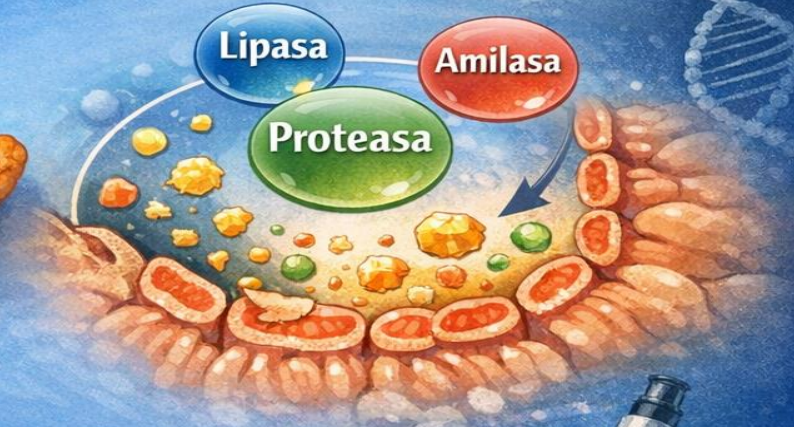
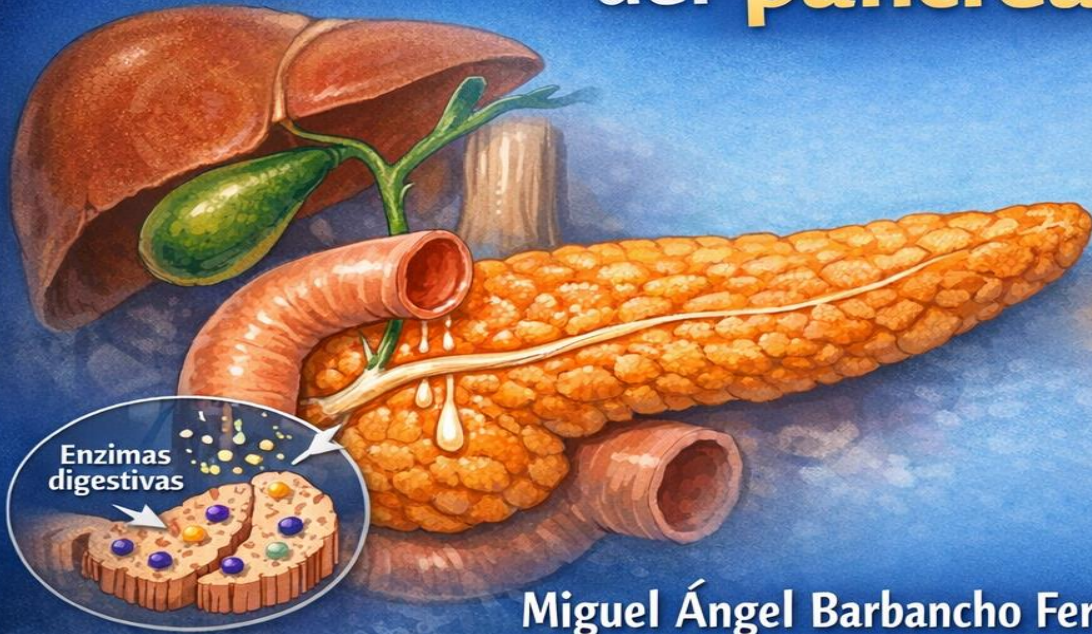


Fisiología exocrina del páncreas



Miguel Ángel Barbancho Fernández

Área de Fisiología
Facultad de Medicina - Universidad de Málaga



Índice

FH1 Digestivo
Área Fisiología
Facultad de Medicina
Málaga

Recuerdo morfofuncional



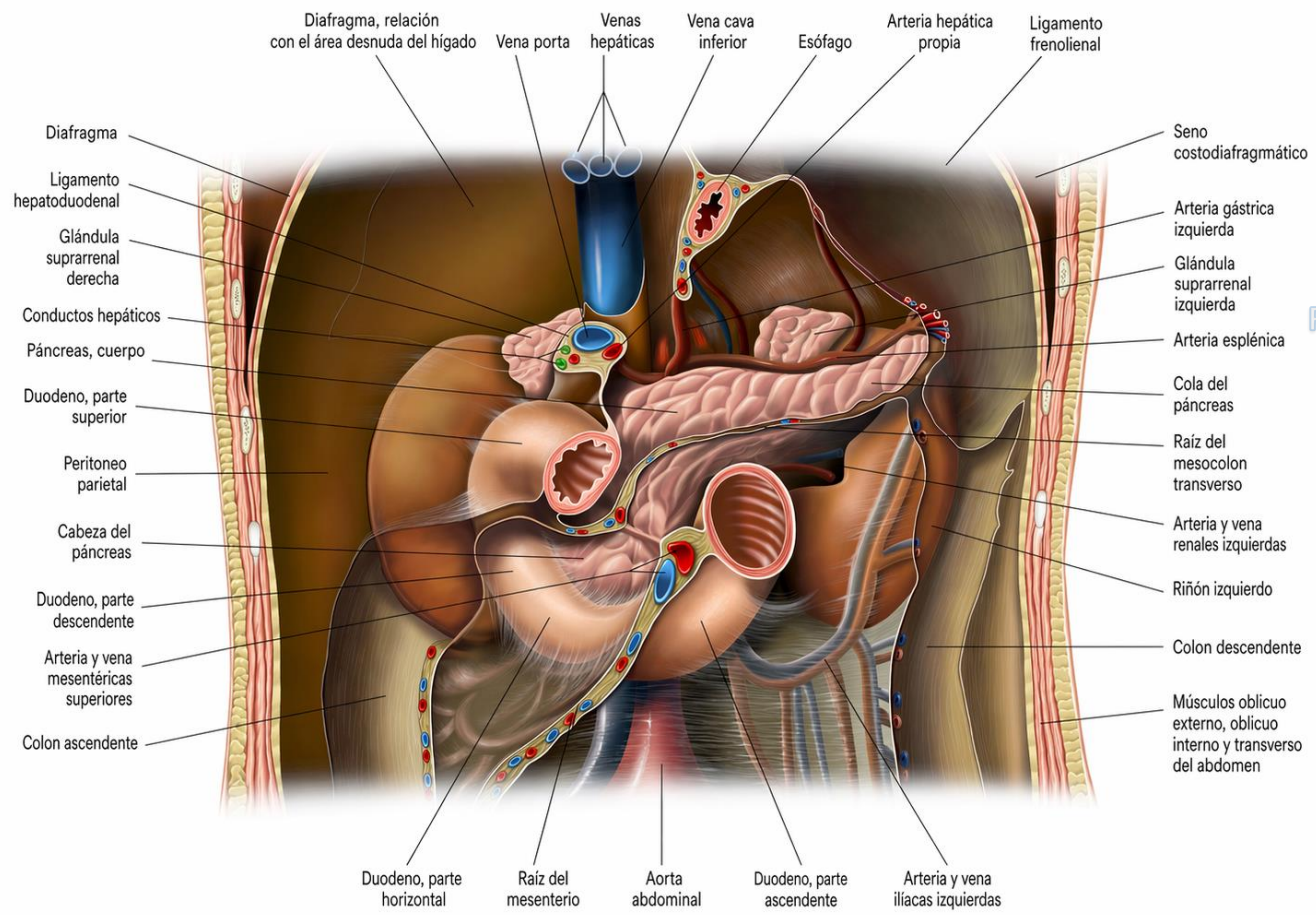
Secreción pancreática exocrina



Regulación de la secreción pancreática



Anatomía fisiológica del páncreas



FH1 Digestivo
 Área Fisiología
 Facultad de Medicina
 Málaga

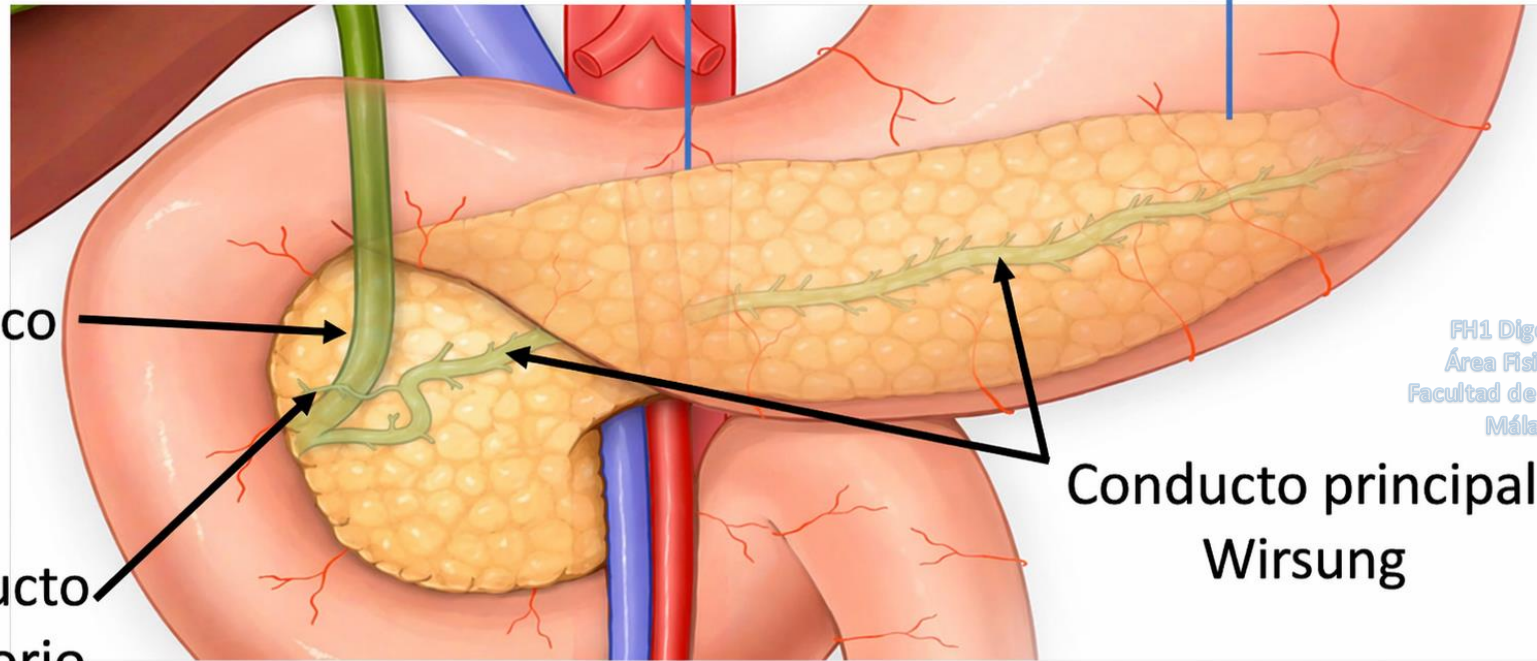
Anatomía fisiológica del páncreas

← 20 cm →

Cabeza

Cuerpo

Cola



Colédoco

Conducto accesorio

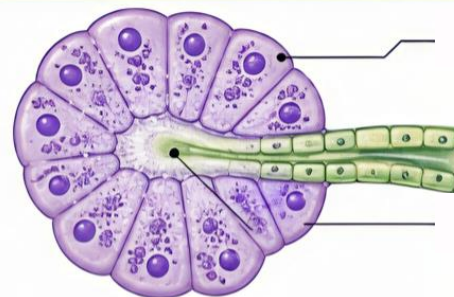
Conducto principal Wirsung

FH1 Digestivo
Área Fisiología
Facultad de Medicina
Málaga

Histología fisiológica del páncreas

El páncreas es una **glándula mixta**.

PARTE EXOCRINA (Acinos pancreáticos)



Células acinares

Células centroacinares

PARTE ENDOCRINA
(Islotes de Langerhans)

Formada por los islotes de Langerhans donde hay células endocrinas que producen:



INSULINA
(células β)



GLUCAGÓN
(células α)

PARTE EXOCRINA

Está compuesta por las células acinares y centroacinares y produce:

ENZIMAS PANCREÁTICAS



Degrada almidones a azúcares más simples.



Degrada triglicéridos a ácidos grasos y monoglicéridos.



Degrada proteínas a péptidos y aminoácidos.

JUGO PANCREÁTICO

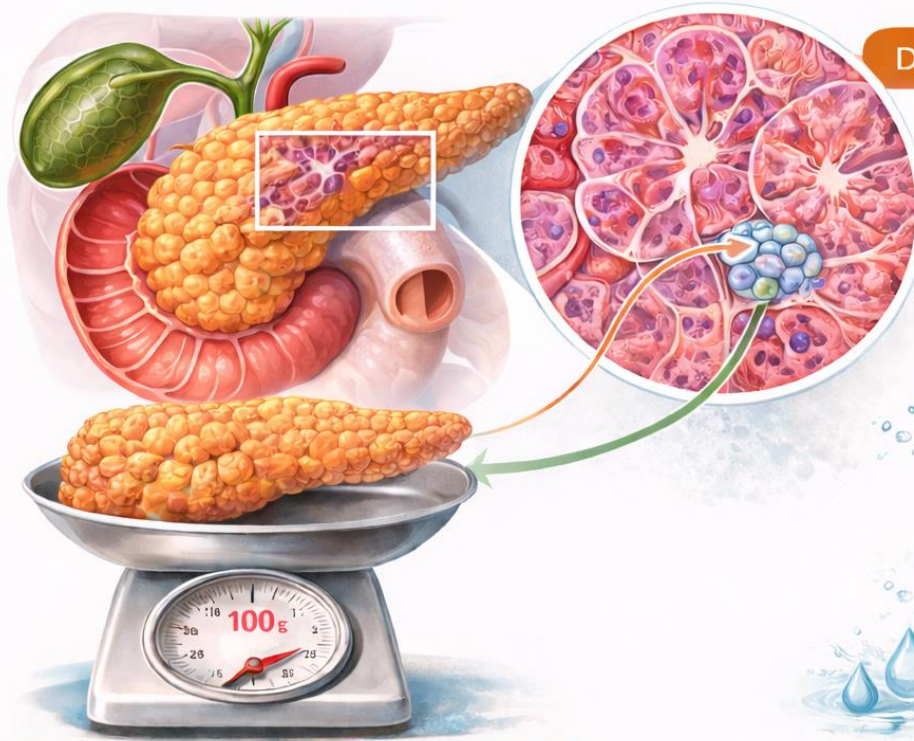


Rico en agua y electrolitos.



En resumen: el páncreas combina una función endocrina (regulación hormonal del metabolismo) y una función exocrina (producción de enzimas y jugo pancreático para la digestión).

Anatomía fisiológica del páncreas



Durante la ingesta puede multiplicarlo $\times 10$

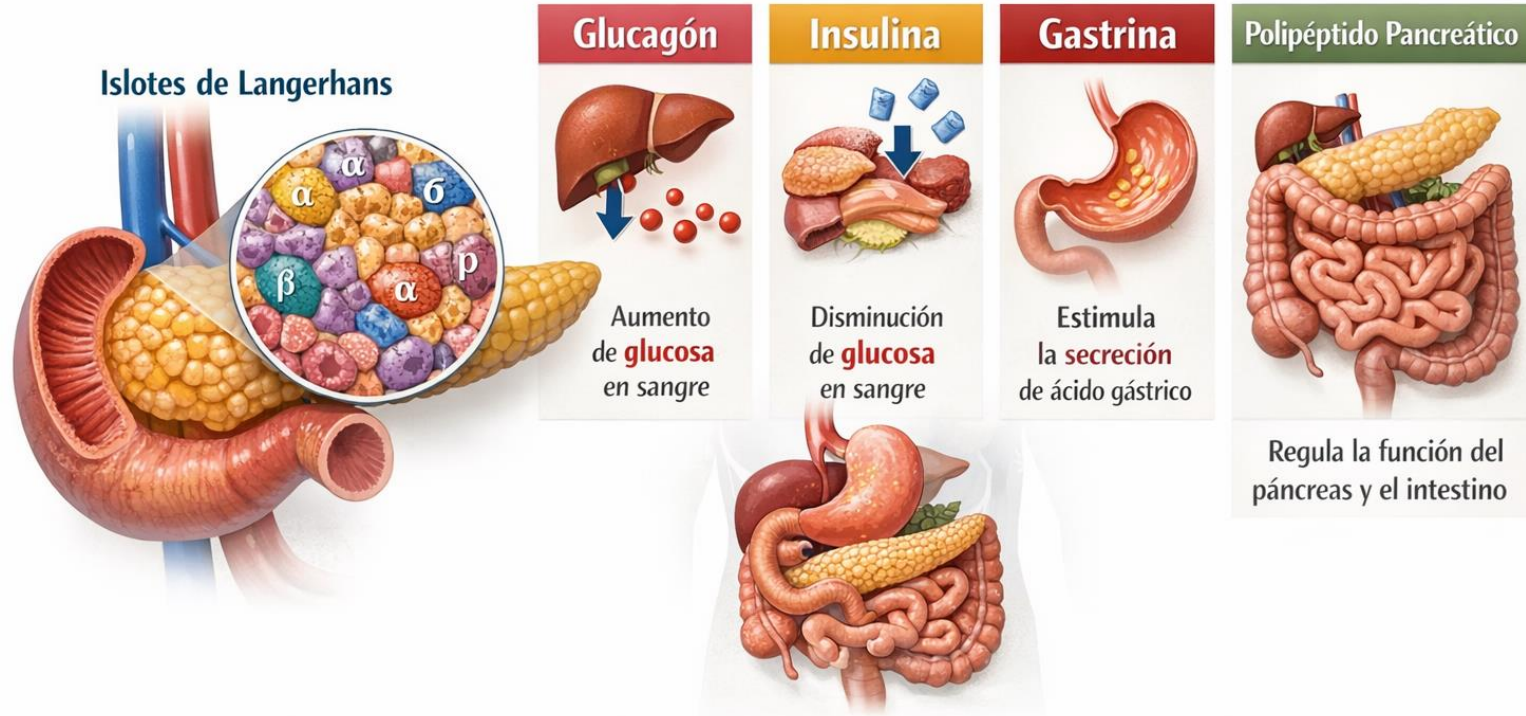
produciendo un **volumen**
de **secreción exocrina** diaria
de entre **1 y 4 litros**



Tiene un peso aproximado de
100 gramos

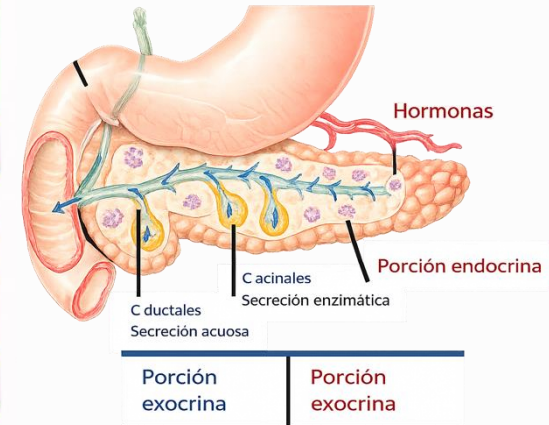
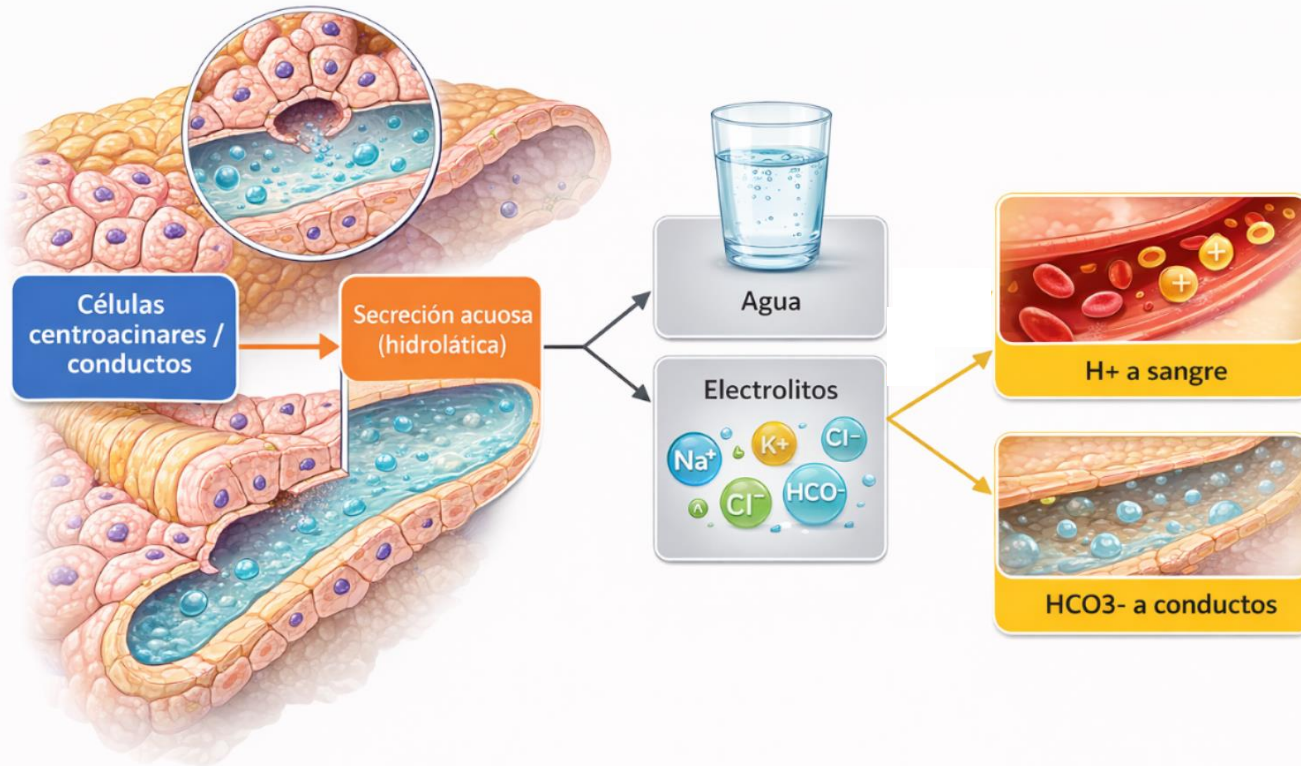
Secreción pancreática endocrina

La secreción endocrina de los islotes de Langerhans es variada al poseer varios tipos celulares, produciéndose **glucagón, insulina, gastrina y polipéptido pancreático**.

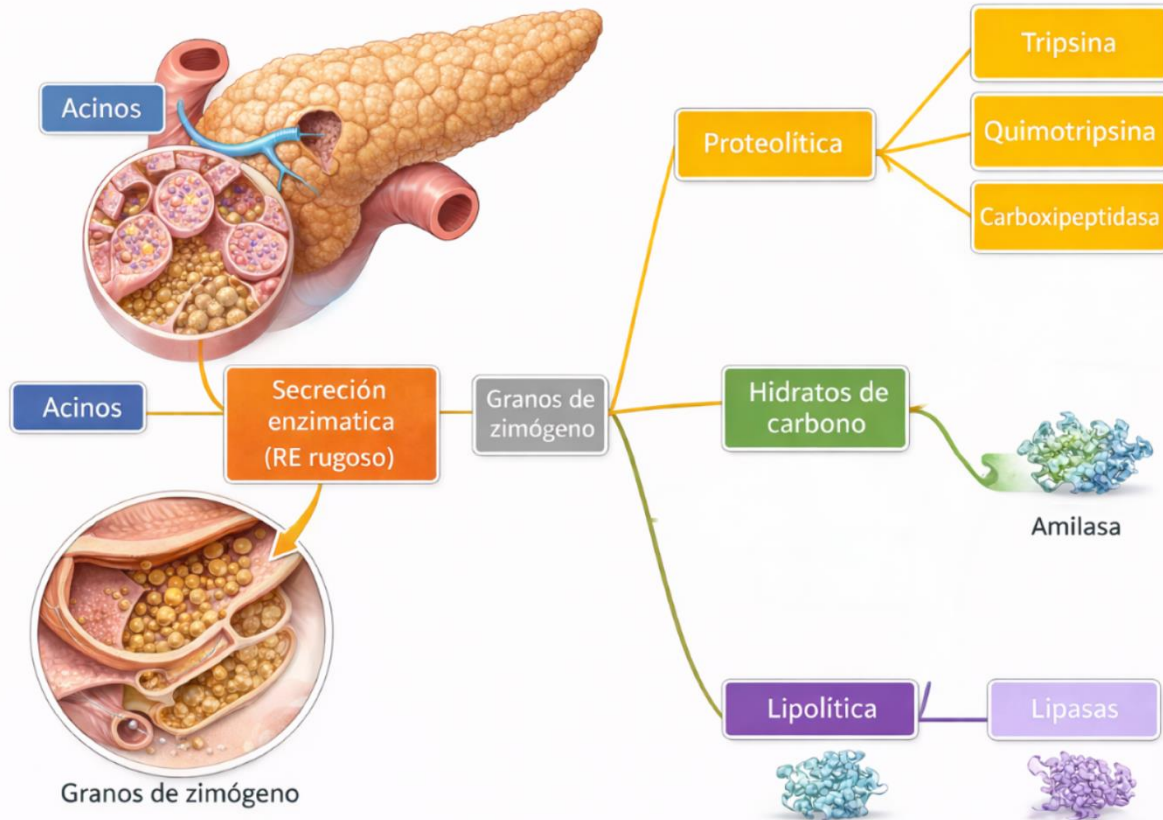


Secreción pancreática exocrina

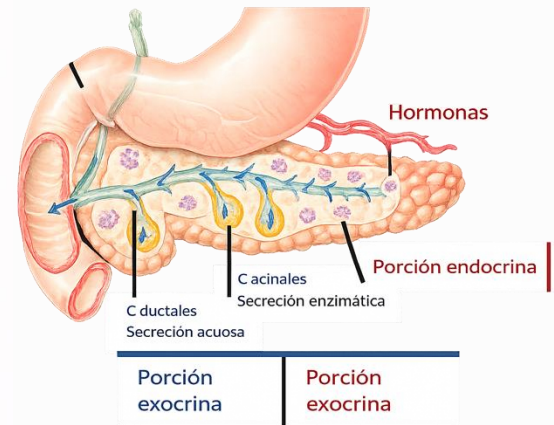
FH1 Digestivo
Área Fisiología
Facultad de Medicina
Málaga



Secreción pancreática exocrina



FH1 Digestivo
Área Fisiología
Facultad de Medicina
Málaga



Páncreas exocrino: secreción acuosa

SECRECIÓN ACUOSA: PRODUCIDA POR LAS CÉLULAS EPITELIALES Y LAS CÉLULAS DE LOS CONDUCTOS

Componentes

- Na⁺** Sodio (Na⁺)
- K⁺** Potasio (K⁺)
- Cl⁻** Cloro (Cl⁻)
- HCO₃⁻** Bicarbonato (HCO₃⁻)
- Mg²⁺** Magnesio (Mg²⁺)
- Ca²⁺** Calcio (Ca²⁺)

Glándula Estimulada

Sodio, Potasio y Cloro Sin cambios

Bicarbonato x 5 ↑

↑ +HCO₃⁻

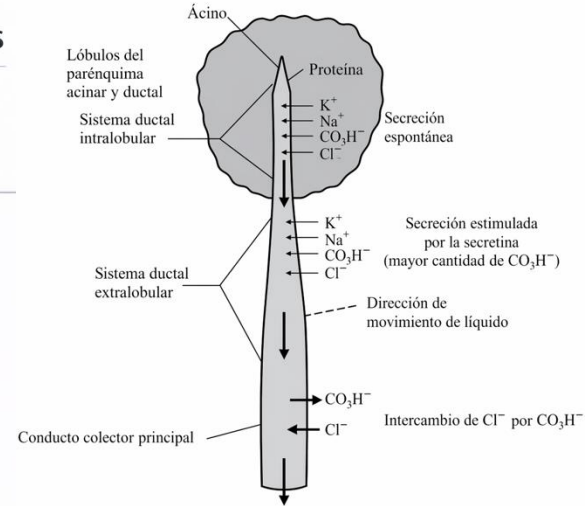
Situación Basal

Concentraciones similares al plasma
No hay digestión de alimentos



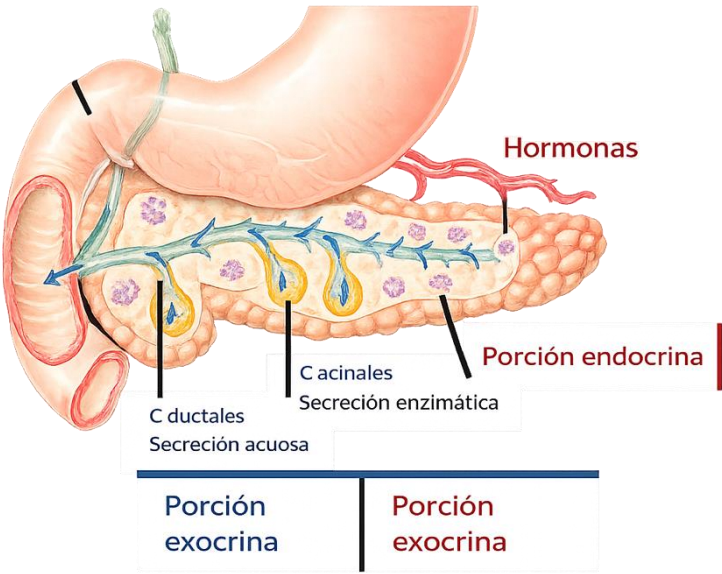
Función

Neutralización del quimo ácido
pH 8,2

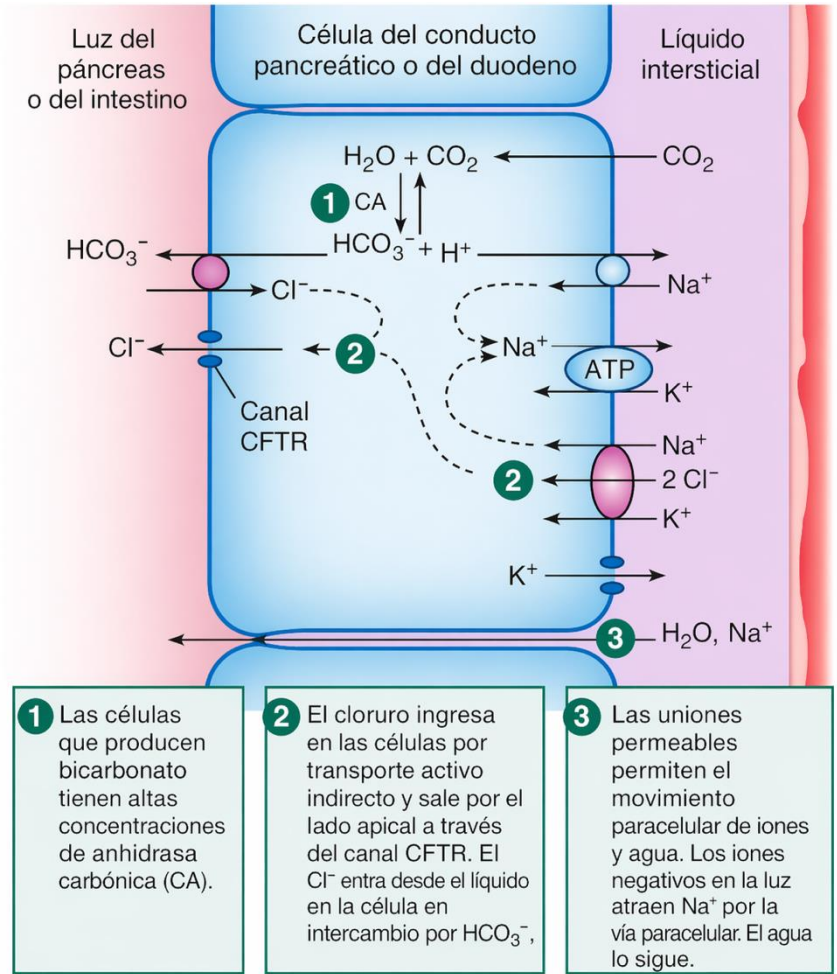


Páncrea exocrino: secreción acuosa

FH1 Digestivo
 Área Fisiología
 Facultad de Medicina
 Málaga



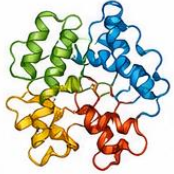

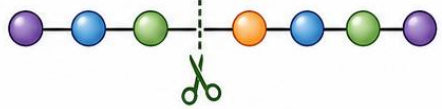
Secreción de bicarbonato en páncreas y duodeno



Páncreas exocrino: secreción encimática (proteínas)



1. ENDOPEPTIDASAS

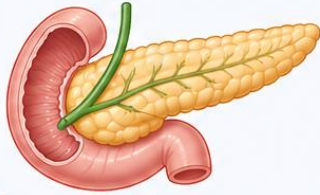
ZIMÓGENOS (Inactivos)	ENZIMAS ACTIVAS	FUNCIÓN
<ul style="list-style-type: none">• Tripsinógeno• Quimotripsinógeno• Proelastasa 	<ul style="list-style-type: none">• Tripsina• Quimotripsina• Elastasa 	<p>Destruir enlaces peptídicos.</p> 

2. EXOPEPTIDASAS

ZIMÓGENOS (Inactivos)	ENZIMAS ACTIVAS	FUNCIÓN
<ul style="list-style-type: none">• Procarboxipeptidasa• Proaminopeptidasa 	<ul style="list-style-type: none">• Carboxipeptidasa• Aminopeptidasa 	<p>Fraccionamiento a aminoácidos individuales.</p> 

i Las enzimas pancreáticas se secretan como zimógenos (inactivas) para prevenir la autodigestión del páncreas. Se activan en la luz intestinal, principalmente por acción de la enteropeptidasa que convierte el tripsinógeno en tripsina.

Páncreas exocrino: secreción encimática (glúcidos)



AMILASA PANCREÁTICA

Hidrólisis de hidratos de carbono **excepto celulosa**.

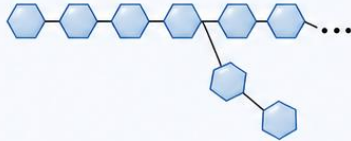


La amilasa pancreática actúa en el intestino delgado (luz intestinal).

ACCIÓN DE LA AMILASA PANCREÁTICA

Sustrato

Hidratos de carbono
(almidón, glucógeno)

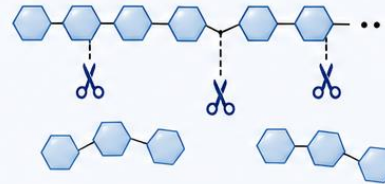


Amilasa pancreática



Acción

Hidrólisis de enlaces α -1,4
(no rompe enlaces α -1,6).



PRODUCTOS FINALES

Disacáridos



Trisacáridos



EN RESUMEN

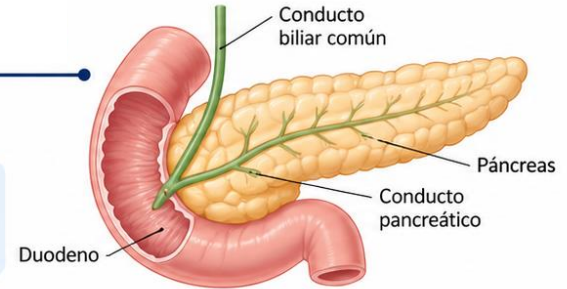
La amilasa pancreática hidroliza los hidratos de carbono (almidón y glucógeno), **excepto la celulosa**, generando como productos finales **disacáridos** y **trisacáridos**.

Páncreas exocrino: secreción encimática (lípidos)

DIGESTIÓN DE LÍPIDOS: LIPASAS PANCREÁTICAS



El páncreas exocrino secreta enzimas digestivas al duodeno a través del conducto pancreático. Entre ellas, las lipasas pancreáticas son fundamentales para la digestión de los lípidos.

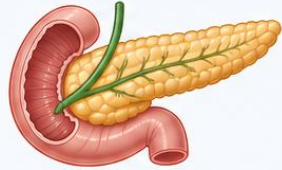


1 Lipasa: Transforma grasas neutras en Ácidos grasos / Monoglicéridos	Grasas neutras (Triglicéridos) $\begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_1 \\ \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_3 \end{array}$	Ácidos grasos $\begin{array}{l} \text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} \\ \text{R}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} \\ \text{R}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} \end{array}$	+	Monoglicéridos $\begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$
2 Colesterol esterasa: Transforma Ésteres de colesterol en Colesterol / Ácidos Grasos	Ésteres de colesterol 	Colesterol 	+	Ácidos grasos $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$
3 Fosfolipasa: Transforma Fosfolípidos en Ácidos Grasos	Fosfolípidos $\begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_1 \\ \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{O}^-)-\text{O}-\text{X} \end{array}$	Ácidos grasos $\begin{array}{l} \text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} \\ \text{R}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} \end{array}$	+	Lisofosfolípido $\begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{O}^-)-\text{O}-\text{X} \end{array}$



Estas enzimas actúan en la luz del duodeno, facilitando la hidrólisis de los lípidos para su posterior absorción intestinal.

Páncreas exocrino: secreción encimática (nucleolíticas)



El páncreas secreta **enzimas nucleolíticas** que participan en la digestión de los ácidos nucleicos en el intestino delgado.

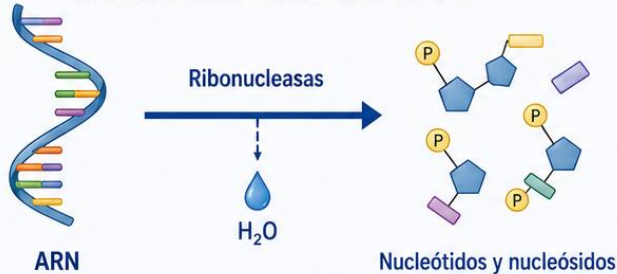


La digestión de ácidos nucleicos continúa con enzimas del borde en cepillo hasta la obtención de nucleótidos y nucleósidos.

ENZIMAS NUCLEOLÍTICAS PANCREÁTICAS

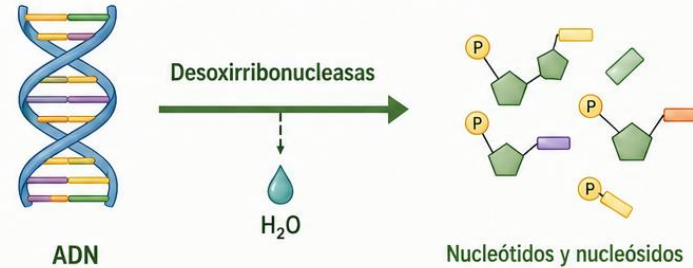
1. RIBONUCLEASAS

Actúan sobre el ARN (ácido ribonucleico) hidrolizando los enlaces fosfodiéster.



2. DESOXIRRIBONUCLEASAS

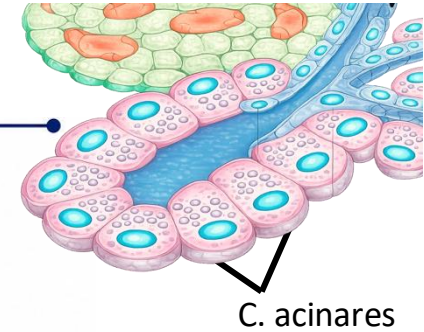
Actúan sobre el ADN (ácido desoxirribonucleico) hidrolizando los enlaces fosfodiéster.



EN RESUMEN

Las enzimas nucleolíticas pancreáticas, **ribonucleasas** y **desoxirribonucleasas**, hidrolizan los ácidos nucleicos (ARN y ADN) en el intestino delgado, generando nucleótidos y nucleósidos.

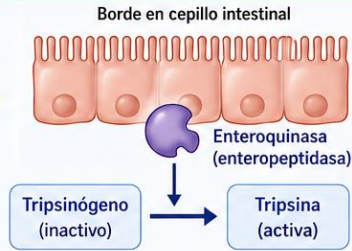
Páncreas exocrino: secreción encimática (activación de zimógenos)



FH1 Digestivo
Área Fisiología
Facultad de Medicina
Málaga

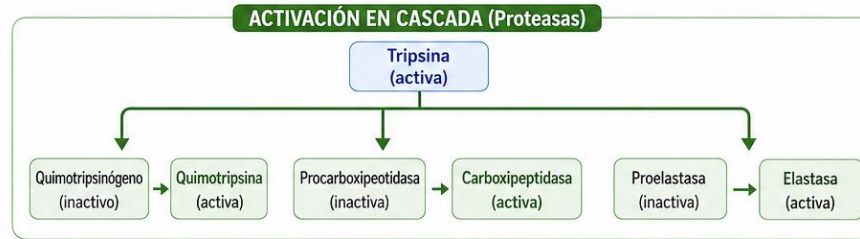
1 Para que los zimógenos pasen a enzimas activas, en primer lugar, es necesario convertir el **tripsinógeno** en **tripsina** por medio de **enteroquinasa** o **enteropeptidasa** que se encuentra en el borde en cepillo intestinal.

→ La enteroquinasa pondrá en marcha un proceso de activación en cascada de la forma inactiva de las enzimas.



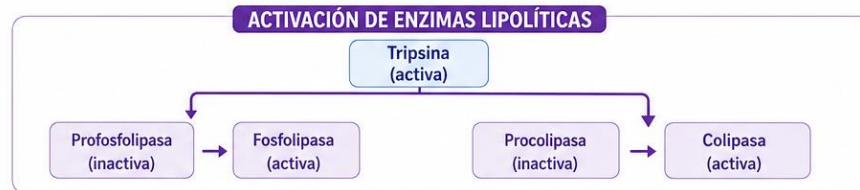
2 Una vez el tripsinógeno se ha activado pasando a **tripsina**, la propia tripsina activaría al resto de enzimas proteolíticas como son:

- Quimotripsinógeno → **Quimotripsina**
- Procarboxipeptidasa → **Carboxipeptidasa**
- Proelastasa → **Elastasa**



3 La **tripsina** también es el activador de las enzimas lipolíticas.

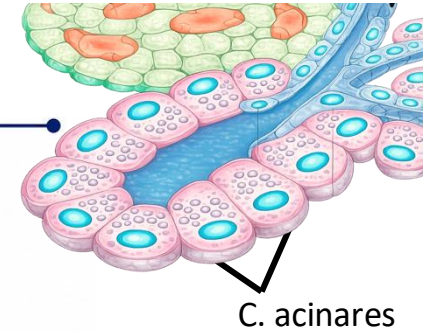
- La profosfolipasa pasa a fosfolipasa
- La procolipasa, se transformaría en colipasa.



EN RESUMEN:

La enteroquinasa (enteropeptidasa) del borde en cepillo intestinal activa el tripsinógeno a tripsina. La tripsina inicia un proceso de activación en cascada que convierte los demás zimógenos pancreáticos en sus enzimas activas, tanto proteolíticas como lipolíticas.

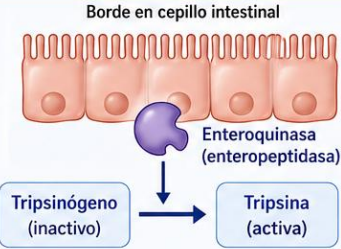
Páncreas exocrino: secreción encimática (activación de zimógenos)



FH1 Digestivo
Área Fisiología
Facultad de Medicina
Málaga

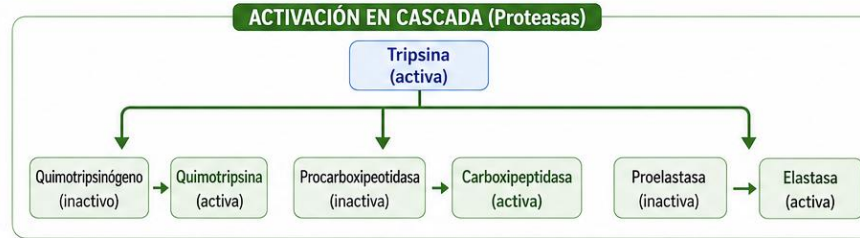
1 Para que los zimógenos pasen a enzimas activas, en primer lugar, es necesario convertir el **tripsinógeno** en **tripsina** por medio de **enteroquinasa** o **enteropeptidasa** que se encuentra en el borde en cepillo intestinal.

→ La enteroquinasa pondrá en marcha un proceso de activación en cascada de la forma inactiva de las enzimas.



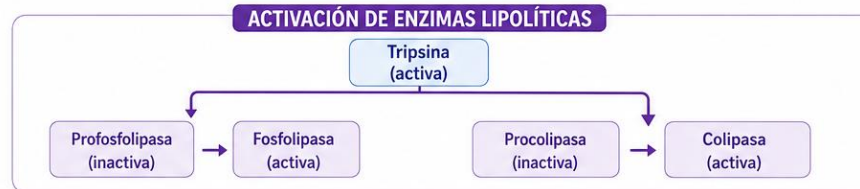
2 Una vez el tripsinógeno se ha activado pasando a **tripsina**, la propia tripsina activaría al resto de enzimas proteolíticas como son:

- Quimotripsinógeno → **Quimotripsina**
- Procarboxipeptidasa → **Carboxipeptidasa**
- Proelastasa → **Elastasa**



3 La **tripsina** también es el activador de las enzimas lipolíticas.

- La profosfolipasa pasa a fosfolipasa
- La procolipasa, se transformaría en colipasa.



EN RESUMEN:

La enteroquinasa (enteropeptidasa) del borde en cepillo intestinal activa el tripsinógeno a tripsina. La tripsina inicia un proceso de activación en cascada que convierte los demás zimógenos pancreáticos en sus enzimas activas, tanto proteolíticas como lipolíticas.

Páncreas exocrino: secreción encimática (activación de zimógenos)

1

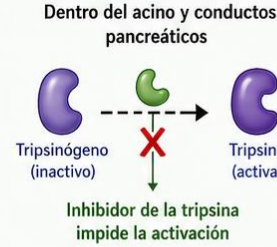
Como mecanismo de defensa, para evitar el exceso de activación de los zimógenos, y la autodigestión de la glándula, se secreta el **inhibidor de la tripsina**.



Zimógenos (inactivos) Inhibidor de la tripsina → Secreción hacia los conductos pancreáticos

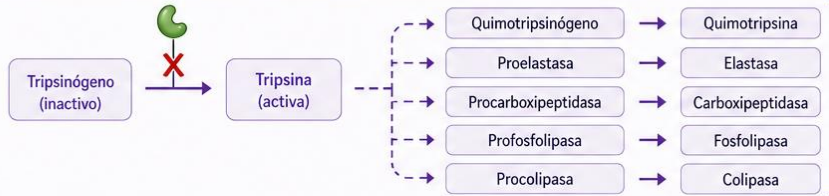
2

Este inhibidor impide la activación de la tripsina dentro de las células secretoras, acinos y conductos pancreáticos.



3

Al inhibirse la producción de tripsina, se impide la activación secundaria del resto de enzimas.



Al no activarse la tripsina, no se activan secundariamente el resto de enzimas proteolíticas y lipolíticas.

4

En la pancreatitis o en los tumores pancreáticos, con frecuencia se producen obstrucciones a la salida del jugo pancreático. En este caso, el efecto inhibitor puede no ser suficiente y **las enzimas se activan antes de salir de la glándula y se produce la autodigestión** produciendo:



Dolor periumbilical irradiado en cinturón hacia los lados



Fiebre



Náuseas



Vómitos



Ictericia (si hay obstrucción de la salida de la bilis al duodeno)

Causas frecuentes:



Alcoholismo avanzado



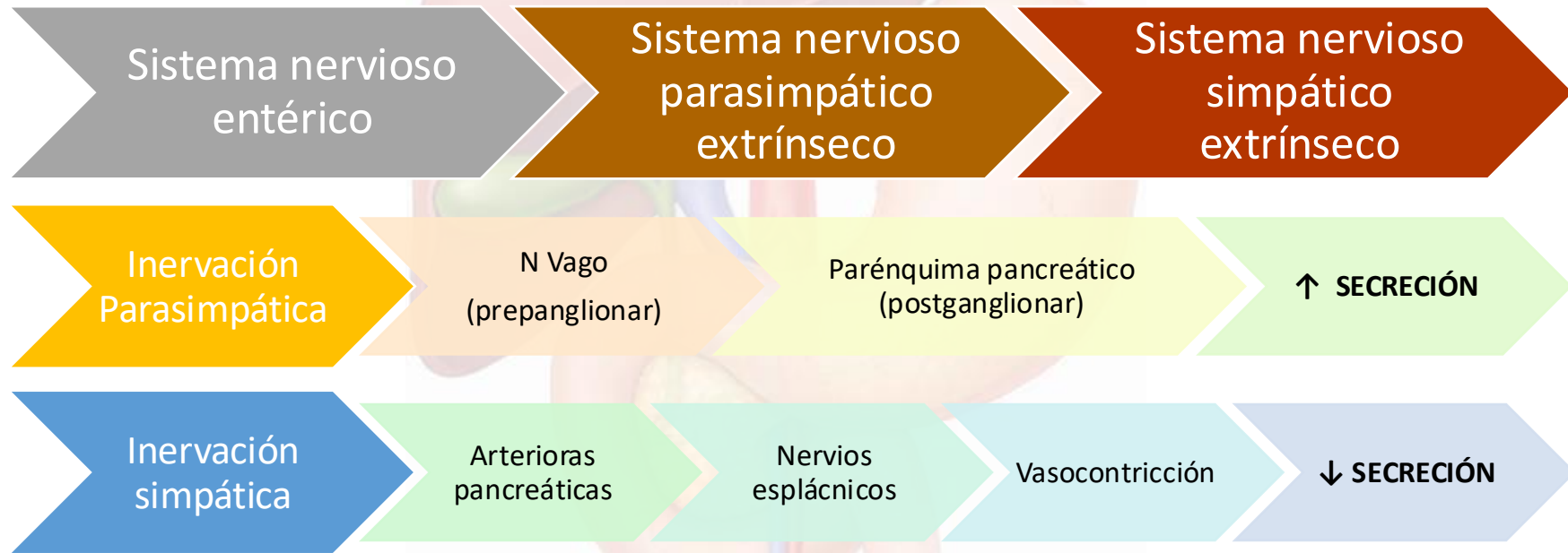
Litiasis de la vesícula biliar



EN RESUMEN:

El inhibidor de la tripsina protege al páncreas de la autodigestión al evitar la activación prematura de la tripsina. Cuando este mecanismo falla (por obstrucción, pancreatitis, tumores, alcoholismo o litiasis biliar), las enzimas se activan dentro de la glándula y producen autodigestión con el cuadro clínico característico.

Secreción pancreática: regulación secreción



Secreción pancreática: regulación secreción



Secreción pancreática: fases de la regulación

La regulación de la secreción pancreática tiene 3 fases: **cefálica**, **gástrica** e **intestinal**.



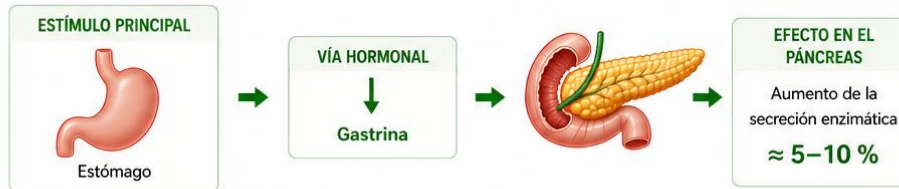
Fase cefálica y gástrica similares a las del estómago (comparten enzimas y componentes).
Proceso continuo.

1 FASE CEFÁLICA



2 FASE GÁSTRICA

Efecto similar al producido por la fase cefálica.



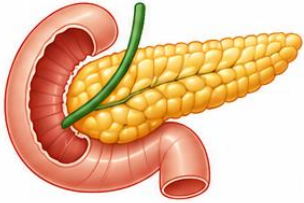
Estas dos fases no producen grandes aumentos en la producción acuosa, por tanto, hay **muy poco volumen real** de secreción pancreática. Para que haya un volumen adecuado de secreción pancreática, las enzimas deben acompañarse de abundante **agua**. Esto lo vamos a conseguir mediante la tercera fase que **la fase intestinal**.



Para que la digestión sea eficaz, las enzimas pancreáticas necesitan ir acompañadas de **abundante agua**.

Secreción pancreática: fases de la regulación

REGULACIÓN DE LA SECRECIÓN PANCREÁTICA: FASE INTESTINAL



FASE INTESTINAL: Activada por la llegada de alimentos y del quimo ácido al duodeno.



Importante aumento tanto de la secreción acuosa como de la enzimática mediado por la actuación de varias hormonas: **secretina, CCK, gastrina y somatostatina.**

1 SECRETINA



Actúa principalmente sobre la secreción acuosa

- Aumenta de forma muy importante la secreción acuosa.
- El líquido secretado tiene pH 7-8, lo que permite tamponar eficazmente el quimo ácido que llega del estómago.



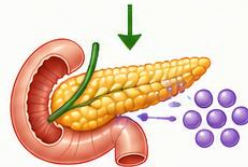
Aumento **leve-moderado** de la secreción enzimática.

2 CCK (COLECISTOQUININA)



Actúa principalmente sobre la secreción enzimática

- Aumenta la secreción enzimática hasta un **70-80 %**.

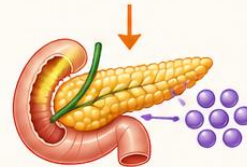


3 GASTRINA



Actúa principalmente sobre la secreción enzimática

- Aumenta la secreción enzimática hasta un **70-80 %**.



4 SOMATOSTATINA

SOM

Actúa como regulador inhibitor

- Ejerce un efecto inhibitor sobre la gastrina.
- Disminuye la secreción enzimática pancreática.

