

FISIOLOGIA MEDICINA

**FISIOLOGÍA
DEL
APARATO DIGESTIVO**

2006

Ximena Páez

TEMA 9

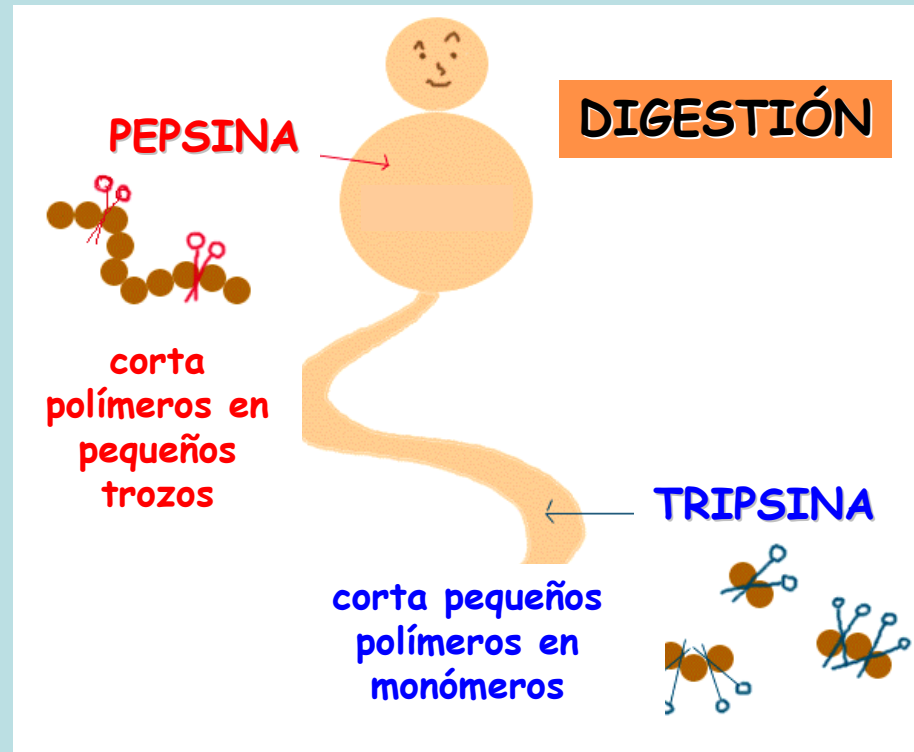
I. DIGESTIÓN

II. D. CARBOHIDRATOS

III. D. PROTEÍNAS

IV. D. GRASAS

V. D. ÁCIDOS NUCLÉICOS



I. DIGESTIÓN

Química de los alimentos

¿QUÉ
es lo que vamos
a DIGERIR?

Macromoléculas complejas

DIETA

que tienen que ser

DESDOBLADAS

a moléculas pequeñas y simples

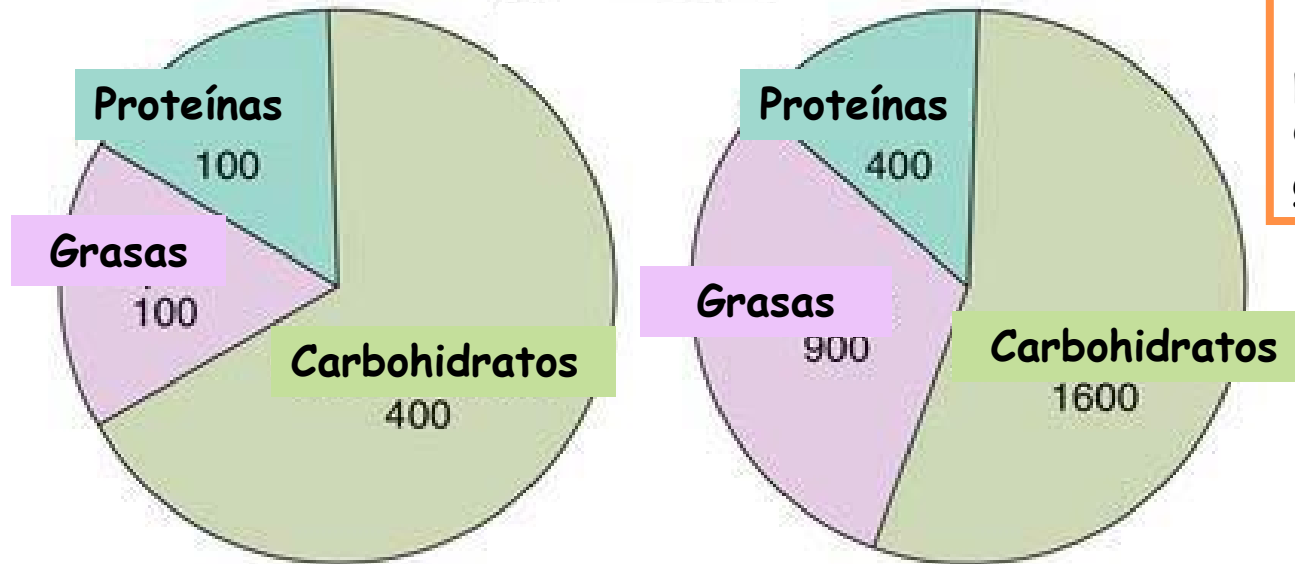
para ser

ABSORBIDAS

I. DIGESTIÓN

Dieta

MACRONUTRIENTES



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

A Gramos/día

B Kilocalorías/día

MICRONUTRIENTES

Vitaminas, minerales, microelementos (μg a mg)

I. DIGESTIÓN



Dieta

¿CUÁLES son esas grandes moléculas?

CARBOHIDRATOS
63%

Los más abundantes

Grandes polímeros

Almidones
Glucógeno
Celulosa

Pequeños azúcares

Lactosa
Sacarosa

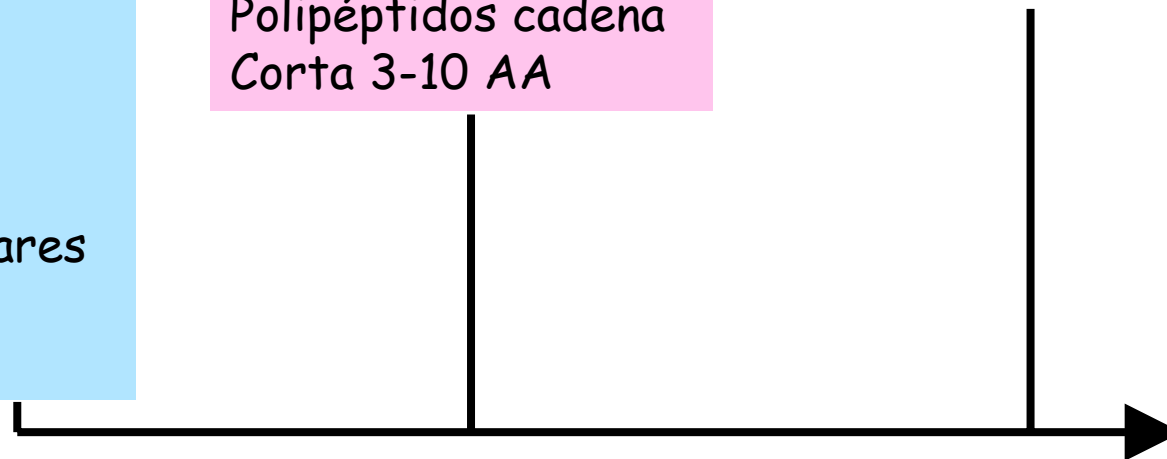
PROTEÍNAS
12%

Polímeros de AA
Glico y lipoproteínas

Polipéptidos cadena
Corta 3-10 AA

GRASAS
25%

TG o grasas neutras
Ésteres del colesterol
Fosfolípidos



I. DIGESTIÓN

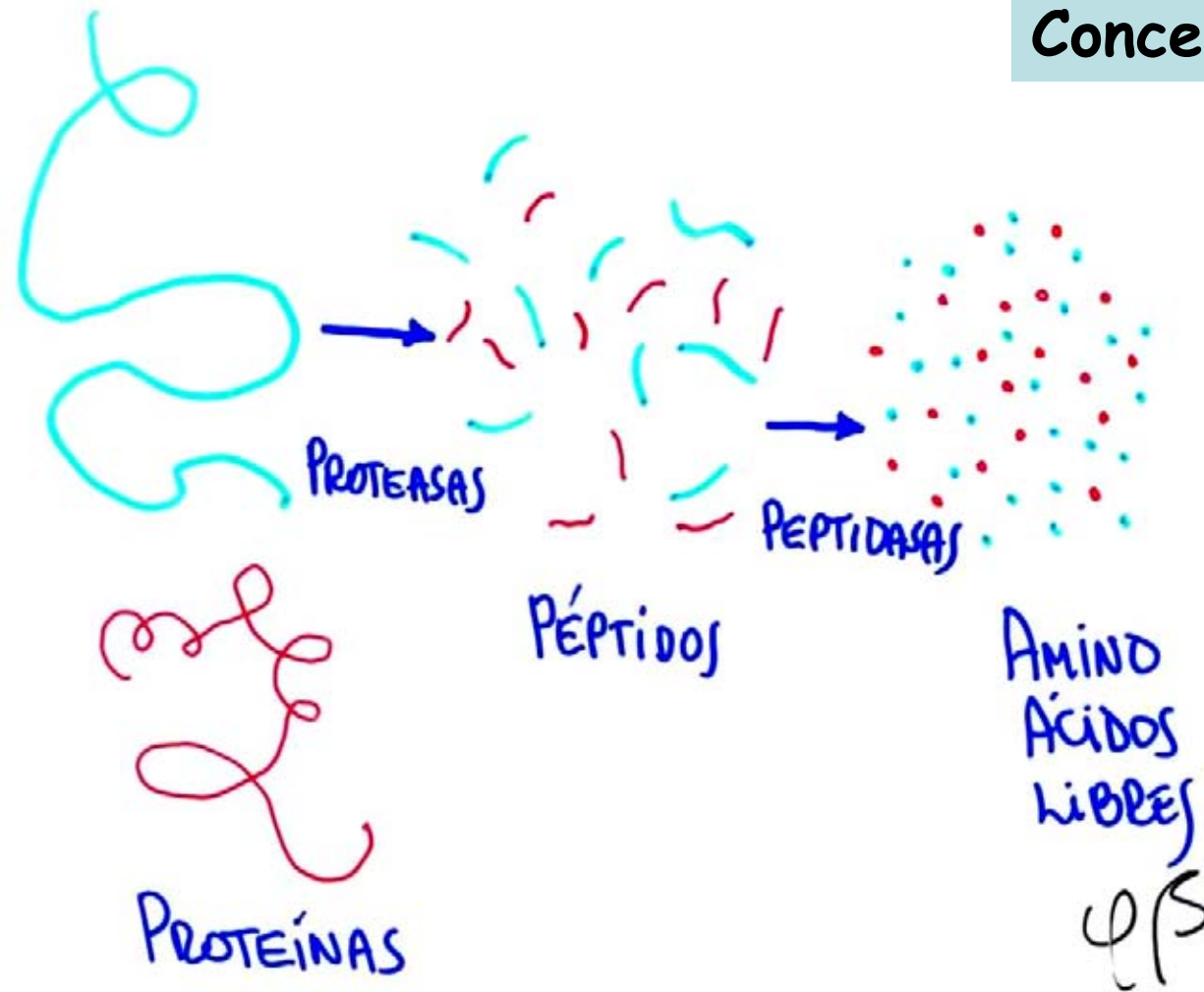
Química de los alimentos

¿QUÉ es DIGESTIÓN?

I. DIGESTIÓN



Concepto



I. DIGESTIÓN *

Concepto

eps

DIGESTIÓN

GRANDES MOLECULAS

ALMIDÓN

PROTEÍNAS

GRASA

MONOSACÁRIDOS

AMINOCÁCIDOS

Ac. GRASOS
M.G.

ABSORCIÓN



I. DIGESTIÓN

Concepto

DIGESTIÓN

Pasar moléculas GRANDES a PEQUEÑAS

Preparar los NUTRIENTES haciéndolos pequeños para que se puedan ABSORBER



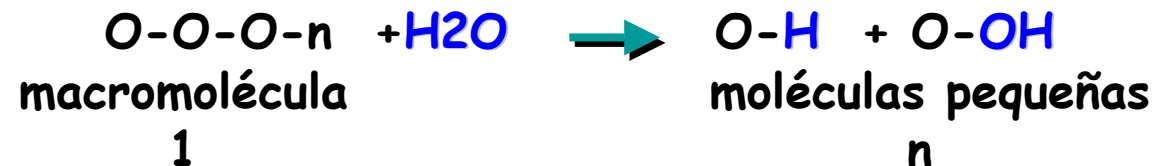
I. DIGESTIÓN

Concepto

¿CÓMO ocurre esto?

HIDRÓLISIS

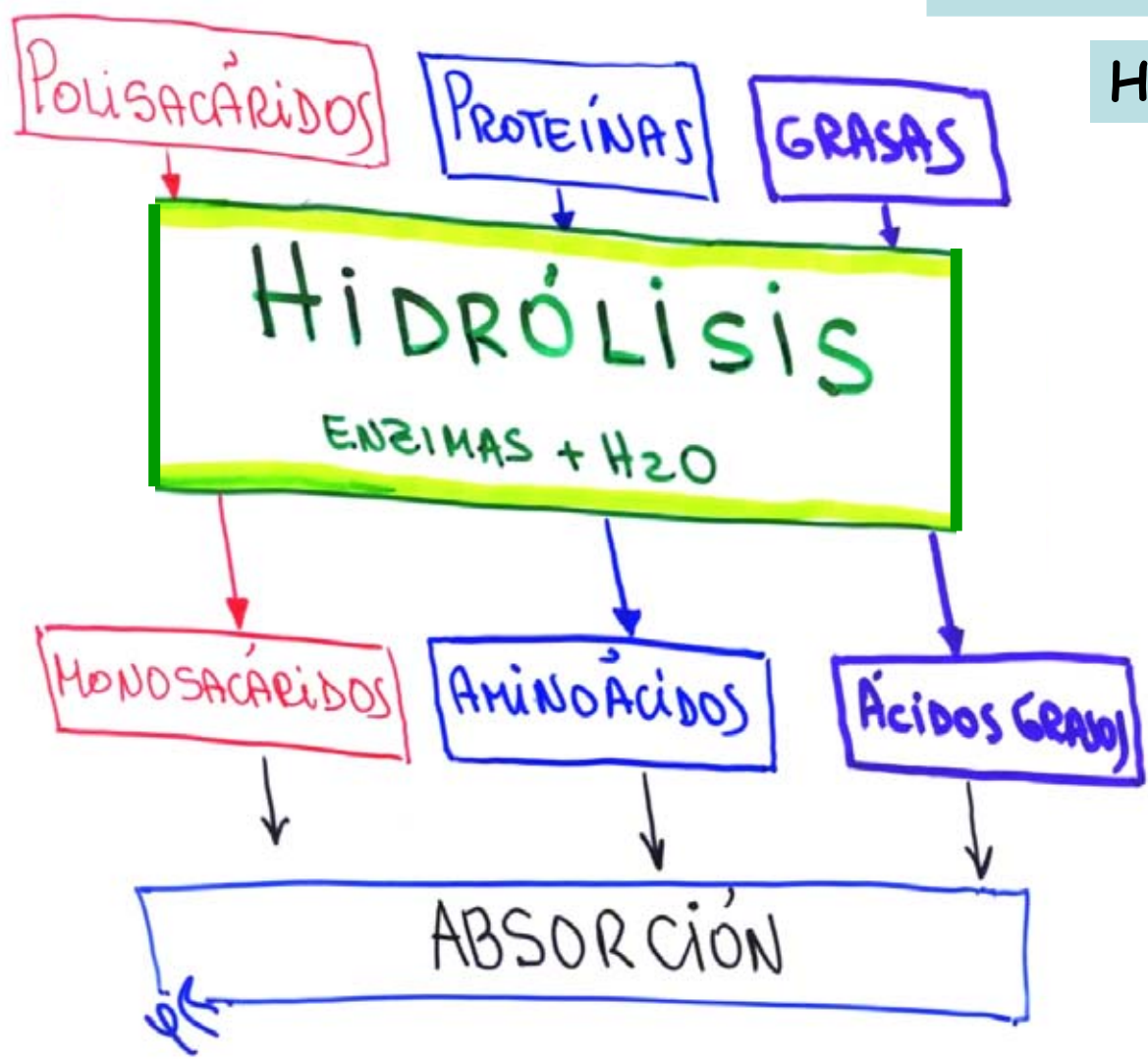
Reacción química con aporte de AGUA que se incorpora a la macromolécula rompiéndola en moléculas más pequeñas





I. DIGESTIÓN

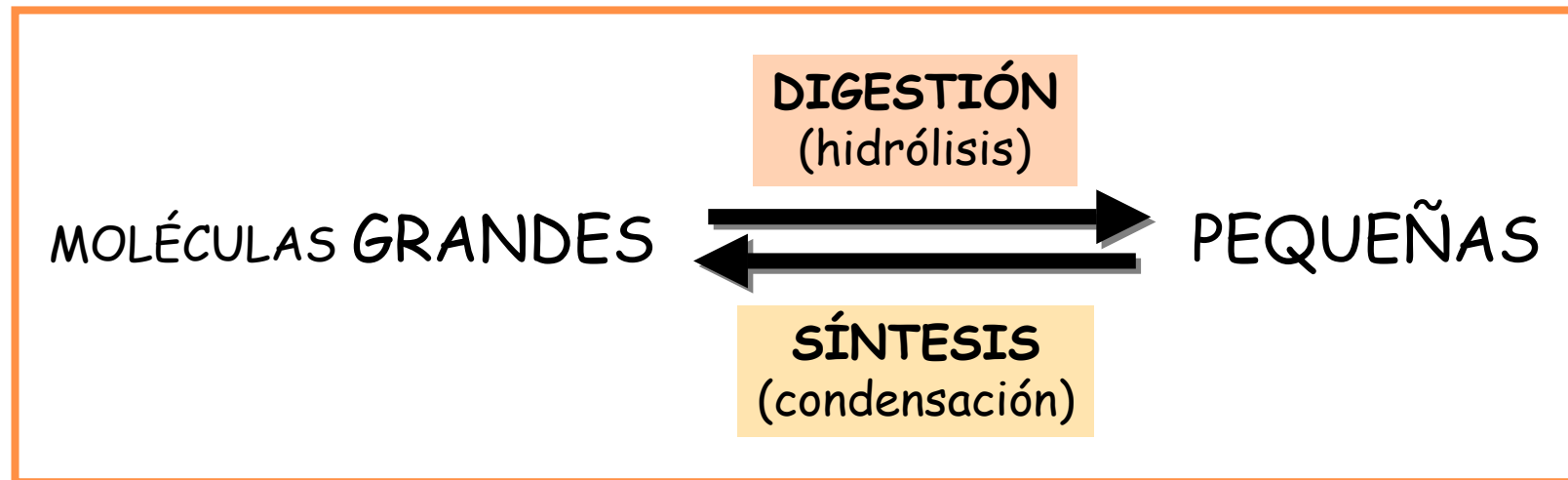
Hidrólisis





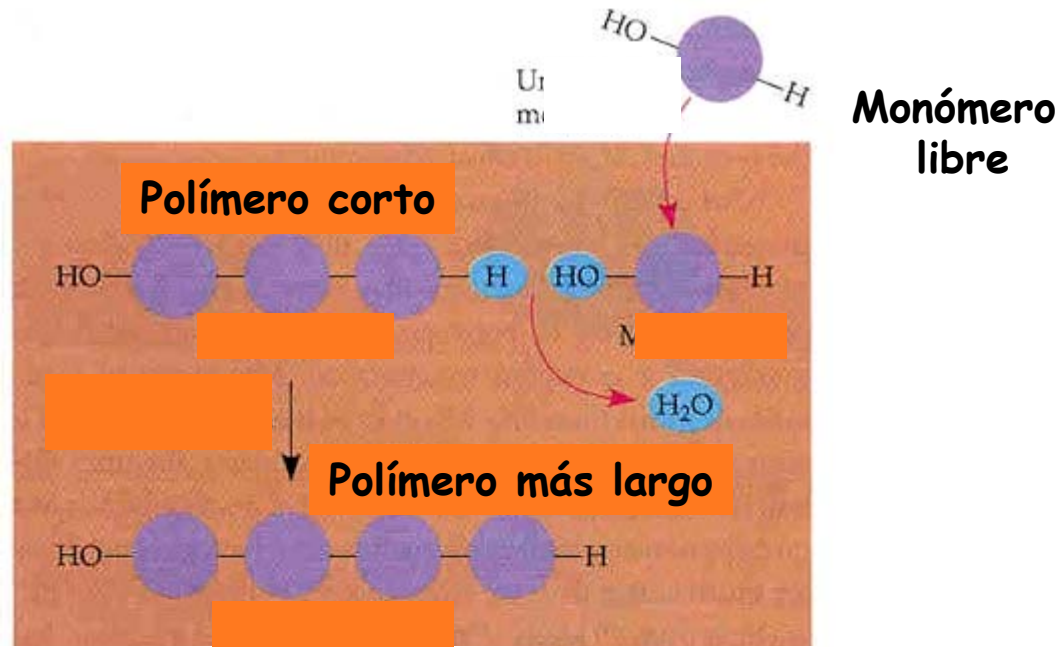
I. DIGESTIÓN

Hidrólisis



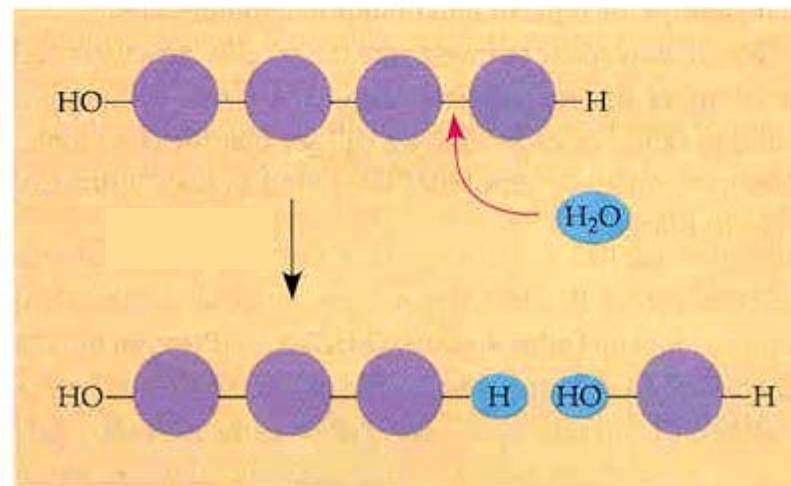
SÍNTESIS DE UN POLÍMERO

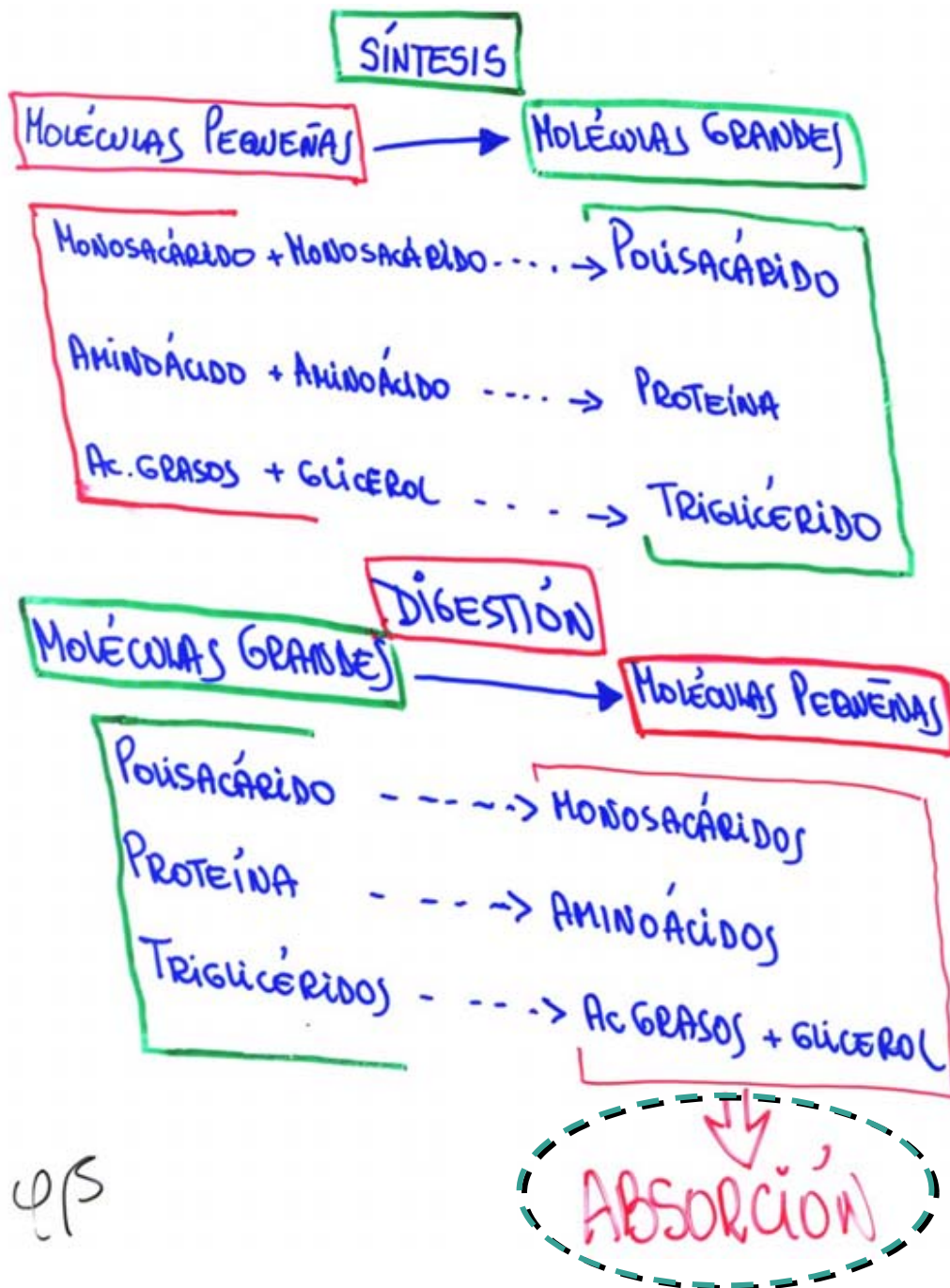
Condensación



DIGESTIÓN DE UN POLÍMERO

Hidrólisis





eps

I. DIGESTIÓN

Síntesis vs. Digestión



I. DIGESTIÓN

Hidrólisis

HIDRÓLISIS

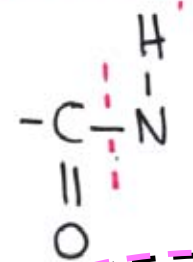
aporte de agua y separación de la molécula
por acción
ENZIMÁTICA
específica



DIGESTIÓN

• **PROTEÍNAS**

ENLACE



ENZIMA

PEPTIDASAS

PRODUCTOS FINALES

AMINOÁCIDOS

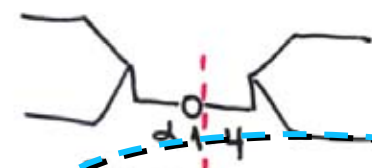
ENLACE PEPTÍDICO

I. DIGESTIÓN

Hidrólisis

• **CARBOHIDRATOS**

αβ



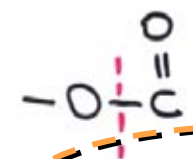
α AMILASAS

ENLACE GLUCOSÍDICO

MONOSACÁRIDOS

• **GRASAS**

αβ



LIPASAS

ENLACE ÉSTER

ÁCIDOS GRASOS

I. DIGESTIÓN



Hidrólisis

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 BILIAR: Ayuda a digerir y a
Transportar grasas

+ ENZIMAS
membrana apical
ENTEROCITOS

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

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"

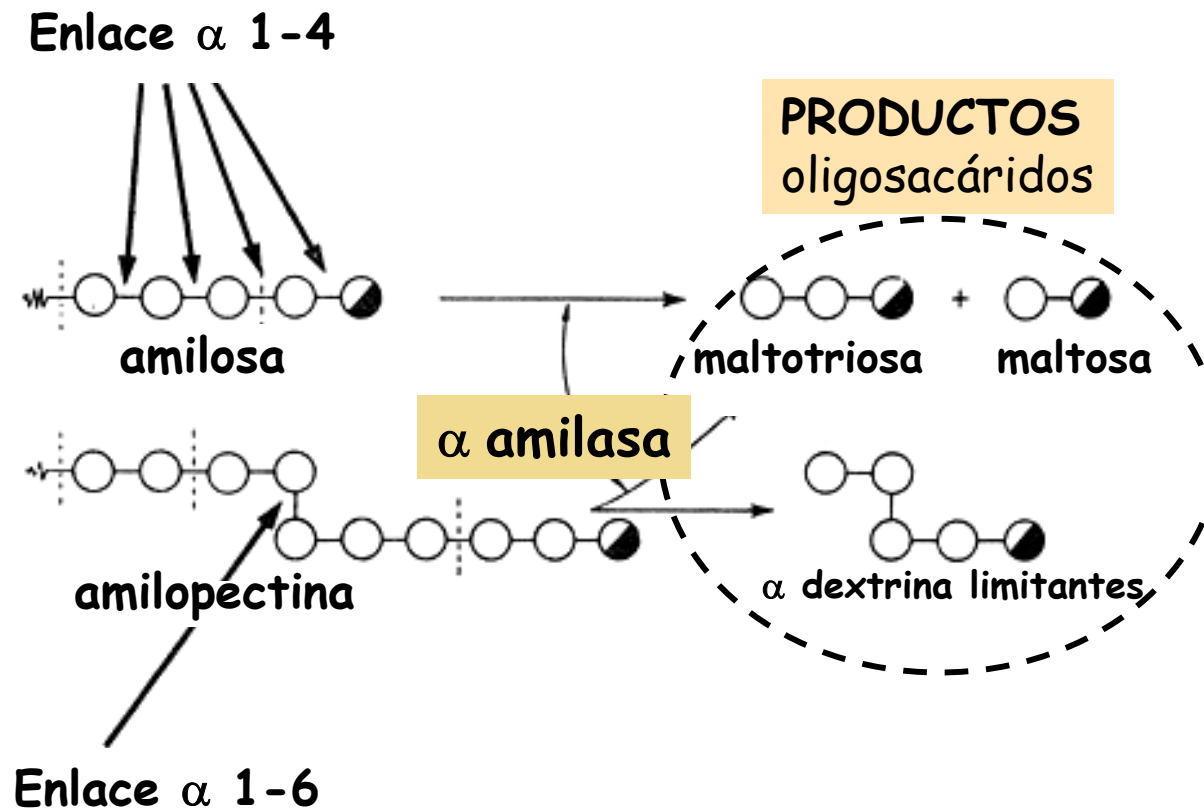


①, ② → MONOSACÁRIDOS etc

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción de AMILASA

POLISACÁRIDOS
polímeros de glucosa



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción de amilasas

Inicio por la α **amilasa salival**

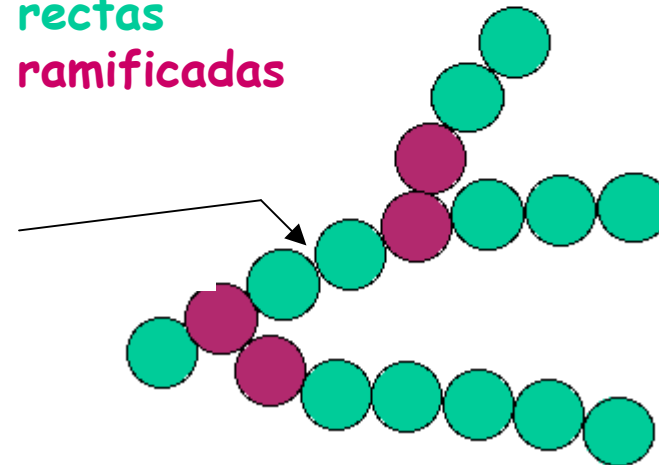
La mayor parte por la α **amilasa pancreática**

pH óptimo 7-8

Enlaces α 1,4 dan **cadena recta**

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

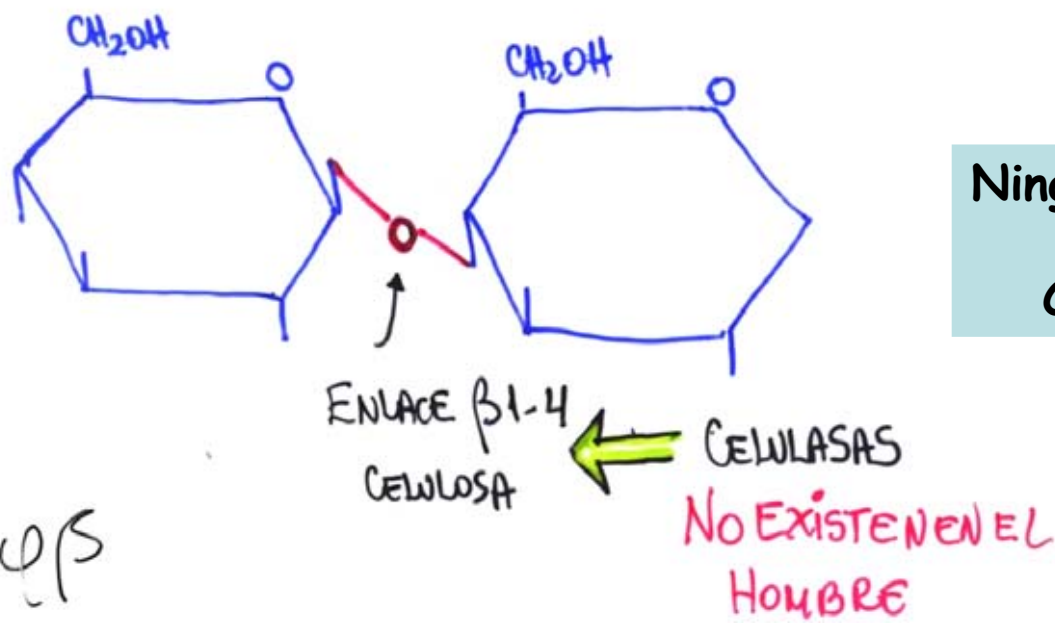
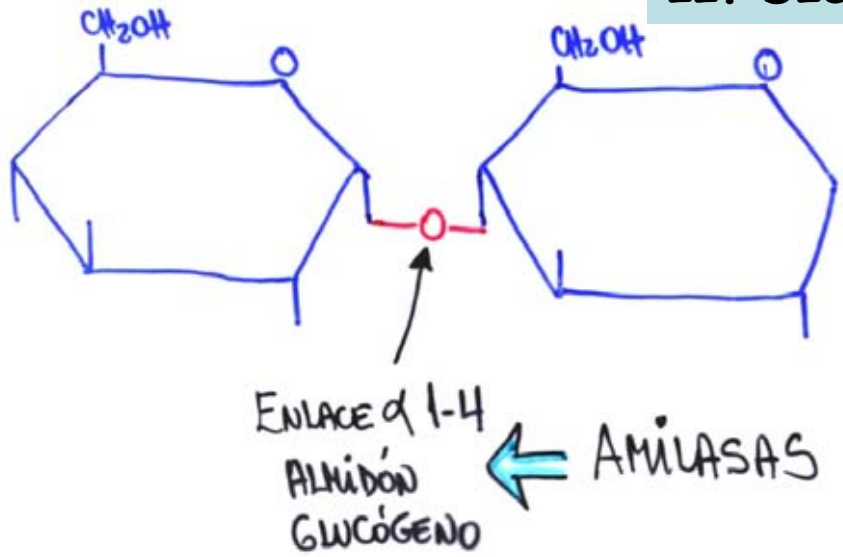
La **amilasa** sólo hidroliza
enlaces α 1,4



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



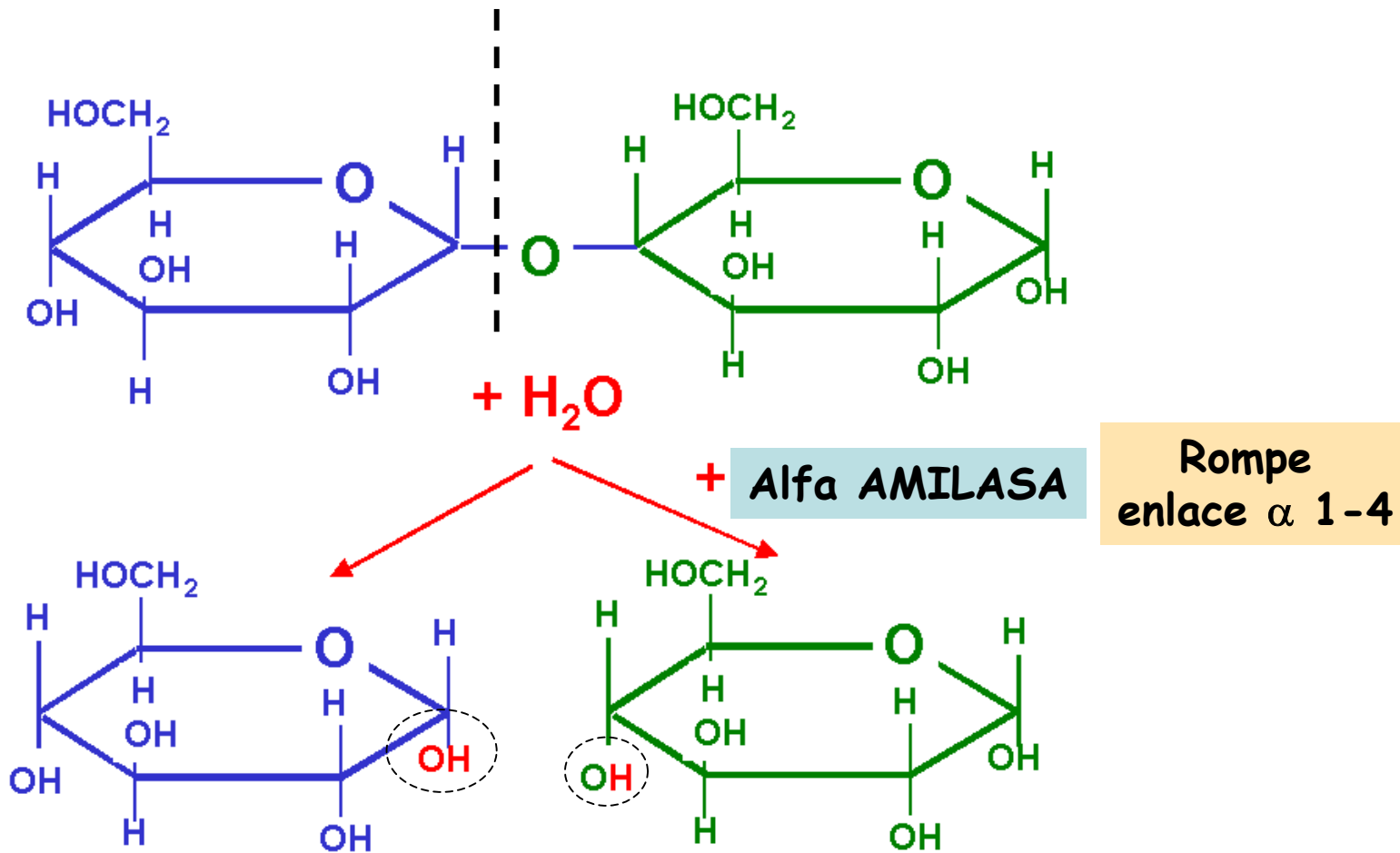
Acción de amilasas



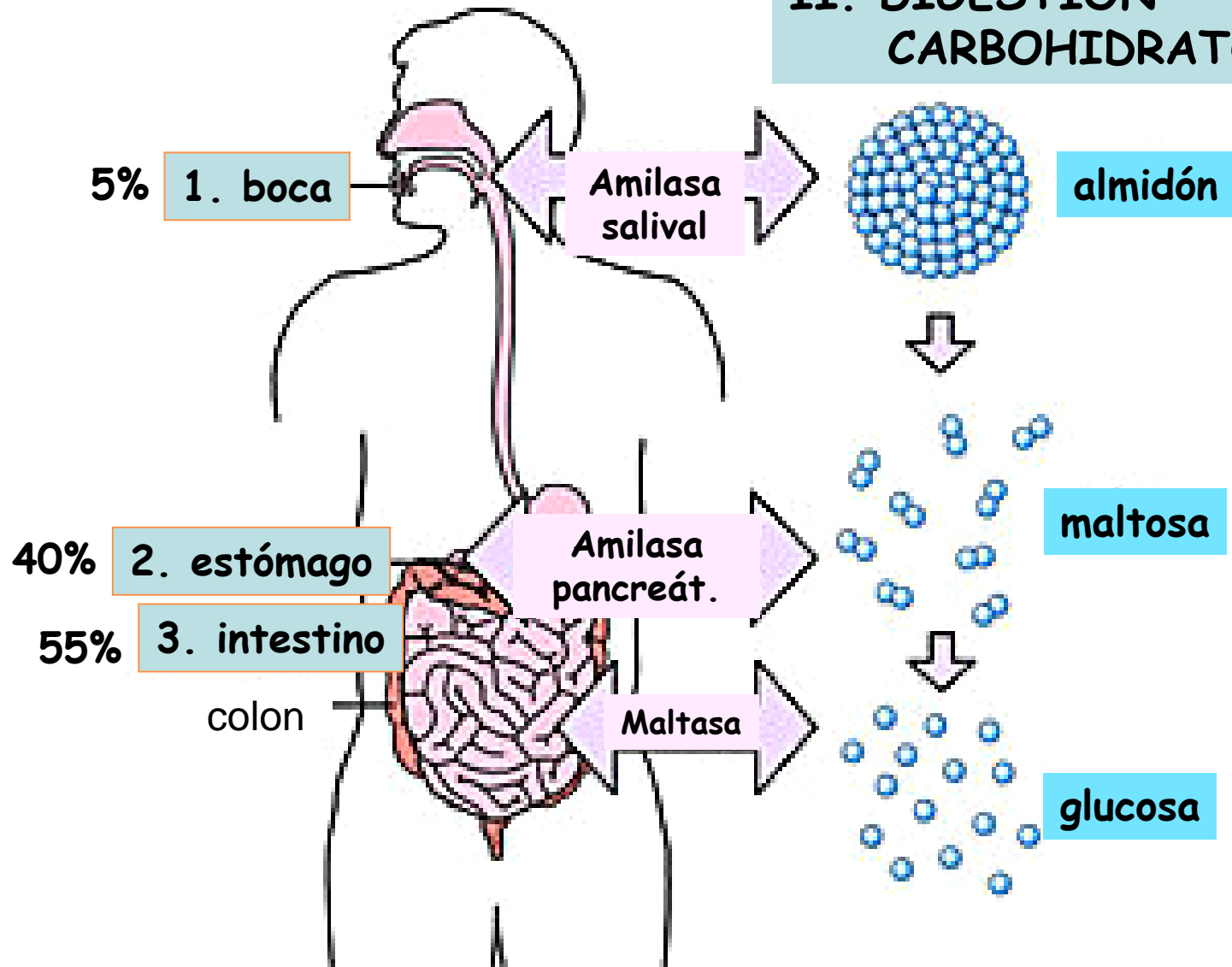
Ningún vertebrado
tiene
CELULASA!!!

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción de amilasas



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

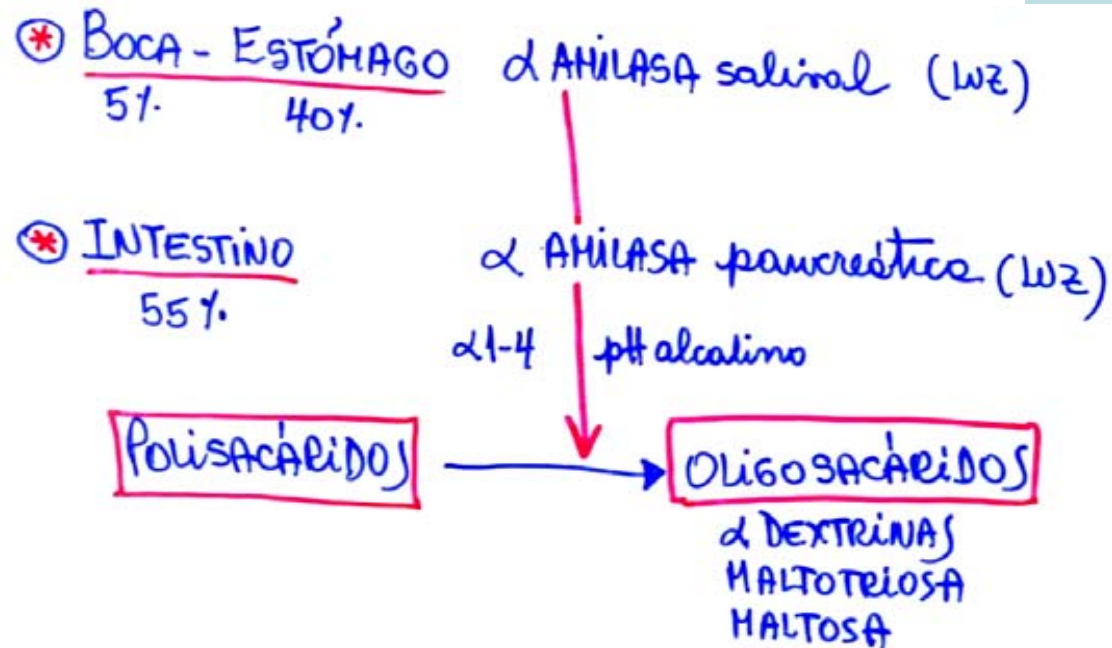




II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

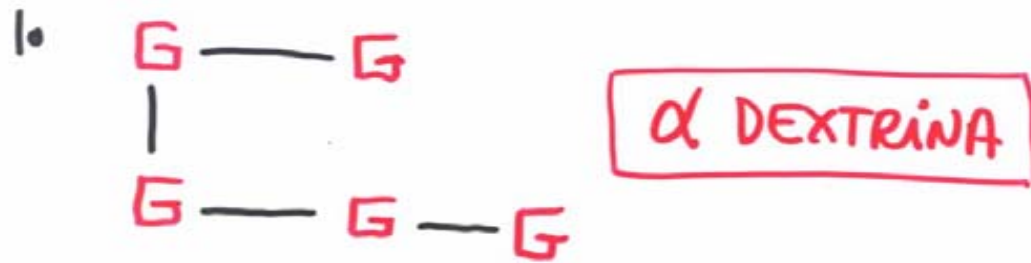
Boca-estómago

Intestino



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

OLIGOSACÁRIDOS



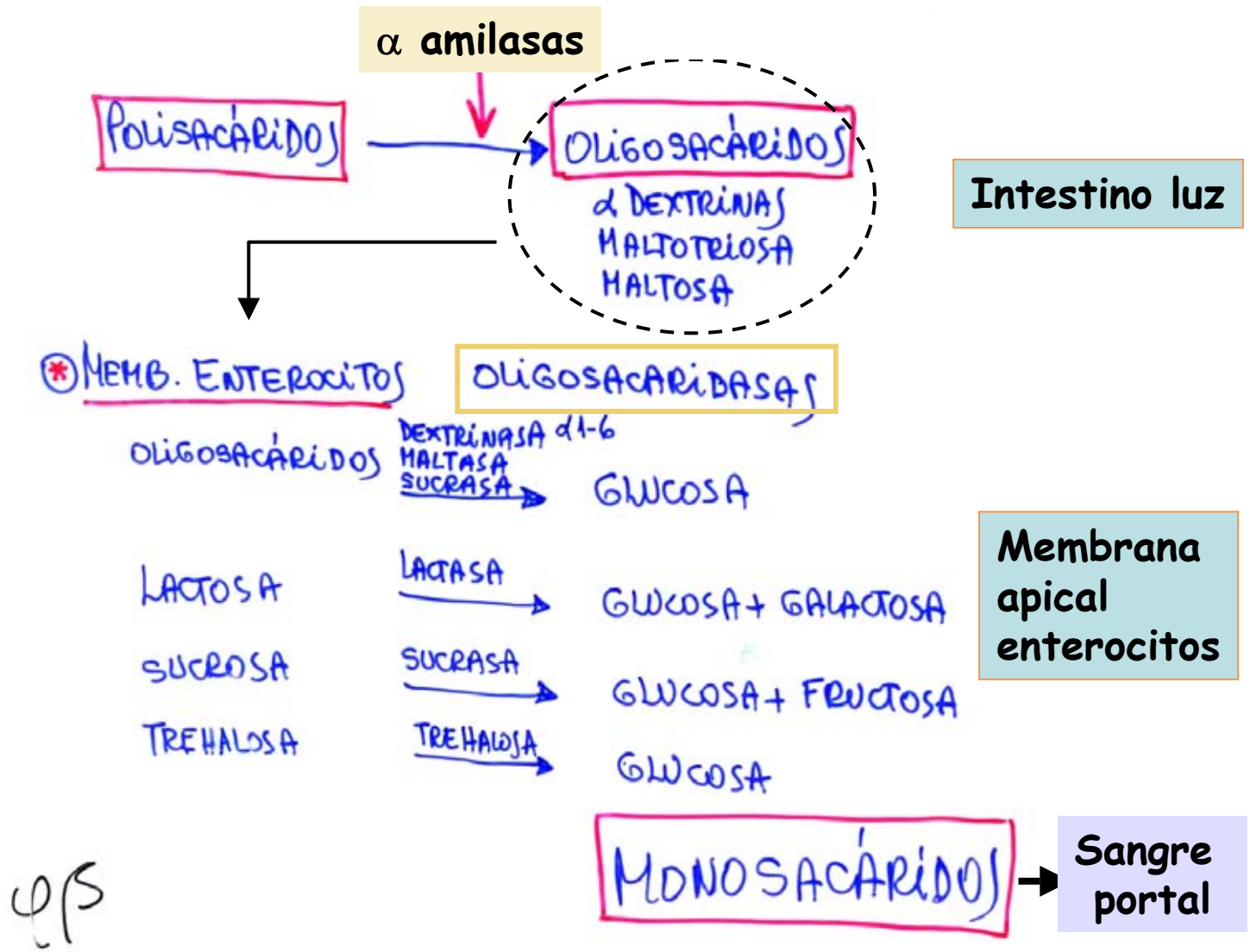
CARBOHIDRATOS

PRESENTES EN EL LUMEN

A SER DIGERIDOS SOBRE LA MEMBRANA APICAL del ENTEROCITO

q/s

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

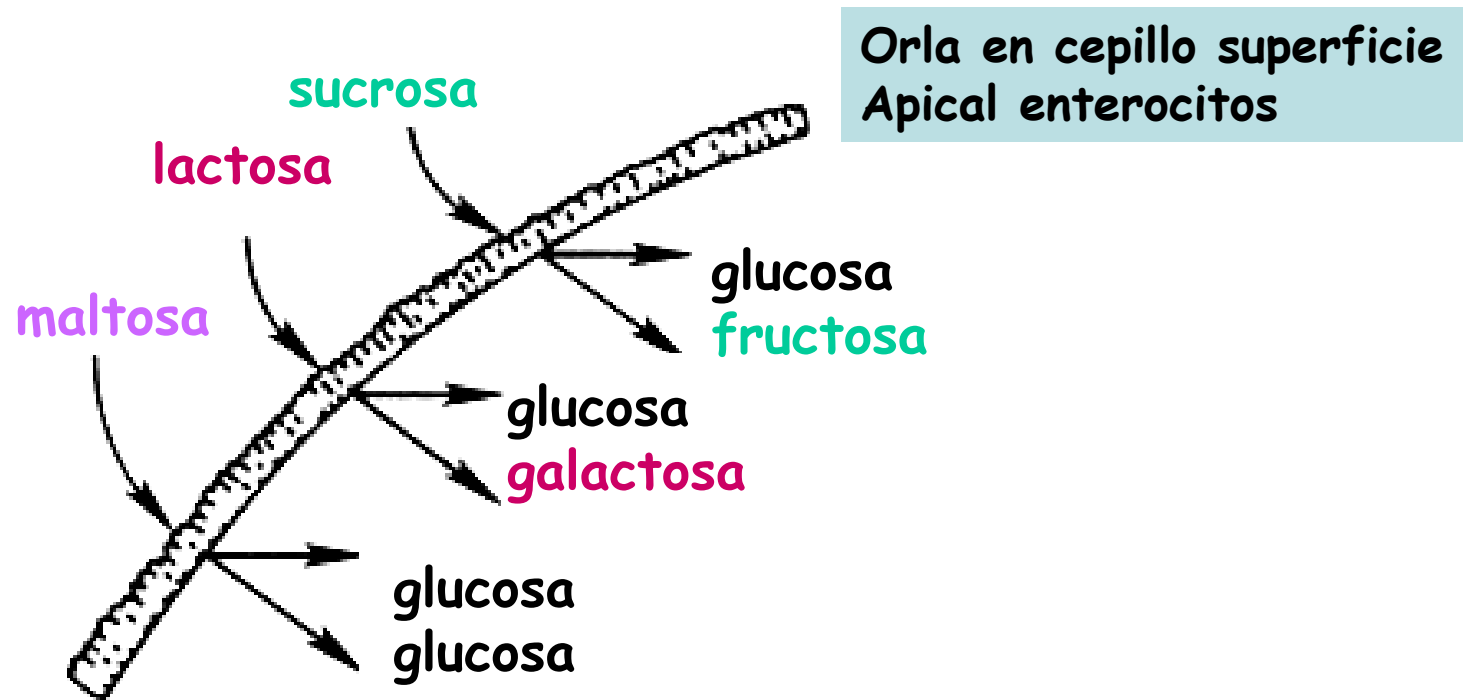




II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

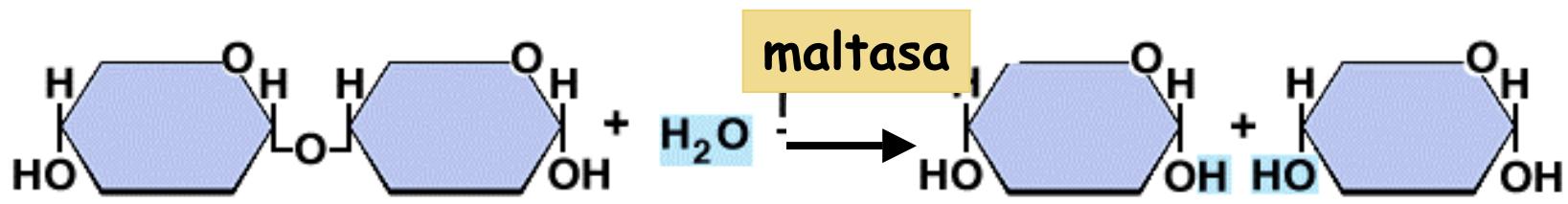
Acción
disacaridasas

DISACÁRIDOS → MONOSACÁRIDOS



II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Acción disacaridasas



MALTOSA + AGUA
DISACÁRIDO



GLUCOSA + GLUCOSA
MONOSACÁRIDOS

Los **MONOSACÁRIDOS** pasan a la **SANGRE** vía **porta**

DIGESTIÓN LUMINAL

DIGESTIÓN EN MEMBRANA

PRODUCTO

ALMIDÓN

AMILASA (α 1-4)
 α DEXTRINA
 MALTOTRIOSA
 MALTOSA

α DEXTRINASA (α 1-6)

MALTASA

SUCRASA

95
50
50

5
25
25

25
25

TREHALOSA
LACTOSA
SUCROSA

TREHALASA
LACTASA
SUCRASA

100
100
100

GLUCOSA •

GALACTOSA •

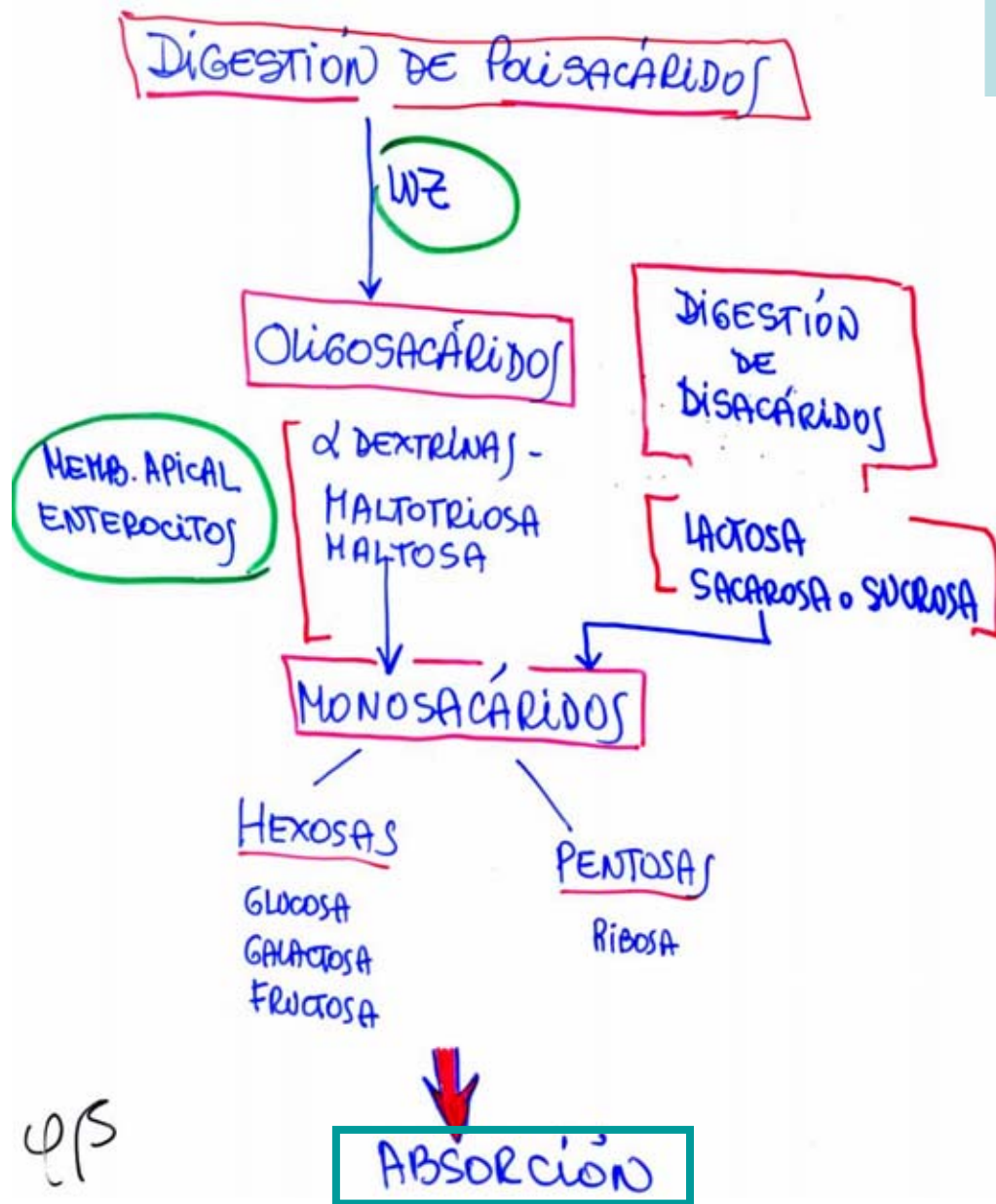
FRUCTOSA •

MONOSACÁRIDOS A ABSORBER

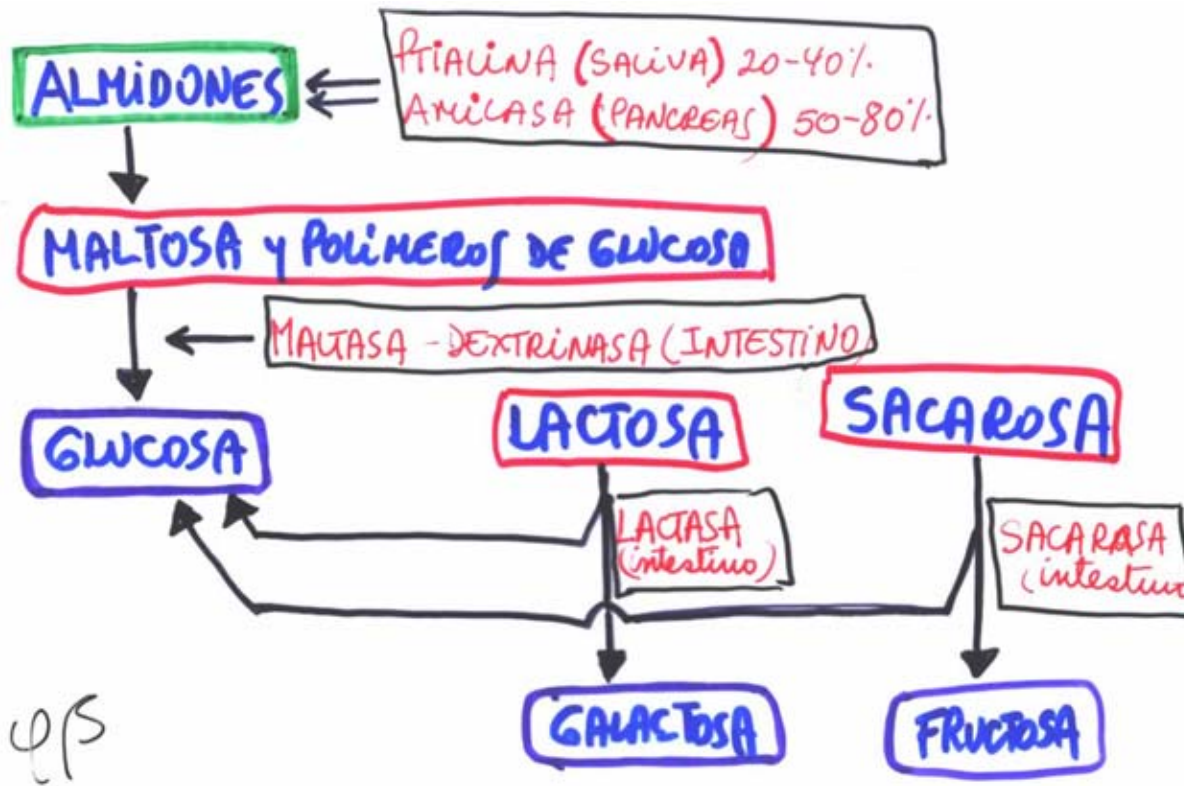
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

eps

II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

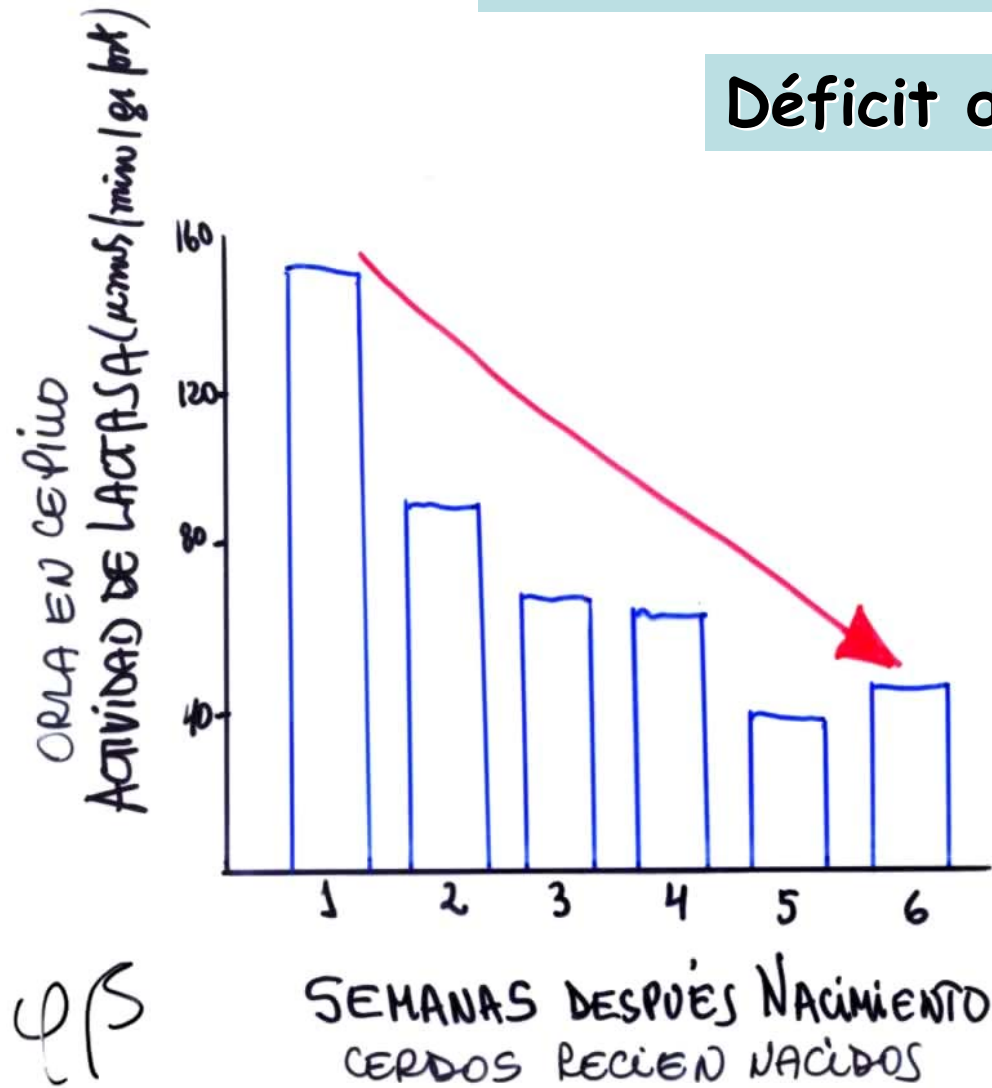


II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS



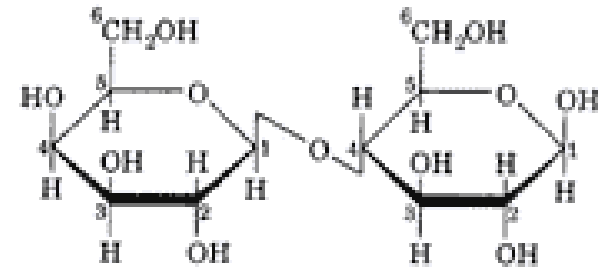
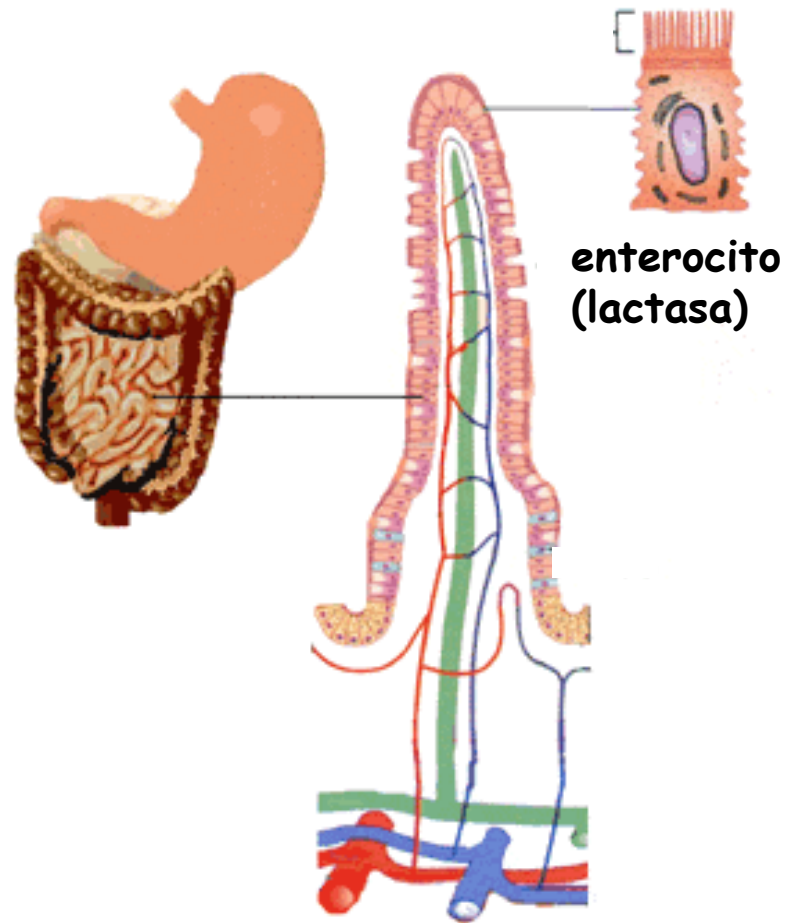
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Déficit de lactasa



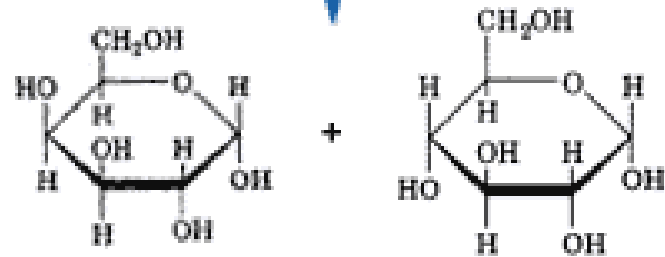
II. DIGESTIÓN CARBOHIDRATOS

Déficit lactasa



LACTOSA

↓
lactasa



galactosa + glucosa

Déficit de lactasa

Diarrea Osmótica

Intolerancia a la leche

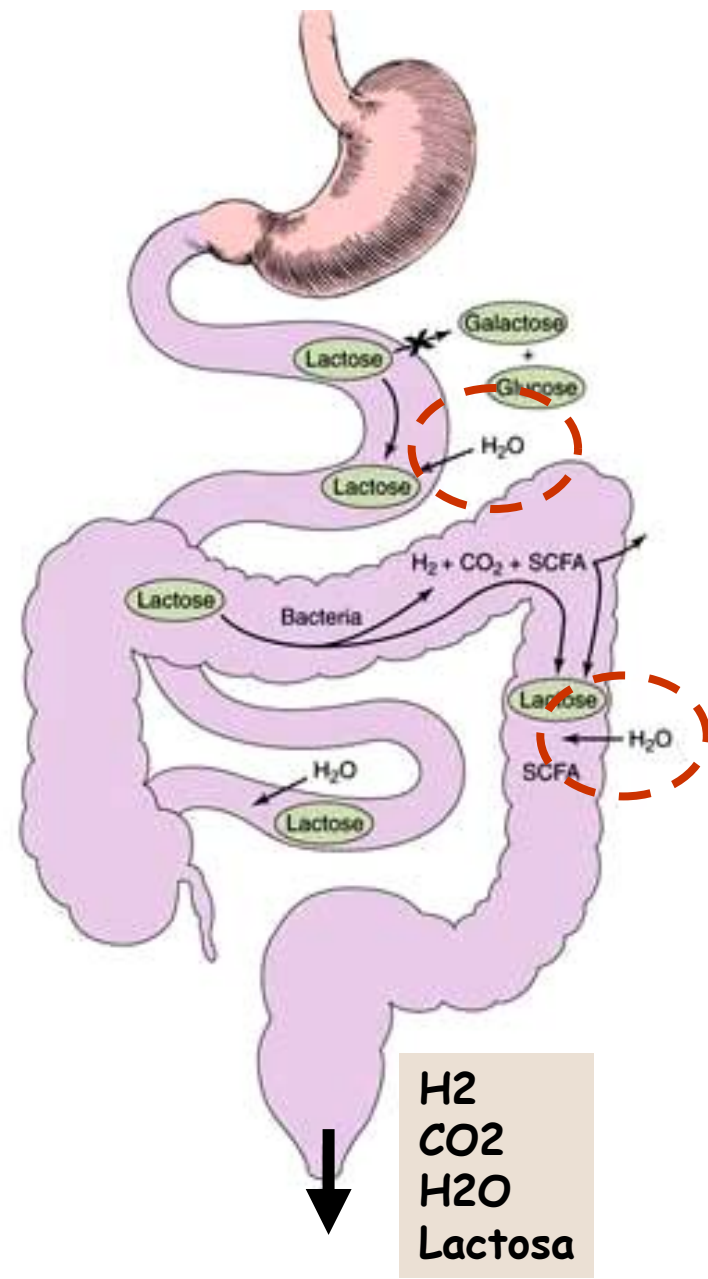
Aumento del número de partículas en la LUZ



Déficit de Lactasa

Diarrea Osmótica

- ### TRATAMIENTO
- Evitar lácteos
 - Tomar lactasa
 - Tomar yogourt

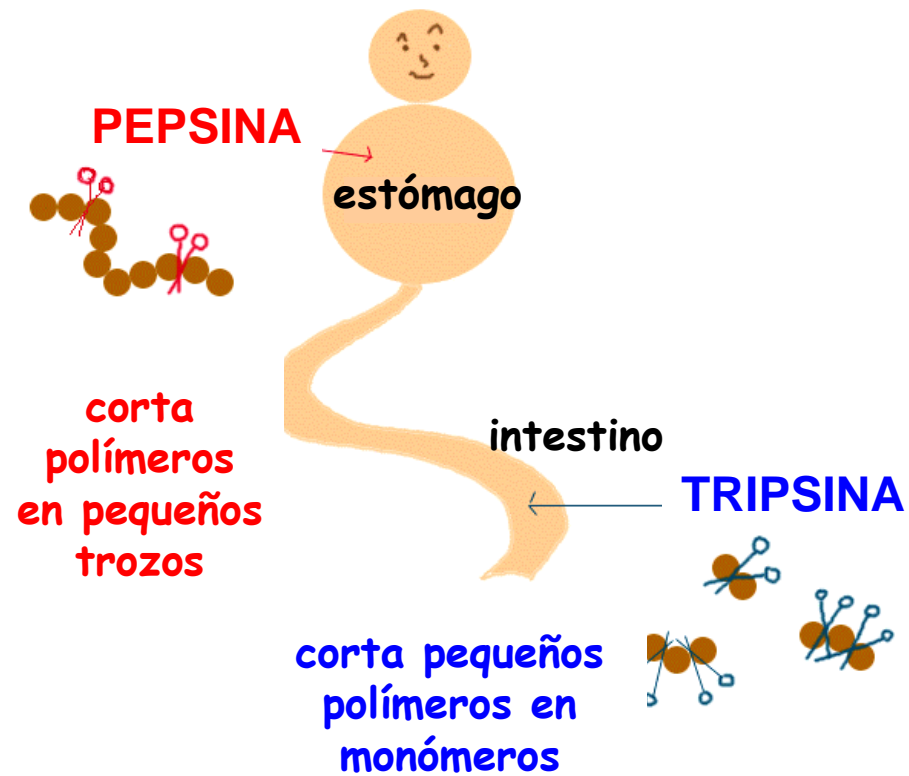


III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

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

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción de proteasas

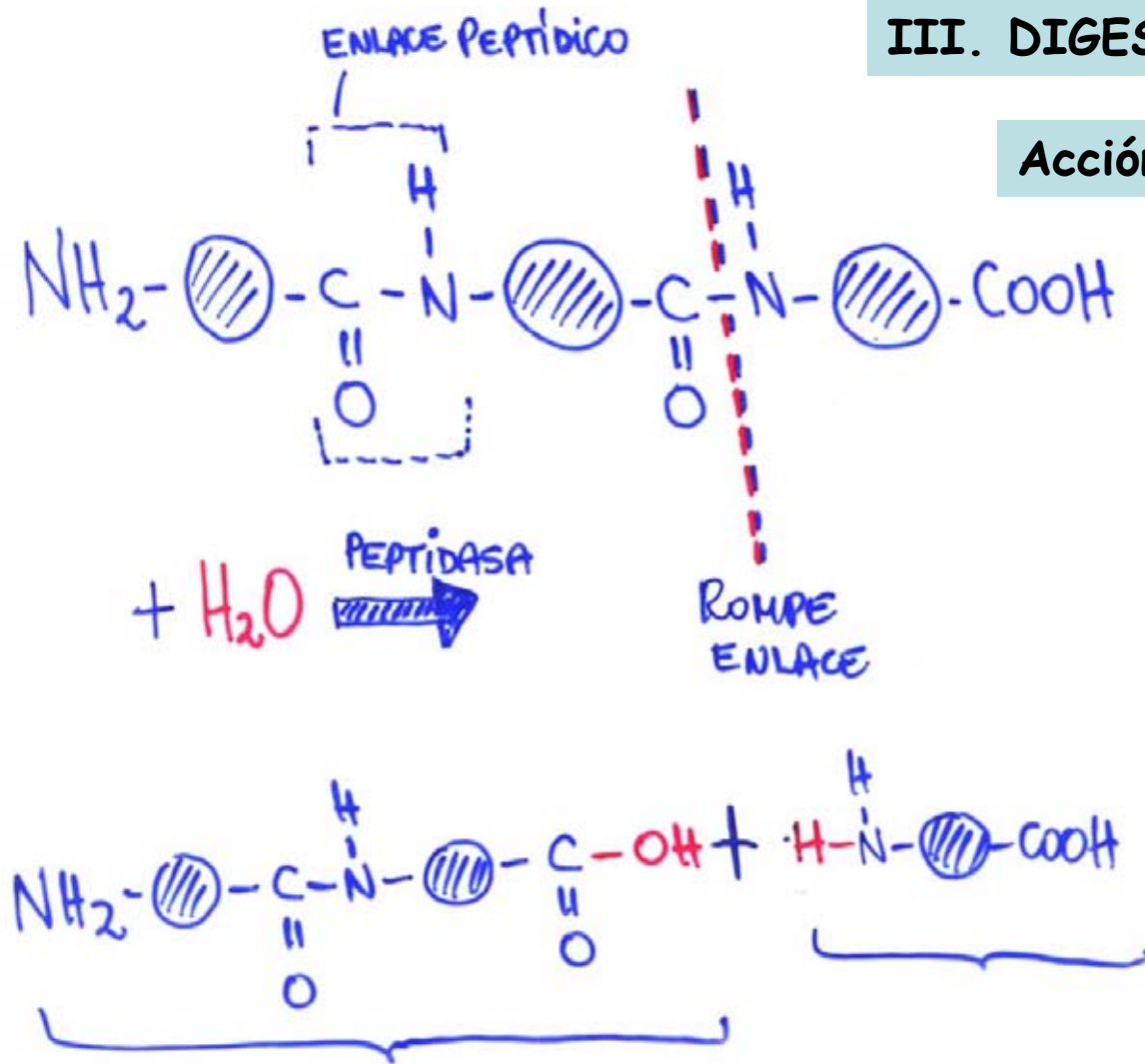


PROTEOLISIS:

eps

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

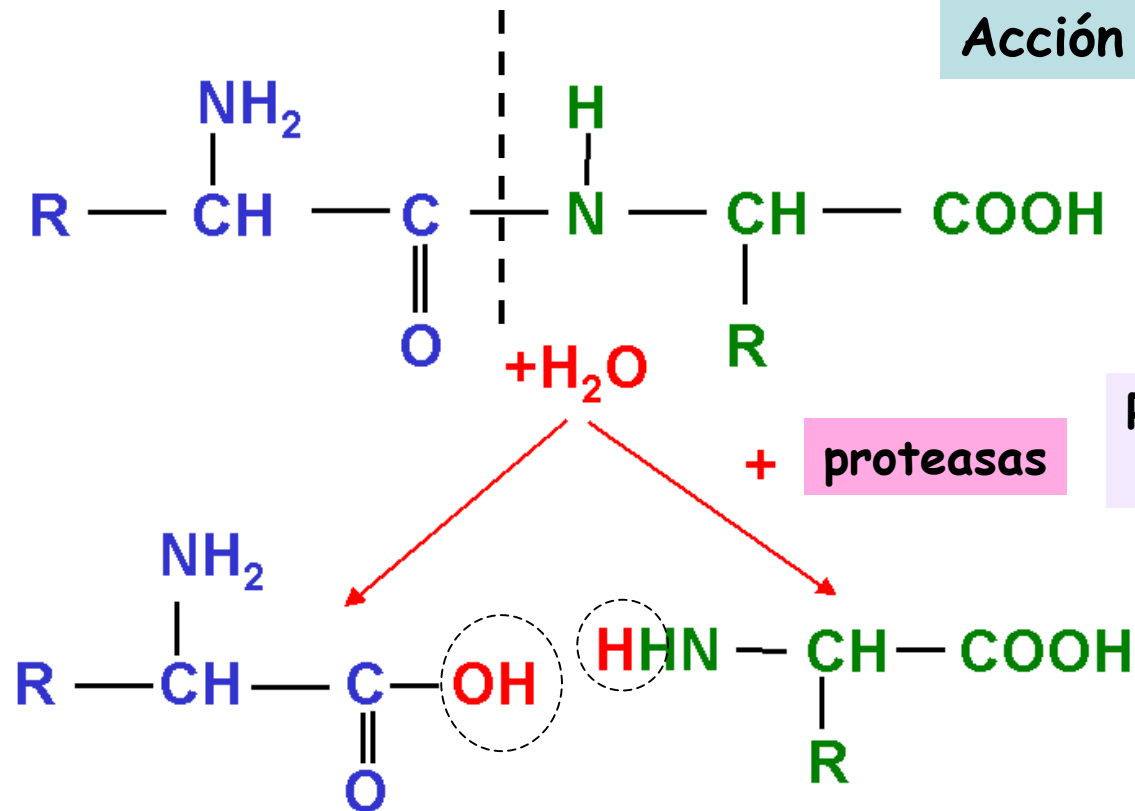
Acción de proteasas



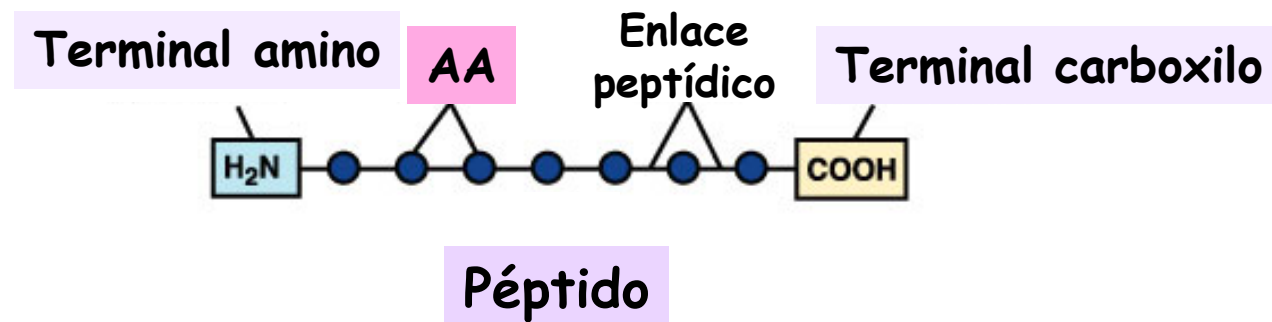


III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción de proteasas



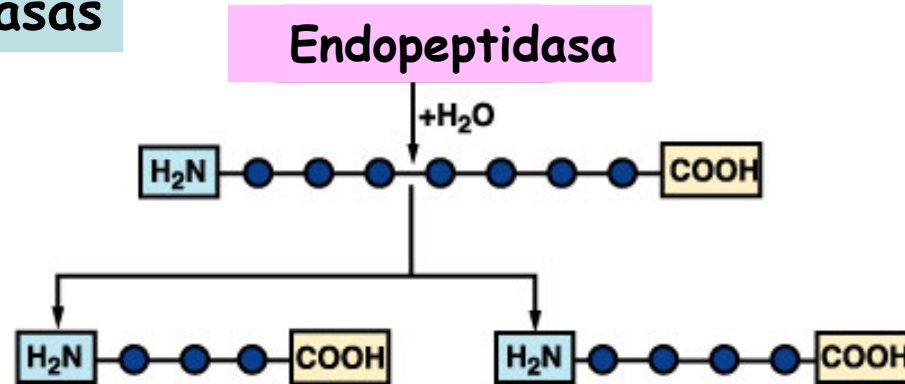
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Proteasas

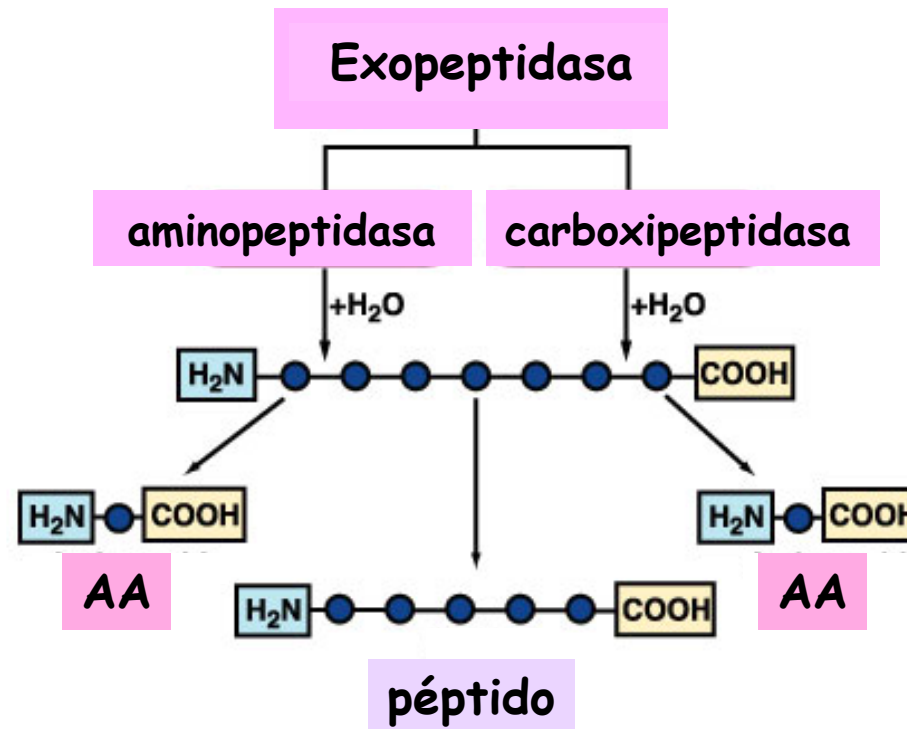
Exo y
endopeptidasas



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Proteasas

Exo y endopeptidasas



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Estómago

Proteasa Gástrica

PEPSINA

Forma inactiva pepsinógeno
secretado por C. Principales

Activación en pH ácido
Inactivación en pH alcalino

Endopeptidasa que hidroliza
enlaces con aa aromáticos

Productos

Polipéptidos de diverso
tamaño

Proteosas

Peptonas

Estímulo para CCK

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Intestino

Proteasas pancreáticas LUZ

Endopeptidasas

Tripsina hidroliza entre aa básicos

Quimiotripsina hidroliza entre aa aromáticos

Elastasa hidroliza 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

Intestino

Proteasas membrana apical enterocito (orla en cepillo)

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

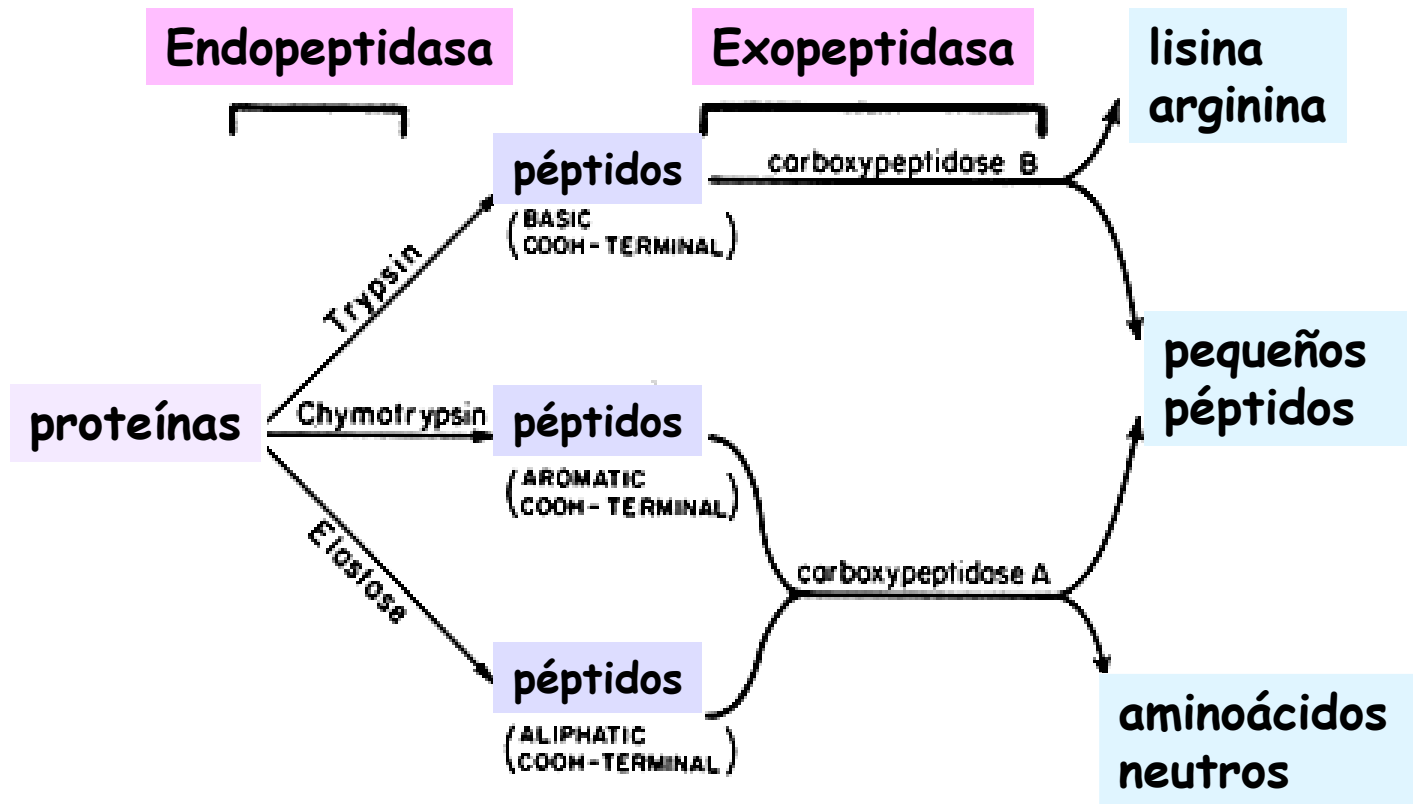
Productos

Tripéptidos
Dipéptidos
AA

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

LUZ INTESTINAL

Acción de proteasas pancreáticas



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Intestino

Proteasas intracelulares (enterocito)

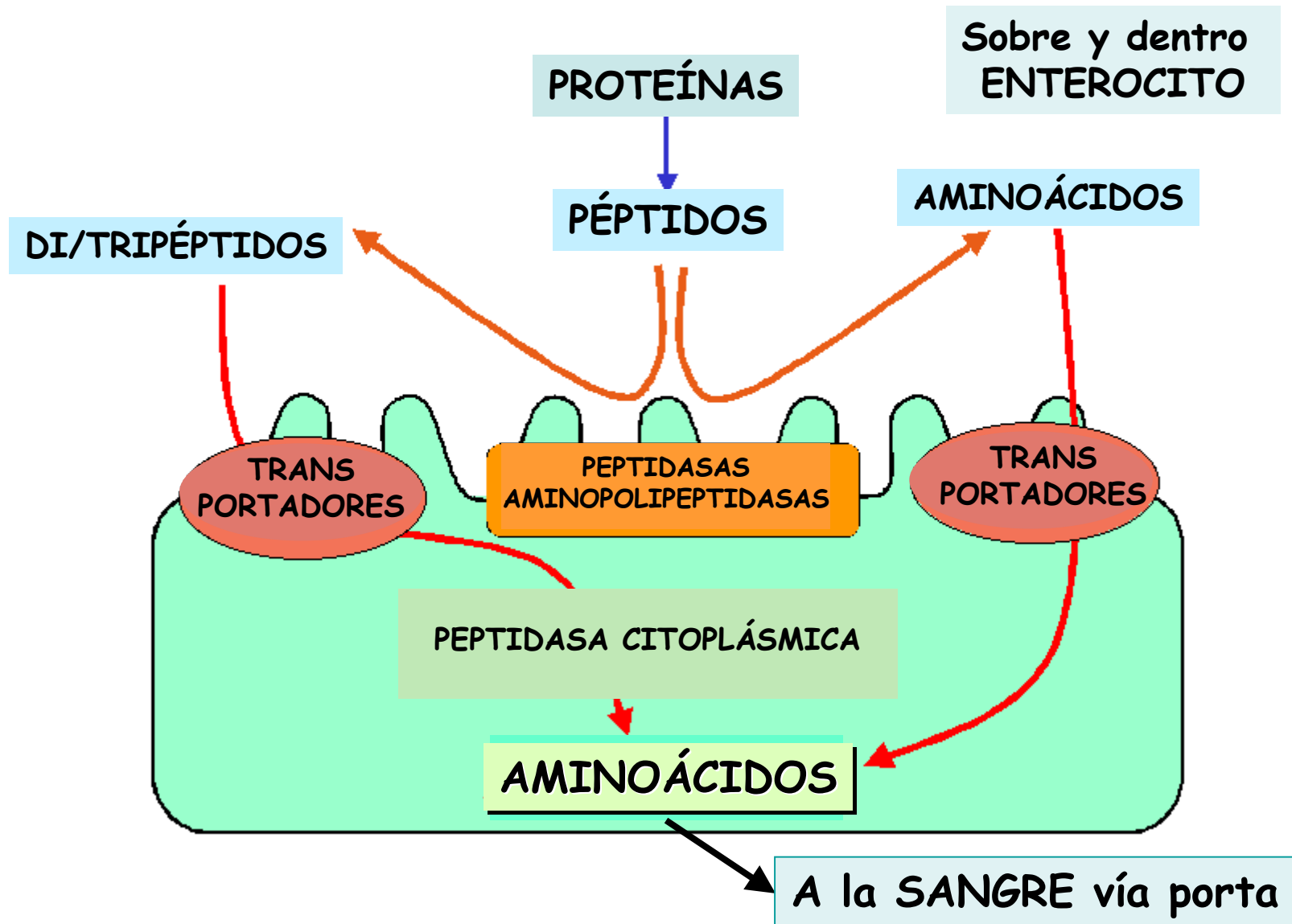
Peptidasas clivan
Di, Tri y Tetra péptidos
a **AMINOÁCIDOS**
productos finales de la digestión
de proteínas

Productos

AA

Los **AA** pasan a la **SANGRE** vía porta

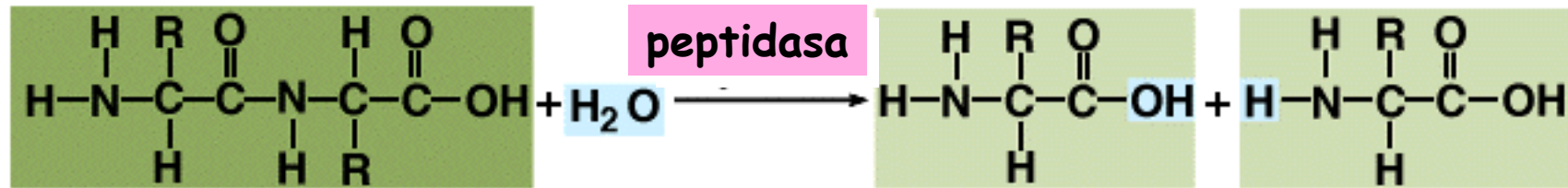
III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

Acción de dipeptidasas

Digestión de dipéptidos



Péptido + agua

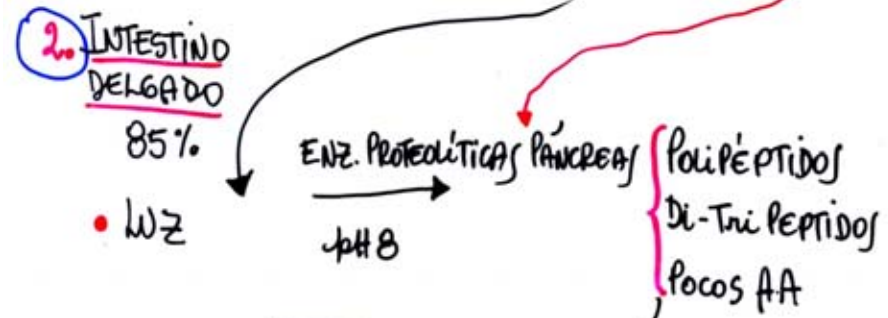
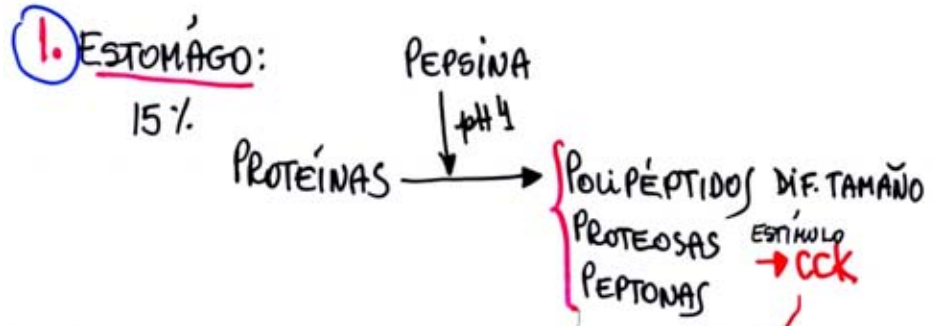
peptidasa

Aminoácido + aminoácido

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

PROTEASAS

Estómago



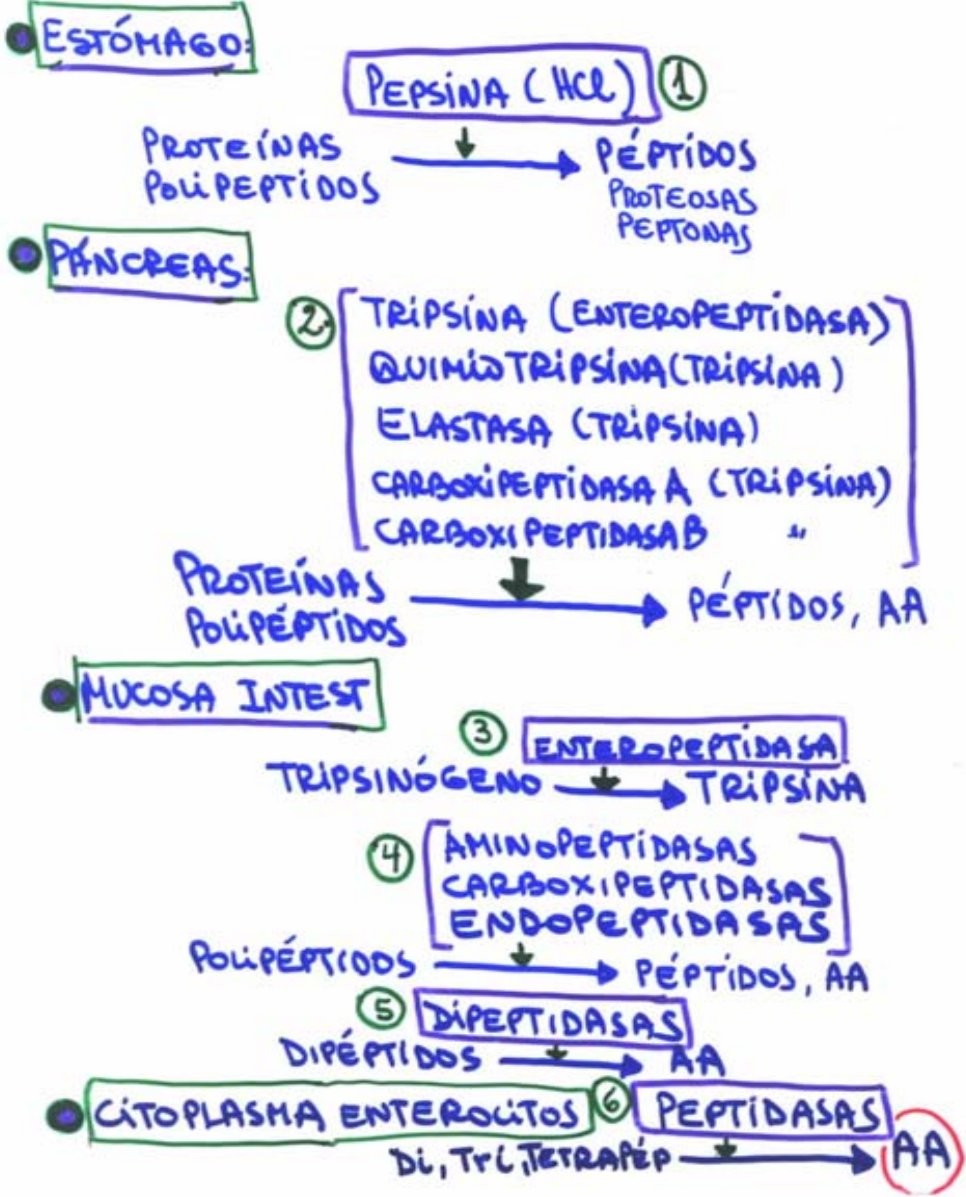
Intestino

Luz
Membrana enterocito
Intracelular

DIGESTIÓN DE PROTEÍNAS

eps

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS



III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

"CANIBALISMO"

¡ NOS COMEMOS A NOSOTROS MISMOS !

DE LAS PROTEÍNAS DIGERIDAS:

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

eps

III. DIGESTIÓN PROTEÍNAS

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

CREATORREA

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

IV. DIGESTIÓN GRASAS

1. Grasas de la dieta
2. Digestión de las grasas
 - * Emulsificación
 - * Hidrólisis
 - * Solubilización
3. Esteatorrea

IV. DIGESTIÓN GRASAS

DIETA
Grasas 25-30%

eps

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

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas de la dieta
25-30%

TRIGLICÉRIDOS

forma ingerida más abundante
forma principal de almacenamiento

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

IV. DIGESTIÓN GRASAS

Hidrólisis

* GRASAS

• Ac GRASOS + GLICEROL

↓ **CONDENSACIÓN** SÍNTESIS

TRIGLICÉRIDOS + H₂O

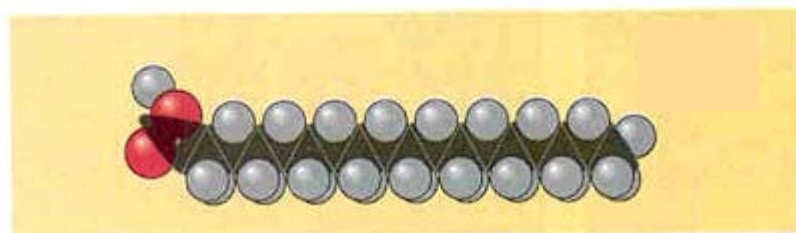
• TRIGLICÉRIDOS + H₂O

↓ **HIDROLISIS** DIGESTIÓN

Ac grasos + MONOGLICÉRIDOS + GLICEROL

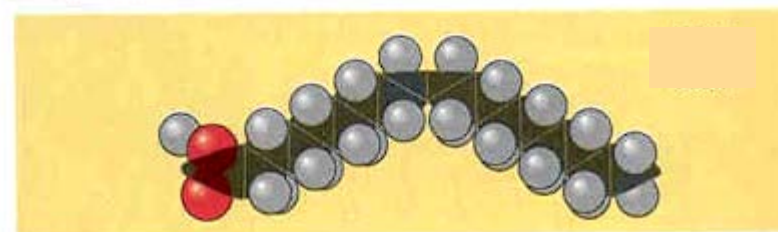
↓
↓
↓
ABSORCIÓN

GRASAS SATURADAS



ÁCIDO ESTEÁRICO
(saturado)

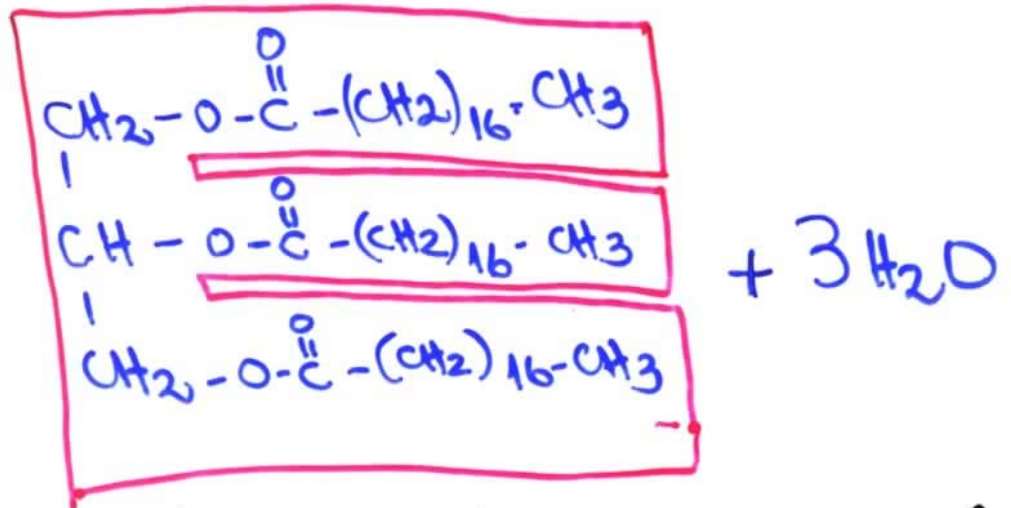
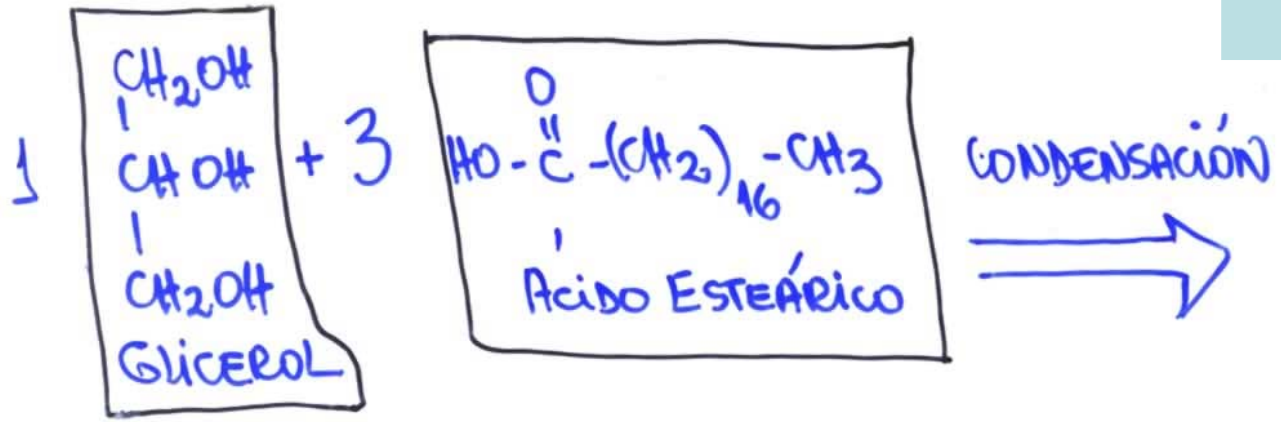
GRASAS INSATURADAS



ÁCIDO OLEICO
(insaturado)

IV. DIGESTIÓN de GRASAS

Síntesis



↓ TRIGLICÉRIDO

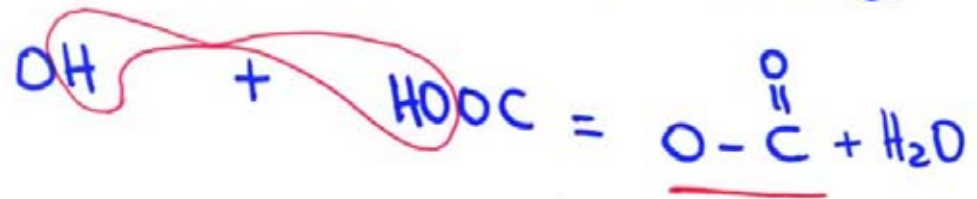
eps

IV. DIGESTIÓN GRASAS

4/5

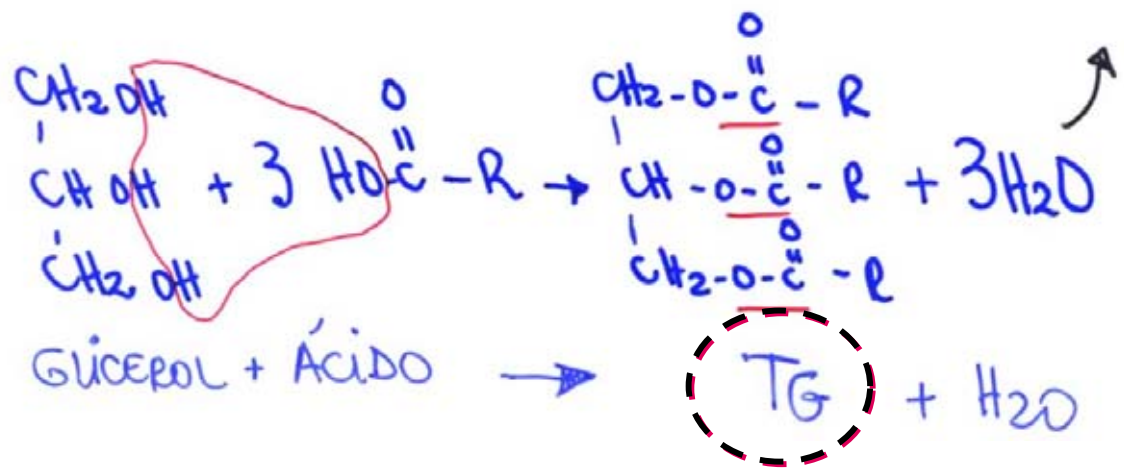
UNIÓN ÉSTER

alcohol + ácido = éster



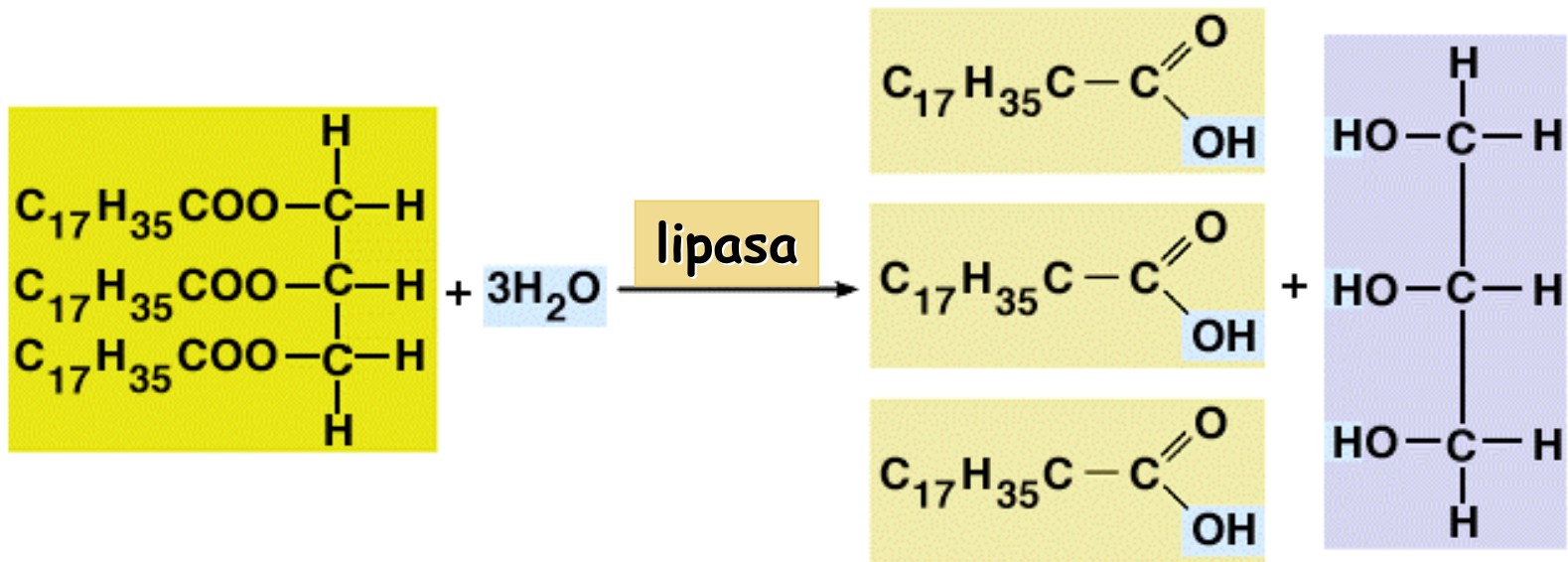
Síntesis

glicerol + ácido = TG



IV. DIGESTIÓN GRASAS

Hidrólisis

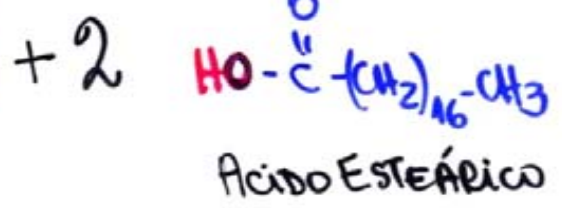
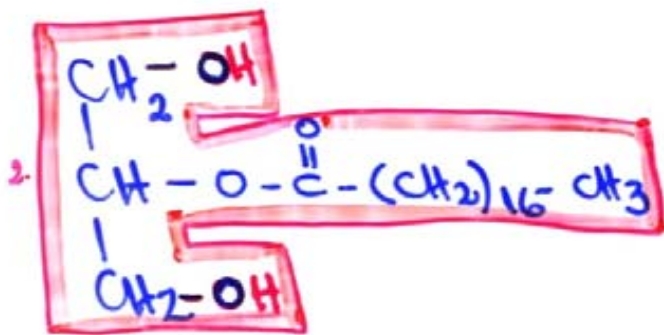
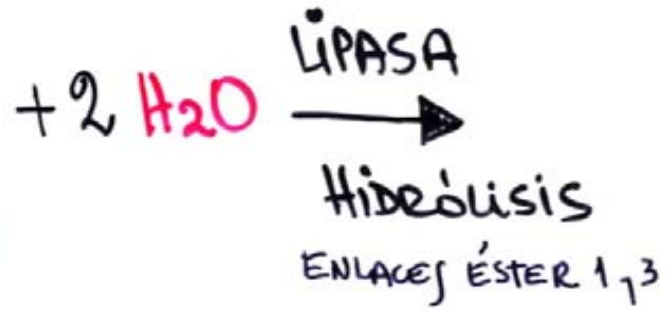
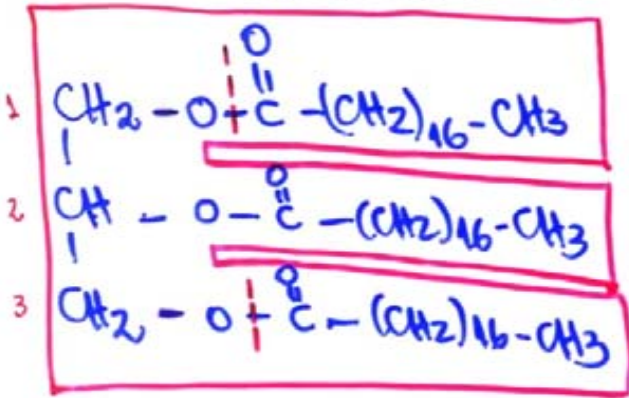


TG + 3 moléculas
AGUA

lipasa
→ 3 ÁCIDOS GRASOS + GLICEROL

IV. DIGESTIÓN GRASAS

TRIGLICÉRIDO (TG)



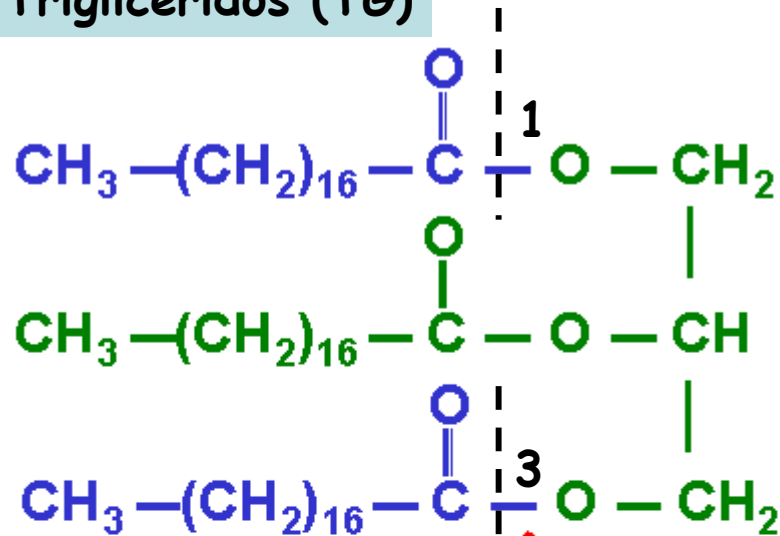
2-MONOGLICÉRIDO (2-MG)

q/s

1 MOLÉCULA

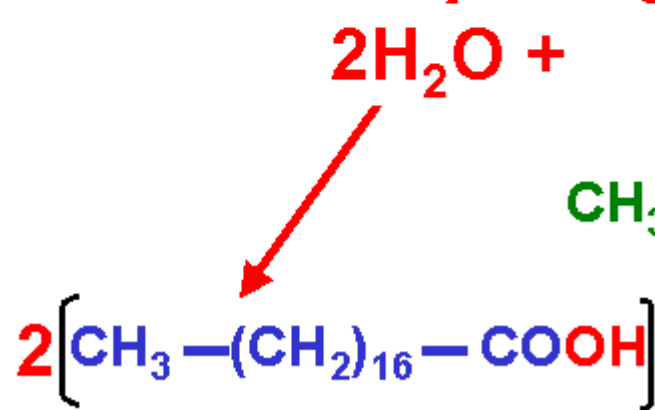
2 MOLÉCULAS DE AC. GRASOS LIBRES

Grasa neutra
Triglicéridos (TG)

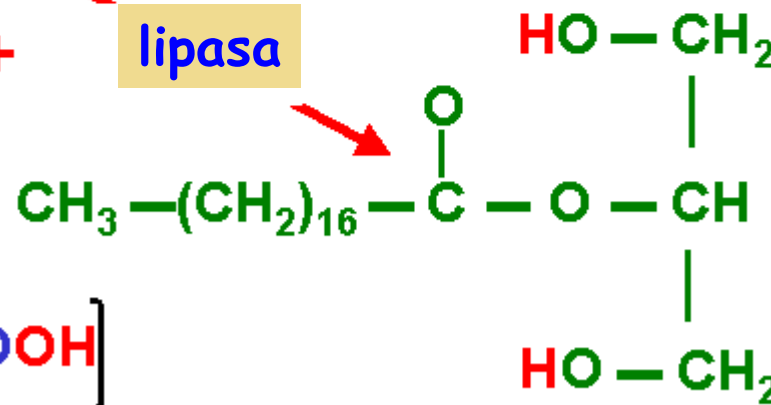


IV. DIGESTIÓN GRASAS

LIPASA rompe
enlaces éster 1 y 3



Ácidos grasos (2)



2-monoglicérido (2-MG) (1)

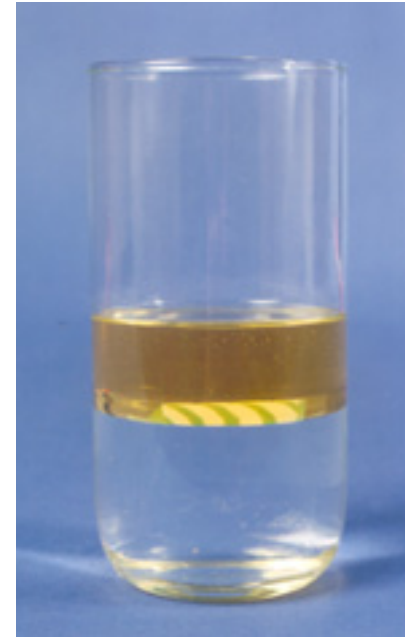
IV. DIGESTIÓN GRASAS

Grasas

No son solubles en agua
Su digestión y transporte ocurren en
medios acuosos:

- *Luz intestinal
- *Espacio intersticial
- *Medio intracelular

Las lipasas también son hidrosolubles

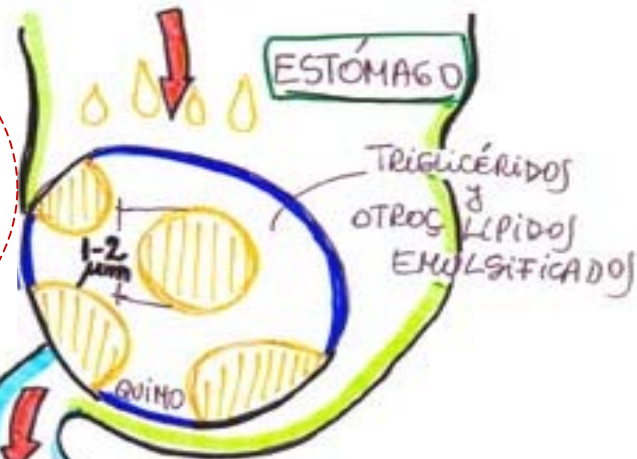


Por tanto,
Las GRASAS deben ser "tratadas"
previamente para digerirse y absorberse

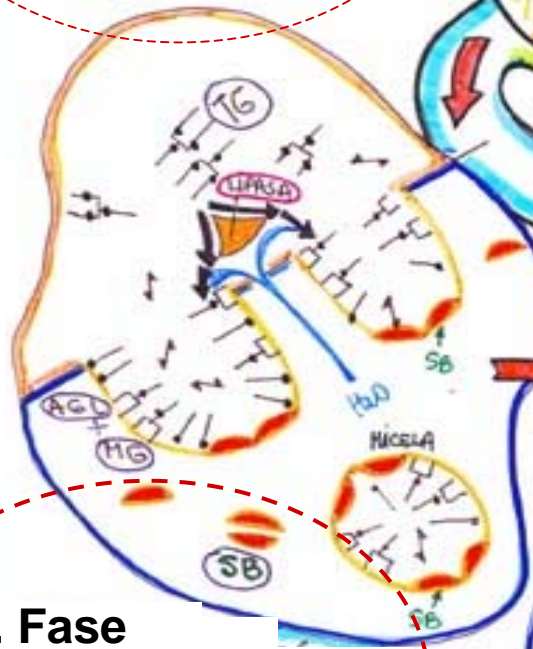


IV. DIGESTIÓN GRASAS

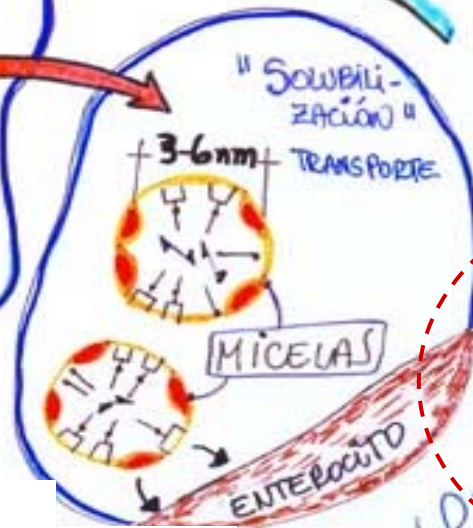
1. Fase EMULSIFICACIÓN



2. Fase HIDRÓLISIS



3. Fase SOLUBILIZACIÓN (MICELAS)



V. DIGESTIÓN GRASAS

"Tratamiento"
para 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

FASE Emulsificación

¿CÓMO se hace una "vinagreta"?



IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Emulsificación

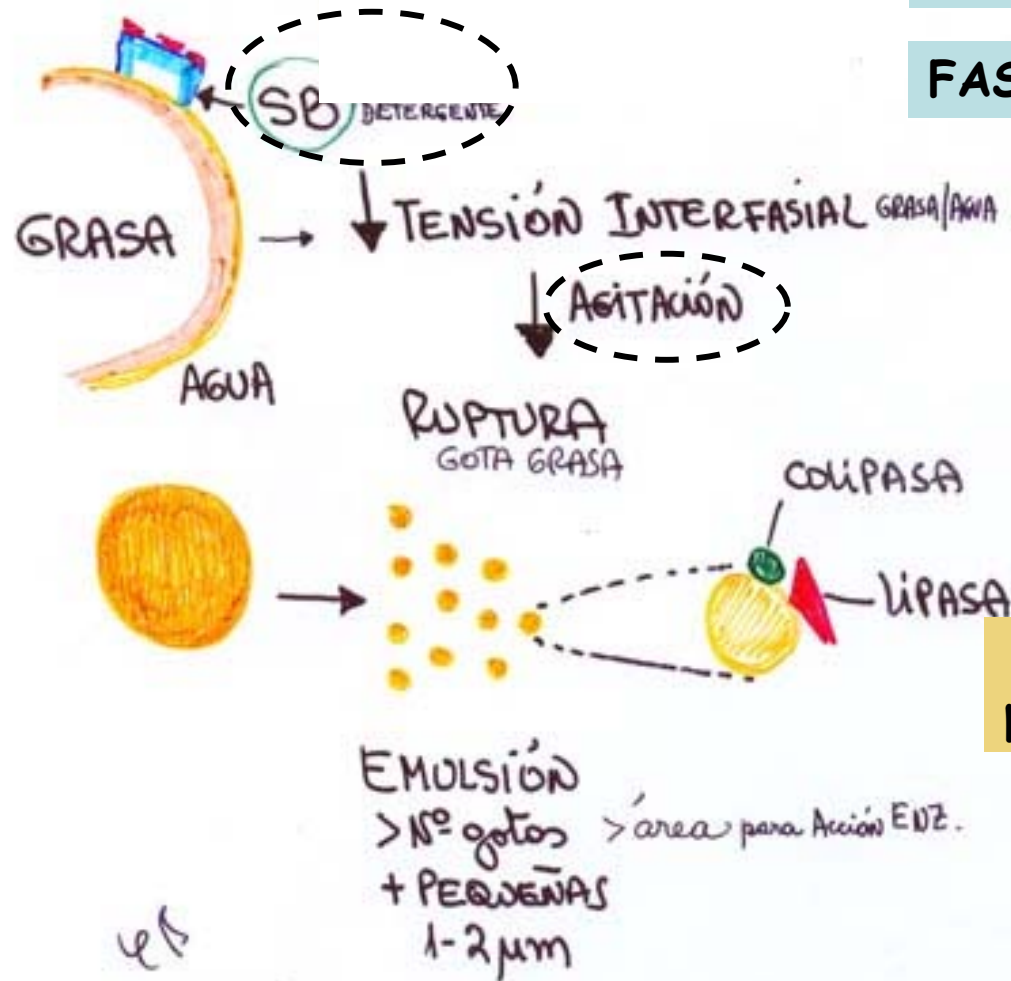
"CORTAR la grasa" con
detergente

"vinagreta" con vinagre o limón
se emulsifica el aceite



IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Emulsificación



Un glóbulo de grasa pasa a muchas gotitas

Aumenta el ÁREA para acción enzimática

IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Emulsificación

IMPORTANCIA DE EMULSIFICACIÓN DE LAS GRASAS

Más fácil acceso y acción de LIPASAS
hidrosolubles



IV. DIGESTIÓN GRASAS

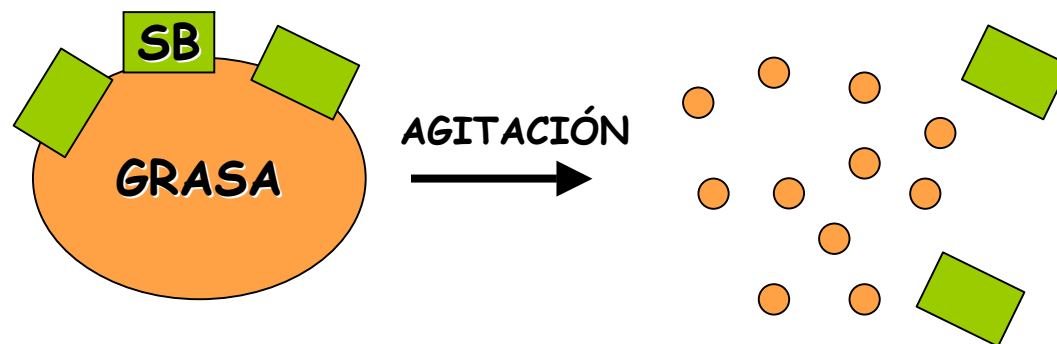
FASE Emulsificación

SB y **Lecitina** son moléculas anfipáticas

Las porciones **APOLARES** se disuelven en la superficie del glóbulo de grasa

Las **POLARES** se proyectan hacia fuera

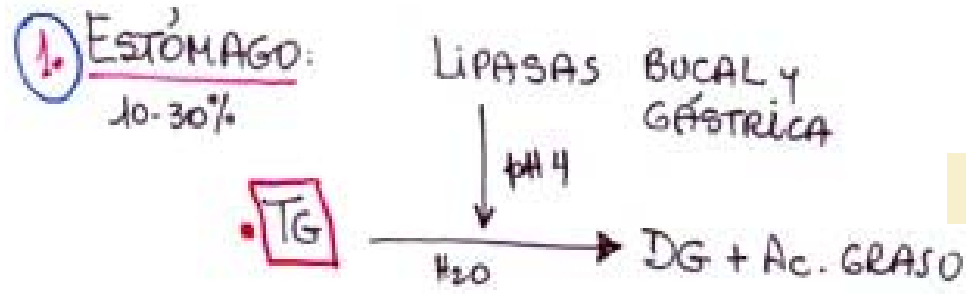
Disminuye la tensión entre fase agua/grasa, se rompe el glóbulo con **AGITACIÓN** (mov. mezcla estómago y duodeno)



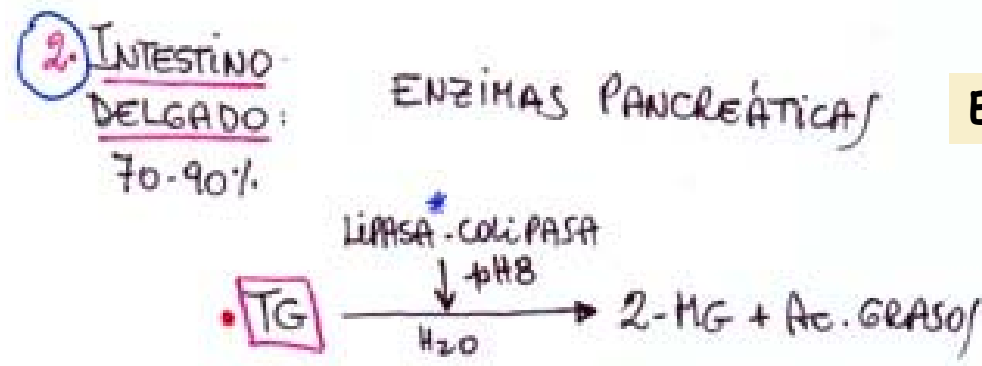
IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Hidrólisis

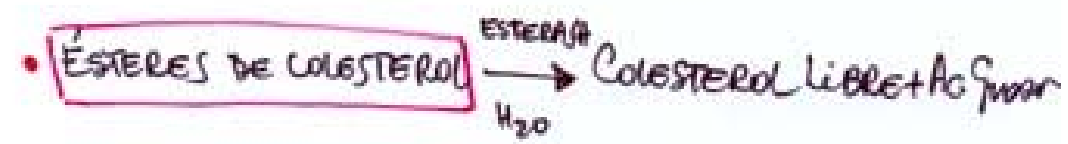
Emulsión y digestión iniciales



Emulsión y digestión apropiadas



Hidrólisis enlaces éster 1 y 3



* Inhibidor LIPASA PANCREÁTICA ORLISTAT[®]
TRAT. O BESA DAD

IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Hidrólisis

**Lipasa pancreática
dependiente de SB**

Pequeño porcentaje

Menos activa

Pero cataliza hidrólisis de:

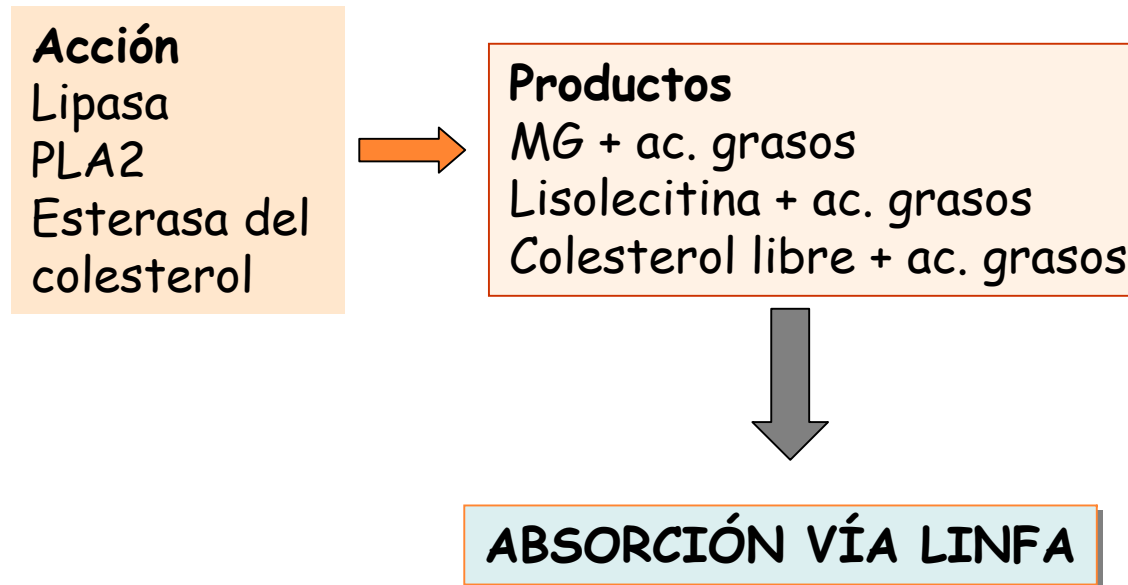
TG

Ésteres del colesterol

Fosfolípidos

IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Hidrólisis



IV. DIGESTIÓN GRASAS

ACIDOS GRASOS

Presentes en pequeñas cantidades en tej. animales y vegetales
Son los ladrillos para los lípidos complejos

Ac. Grasos de cadena larga

Ej. Ácido esteárico

14-22 átomos de C

Varían en la posición de enlaces dobles o insaturados

Ac. Grasos cadena corta

Ej. Ácido acético, butírico, propiónico

Pequeños de 2-4 átomos de C

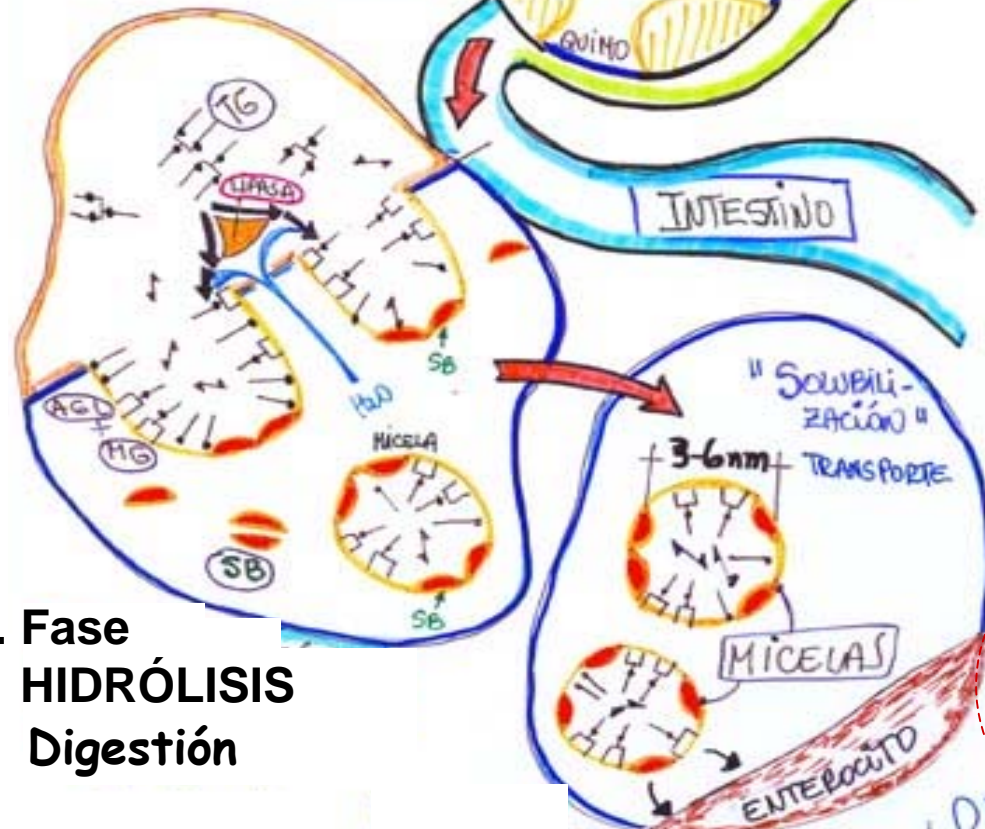
Muy importantes en metabolismo intermediario y en FERMENTACIÓN bacteriana

IV. DIGESTIÓN GRASAS

1. Fase EMULSIFICACIÓN

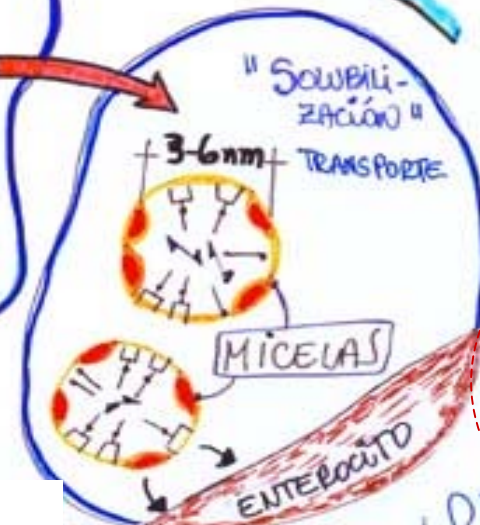


2. Fase HIDRÓLISIS Digestión



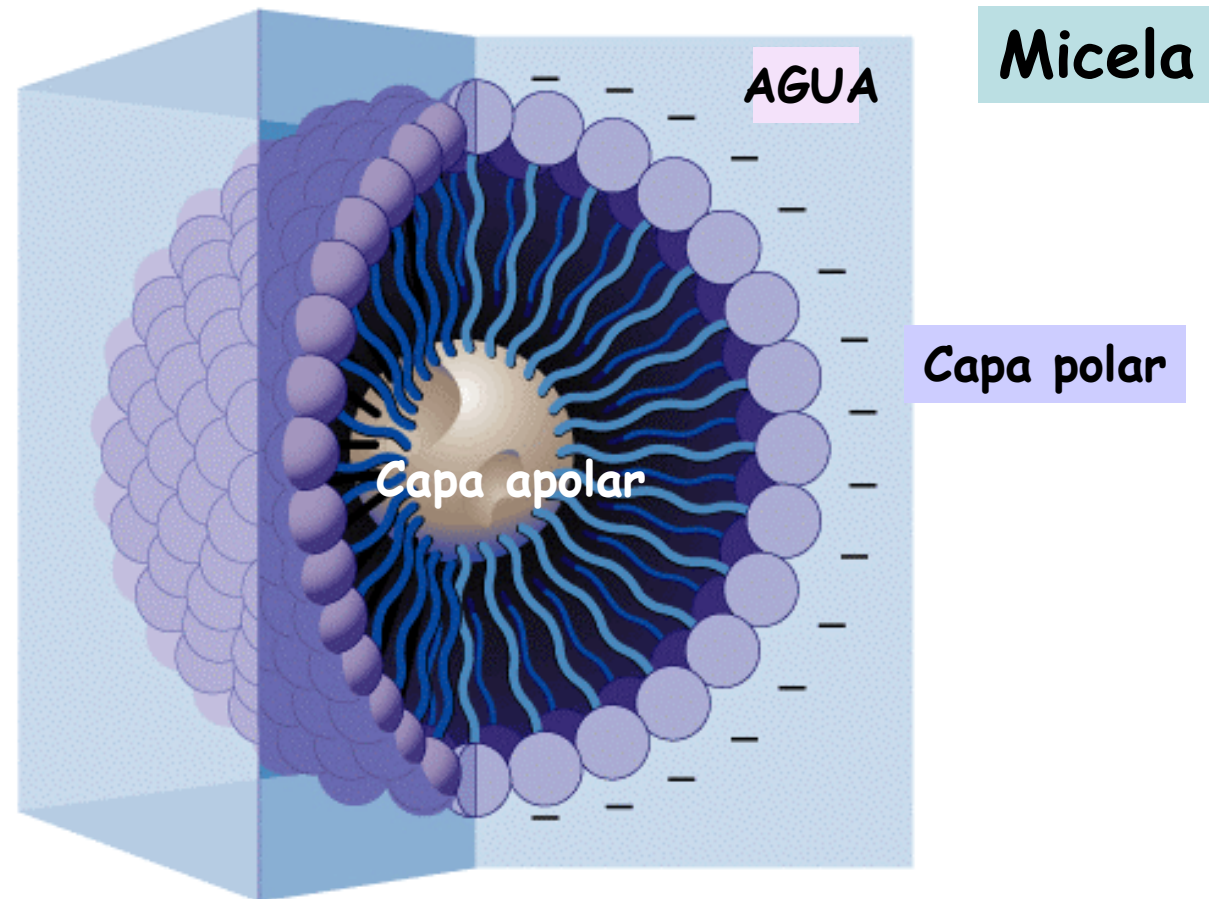
Transporte

3. Fase SOLUBILIZACIÓN (MICELAS)



IV. DIGESTIÓN GRASAS

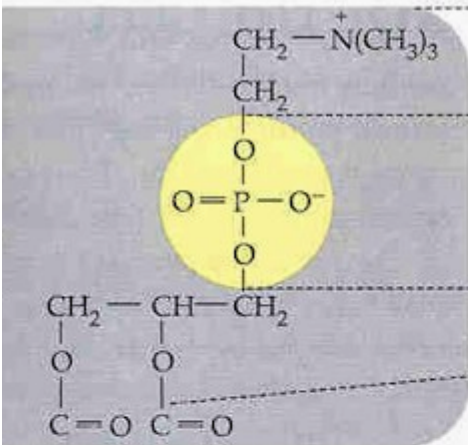
FASE Solubilización



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

IV. DIGESTIÓN DE GRASAS

Fórmula estructural



Cabeza hidrofílica

COLINA

FOSFATO

GLICEROL

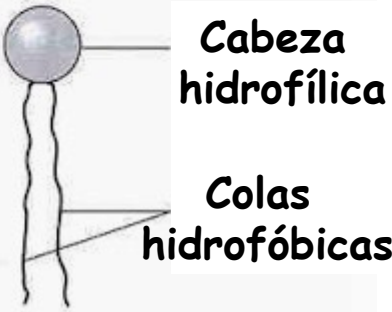
FOSFATIDILCOLINA
O
LECITINA

Modelo 3D

Colas hidrofóbicas

ÁCIDOS GRASOS

Símbolo fosfolípido



IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Solubilización

Las **SB** al alcanzar una "concentración micelar crítica" espontáneamente forman **MICELAS**

Esferas de 3-6 nm

Parte POLAR hidrosoluble afuera con grasas anfipáticas:

MG, fosfolípidos junto a SB

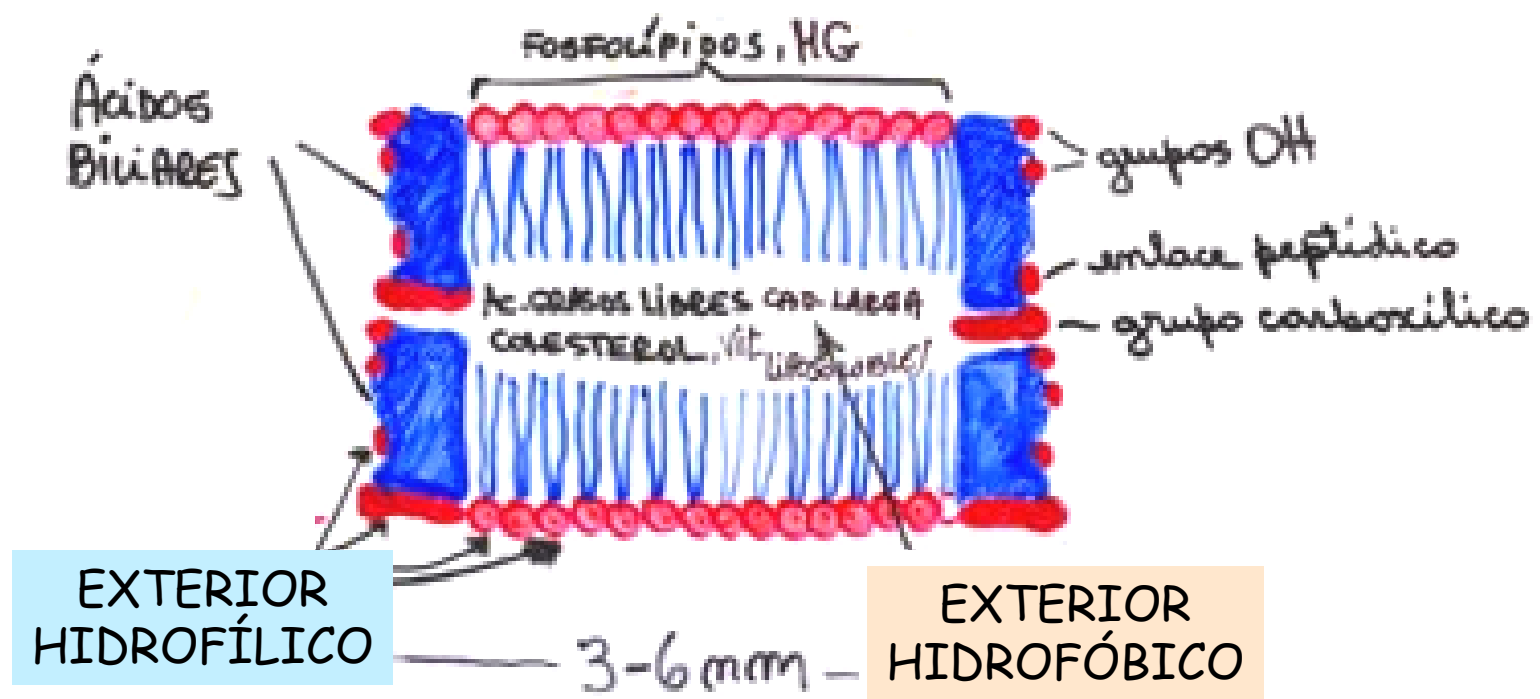
Parte APOLAR liposoluble adentro con grasas disueltas:

Colesterol, ácidos grasos cadena larga y vitaminas liposolubles

IV. DIGESTIÓN de GRASAS

3. FASE Solubilización

MICELA MIXTA SB-GRASA



IV. DIGESTIÓN GRASAS

FASE Solubilización

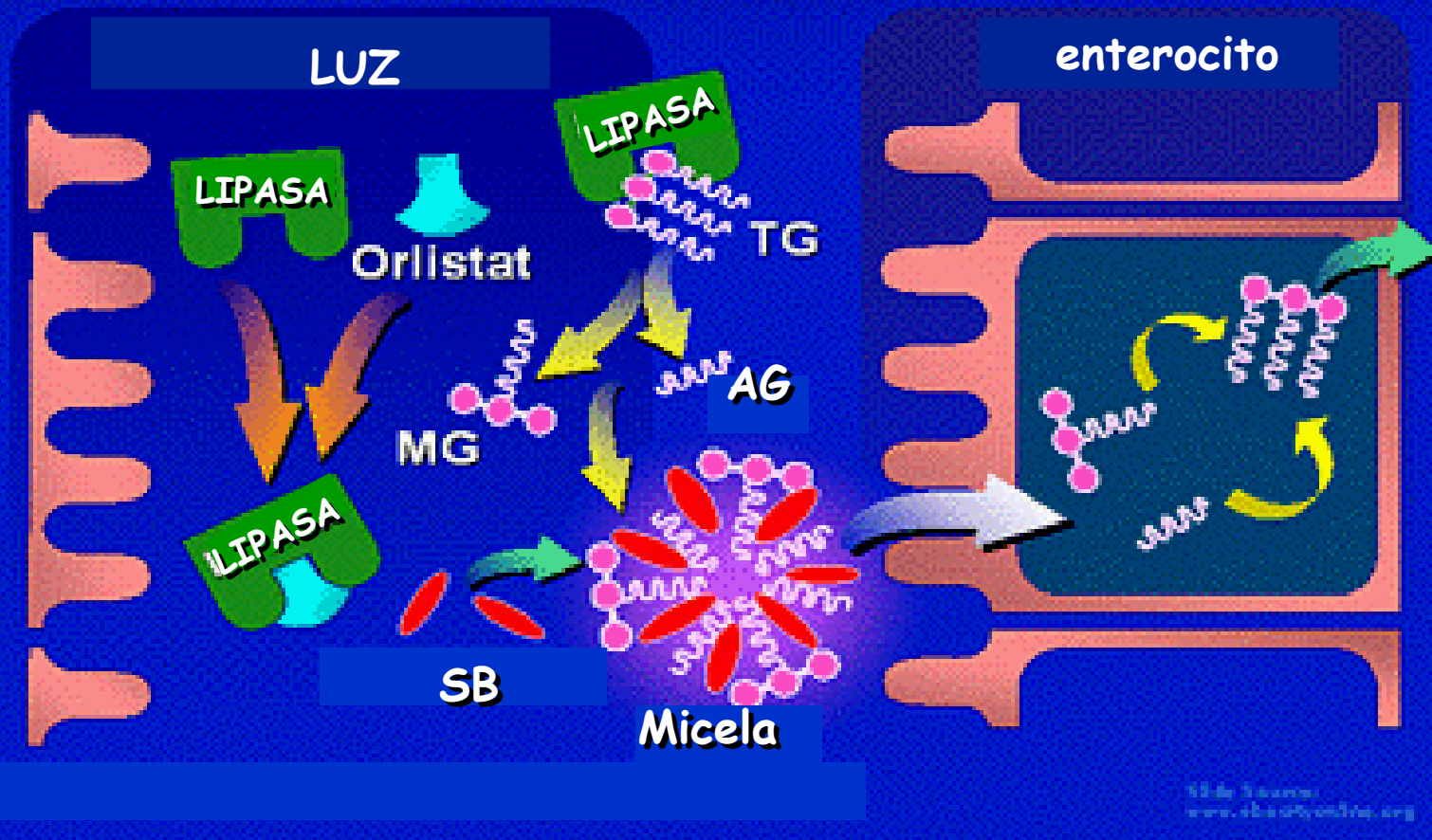
La acción de la LIPASA es **REVERSIBLE**
Hidrólisis y esterificación simultánea



Las MICELAS de SB impiden la reesterificación antes de la absorción

Las grasas se van DIGIRIENDO e incorporando a las micelas!

ORLISTAT evita la digestión de grasas por enlazarse a LIPASAS



IV. DIGESTIÓN GRASAS

TG
ÉSTERES de COLESTEROL
FOSFOLÍPIDOS :

HIDRÓLISIS +
SOLUBILIZACIÓN

No todas
las grasas necesitan
las 3 fases!!

ÉSTERES AC GRASOS CADENA CORTA :

HIDRÓLISIS

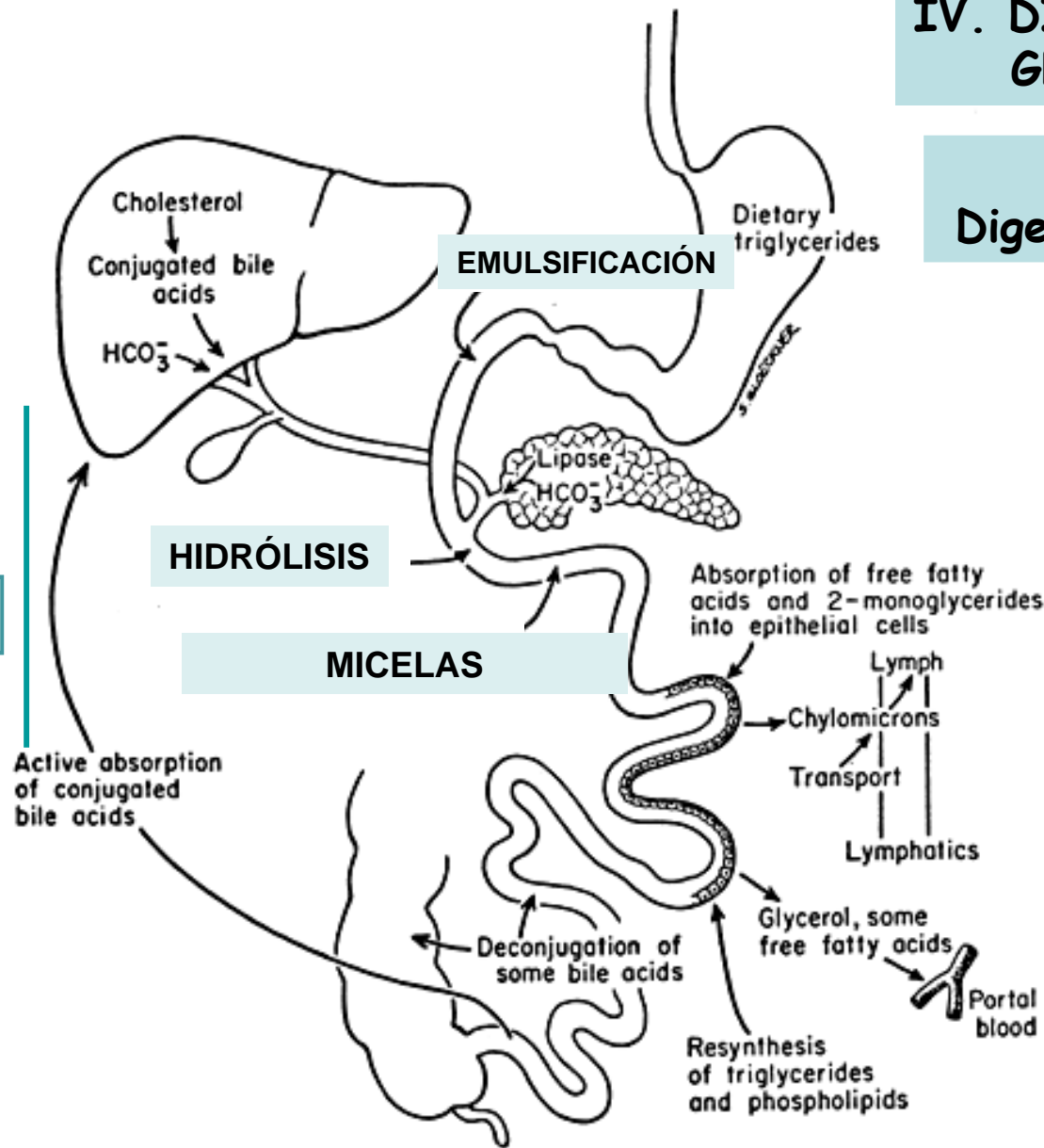
COLESTEROL
VITAMINAS LIPOSOLUBLES :

SOLUBILIZACIÓN

IV. DIGESTIÓN de GRASAS

Resumen Digestión-Absorción

DIGESTIÓN



ABSORCIÓN

Difusión pasiva

IV. DIGESTIÓN GRASAS

ESTEATORREA

>5% grasa en HECES (flotan en agua)
¿Por qué?

* 1. INSUFICIENCIA PANCREÁTICA

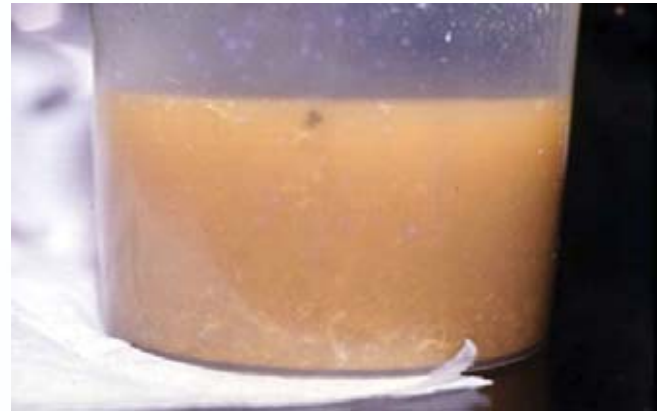
Faltan ENZIMAS
pH NO ALCALINO

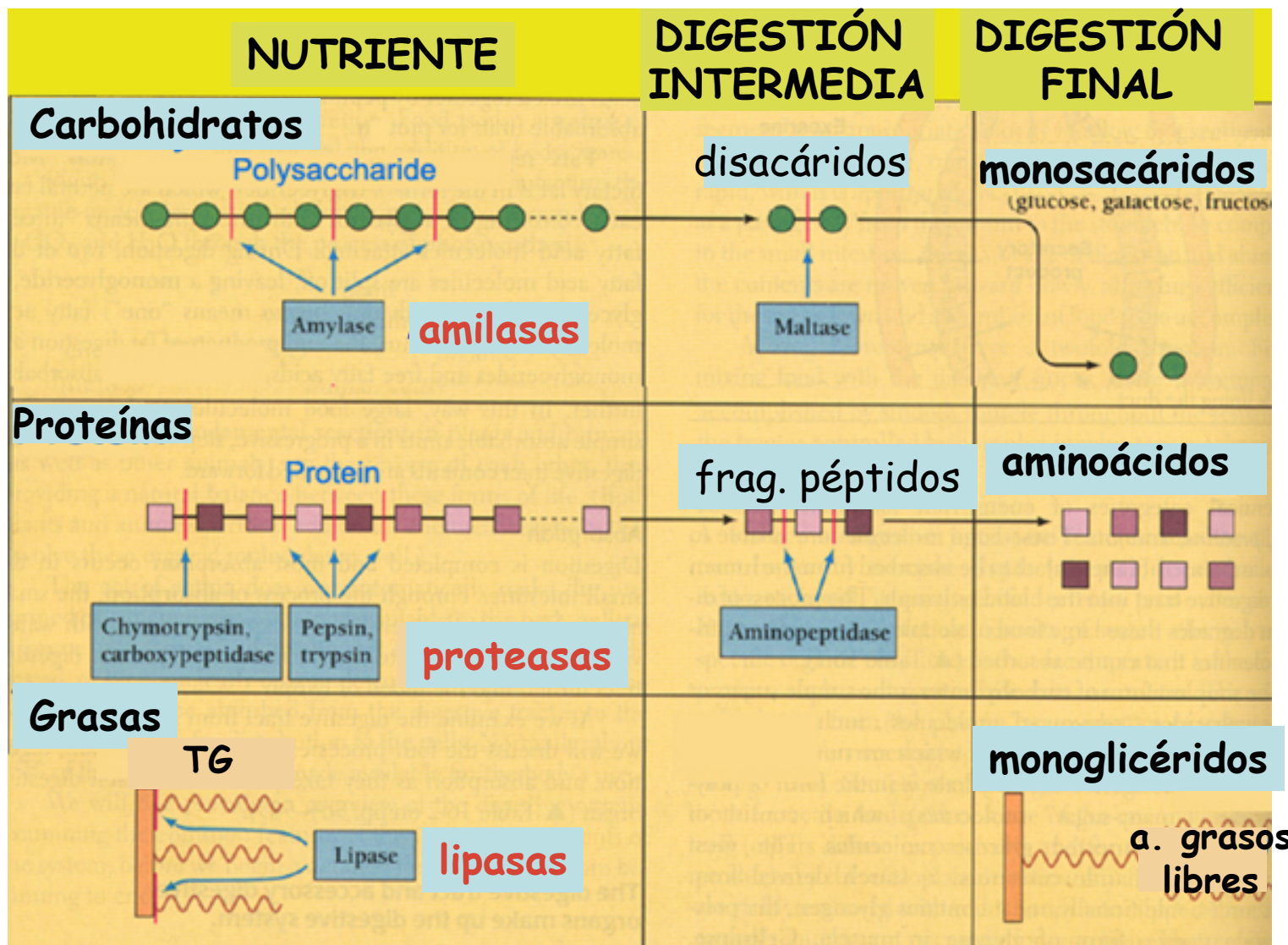
* 2. INSUFICIENCIA BILIAR

Faltan SALES BILIARES
OBSTRUCCIÓN flujo BILIS
DEFECTO REABSORCIÓN ILEON

* 3. LESIÓN ENTEROCITO

- MALABSORCIÓN -





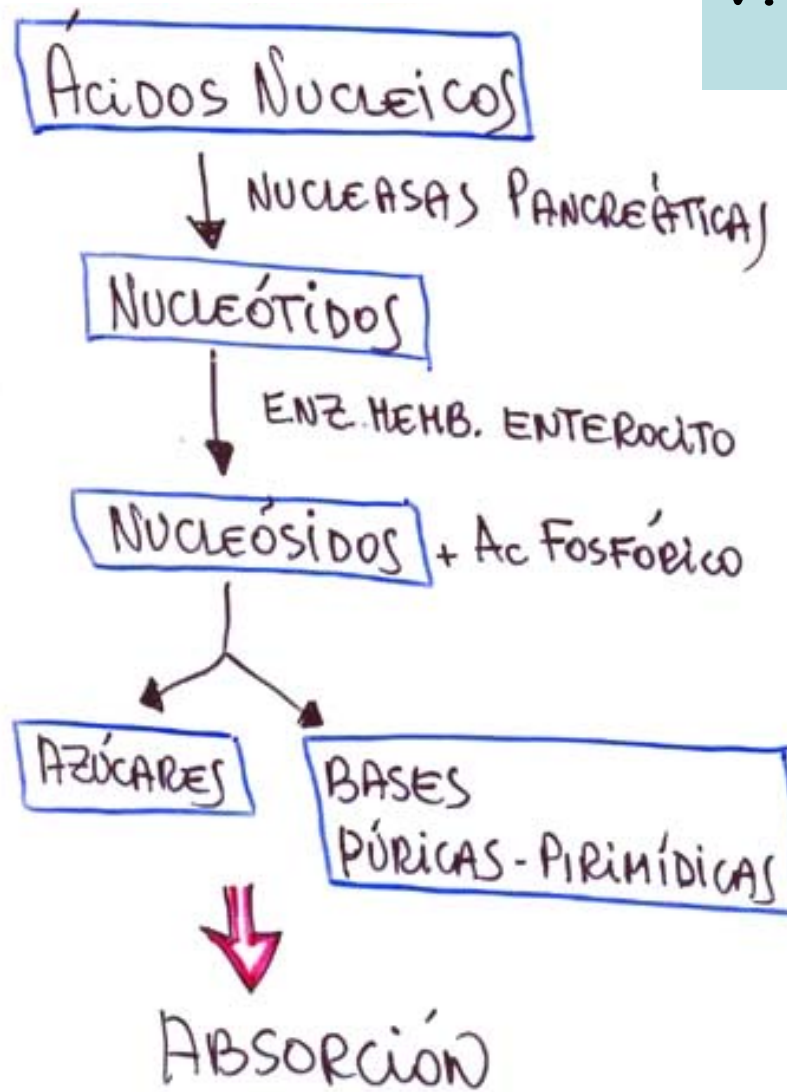


DIGESTIÓN NUTRIENTES

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

es.

V. DIGESTIÓN ÁCIDOS NUCLEICOS



es