

**FISIOLOGIA MEDICINA**

**FISIOLOGÍA**  
**DEL**  
**APARATO DIGESTIVO**

**2009**

**Ximena Páez**

# Aparato Digestivo

## TEMA 1

I. INTRODUCCIÓN

II. MORFOLOGÍA

III. MOTILIDAD

IV. SECRECIÓN

V. CIRCULACIÓN

VI. REGULACIÓN



¿ Por qué tenemos que comer?

# I. INTRODUCCIÓN

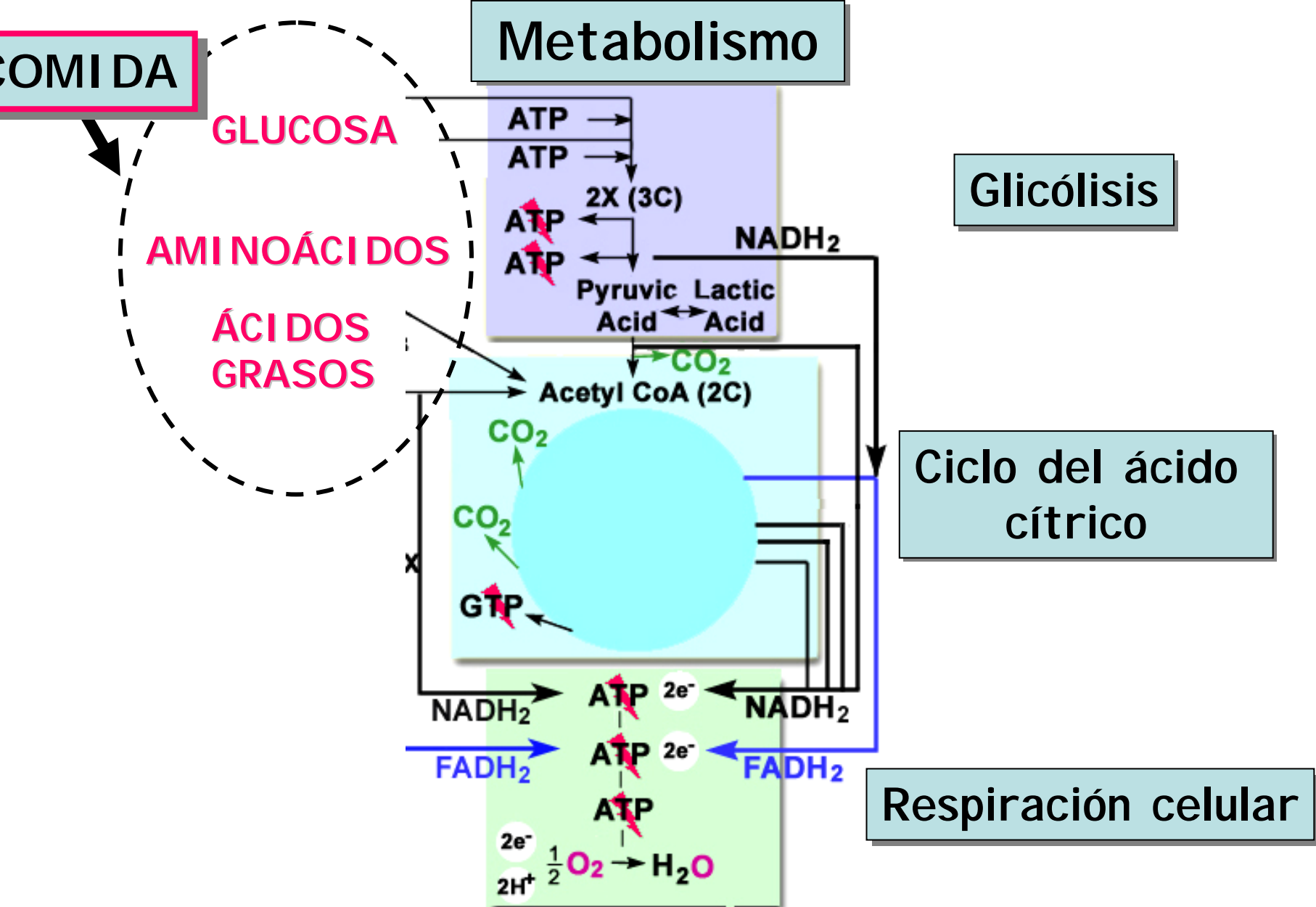
El cuerpo necesita  
**ENERGÍA**  
para sobrevivir

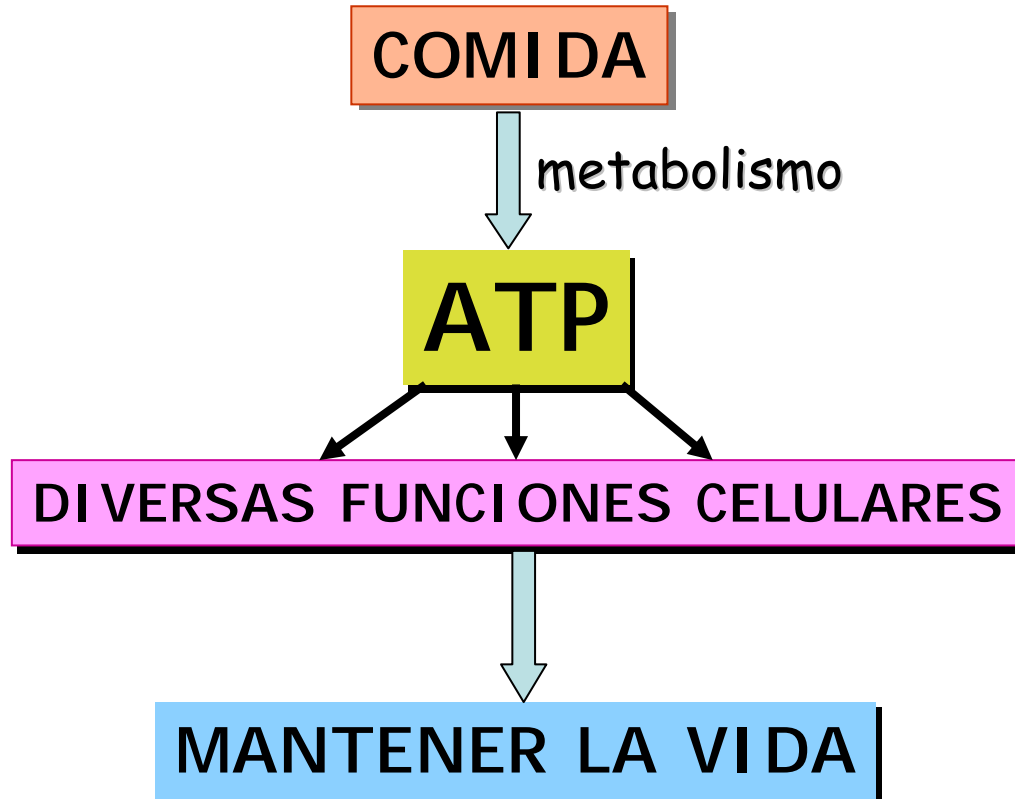


La energía se obtiene de los  
**ALIMENTOS**



Los alimentos tienen que ser  
**INGERIDOS,  
DIGERIDOS Y ASIMILADOS**





¿Cómo se **transforman** los  
alimentos ingeridos en  
elementos que se utilicen en  
metabolismo para obtener  
energía?

# I. INTRODUCCIÓN

## APARATO DIGESTIVO

¿En QUÉ consiste?

¿QUÉ hace?

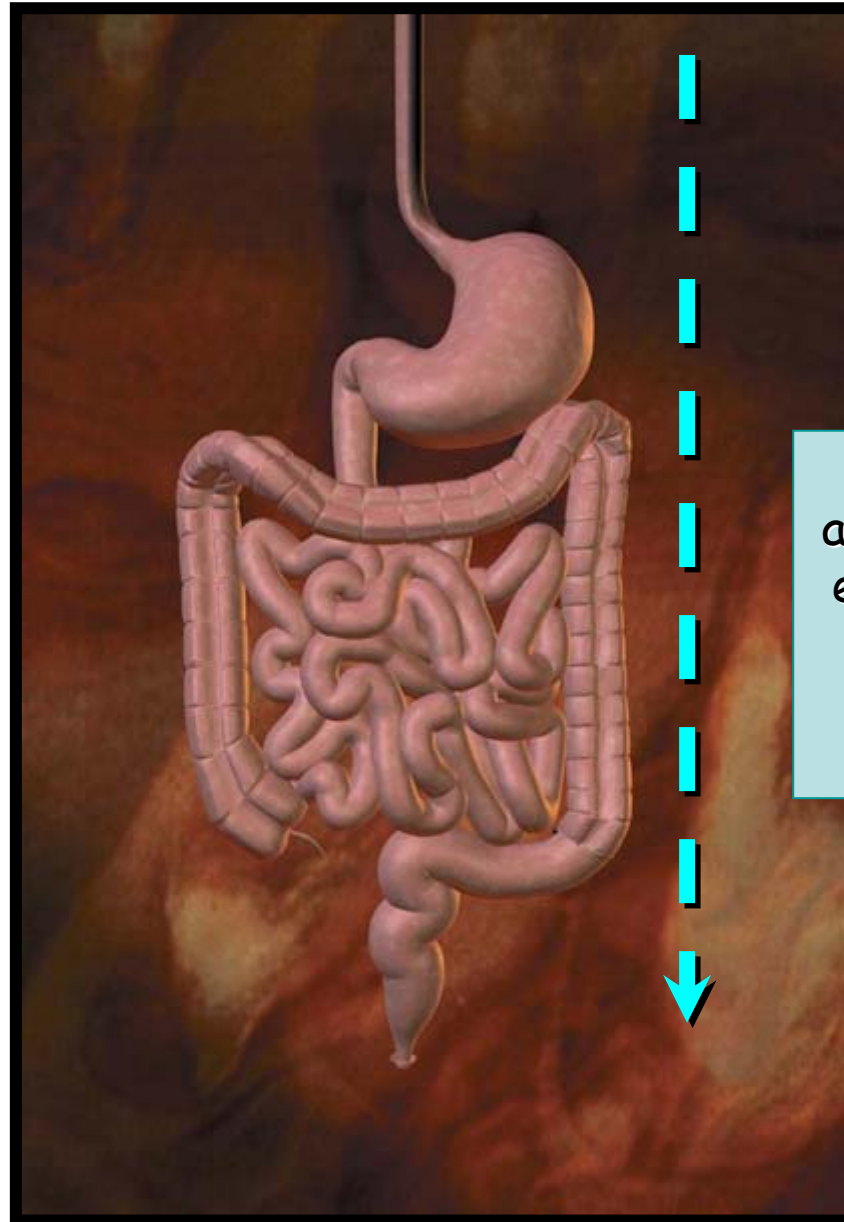
¿QUÉ entra y QUÉ sale?

¿CÓMO hace esto?



¿En QUÉ consiste?

**TUBO**  
**BOCA - ANO**  
una sola vía  
a lo largo del  
cuerpo



Flujo  
altamente  
eficiente  
en un  
sólo  
sentido

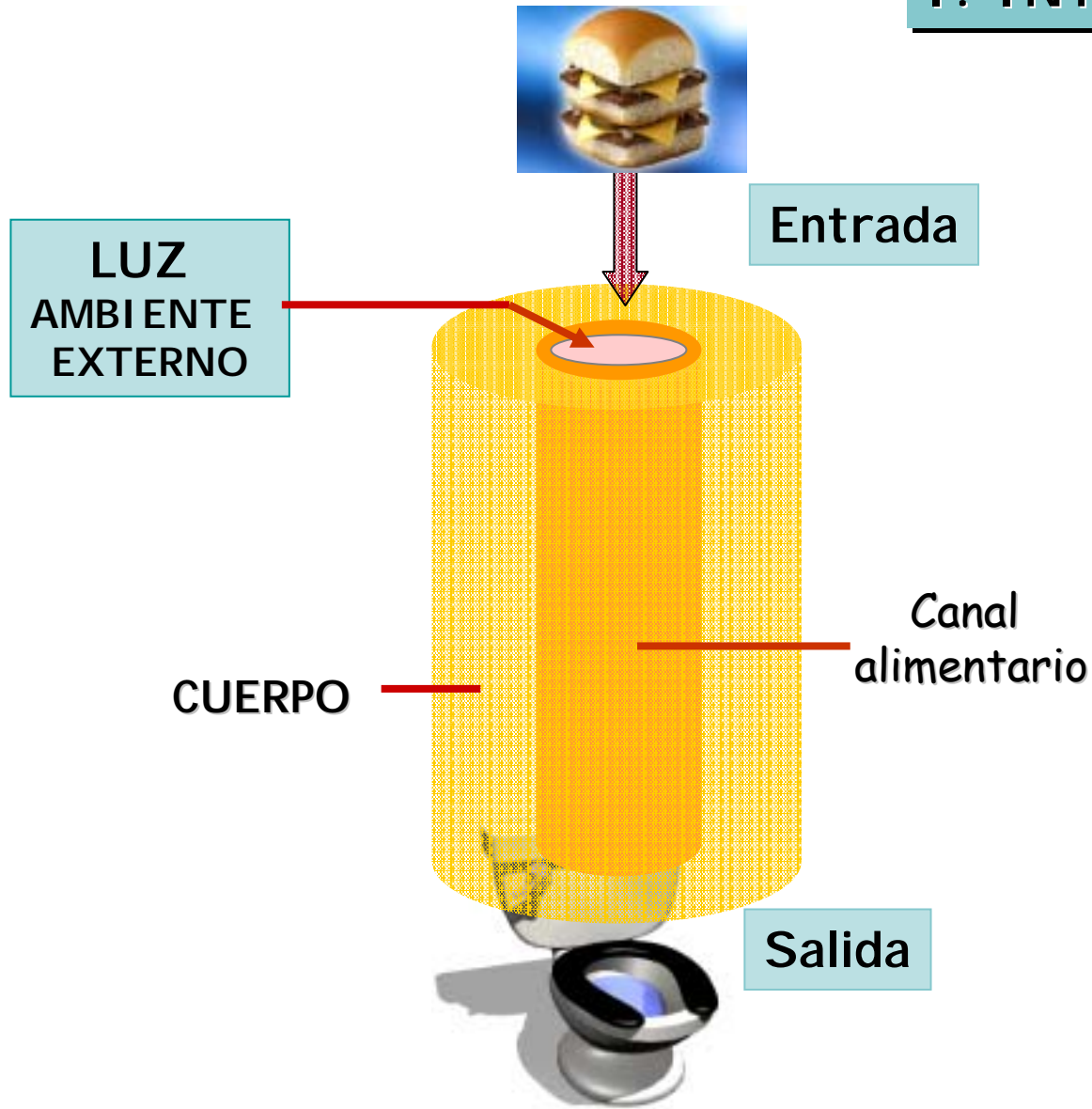


# I. INTRODUCCIÓN

¿QUÉ hace?

Es portal de  
entrada de nutrientes  
desde el exterior a la sangre  
para su asimilación

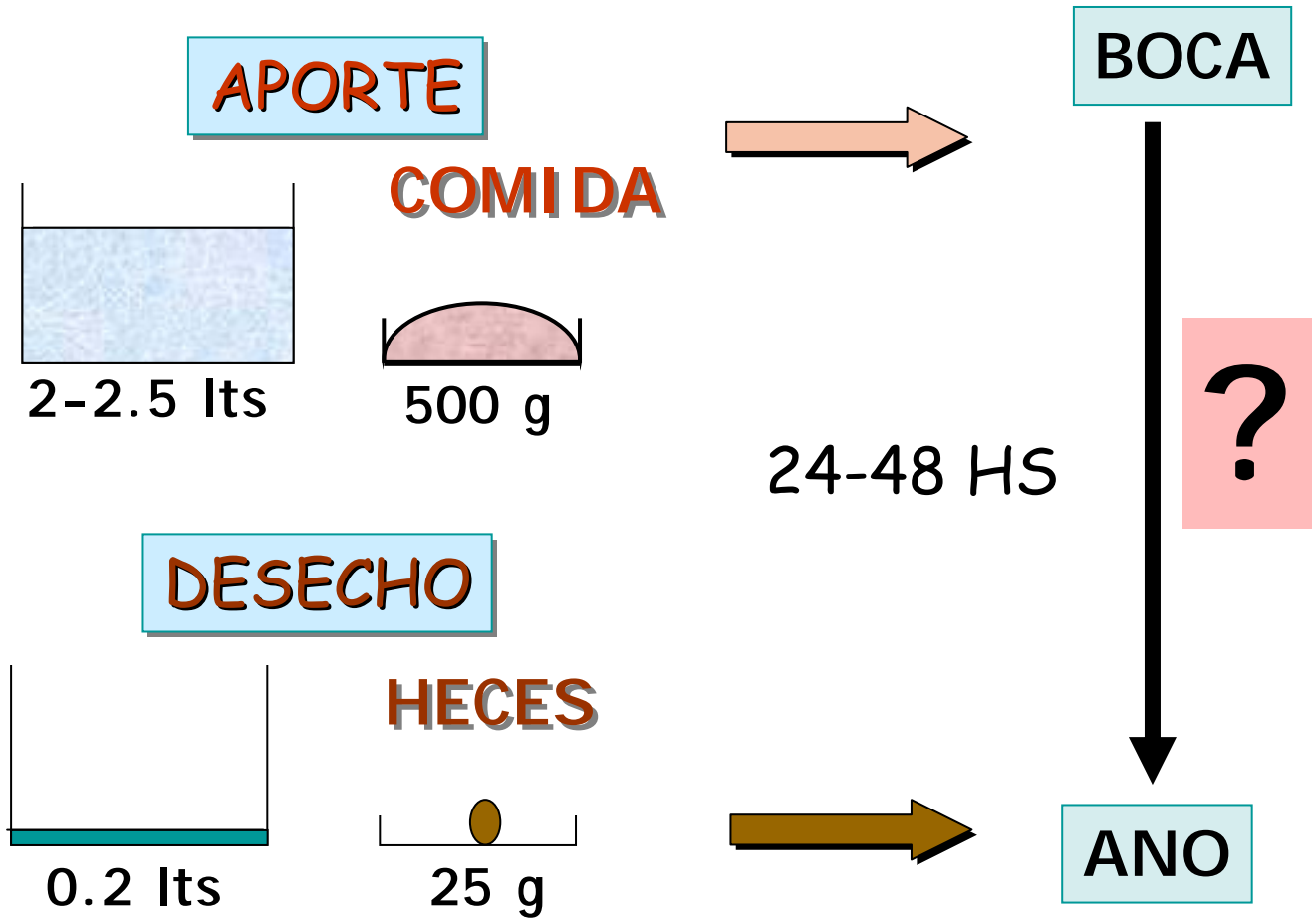
# I. INTRODUCCIÓN



# I. INTRODUCCIÓN

¿QUÉ entra  
y  
QUÉ sale?

# I. INTRODUCCIÓN



# I. INTRODUCCIÓN



## APORTE

Nutrientes  
CH  
Proteínas  
Grasa  
+  
Agua  
Electrolitos  
Vit. Minerales  
Celulosa

APORTE - DESECHO =

COMIDA ABSORBIDA

DESECHO

Heces



DESENSAMBLAJE

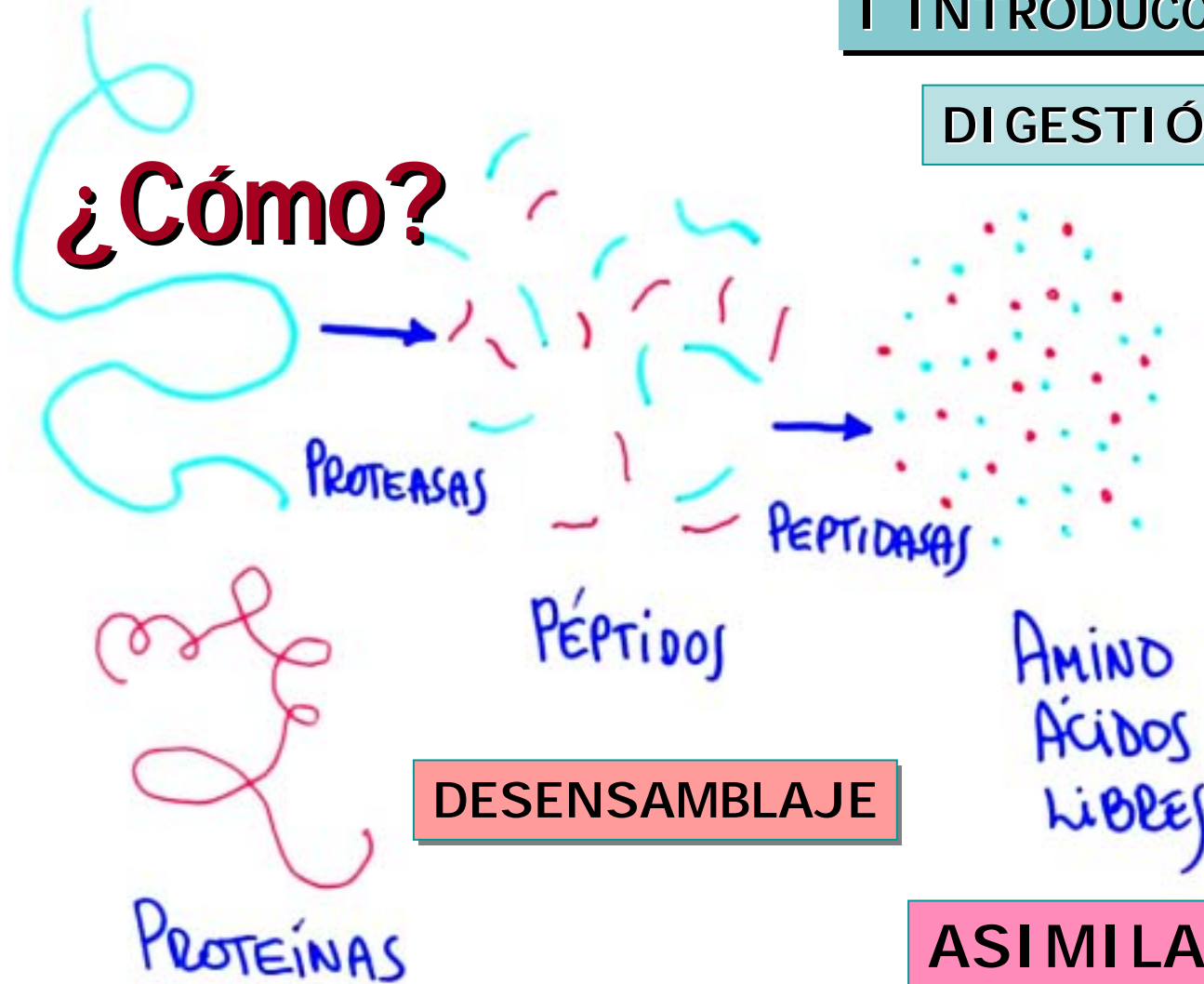


ASIMILACIÓN



# I INTRODUCCIÓN

## DIGESTIÓN



## DESENSAMBLAJE

## ASIMILACIÓN

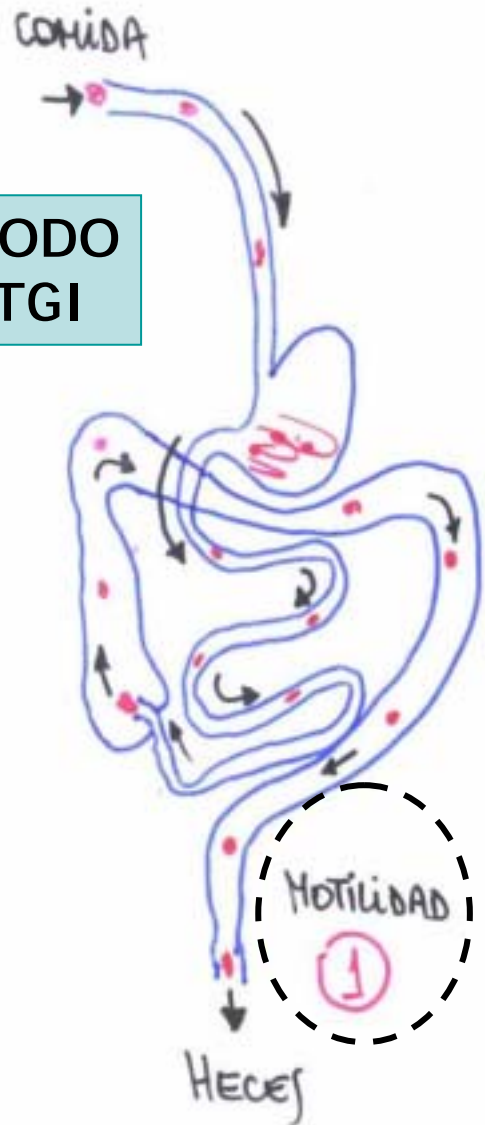
ps



# I INTRODUCCIÓN

## FUNCIONES

TODO  
TGI

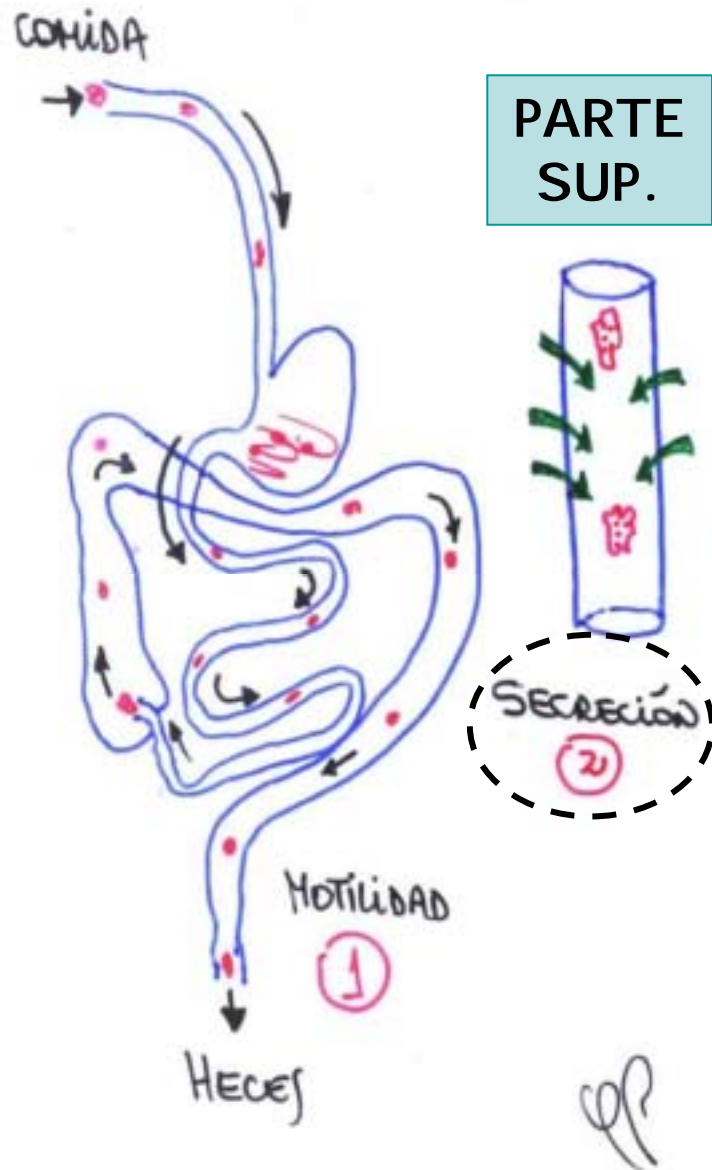


EP



# I INTRODUCCIÓN \*

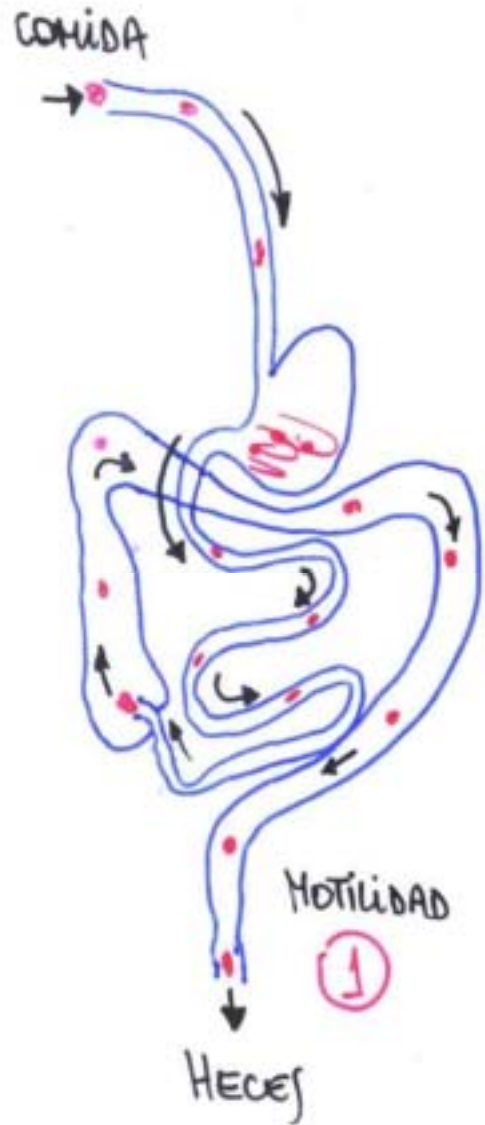
## FUNCIONES



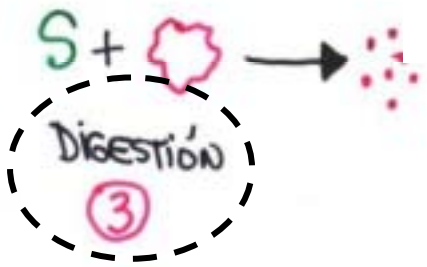


# I INTRODUCCIÓN

## FUNCIONES



### PARTE SUP. - MEDIA



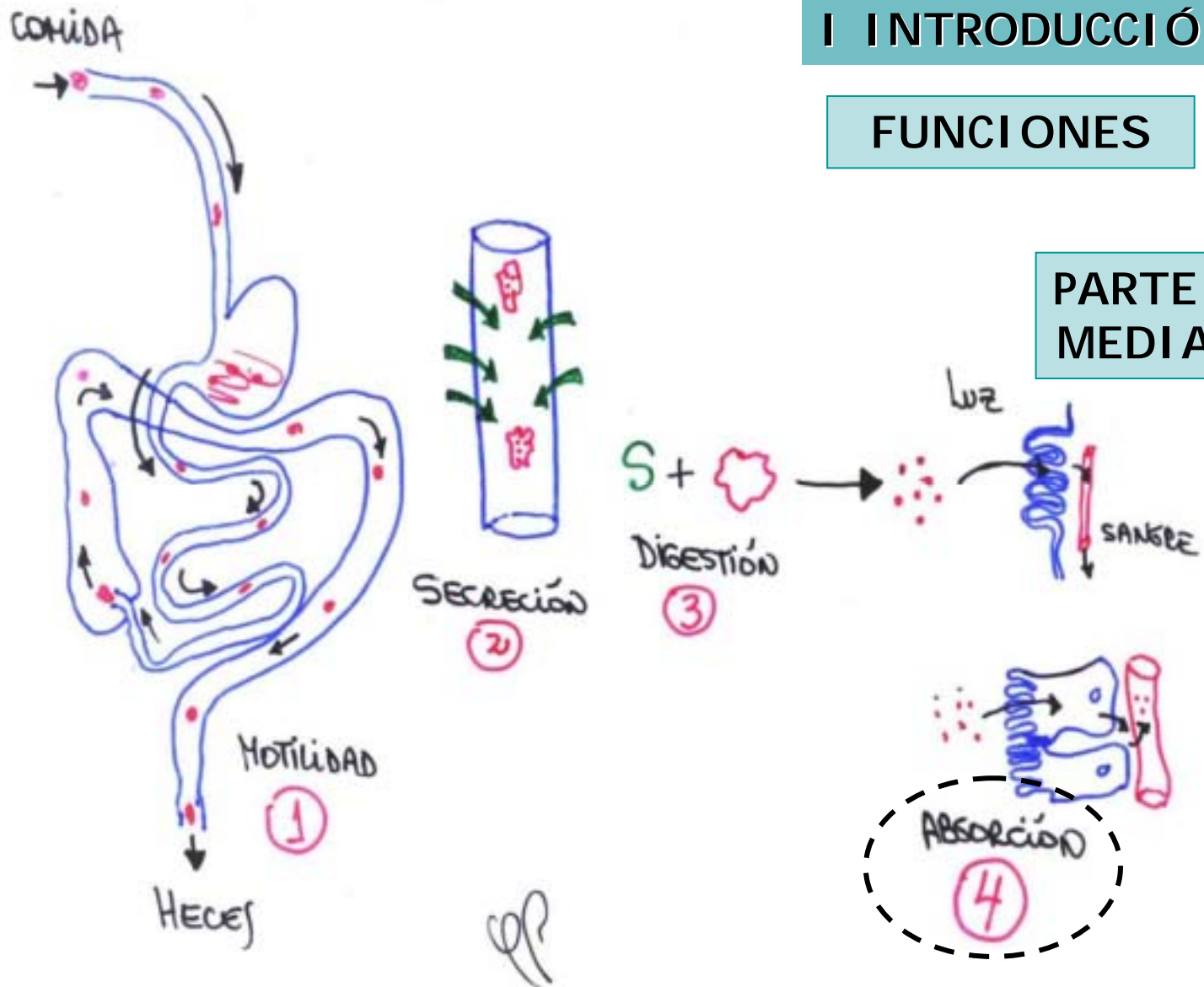
pp



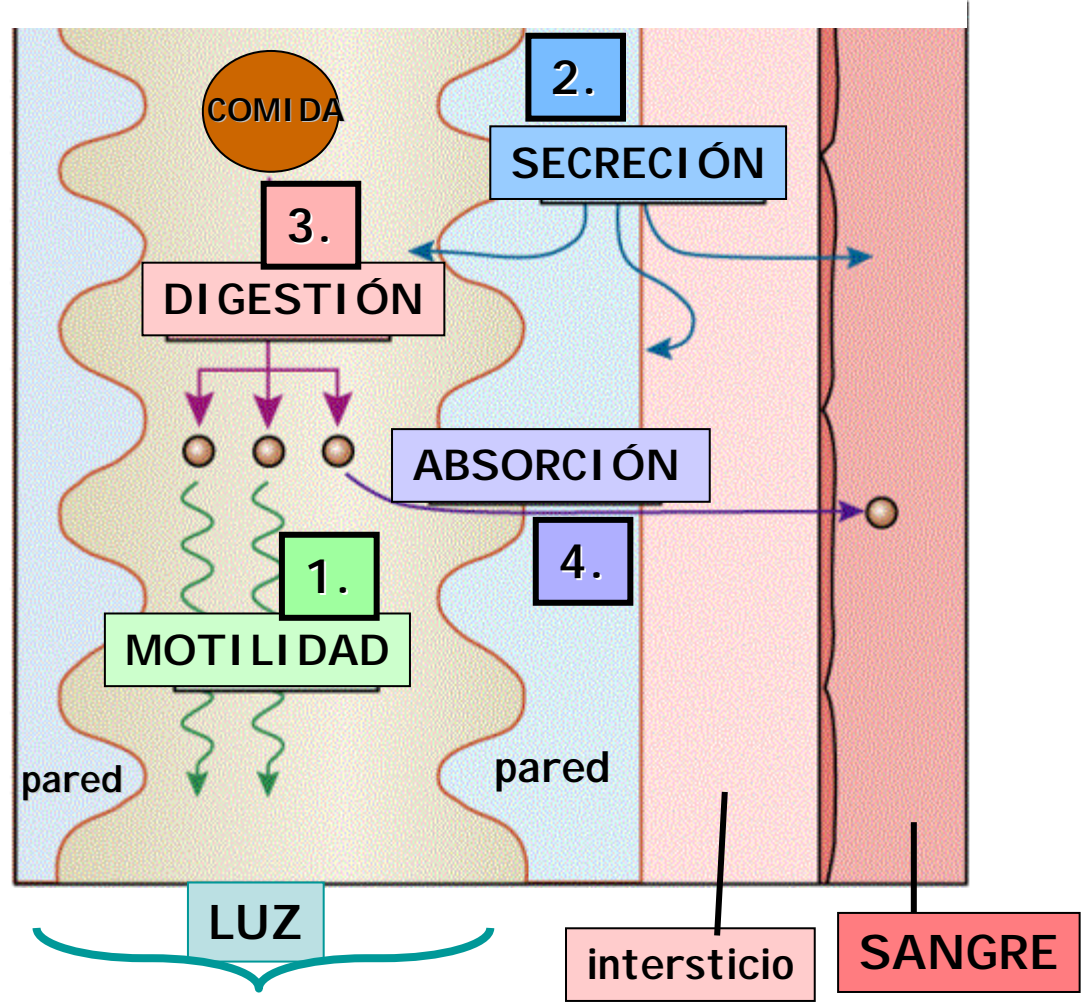
# I INTRODUCCIÓN

## FUNCIÓNES

### PARTE MEDIA



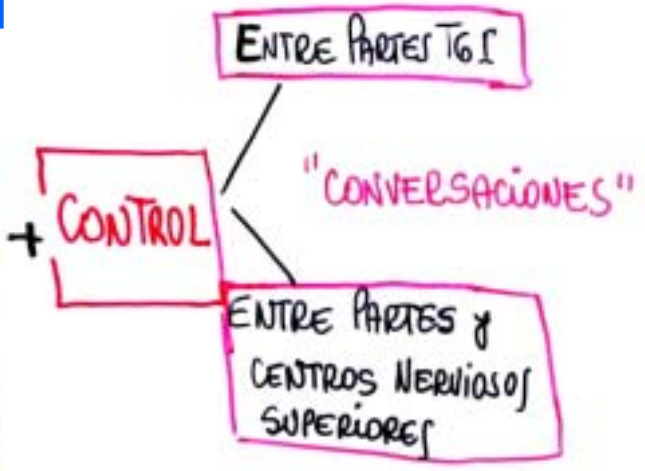
# FUNCIÓN DIGESTIVA





# FUNCIONES

- MOTILIDAD
- SECRECIÓN
- DIGESTIÓN
- ABSORCIÓN
- +  
• CIRCULACIÓN



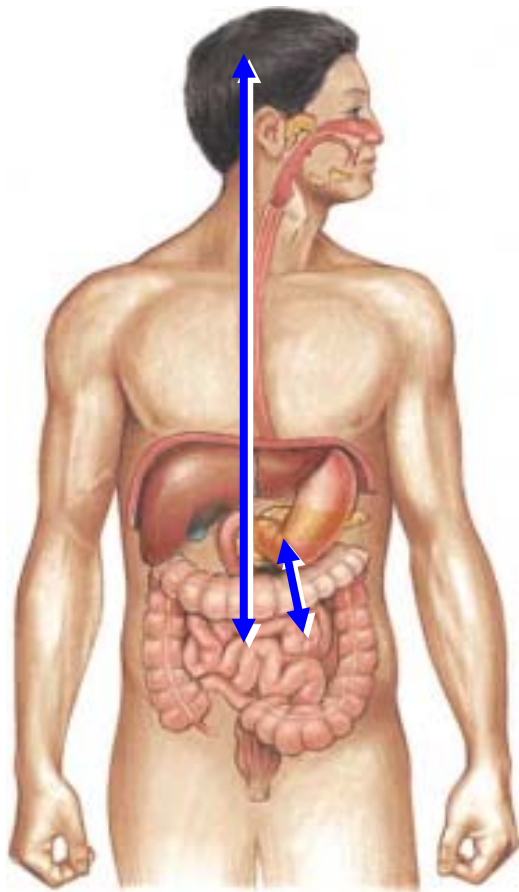
# CONTROL

4/3

- MENSAJES ELÉCTRICOS-QUÍMICOS  
SN ENTÉRICO  
SN AUTÓNOMO
- MENSAJES HUMORALES  
SE ENTÉRICO  
SE SISTÉMICO  
S. INMUNE ENTÉRICO



## CONTROL NEURO-HUMORAL



*"conversaciones"*

"oigo ruido en la cocina, comienzo a producir secreciones"

Cerebro → Tubo GI

"prepárate, acabo de recibir mucha comida"

Estómago → Intestino

"no me mandes más comida hasta que termine con lo que tengo"

Intestino → Estómago



# Trataremos de contestar...

¿por qué los bebés evacúan después del tetero?

¿cómo se eliminan los "ruidos de hambre"?

¿por qué se seca la boca si me asusto?

¿por qué se distiende el abdomen si como caracotas?

¿por qué la gente toma "sal de frutas"?

¿por qué se toma café al final de las comidas?

**Etc...**

- Portal SABER ULA  
[www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)  
Buscar: digestivo



- Portal CEIDIS ULA  
[http://www.ceidis.ula.ve/cursos/medicina/fisiologia\\_digestiva/](http://www.ceidis.ula.ve/cursos/medicina/fisiologia_digestiva/)

Programa  
Lecturas, PPS  
Casos y preguntas  
Glosario



## **II MORFOLOGÍA**

**1. PARTES TGI**

**2. ESTRUCTURA TUBO GI**

## II MORFOLOGÍA

### Aparato digestivo

Tubo digestivo

+

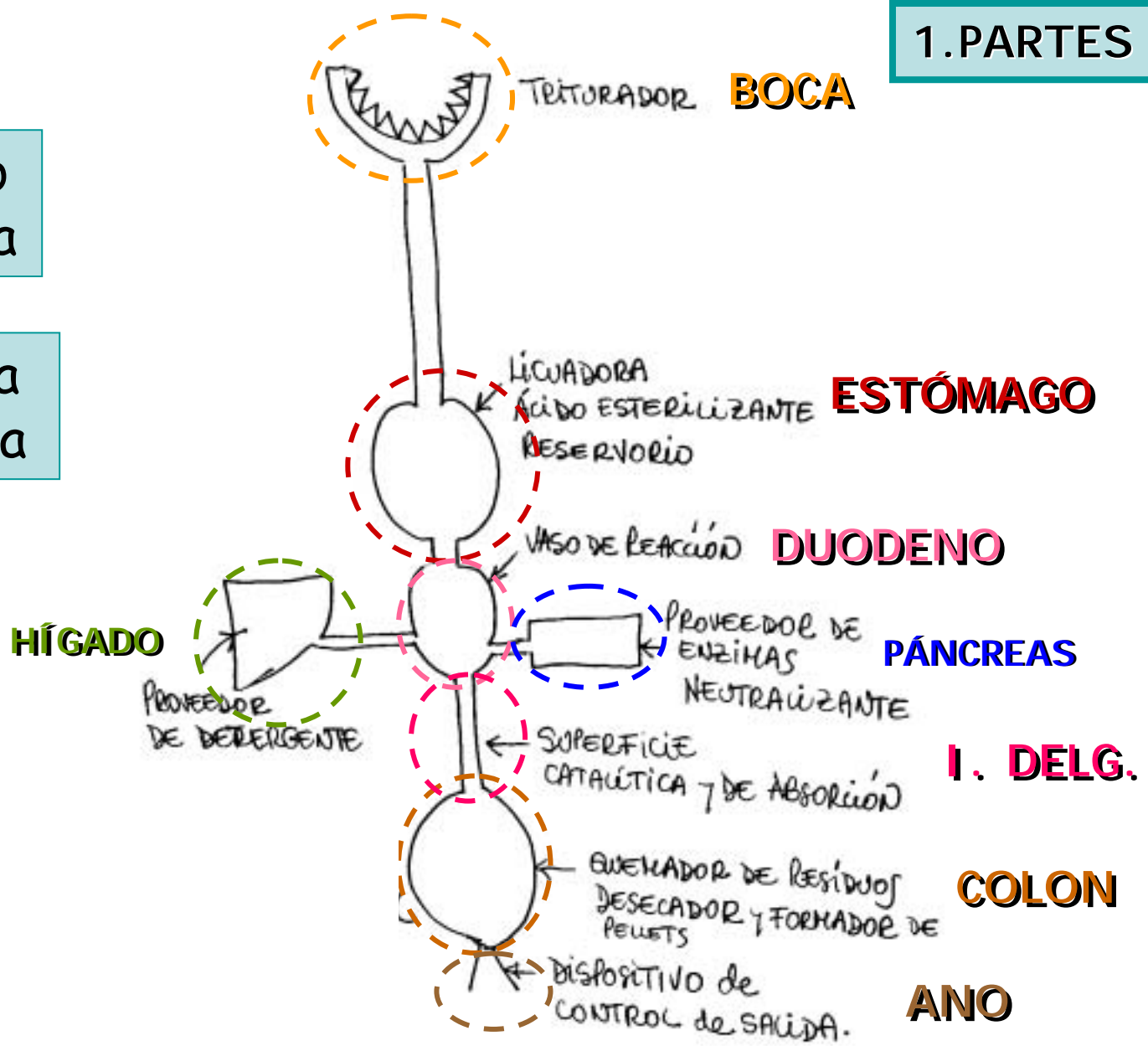
Glándulas  
accesorias



Boca-ano  
+  
Glándulas salivales  
Hígado  
Páncreas

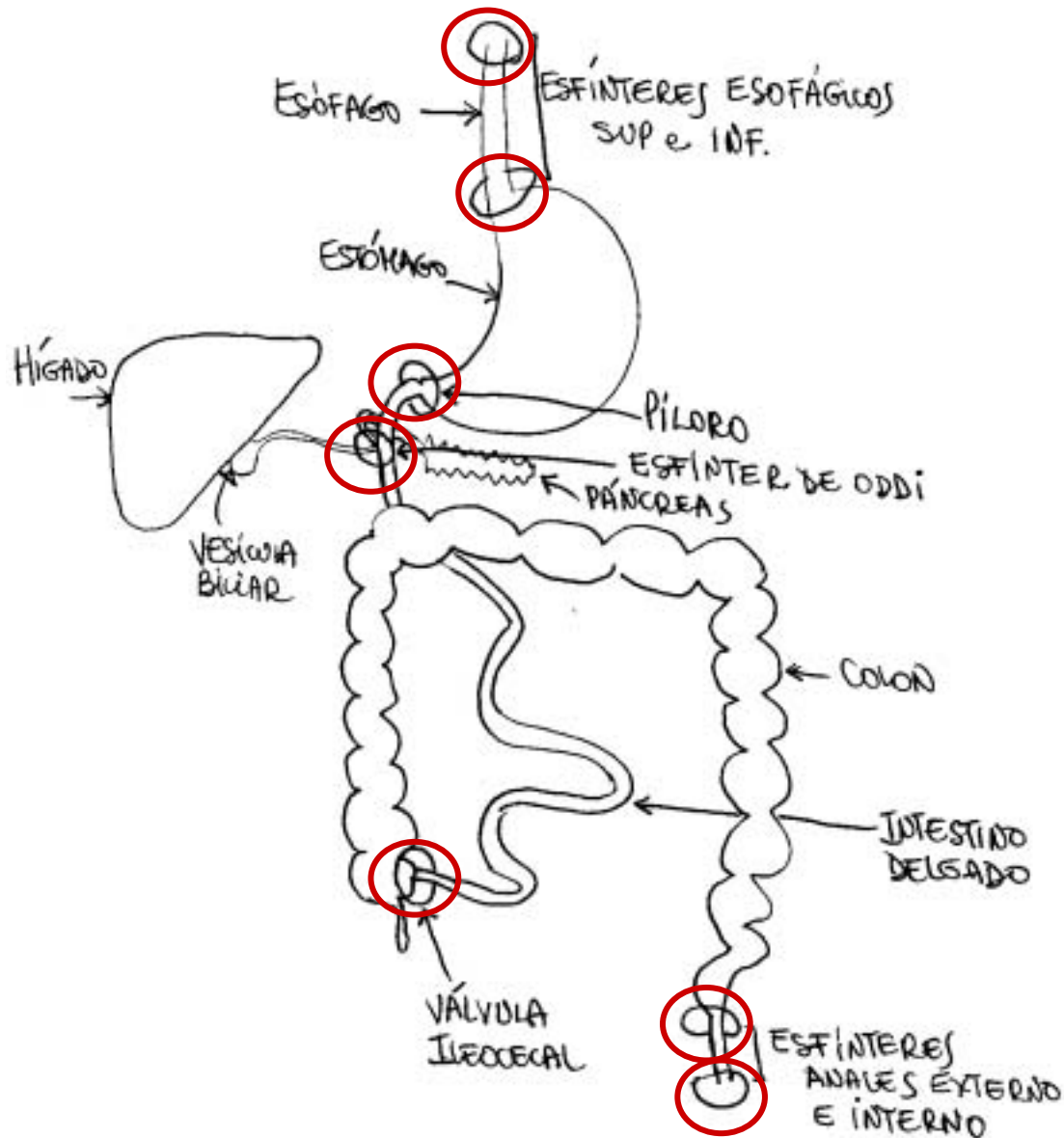
Aparato  
Sistema

Máquina  
Digestiva

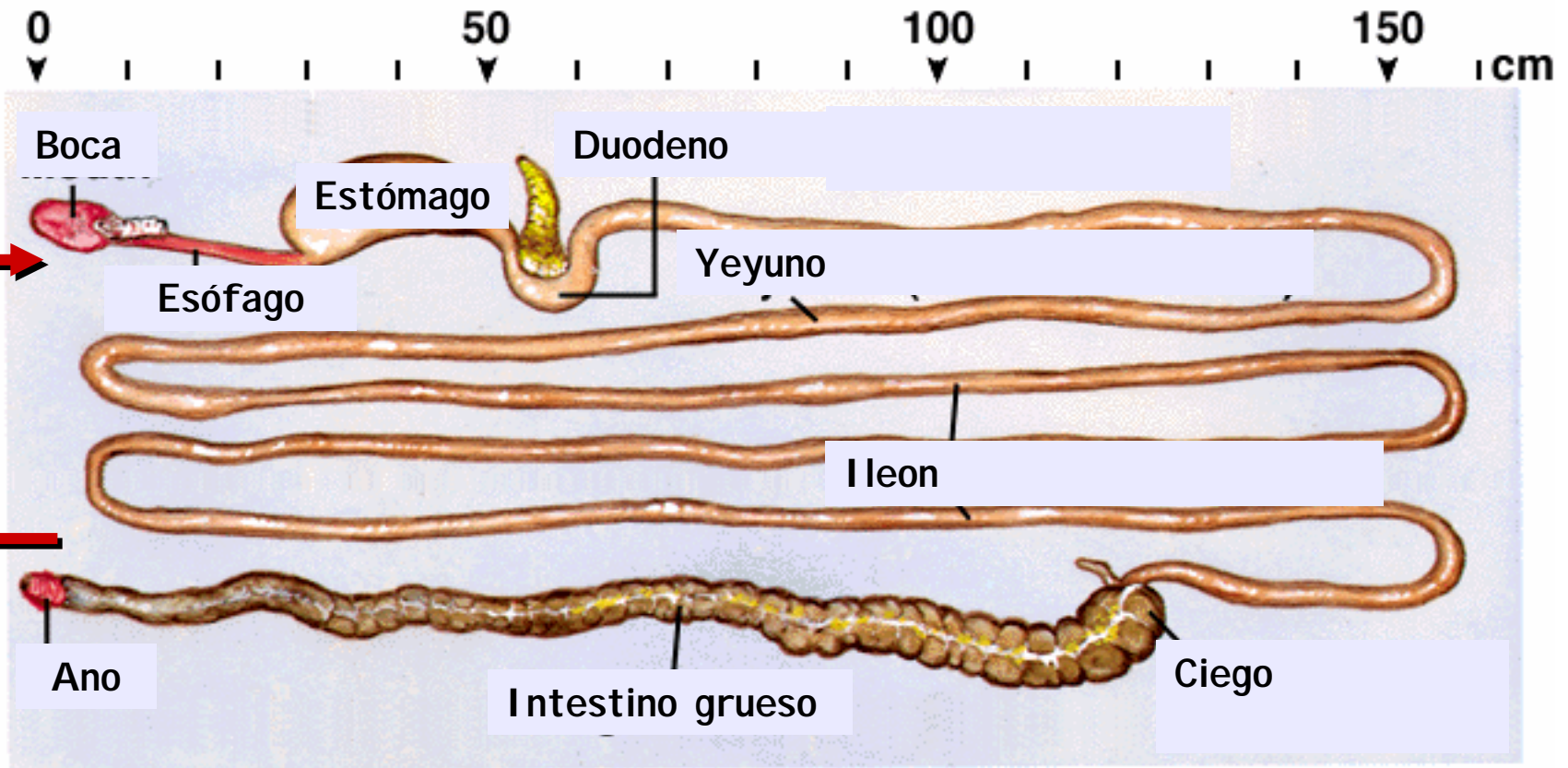


# 1. PARTES

División funcional  
en segmentos  
por esfínteres  
y válvulas



CANAL ALIMENTARIO



TUBO FIBROMUSCULAR

# II MORFOLOGÍA

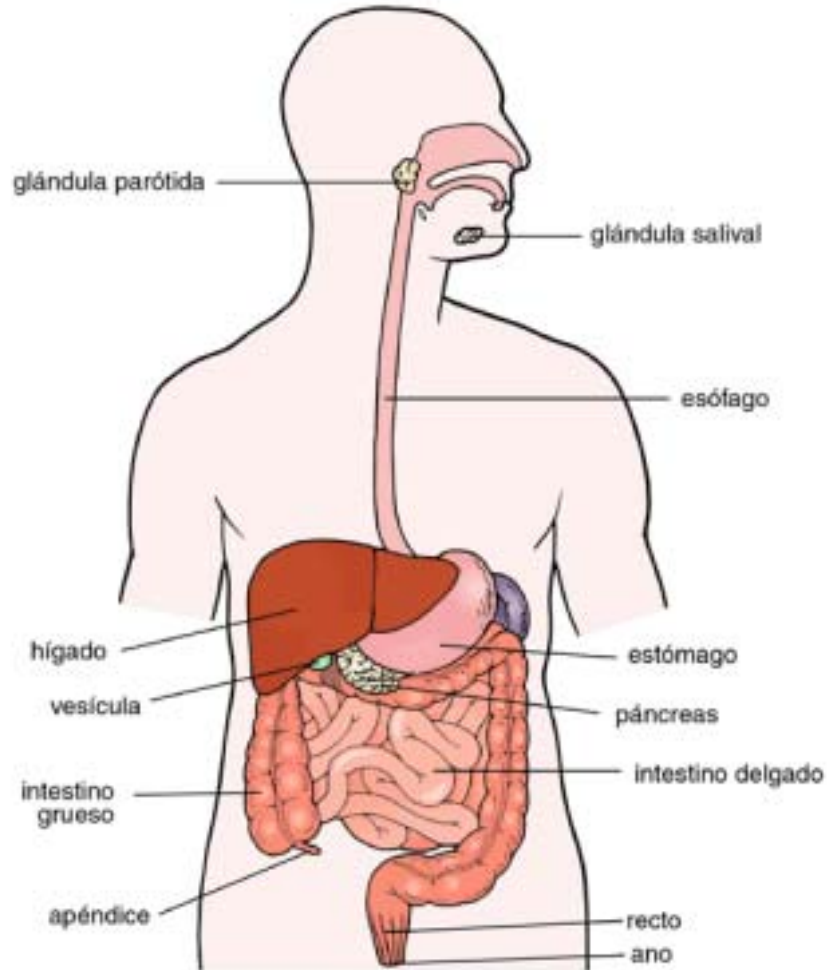
## 1. PARTES

Comida



5 mts

Heces

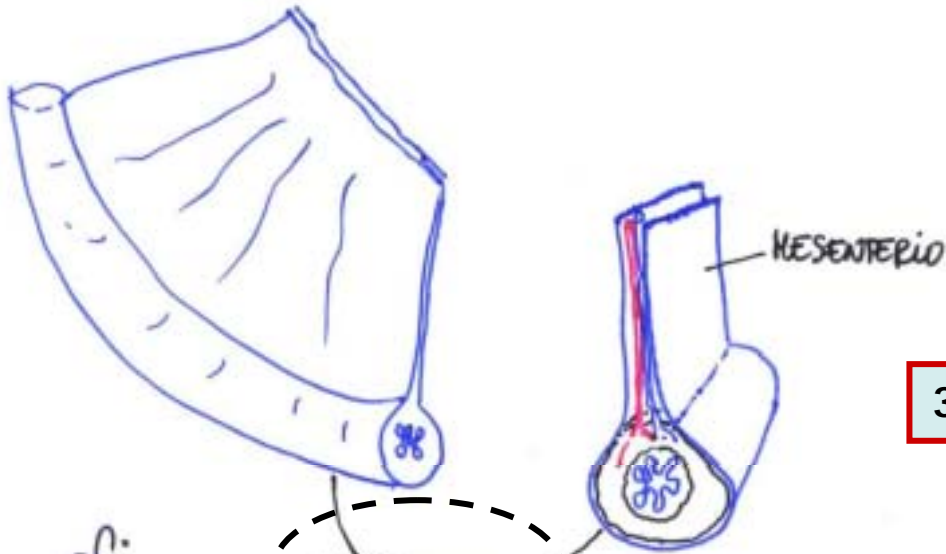




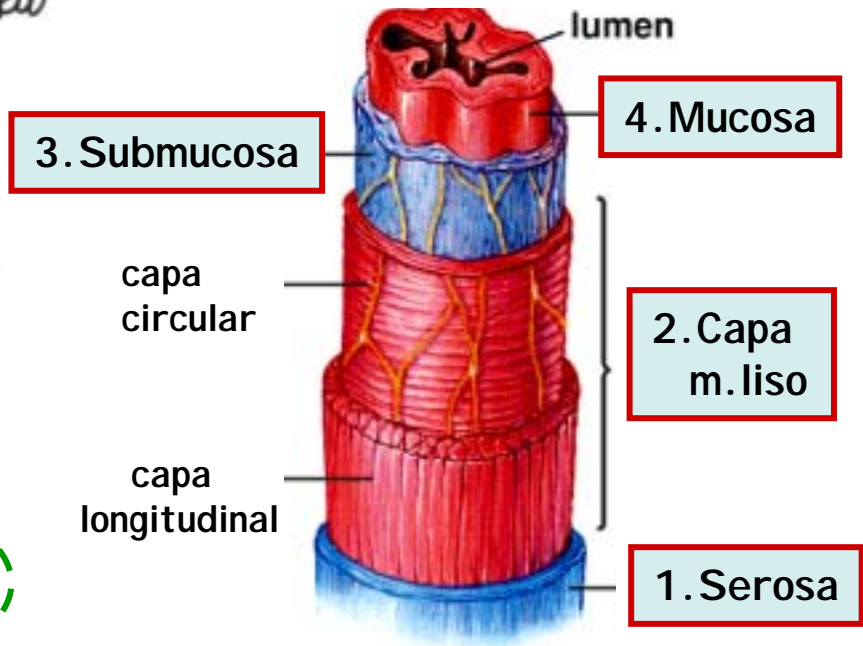
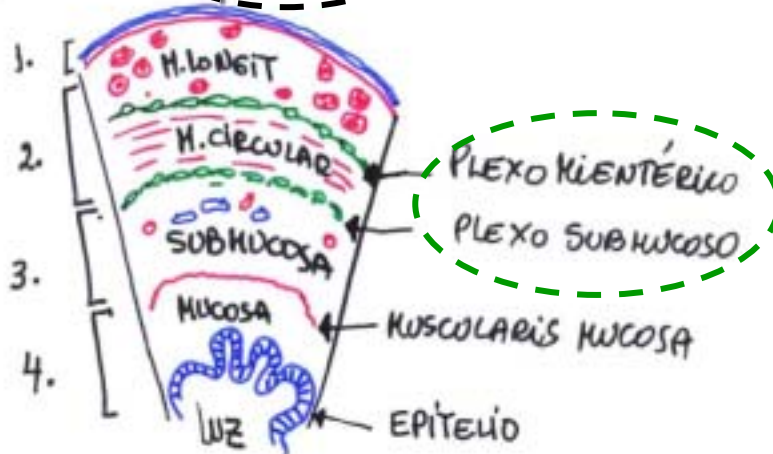


# II MORFOLOGÍA

## 2. ESTRUCTURA

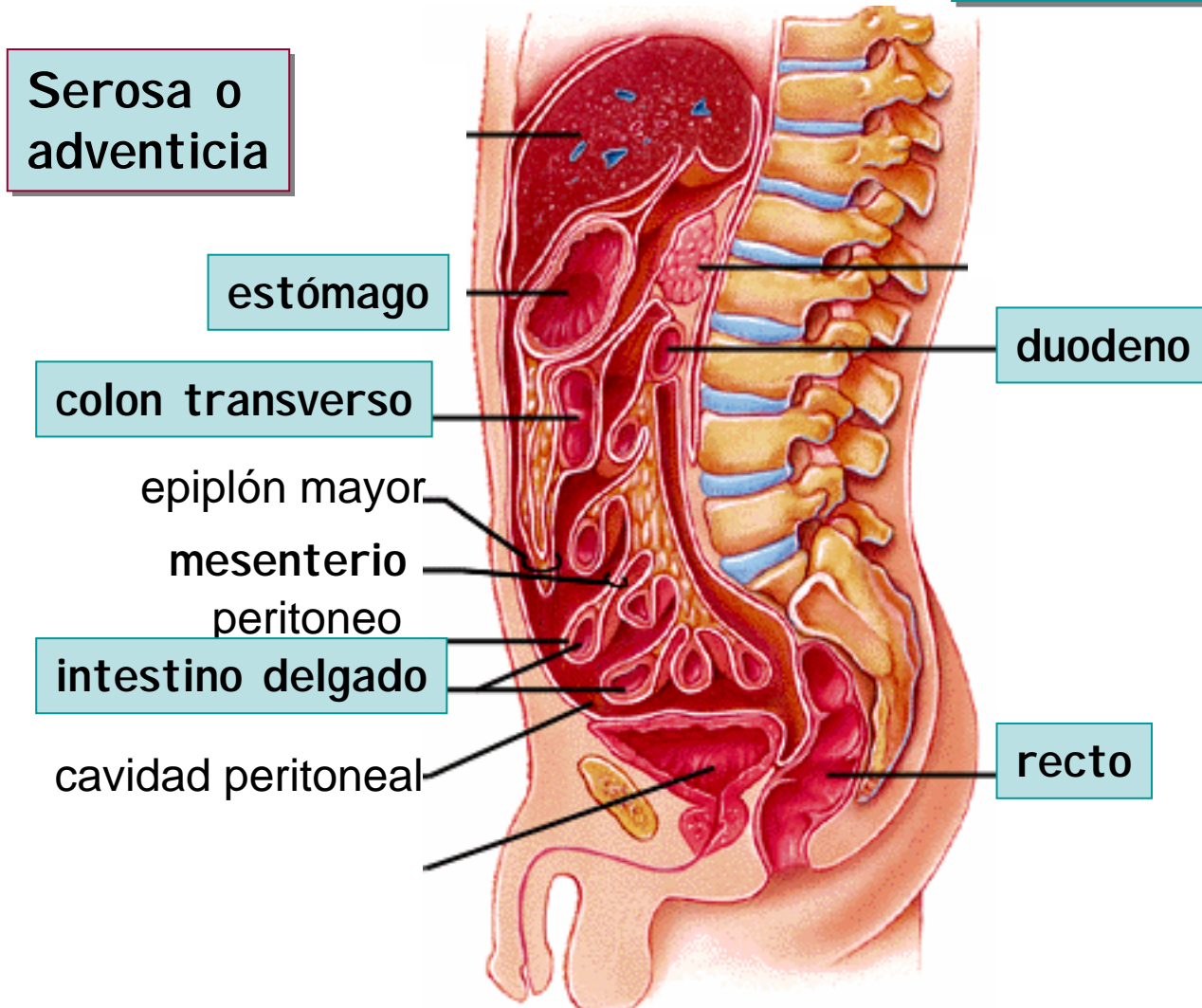


pl.



# II MORFOLOGÍA

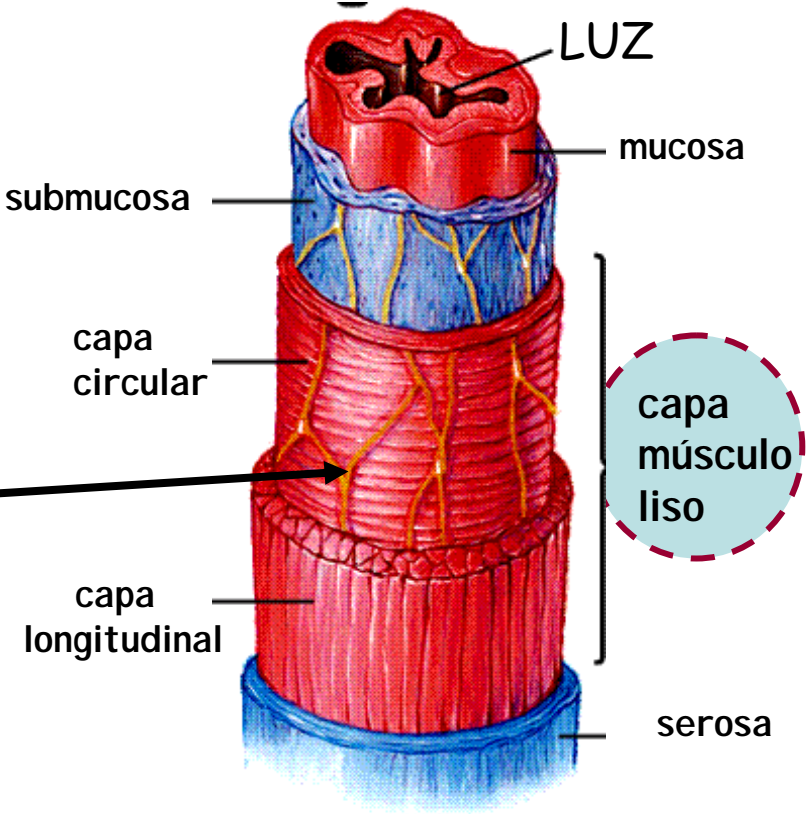
## 2. ESTRUCTURA





# II MORFOLOGÍA

## 2. ESTRUCTURA

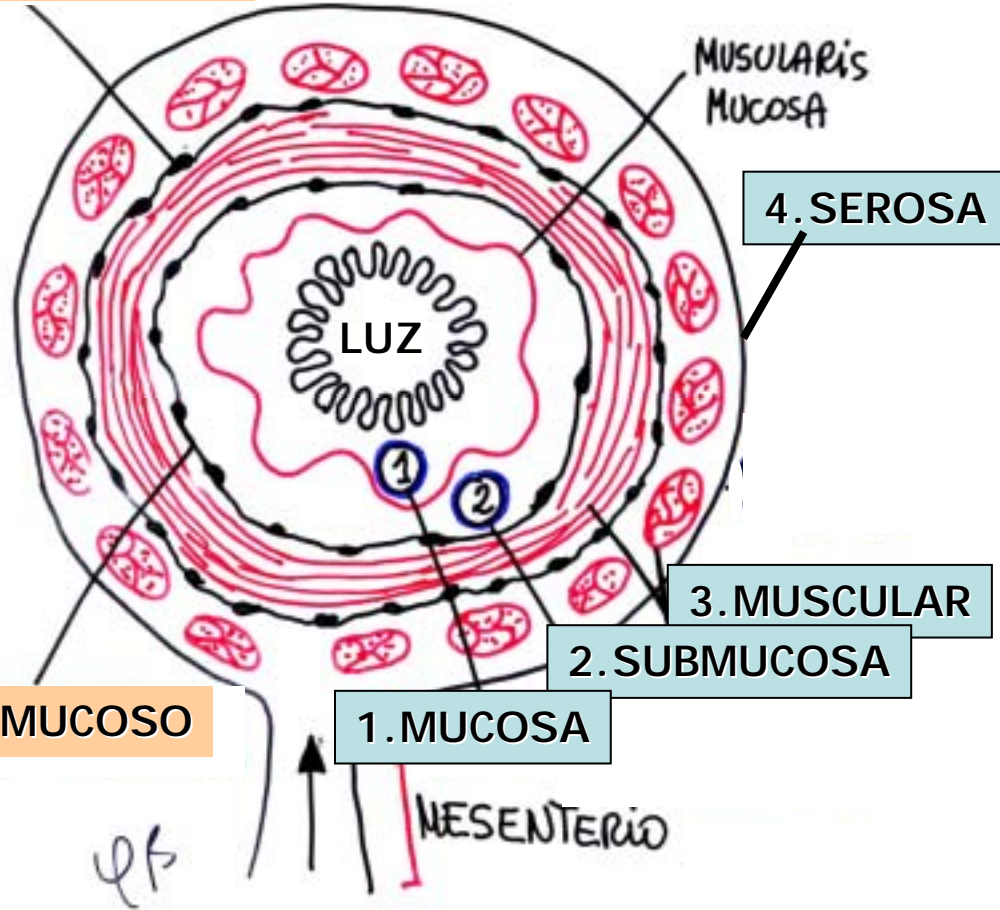


# II MORFOLOGÍA

## 2. ESTRUCTURA

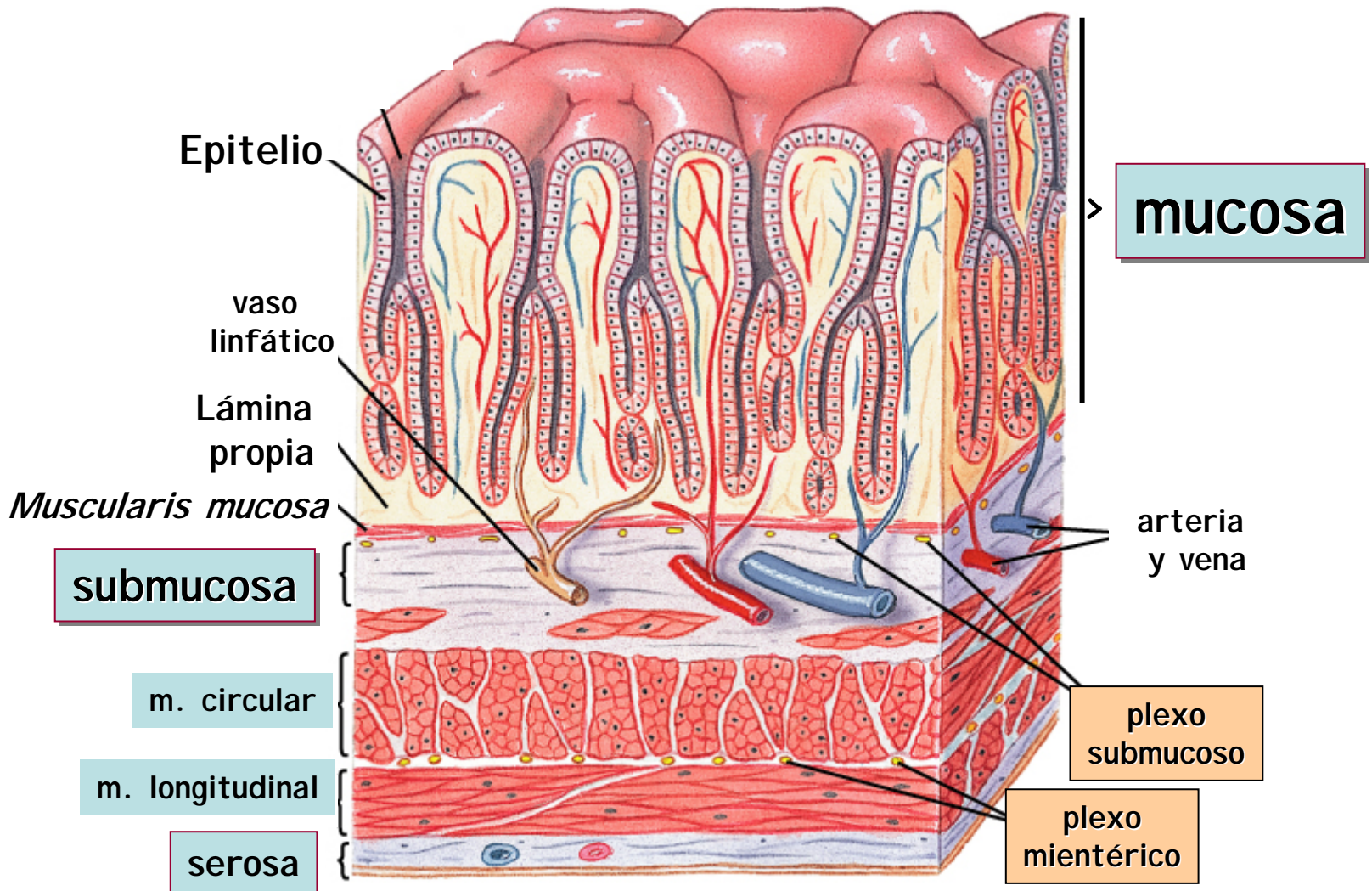
P. MIENTÉRICO

P. SUBMUCOSO





## 2. ESTRUCTURA





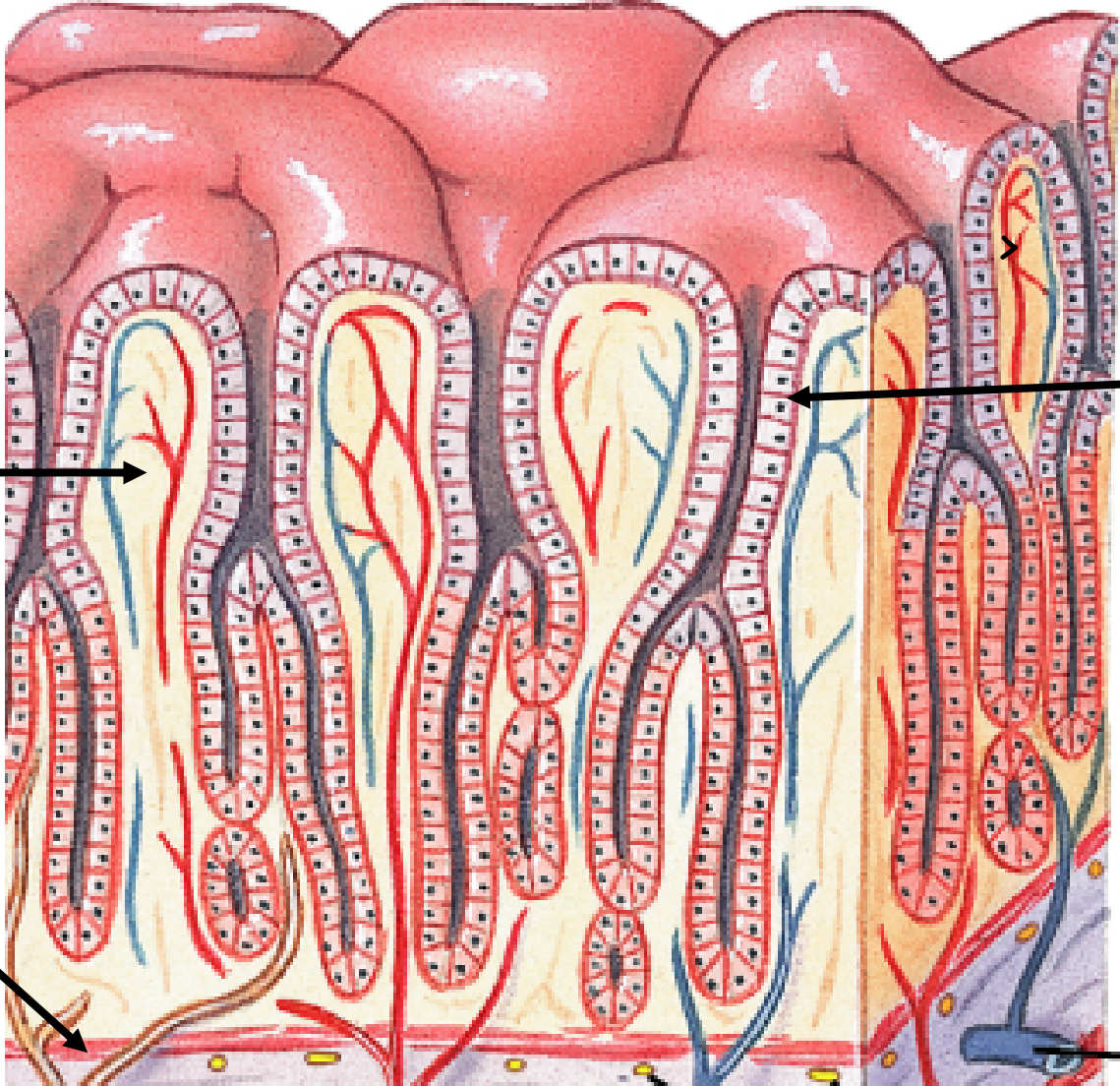
## 2. ESTRUCTURA

mucosa

Epitelio

- Barrera física
- Órgano secreción
- Órgano absorción
- Órgano inmune
- Órgano proliferación, diferenciación

Lámina propia



*Muscularis mucosa*



# III. MOTILIDAD

## MÚSCULO LISO VISCERAL

1. Características
2. Vs. Músculo Esquelético
3. Actividad eléctrica
4. Actividad contráctil

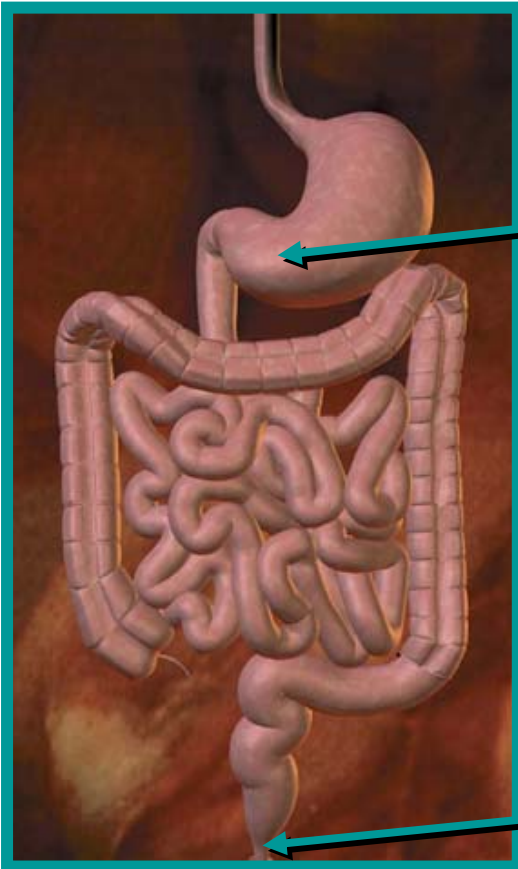
# III. MOTILIDAD



- \* M. esquelético estriado voluntario:  
Faringe, 1/3 superior del esófago  
Esfínter anal externo
- \* M. LISO visceral:  
1/3 inferior esófago a recto
- \* Mixto 1/3 medio del esófago

# III. MOTILIDAD

## M. LISO



Contracciones FÁSICAS  
Periódicas con relajación  
Esófago, antro, intestino delgado

Contracciones TÓNICAS  
Constantes o TONO sin relajación  
Esófago inf., Estómago sup.,  
Esf. anal interno



1.



Fibras delgadas y cortas

200-500  $\mu\text{m}$   
x 2-5  $\mu\text{m}$

2.



Músculo Liso

1. Características

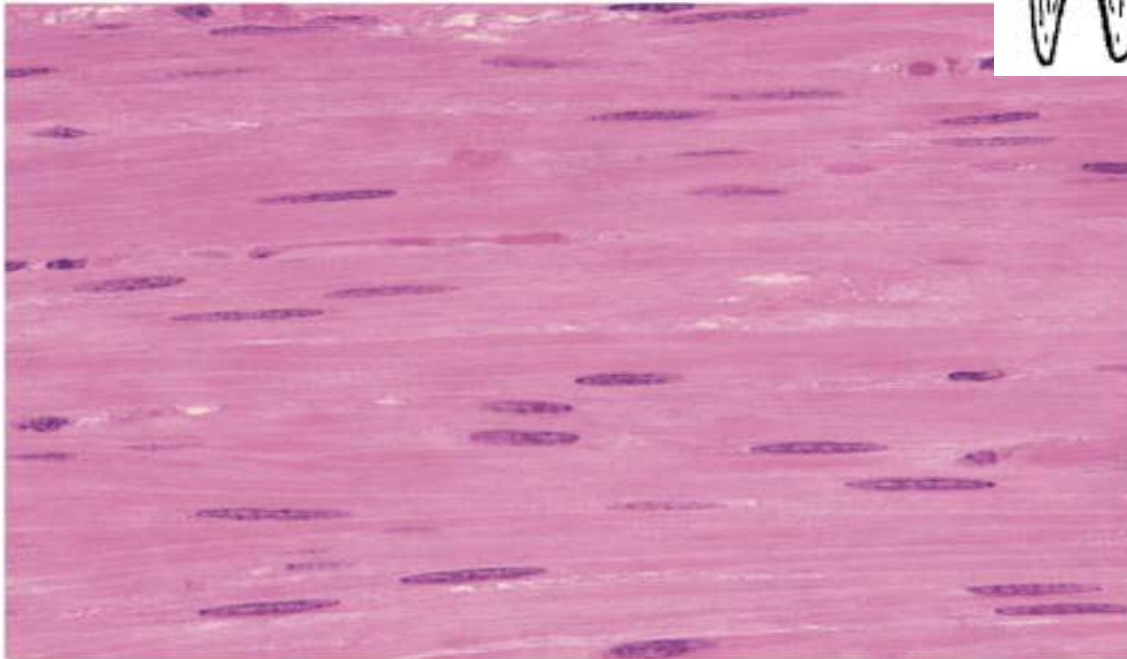
*Sincitio funcional*

*Uniones gap*

MÚSCULO UNITARIO

\*Sincronía act. eléctrica

\*Sincronía act. contráctil

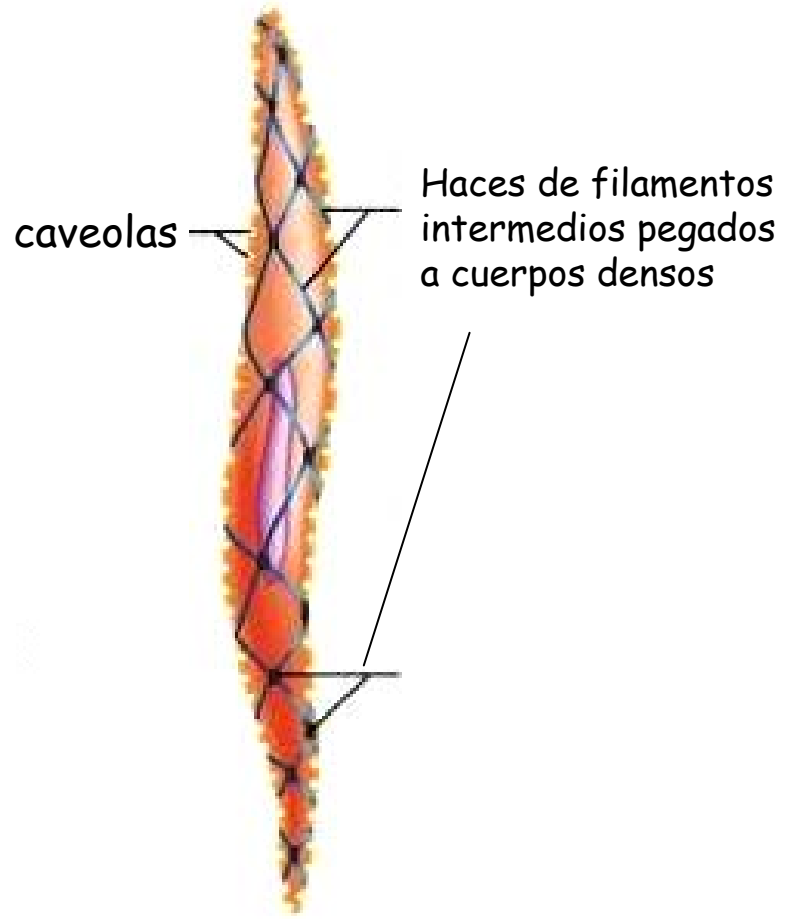
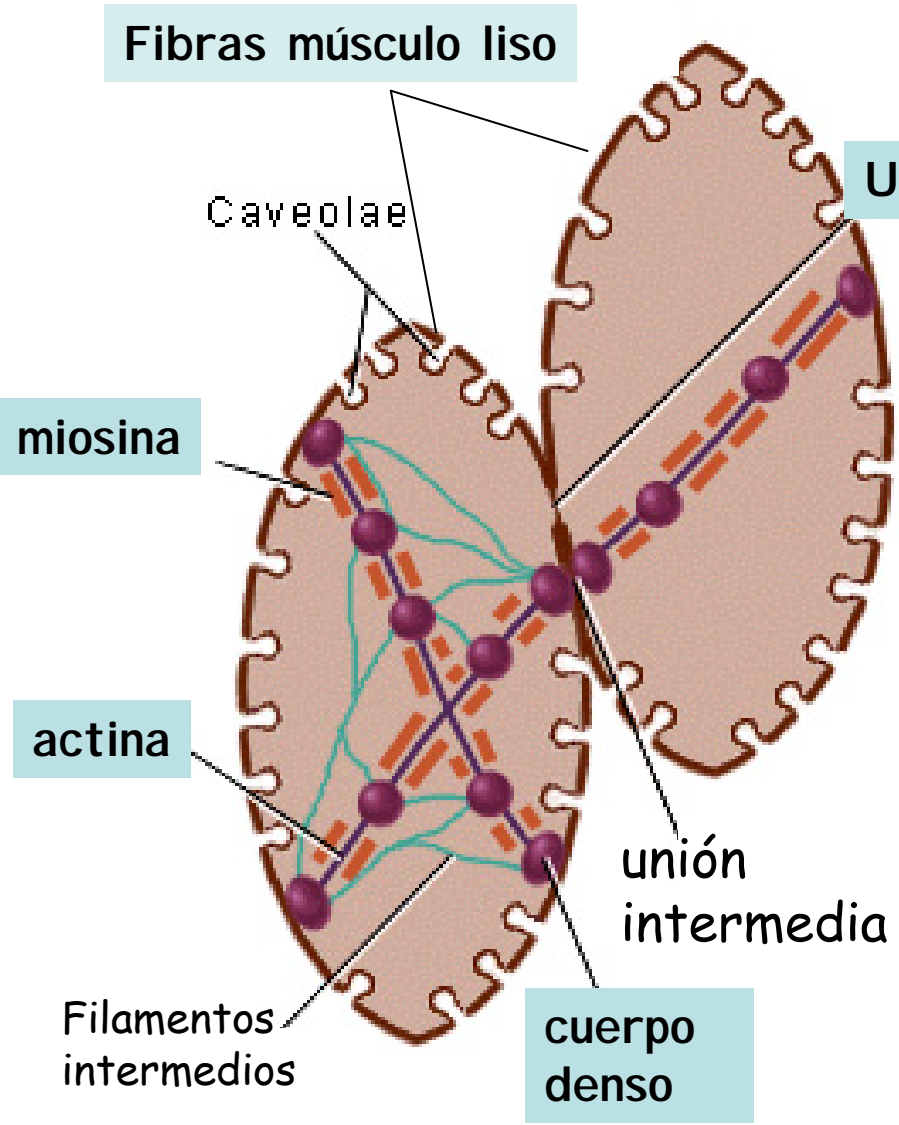




# III MOTILIDAD

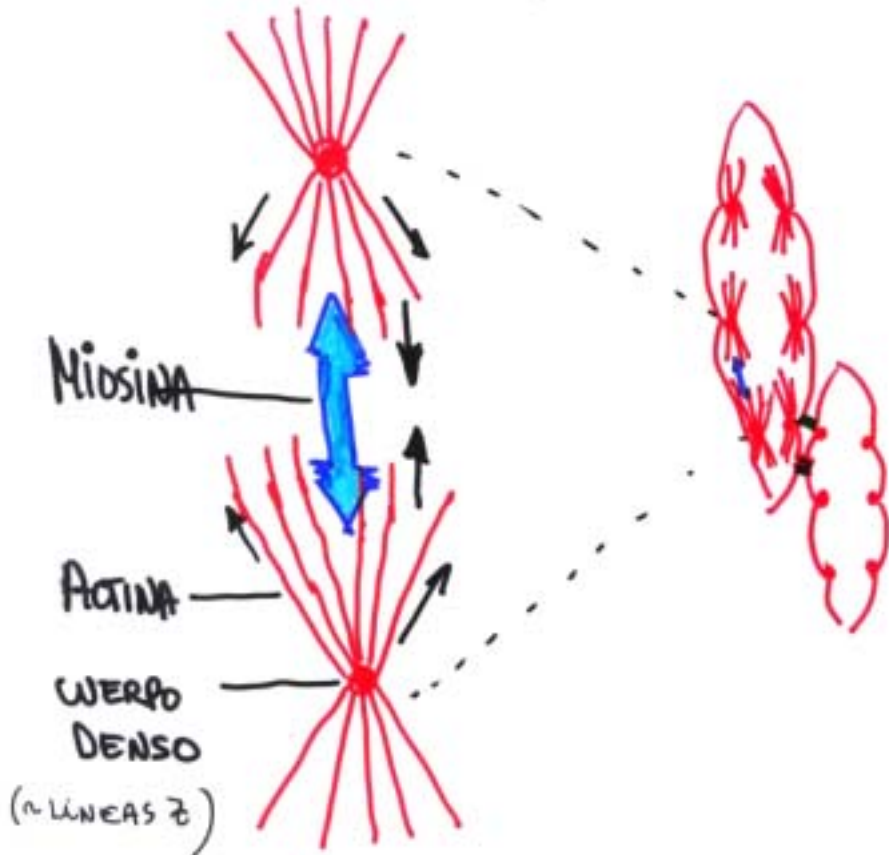
## Músculo Liso

### 1. Características



# III MOTILIDAD

## Unidad contráctil



## 1. Características

80%  
acortamiento



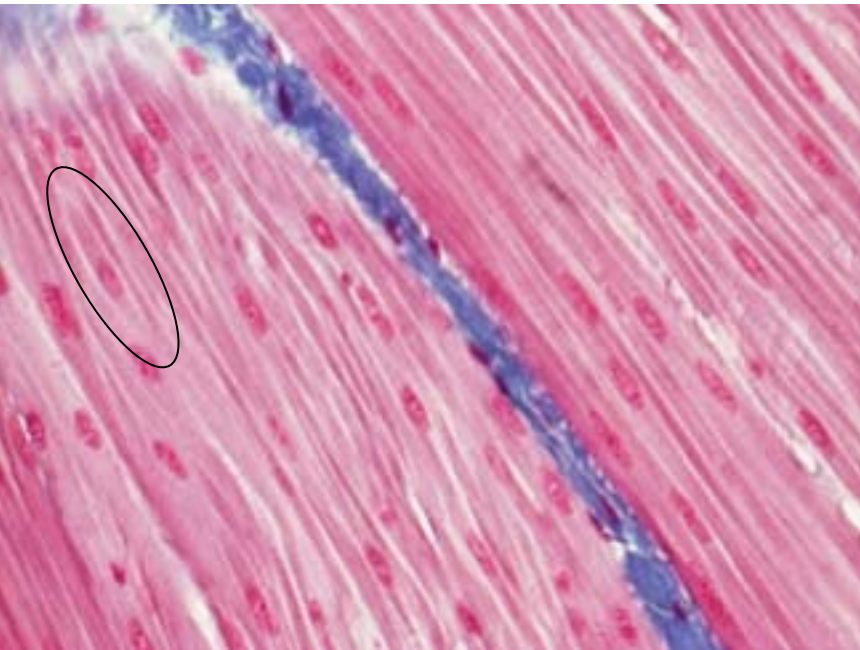
Fibra relajada



Fibra contraída

# III MOTILIDAD

## 2. Diferencias Anatomo-Funcionales



Músculo liso visceral



Músculo estriado esquelético



# III MOTILIDAD

## 2. Diferencias Anatomo-Funcionales

### M. esquelético vs. M. LISO

#### Inervación

SN somático

#### Inervación

No necesita inervación  
extrínseca

#### Sinapsis

Directa PNM

ACh R. Nicotínico

#### Sinapsis

Difusa SNA

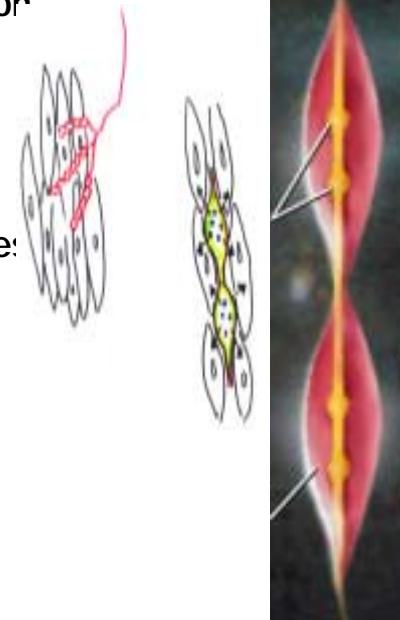
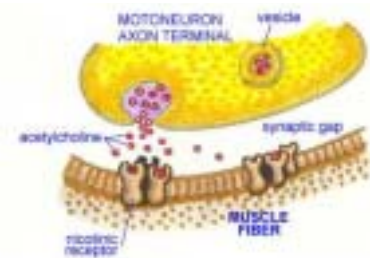
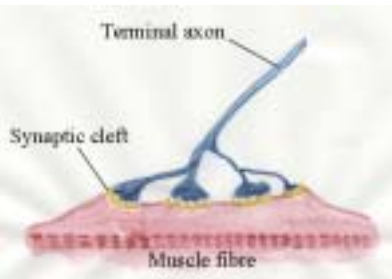
Múltiples transmisores:  
Y receptores

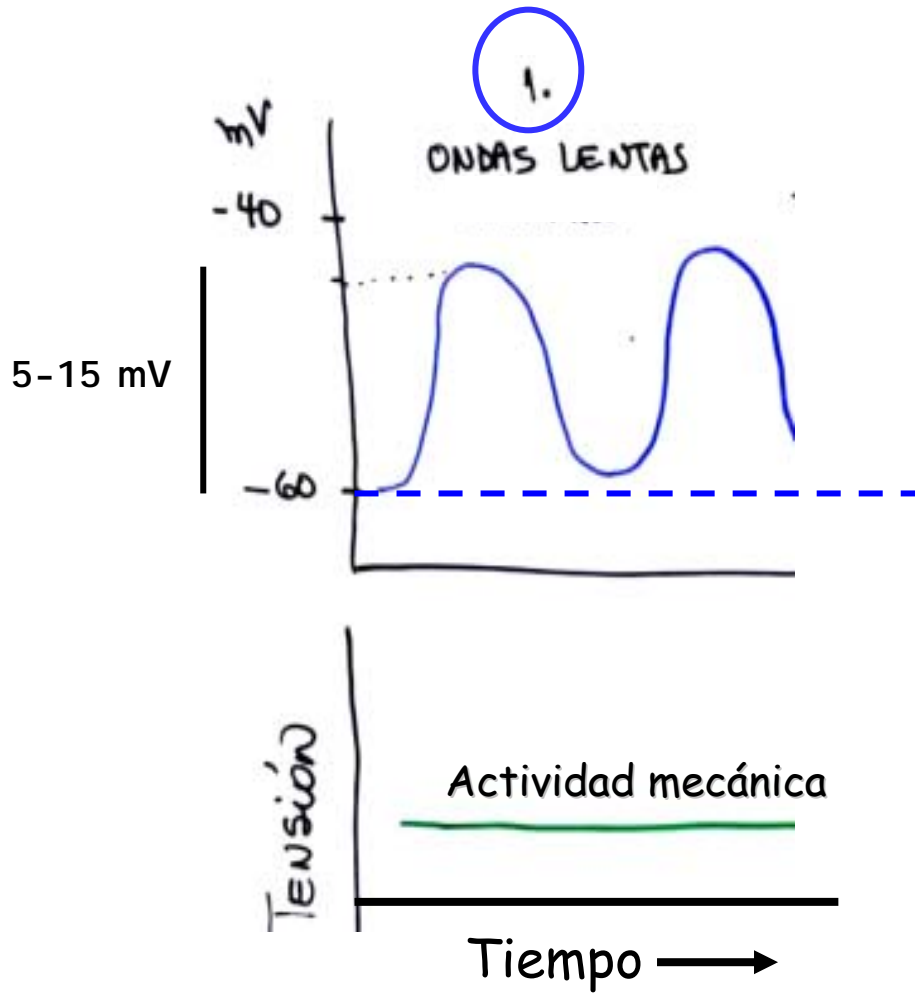
#### PA-contracción

Muy rápidos

#### PA-contracción

Actividad eléctrica  
y contráctil lentas





### 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA

Rítmico eléctrico de base (REB)

No hay Potencial Reposo verdadero

Frecuencia varía según segmento

↓  
Frec. REB

↓  
Frec. PA

↓  
Frec. Contracción



### 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA

#### Ondas lentas o REB

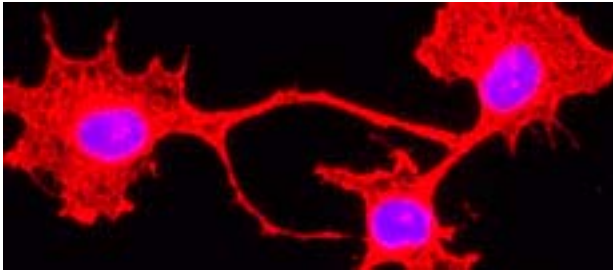
1. No depende de estímulo externo  
Apertura cíclica de canales de  $\text{Ca}^{++}$
2. No desencadena PA  
excepto Células Marcapasos
- \* 3. Origen:  
Células Intersticiales de Cajal  
entre terminales y músculo liso

Entrada de calcio  
Despolarización

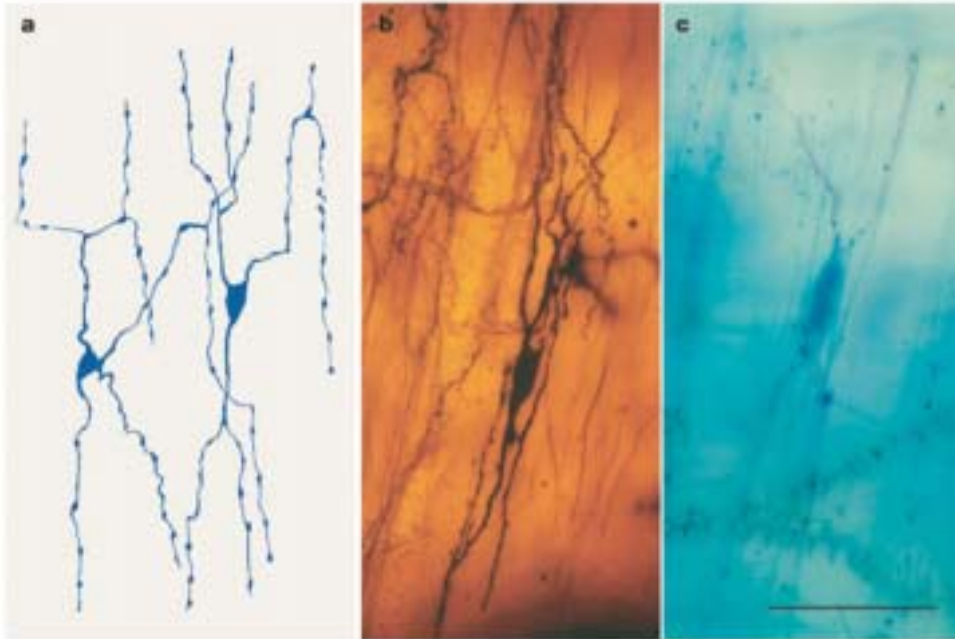
Salida de potasio  
Repolarización

## MARCAPASOS

Frec. REB en cada segmento

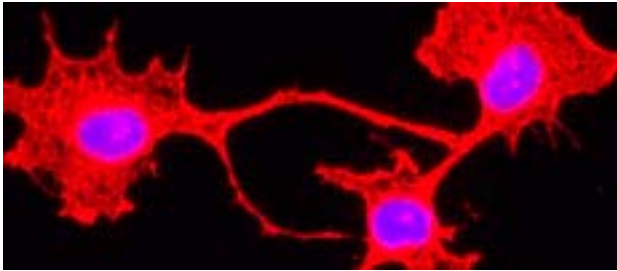


C. Intersticiales  
de Cajal  
Plexos mientéricos



Nobel 1906





Células  
Intersticiales  
de Cajal CIC

- CIC dirige frecuencia REB que determina frecuencia PA y contracción
- Oscilaciones entrada salida  $Ca^{++}$  oscilaciones Vm en miocitos Su frecuencia y altura dan frecuencia y fuerza de contracción
- Mediador: monóxido de carbono (CO) señal regulada para controlar excitabilidad de m. liso

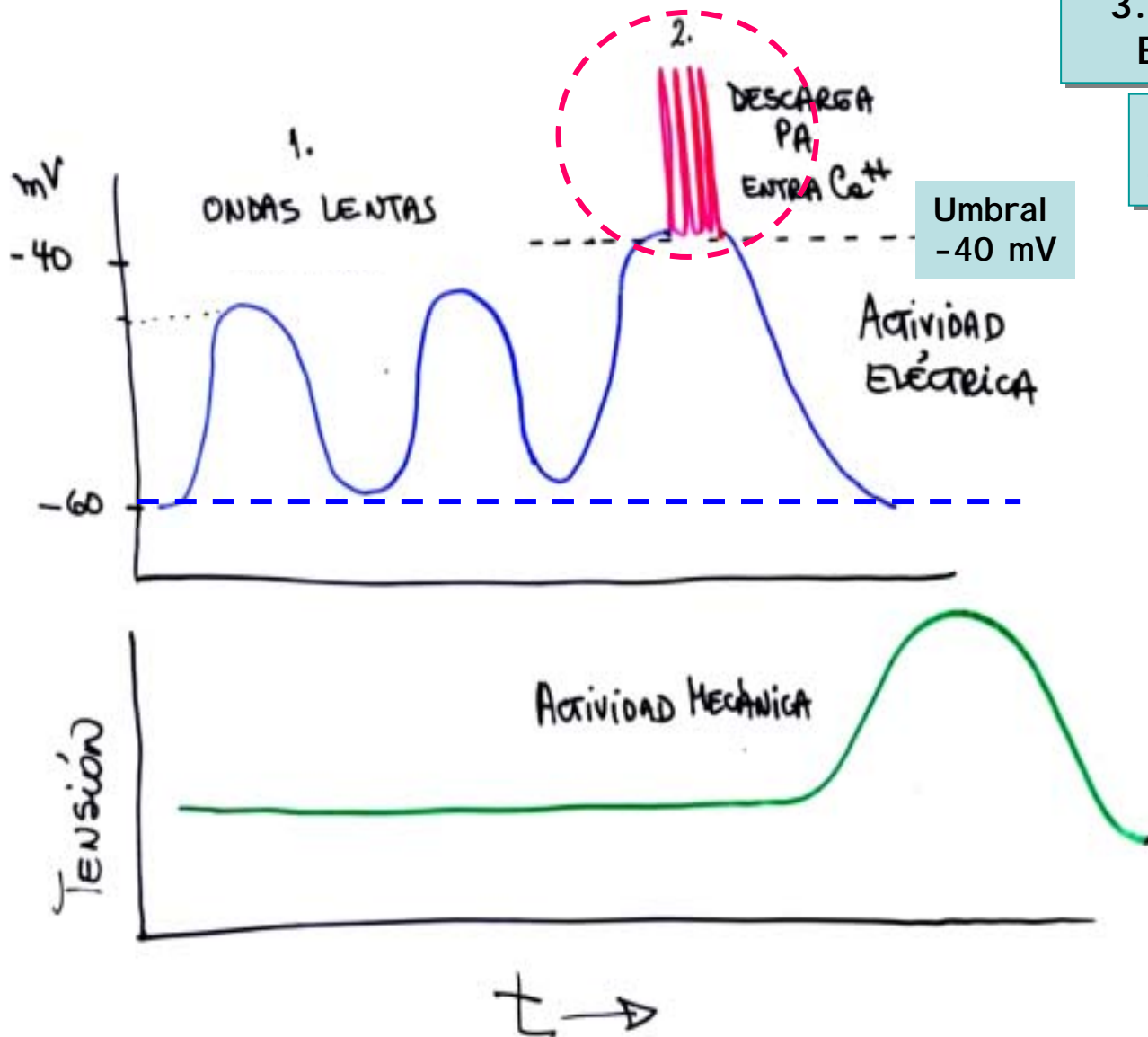
¡Descubrimiento  
*Serendipitoso!*





### 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA

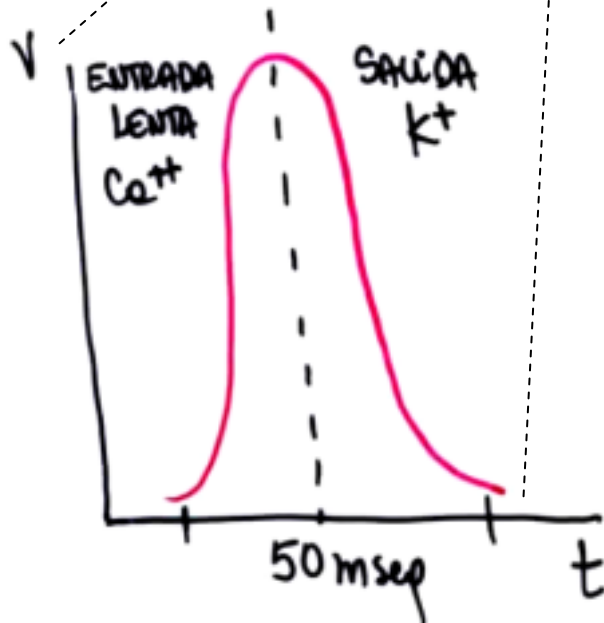
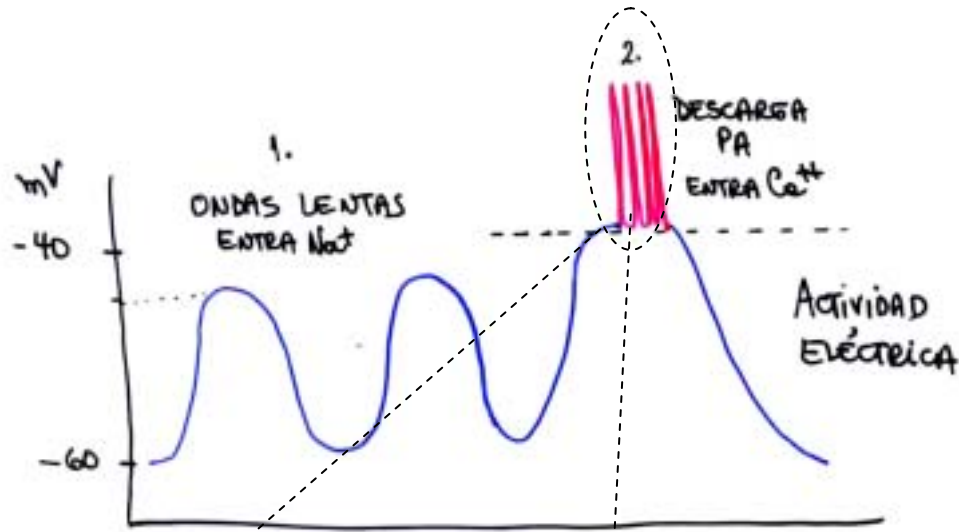
Potencial de acción





### 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA

### POTENCIAL DE ACCIÓN



Entrada LENTA Ca<sup>++</sup>  
Salida de K<sup>+</sup>  
Larga duración



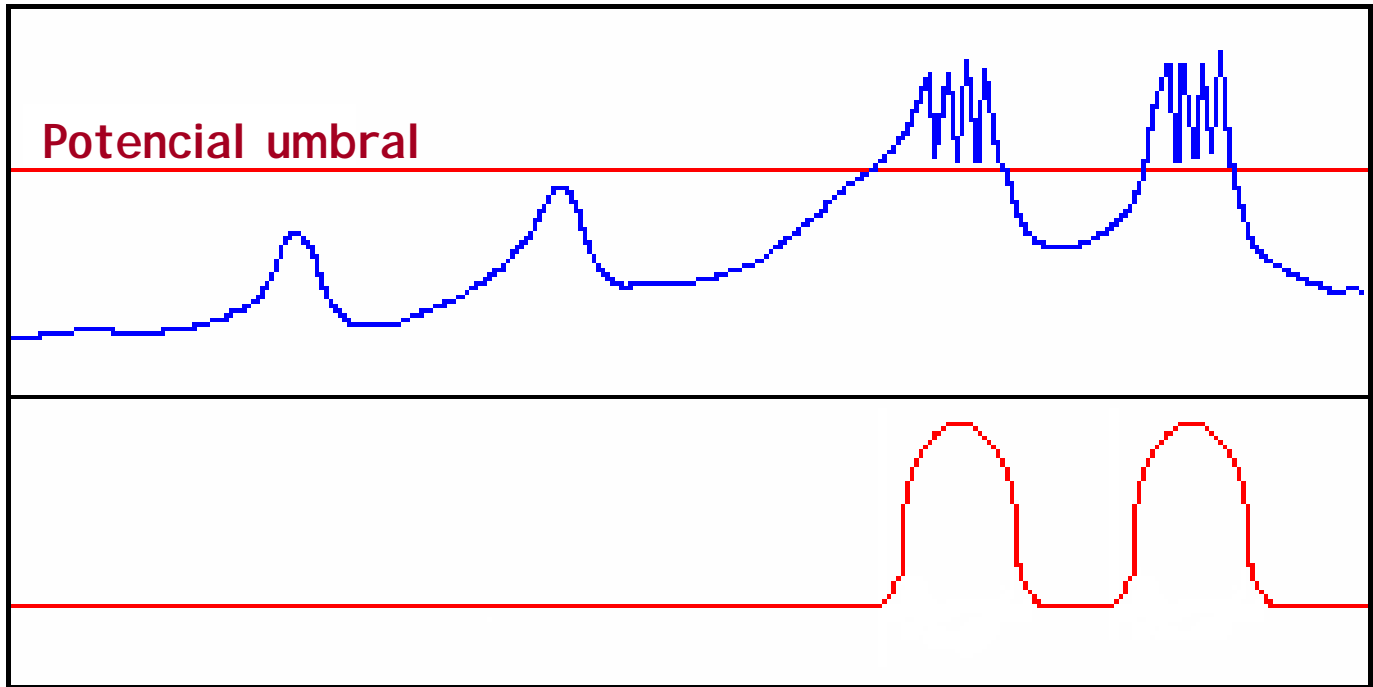
## Potencial de Acción

1. Umbral -40 mV
2. A mayor despolarización mayor frecuencia de descarga de PA
3. PA mayor duración  
despolarización: entrada lenta de  $Ca^{++}$   
repolarización: salida de  $K^+$   
duración 10 a 50 mseg
4. Mayor latencia entre PA y contracción  
300 mseg
5. Ocurre por:  
estiramiento  
marcapasos  
estímulación parasimpática  
hormonas y NT

# III MOTILIDAD

## 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA

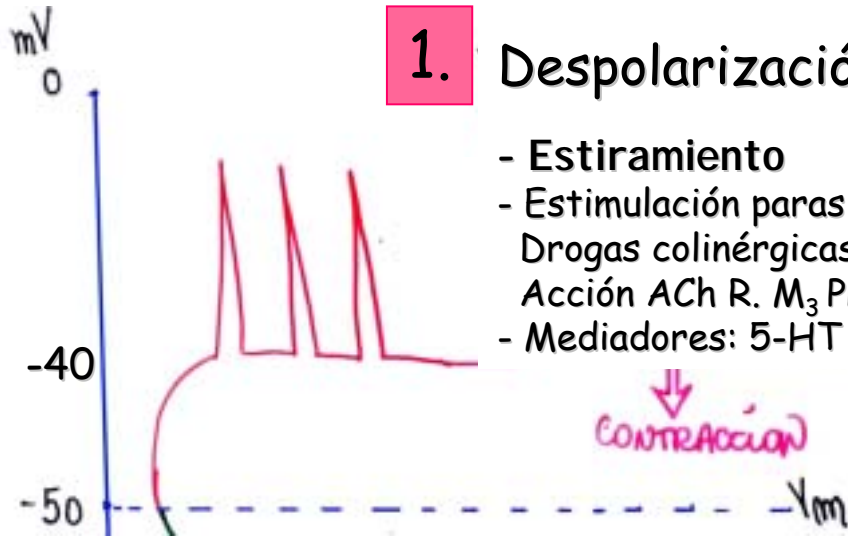
Potencial  
membrana  
(mV)



Tensión  
Muscular



### 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA Factores que afectan

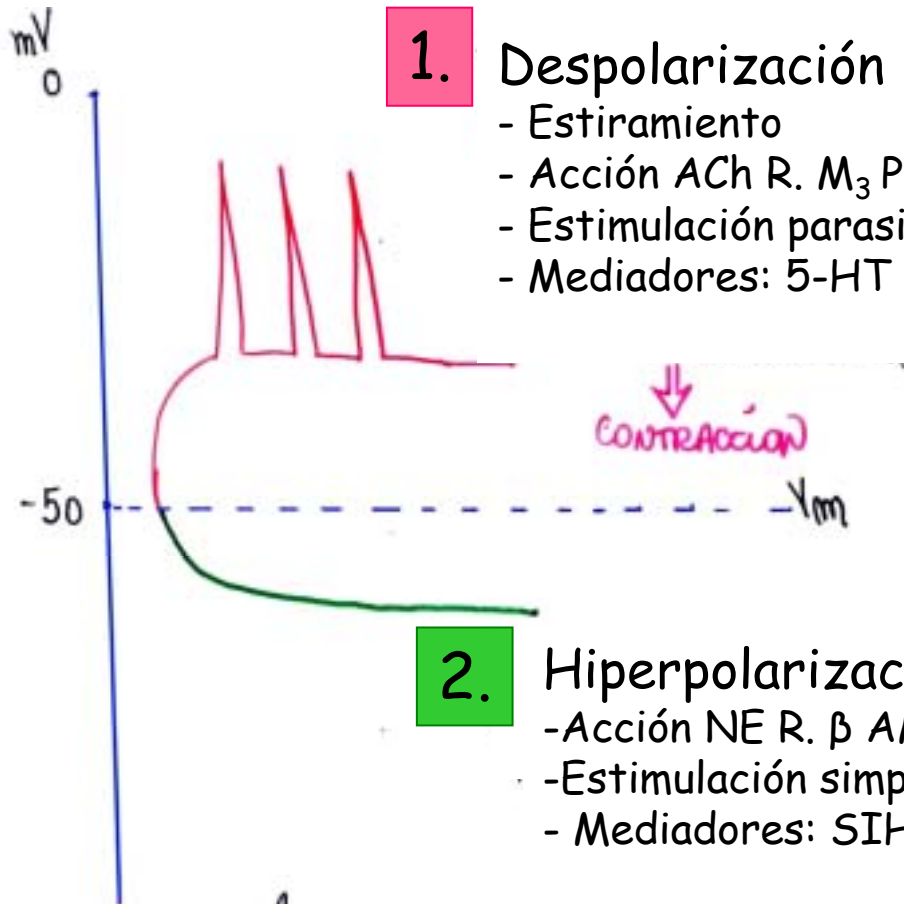


- Locales
- Autonómicos
- Humorales



# III MOTILIDAD

## 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA Factores que afectan



### 1. Despolarización

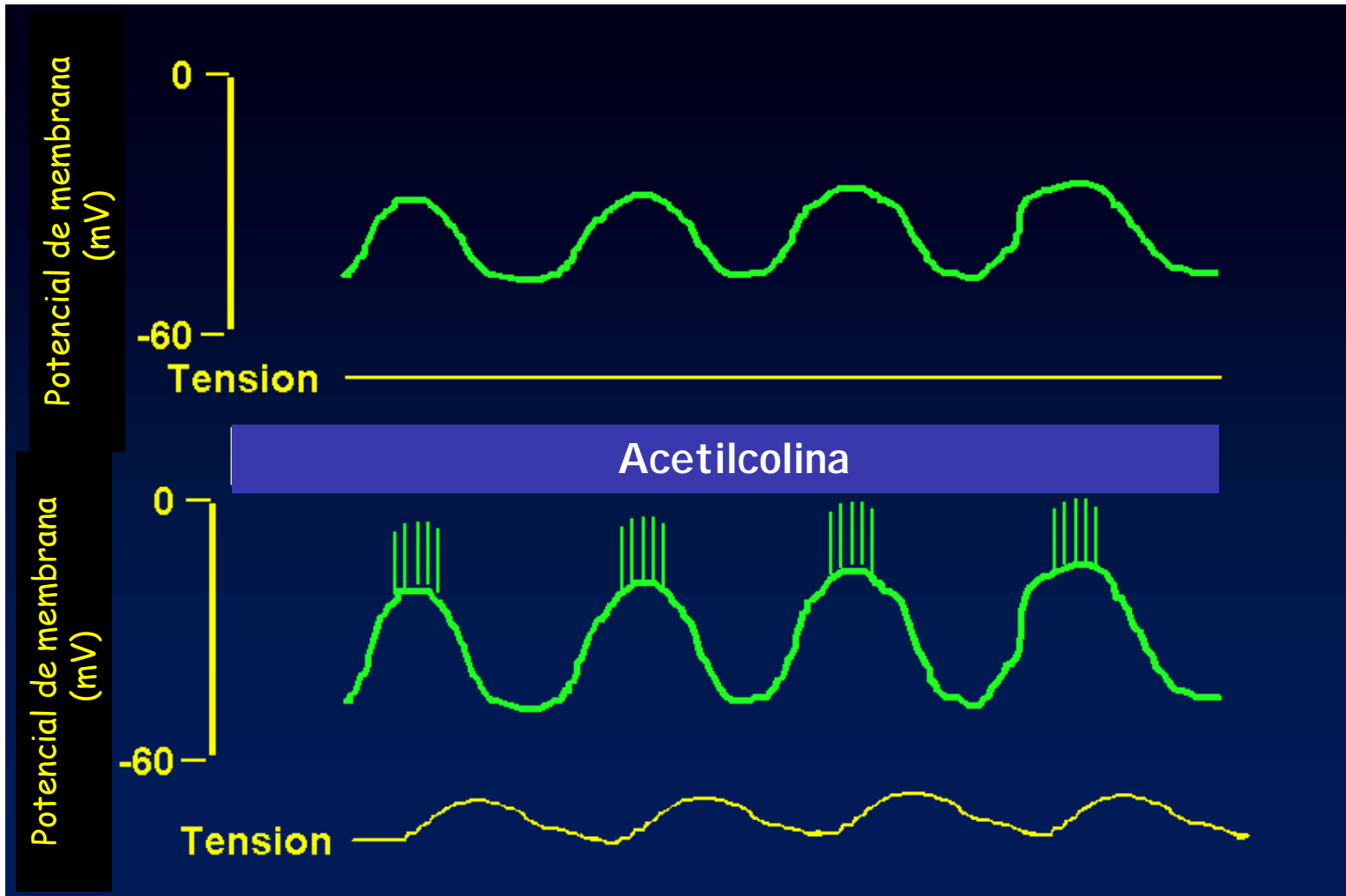
- Estiramiento
- Acción ACh R.  $M_3$  PLC
- Estimulación parasimpática X
- Mediadores: 5-HT Sust. P.

### 2. Hiperpolarización

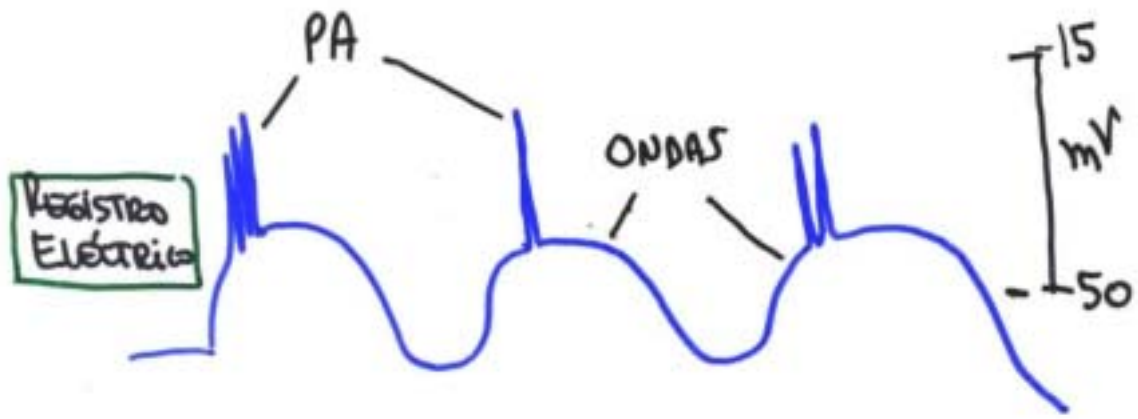
- Acción NE R.  $\beta$  AMPc
- Estimulación simpática
- Mediadores: SIH, NT, ENK, GLP1

- Locales
- Autonómicos
- Humorales

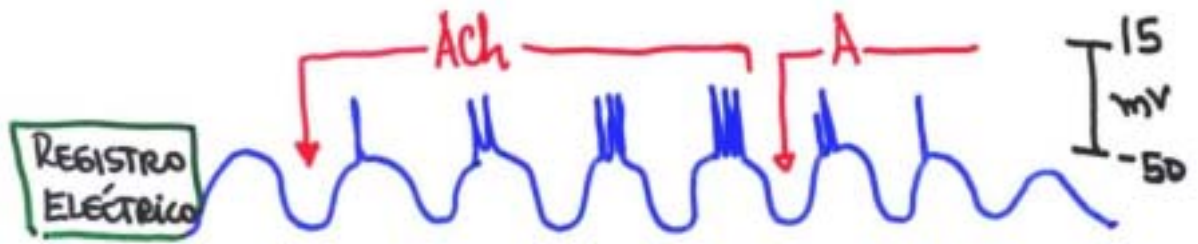
### 3. ACTIVIDAD ELÉCTRICA



# III MOTILIDAD



ACTIVIDAD ELÉCTRICA y CONTRÁCTIL



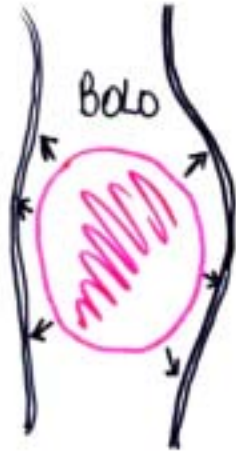
Acción SNA







¿QUÉ SUCEDE CUANDO EL BOLO LLEGA AL TUBO GI?



1. DISTENSIÓN PARED

LIBERACIÓN NT (plexus locales)

2.

MEMBRANA MUSCULAR DESPOLARIZADA

3.

LLEGA ONDA LENTA

ALCANZA UMBRAL

4.

5. DISPARA PA

DIFUSIÓN por "SINACTIO"

ψψ

6. CONTRACCIÓN MUS LISO

DIFUSIÓN por "SINACTIO"

ESTIRAMIENTO



CONTRACCIÓN



#### 4. ACTIVIDAD CONTRÁCTIL

MUCHOS MENSAJEROS



MUCHOS RECEPTORES  
EN EL MÚSCULO LISO



ESTIMULACIÓN - INHIBICIÓN



ACTIVIDAD CONTRÁCTIL  
SIN PA PREVIO  
(50%)!!

No se necesita:

- Ni inervación extrínseca
- Ni PA!!

## 4. ACTIVIDAD CONTRÁCTIL

- Contracciones espontáneas  
Asociadas con actividad eléctrica de Marcapasos que alcanzan PA y contracción
- Contracciones por estimulación  
- Estiramiento-  
Desencadena Reflejo Local peristáltico
- Respuestas a agentes químicos  
Contracción o relajación.



## 4. ACTIVIDAD CONTRÁCTIL

### Músculo liso FÁSICO

Asociados con PA generados por cambios de permeabilidad por apertura de canales de  $\text{Ca}^{++}$  voltaje dependientes  
Contracciones fuertes rápidas

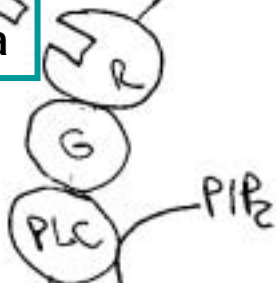
### Músculo liso TÓNICO

No excitables, NO generan PA  
Exhiben contracción continua: TONO  
Contracciones más débiles más duraderas

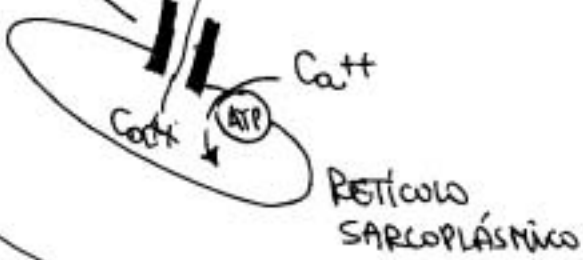


# Fuentes de aumento de $Ca^{++}$ intracelular

NT  
hormona



Canal de calcio abierto por  $IP_3$

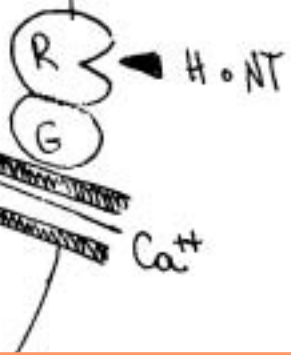


↑  $Ca^{++}$

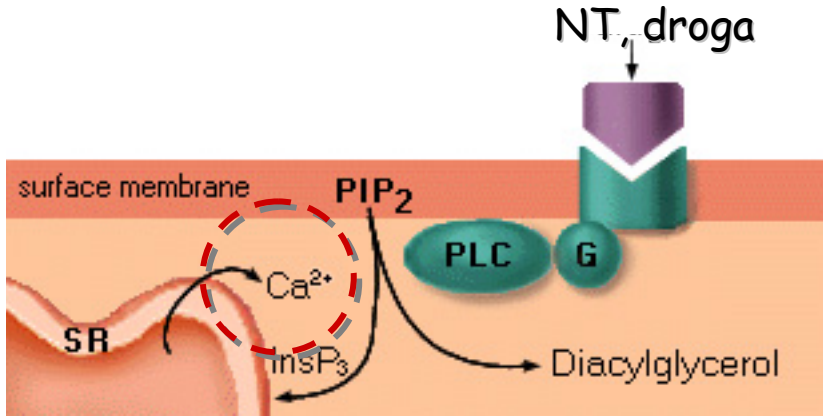
Canal de calcio voltaje dependiente



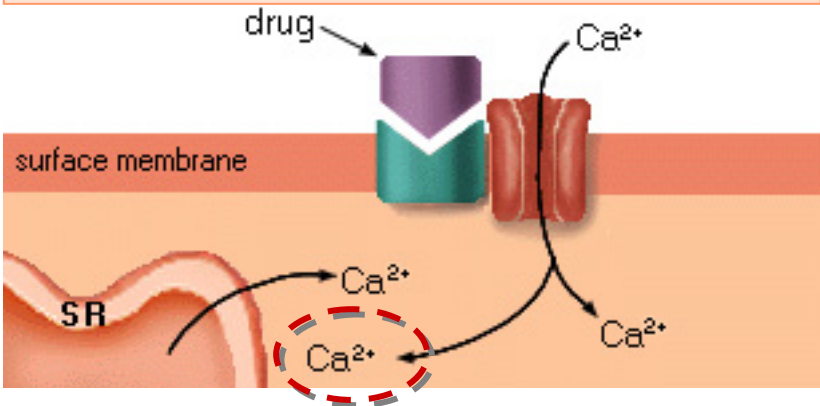
Canal de calcio ligando dependiente



1. Acoplamiento fármacomecánico



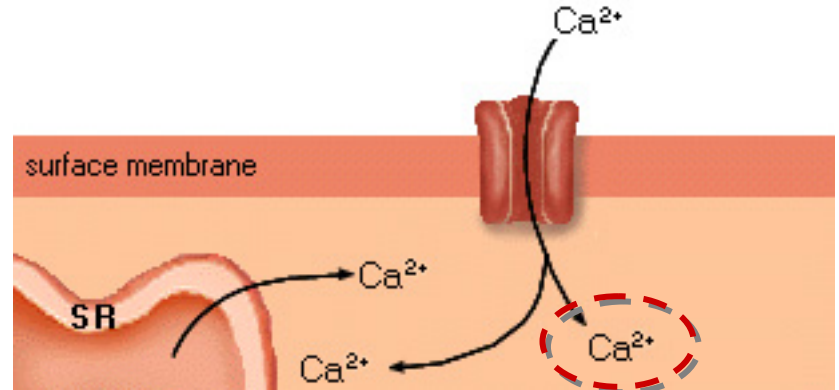
2. Canales de Ca<sup>++</sup> activados por ligando



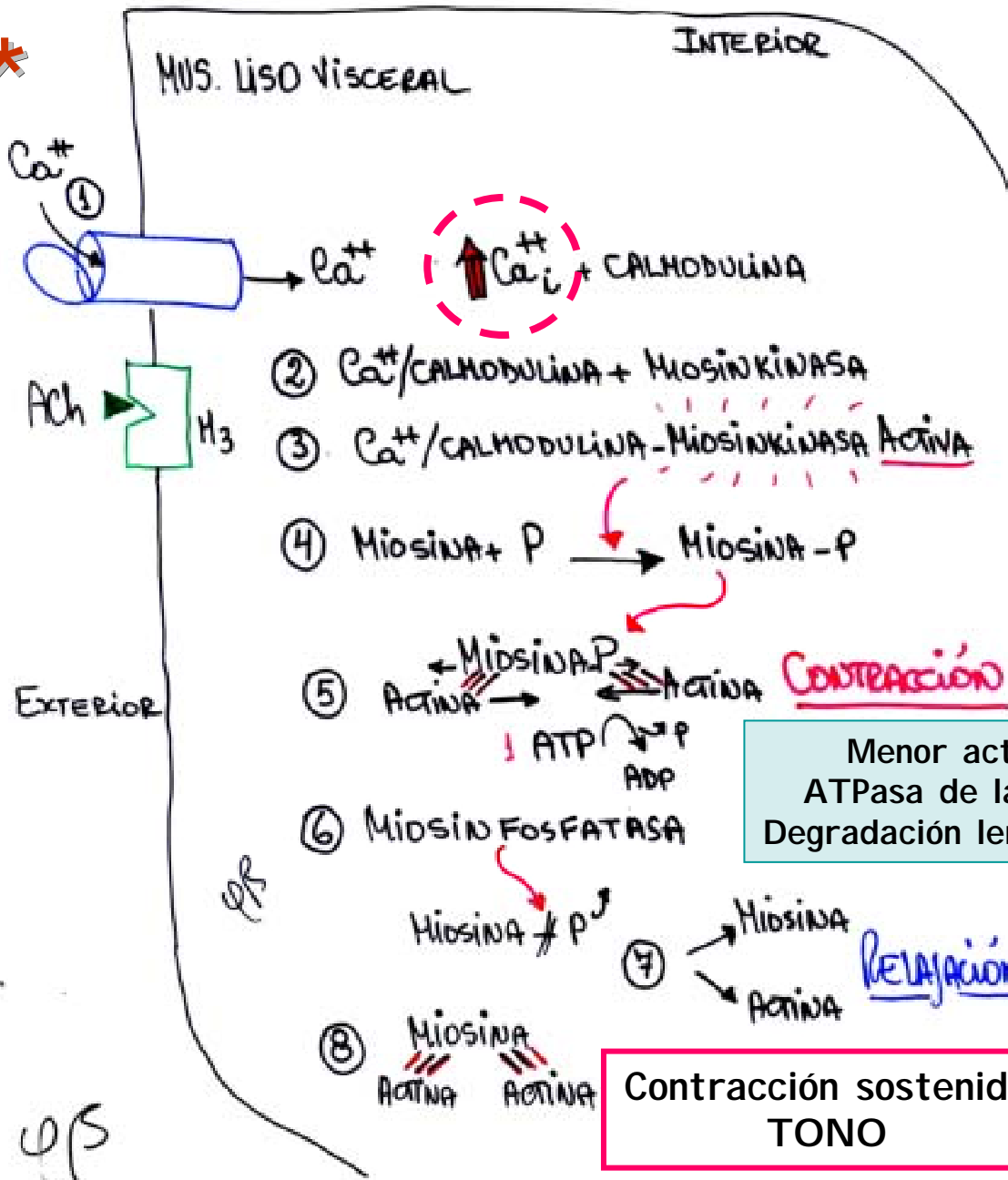
4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

Aumento calcio intracelular

3. Canales de Ca<sup>++</sup> voltaje dependientes



\* \*



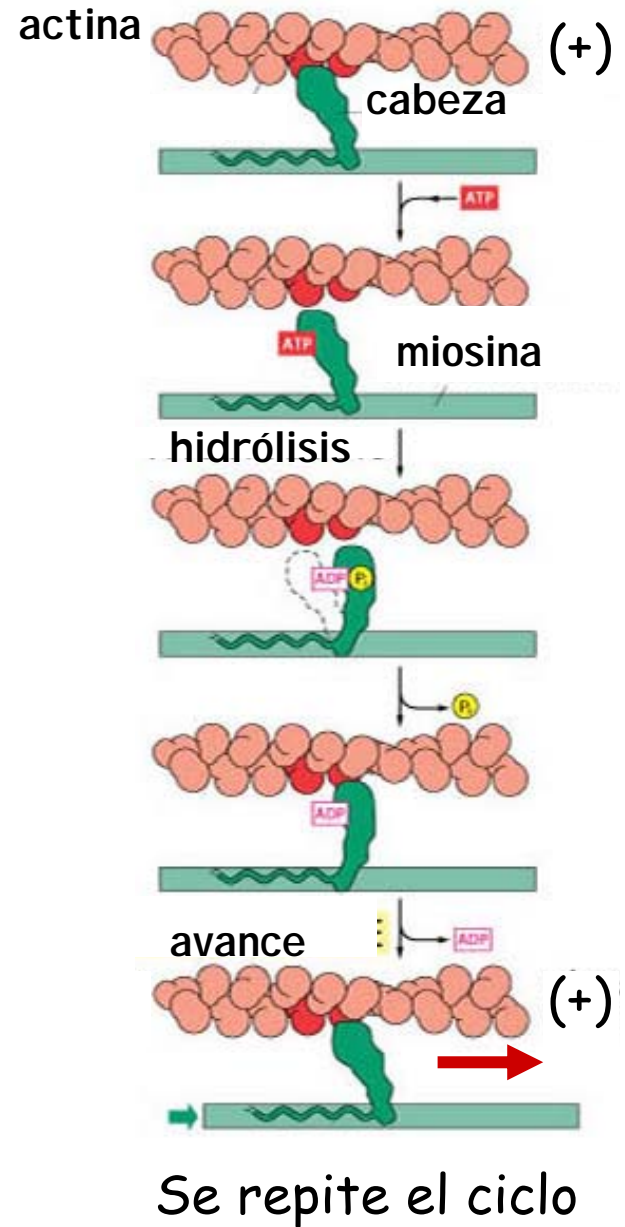
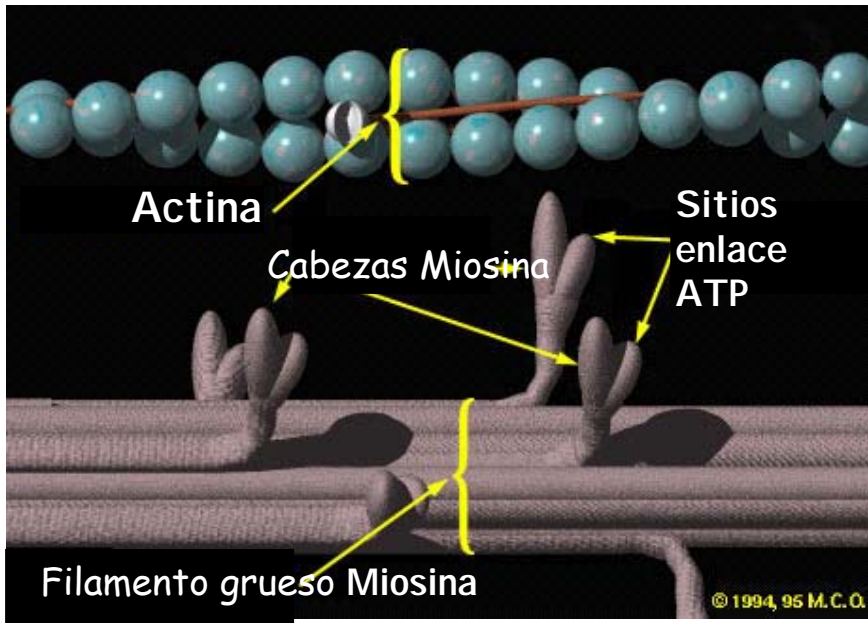
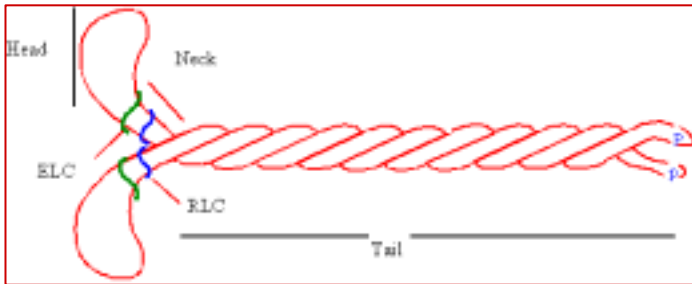
#### 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

#### SECUENCIA DE EVENTOS

Menor actividad ATPasa de la miosina  
Degradación lenta de ATP

Contracción sostenida TONO

# Miosina II m. liso





1.

Miosin-kinasa  
activación

Relajación

4. Actividad contráctil  
Secuencia

2.

Fosforilación  
miosina

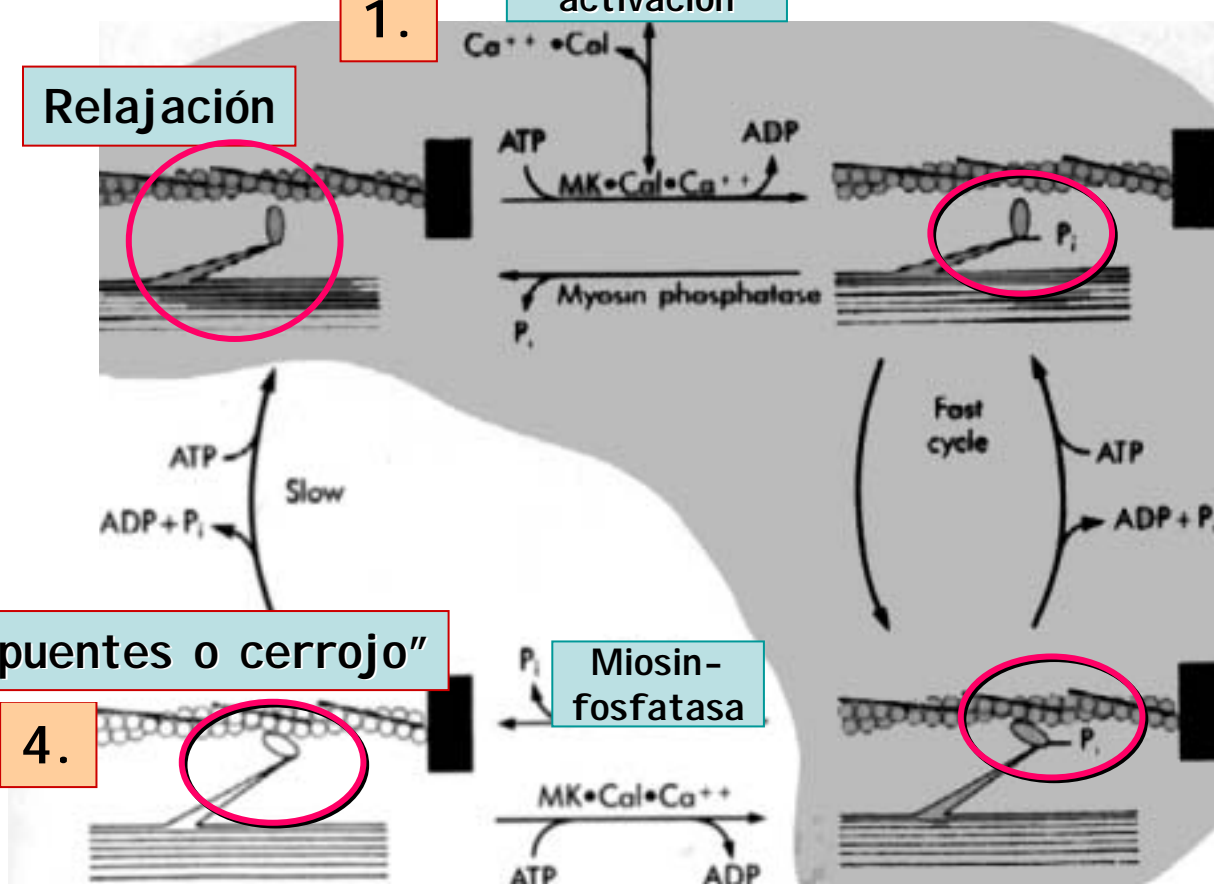
3.

Contracción

4.

"puentes o cerrojo"

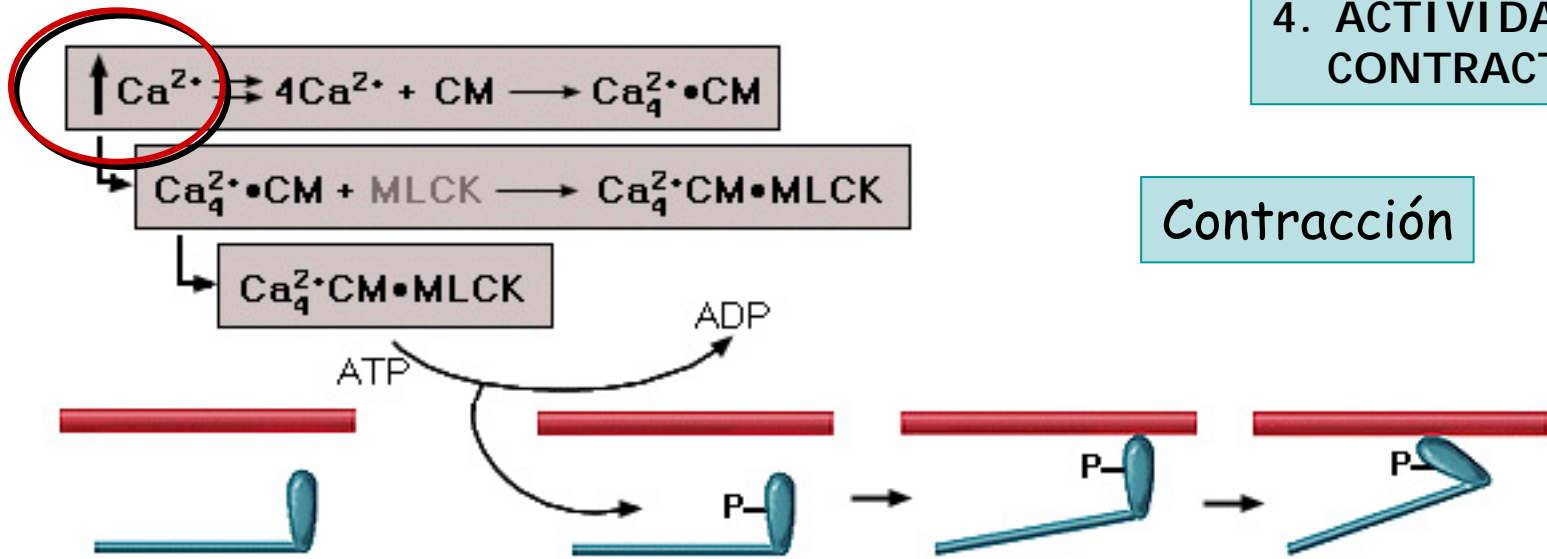
Miosin-  
fosfatasa



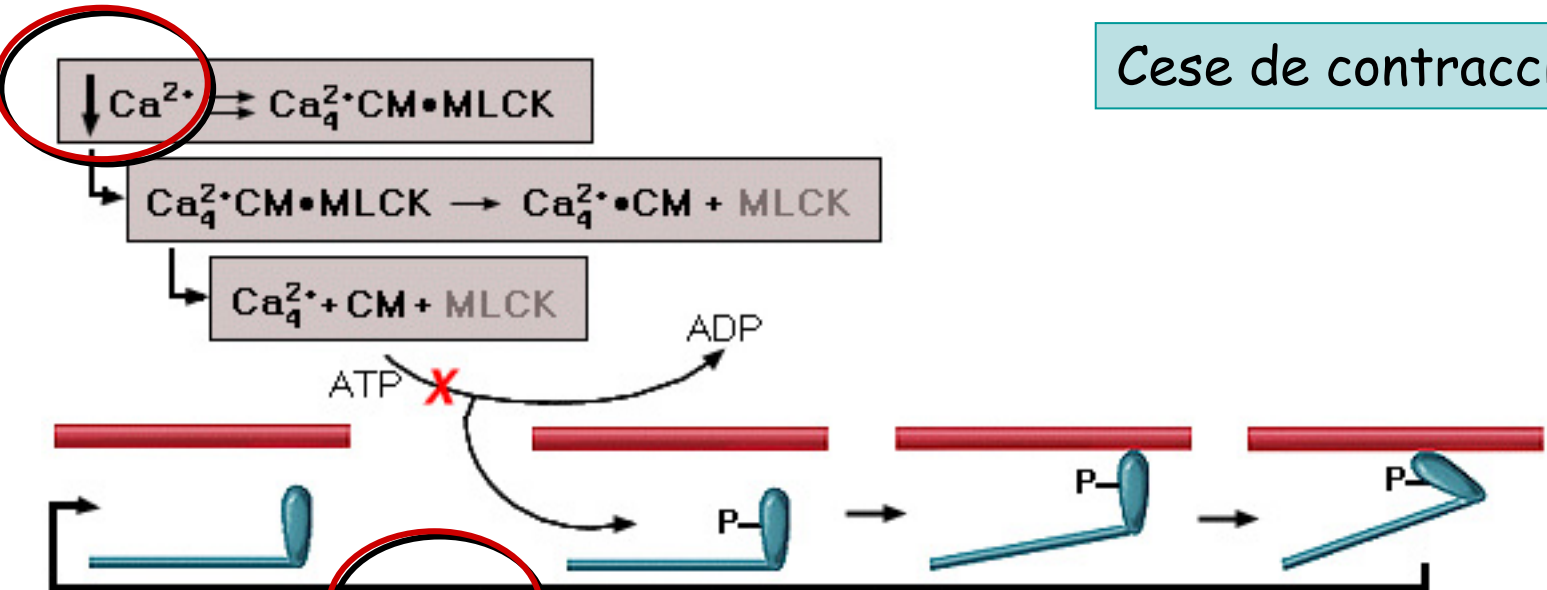
1. La enzima kinasa de cadena ligera de miosina (MLCK) es activada por  $Ca^{2+}$  Calmodulina
2. La miosina del músculo liso es fosforilada por MLCK
3. Se enlazan actina - miosina y el músculo se contrae
4. Un mecanismo de *cerrojo* ocurre luego de la defosforilación de la miosina provocando contracción sostenida con mínima utilización de ATP

# 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

## Contracción



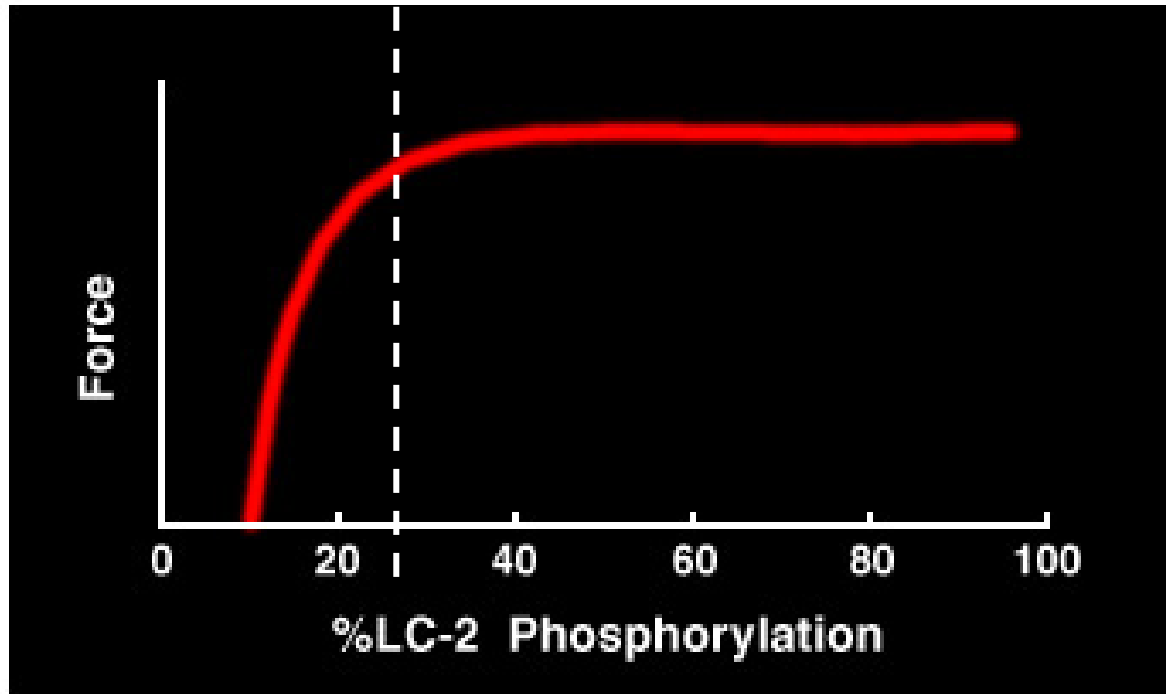
## Cese de contracción



2 Phosphatase (removes P and cycling stops)

#### 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

#### Músculo liso



FUERZA - GRADO DE FOSFORILACIÓN de miosina

Con 25% de fosforilación se desarrolla casi 100% de fuerza

## 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

### Músculo liso

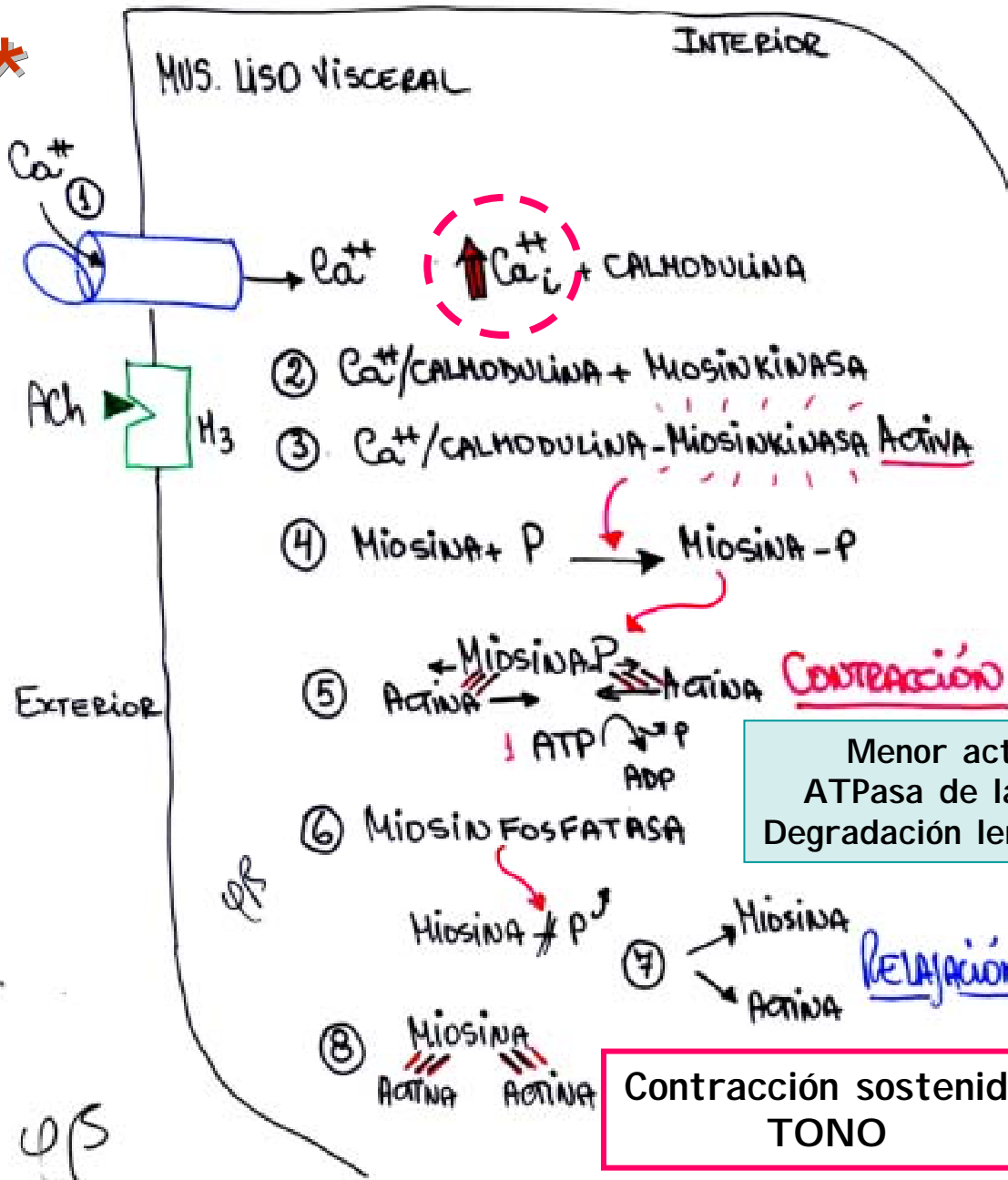
#### TENSIÓN - LONGITUD

El sistema contráctil es capaz de generar el DOBLE DE FUERZA en un rango de longitud más amplio que el músculo esquelético

#### FUERZA - VELOCIDAD de acortamiento

300 a 500 veces más LENTA por la baja degradación de ATP

\* \*



#### 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

#### SECUENCIA DE EVENTOS

Menor actividad ATPasa de la miosina  
Degradación lenta de ATP

Contracción sostenida  
TONO

### Reversión del proceso contráctil

#### 1. $\text{Ca}^{++}$ intracelular baja

Salida al exterior y recaptación al RE  
Se inhibe la fosforilación de la miosina

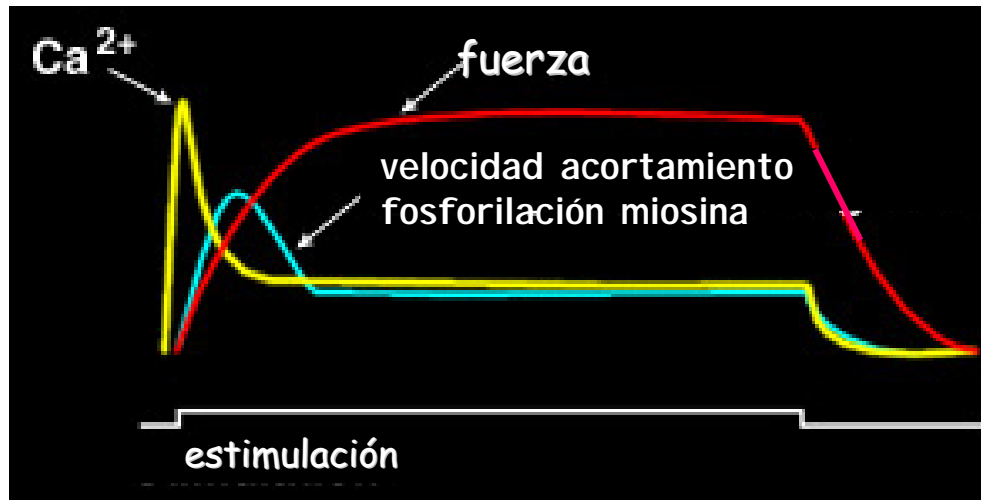
#### 2. Desfosforilación de la miosina

Cesan los puentes actina-miosina

Sin embargo, los puentes en el músculo tónico son capaces de entrar en estado de "cerrojo" manteniendo la fuerza sin gastar más ATP



## Puentes ACTINA - MIOSINA



Inicio: sube  $Ca^{++}$ , velocidad de acortamiento y fosforilación miosina

Luego: cae  $Ca^{++}$ , fosforilación miosina, velocidad de acortamiento y la hidrólisis de ATP

Sin embargo, la FUERZA se mantiene tónicamente

#### 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

m. liso tónico  
(esfínteres)

La maquinaria es muy económica capaz de generar más fuerza con bajo gasto de ATP

Esto explica la contracción TÓNICA en m. liso tónico:

¡Contracción sostenida con poco gasto!





**PUENTES ACTINA-MIOSINA**  
tienen **MENOR** actividad ATPasa



**LENTA** degradación del ATP  
que energiza las cabezas de miosina



**MAYOR** duración de la contracción

Importante en  
el mantenimiento del  
**TONO MUSCULAR**  
en vísceras huecas!!



#### 4. ACTIVIDAD CONTRACTIL

El tiempo de enlace  
ACTINA-MIOSINA  
determina



MAYOR fuerza de contracción  
con  
MENOR gasto de energía  
(1 ATP por ciclo)!!

Importante en el  
mantenimiento del  
**TONO MUSCULAR**  
en vísceras huecas!!



## M. LISO

## M. ESQUELÉTICO

DURACIÓN  
CONTRACCIÓN

Mayor, 1-3 seg  
Degradación lenta ATP

30 -100 msec

GASTO DE  
ENERGÍA

Menor, sólo 1  
ATP/ciclo

10- 300 ATP

FUERZA DE  
CONTRACCIÓN

Mayor por mayor  
duración

Menor

ACORTAMIENTO

80%

30%



**TONO SOSTENIDO  
A BAJO COSTO!!**

M. ESQUELÉTICO

Ejercicio muscular 30 - 60 min para perder peso  
Se consume mucha energía en la contracción muscular

M. LISO

Cómo sería el gasto de energía en actividad motora intestinal, casi continua, si el gasto fuera igual que en m. esquelético!





## ECONOMÍA CONTRÁCTIL

1. Baja tasa de hidrólisis de ATP en miosina
2. Alta fuerza generada en los puentes ACTINA MIOSINA
3. Capacidad de los puentes de entrar en estado de cerrojo en músculo liso tónico

Buen diseño para mantenimiento económico del TONO



# MÚSCULO LISO VISCERAL

1. SINCITIO **FUNCIONAL**
2. **NO HAY** PR VERDADERO
3. EL PA ES POR ENTRADA LENTA DE **CALCIO**
4. LA INERVACIÓN EXTRÍNSECA **NO ES** NECESARIA PARA LA CONTRACCIÓN
5. EL MÚSCULO PUEDE CONTRAERSE **SIN PA**, ES SENSIBLE A MUCHOS MENSAJEROS
6. EL **ESTIRAMIENTO** ES EL ESTÍMULO MÁS IMPORTANTE
7. HAY MAYOR FUERZA Y DURACIÓN DE LA CONTRACCIÓN CON **MENOR GASTO** DE ENERGÍA QUE PERMITE MANTENER EL **TONO**