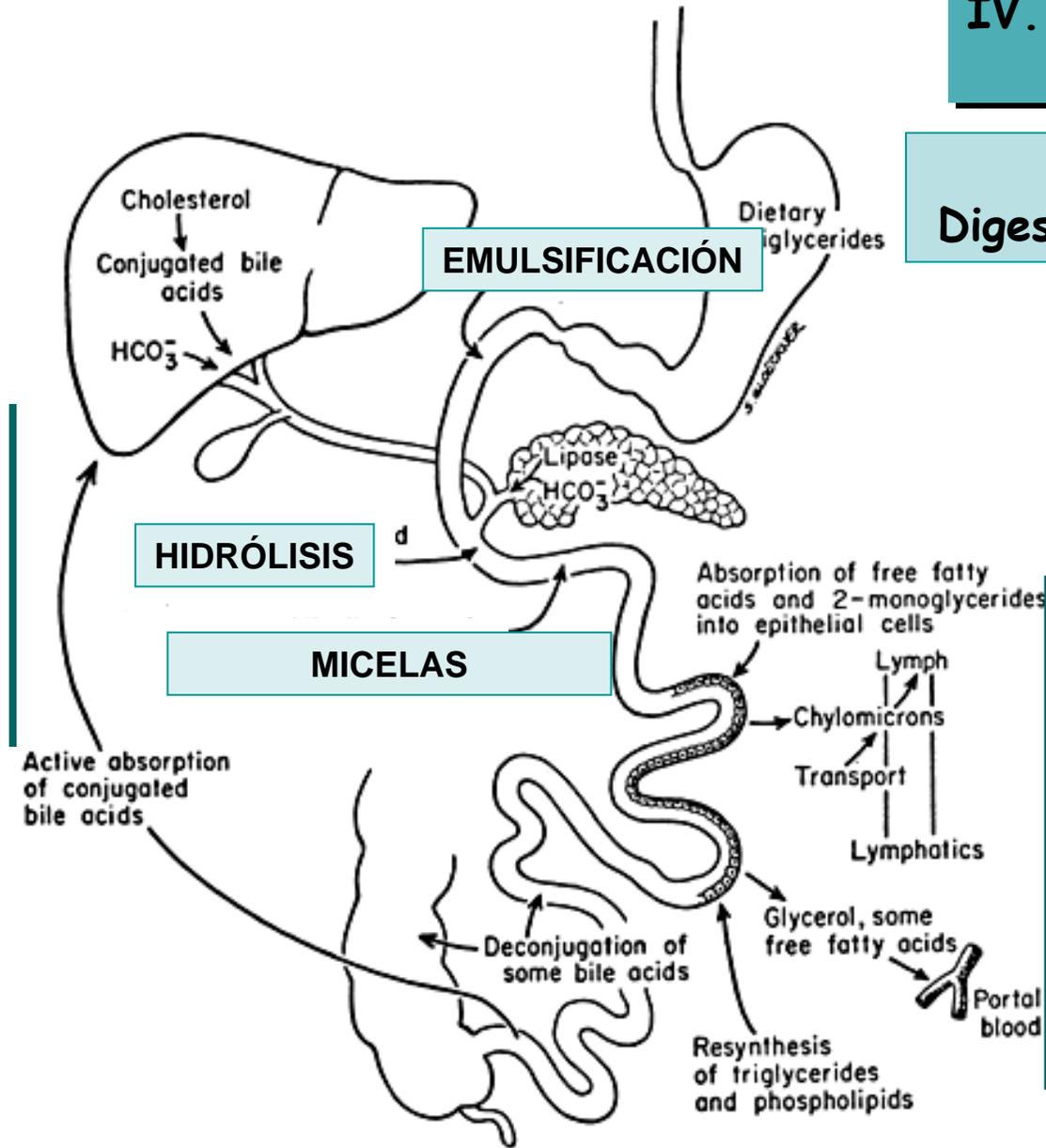
No todas
las grasas necesitan
las 3 fases!!



IV. DIGESTIÓN GRASAS

Resumen Digestión-Absorción

DIGESTIÓN



ABSORCIÓN

Difusión pasiva

IV. DIGESTIÓN GRASAS

3. Esteatorrea

>5% grasa en HECES (flotan en agua)

¿Por qué?

- 1. INSUFICIENCIA PANCREÁTICA

Faltan ENZIMAS
pH NO ALCALINO

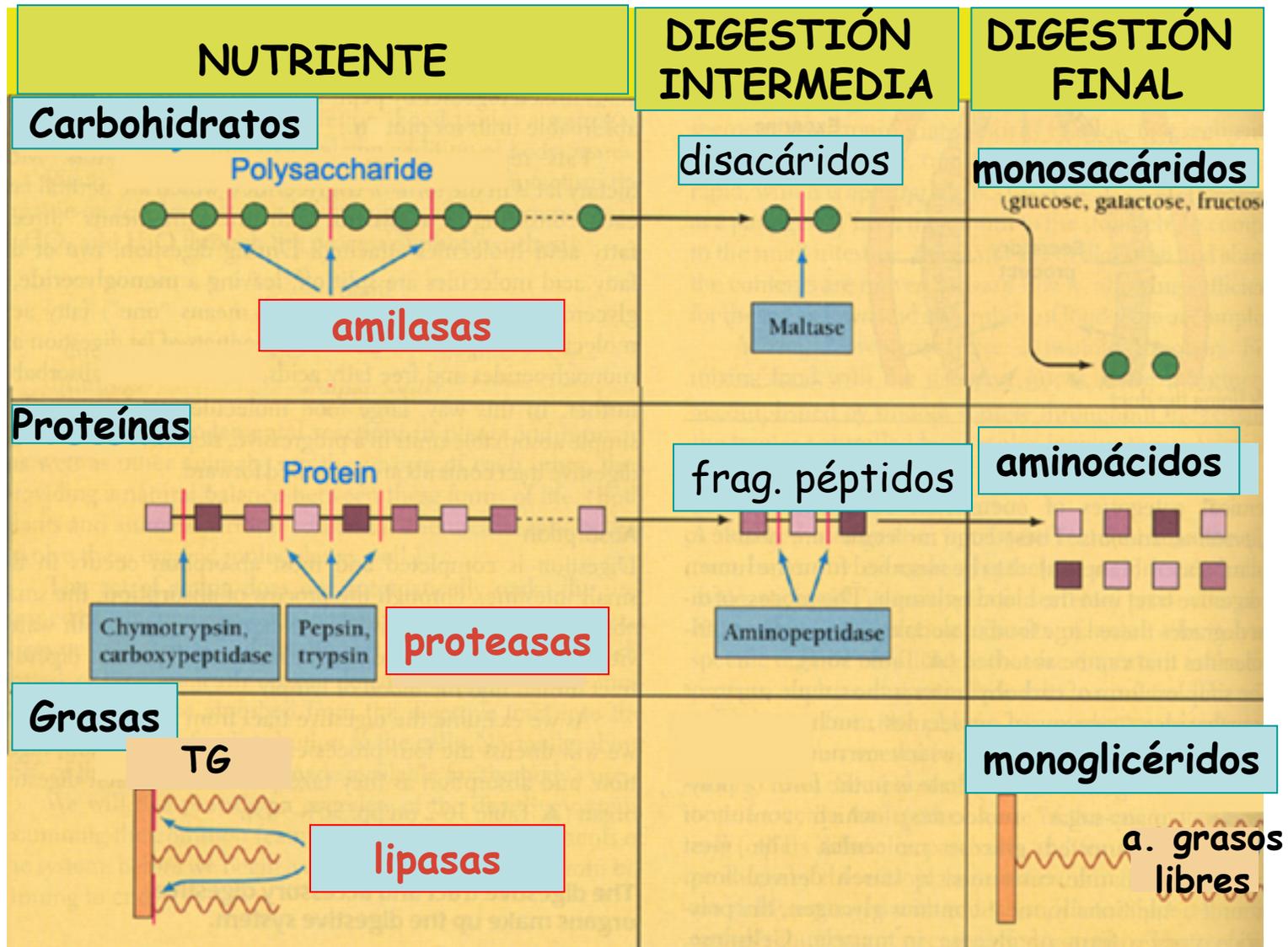
- 2. INSUFICIENCIA BILIAR

Faltan SALES BILIARES
OBSTRUCCIÓN flujo BILIS
DEFECTO REABSORCIÓN ILEON

- 3. LESIÓN ENTEROCITO

- MALABSORCIÓN -



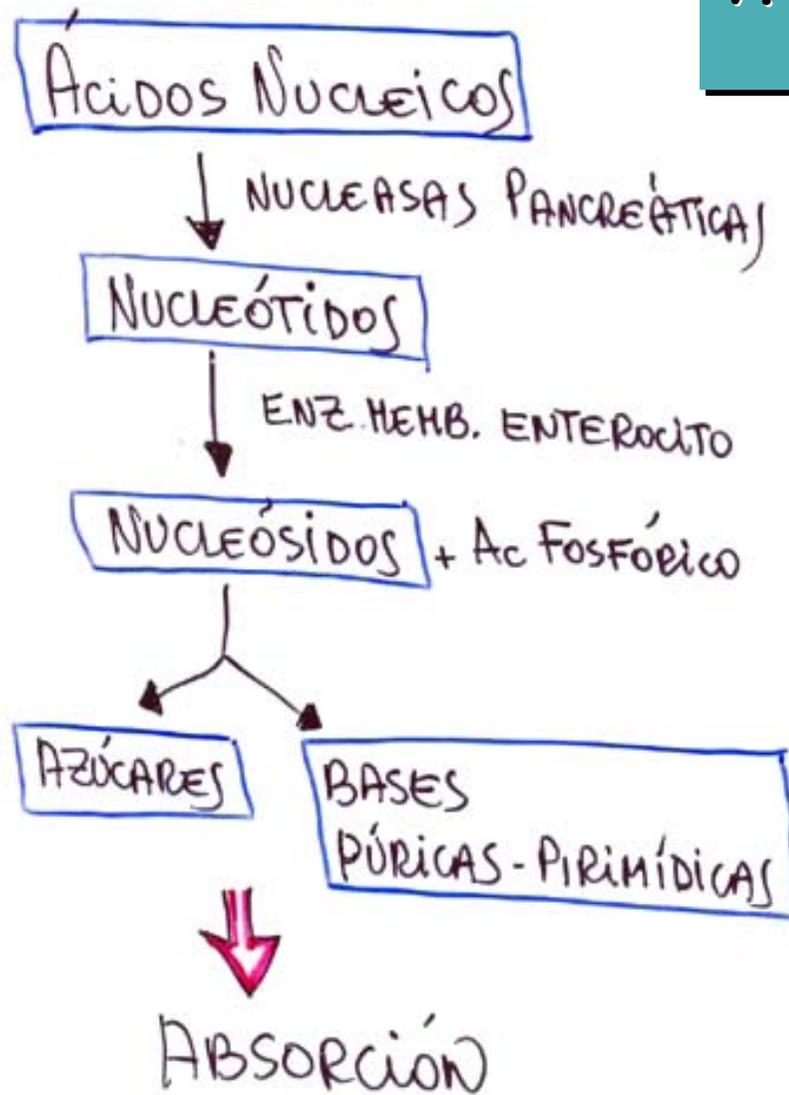




DIGESTIÓN NUTRIENTES

Nutriente	%	Sitio
H de C	5% BOCA 40% ESTÓMAGO 55% INTESTINO	
PROTEINAS	15% ESTÓMAGO 85% INTESTINO	
GRASAS	10-30% ESTÓMAGO 70-90% INTESTINO	

V. DIGESTIÓN ÁCIDOS NUCLEICOS



es