



## Guion explicativo para empleo de material



El material didáctico visual aquí presentado fue desarrollado por PhD en Psicología Antonio Laguna Camacho adscrito al Centro de Investigación en Ciencias de la UAEMéx

Este material corresponde a la unidad de aprendizaje Fisiología de la Nutrición de la Licenciatura en Nutrición en la Facultad de Medicina de la UAEMéx.

Esta unidad de aprendizaje se da en el 2do semestre y tiene una duración de 16 semanas.

Las bases fisiológicas de la nutrición son fundamentales en la formación del licenciado en nutrición. El alumno conocerá el proceso de nutrición y los mecanismos fisiológicos que en ella participan.



UAEM

Universidad Autónoma  
del Estado de México

# Temario



**Tema I:** Homeostasis. Participación celular, orgánica y sistémica

**Tema II:** Anatomía celular, función celular general, función orgánica, función sistémica.

**Sesión III:** Transporte a través de membranas plasmáticas. Fagocitosis, pinocitosis, transporte activo, transporte pasivo

**Tema IV:** Núcleo celular cómo organelo básico de funciones celulares

**Tema V:** Función general del sistema digestivo, función orgánica del sistema digestivo, metabolismo, absorción, excreción

**Sesión VI:** Metabolismo, proteínas, aminoácidos, monosacáridos y disacáridos

**Sesión VII:** Función del hígado y vías biliares, páncreas

**Sesión VIII:** Características anatómicas de los sistemas linfático y sanguíneo que facilitan el transporte de nutrientes

**Sesión IX:** Participación del sistema nervioso en el proceso de alimentación y nutrición. Elementos del sistema endocrino que participan en el proceso de alimentación y nutrición (hipófisis, páncreas, suprarrenales, tiroides, paratiroides y gónadas)

**Sesión X:** Ruta de detoxificación. Desechos del metabolismo nutricional. Fisiología de los riñones y formación de orina

**Sesión XI:** Ruta de detoxificación, respiración, sudoración, eliminación de grasa por la piel



## Guion explicativo para empleo de material

UAEM

Universidad Autónoma  
del Estado de México



El material didáctico cubre al 100% los temas indicados para la unidad de aprendizaje en el [Programa de Estudio por Competencias](#). Los temas se acomodaron para que la secuencia de su presentación sea en forma natural. Se compilo material relevante del libro de texto elegido por la academia para este curso citado en las referencias. Se hace uso de imágenes tomadas del libro de texto del curso que brinda la facilidad de poner a disposición del docente material adicional en línea. Los contenidos se presentan de forma breve y son redactados con lenguaje sencilla para que el alumno pueda formarse una imagen visual con los textos breves en cada diapositiva. El tamaño de la letra de 24 o más es usado (salvo en pocas diapositivas que incluyen un poco más de texto). El alumno pueda leer sin dificultad sobre la pantalla en el aula de clase las diapositivas a través de un proyector abriendo el archivo desde Microsoft Power Point en una computadora o laptop.

Las diapositivas pueden darse a los estudiantes para que las tenga en forma complementaria a sus notas de clase. Esto facilitara que el alumno no tenga que estar tomando apuntes y por tanto distrayéndose de lo que diga el profesor.



UAEM

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Fisiología de la Nutrición

Licenciatura en Nutrición  
Facultad de Medicina UAEMéx  
2do Semestre

*por Doctor Antonio Laguna Camacho*



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema I

## (i) Homeostasis

## (ii) Participación celular, orgánica y sistémica

# **Fisiología de la nutrición**

## **Fisiología**

Ciencia de la funciones corporales

## **Nutrición**

Proceso de digestión y asimilación  
de nutrientes

# Homeostasis

homeo: igual; -stasis: detención

Condición de equilibrio del medio interno  
por interacción de los múltiples procesos de  
regulación corporal

El estado de equilibrio se puede modificar  
dentro de estrechos márgenes  
compatibles con la vida

# Alteraciones en la homeostasis

Proviene de estímulos externos e internos  
y estrés psicológico

Respuestas celulares restablecen con rapidez  
el equilibrio alteración leve y transitoria

La homeostasis es regulada por los  
sistemas nervioso y endocrino

# Alteraciones en la homeostasis

Si la alteración es extrema  
la regulación homeostática puede fallar

La alteración de la homeostasis puede causar  
trastornos, enfermedades e incluso la muerte

# Componentes del sistema de retroalimentación

Receptores

Centro de control

Efectores

**Figura 1.2** Acción de un sistema de retroalimentación. La flecha de regreso interrumpida simboliza retroalimentación negativa.

Los tres componentes básicos de un sistema de retroalimentación son el receptor, el centro de control y el efector.



# Sistema de retroalimentación

## Receptores

Detectan los cambios de una condición controlada

Envían señales de entrada a una centro de control (vía aferente)

# Sistema de retroalimentación

## Centro de control

Establece el valor en el que debe mantenerse la condición controlada

Evalúa las aferencias que recibe

Genera señales de salida cuando son necesarias (vía eferente)

# Sistema de retroalimentación

## **Efectores**

Reciben referencias del centro de control

Generan una respuesta (efecto) que modifica la condición controlada

# Sistema de retroalimentación

## Retroalimentación negativa

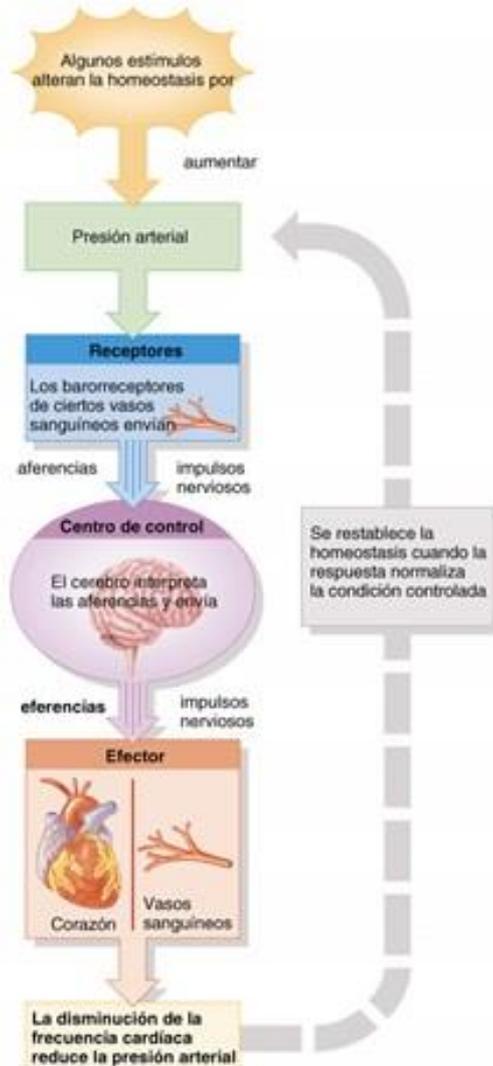
La respuesta revierte el estímulo original

Por ejemplo:

Aumento presión arterial (**condición controlada**) percibida por **baroreceptores**  
que envían impulso (**eferencias**) al **encéfalo (centro de control)**  
que envía impulsos (**aferencias**) al **corazón (efector)**  
para reducir la frecuencia cardiaca y disminuir la presión arterial (**respuesta**)

**Figura 1.3** Regulación homeostática de la presión arterial mediante un sistema de retroalimentación negativa. Obsérvese que la respuesta es retroalimentada al sistema, y que el sistema continúa reduciendo la presión arterial hasta que ésta se normaliza (homeostasis).

Si la respuesta revierte el estímulo, el sistema está operando por retroalimentación negativa.





**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# **Tema II**

## **Anatomía celular, función celular general, función orgánica, función sistémica**

# Célula

Unidad básica estructural y funcional  
viviente del cuerpo

# Partes de la célula

Membrana plasmática

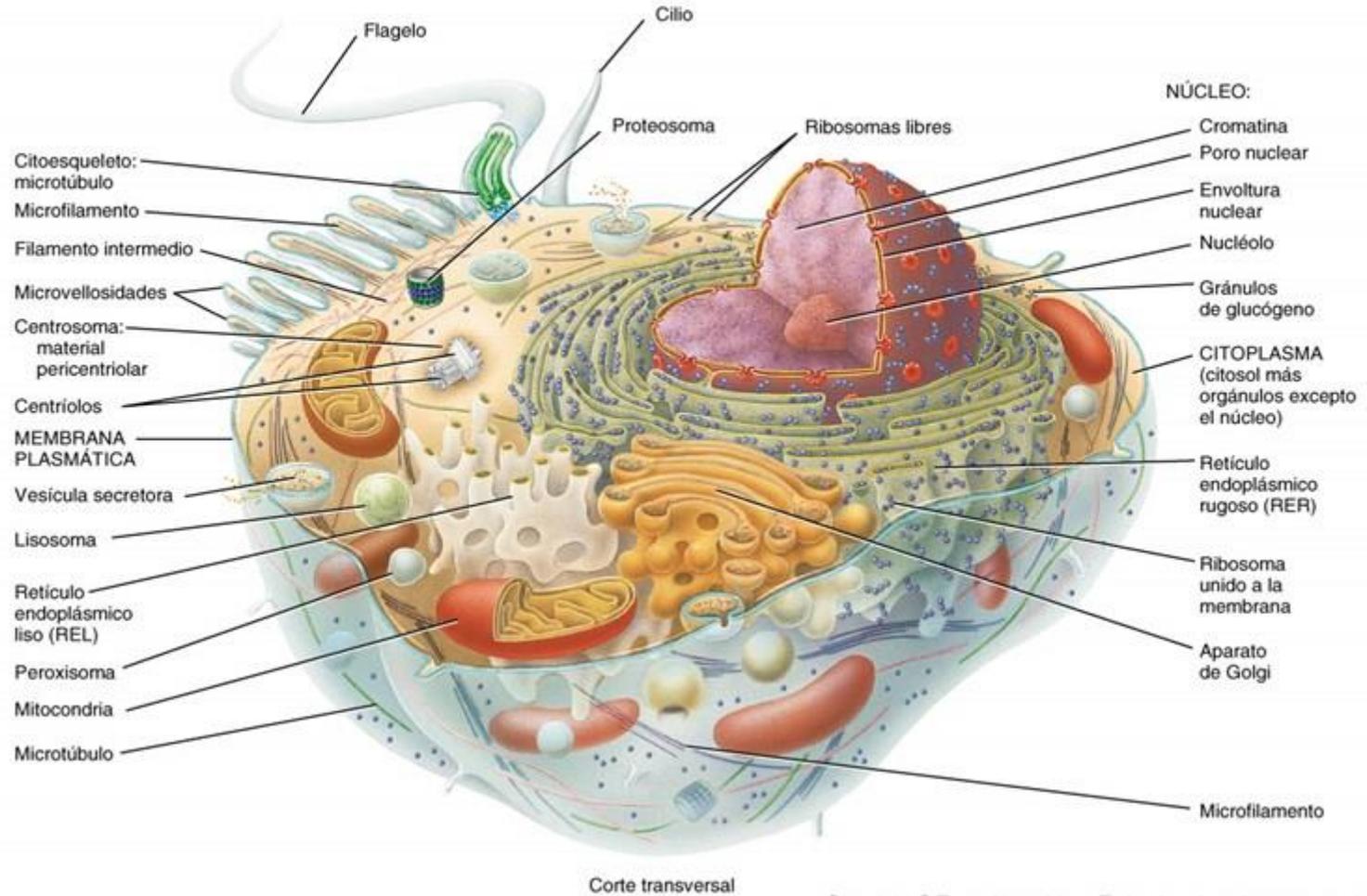
Citoplasma

Orgánulos del citoplasma

Núcleo

**Figura 3.1** Estructuras típicas del cuerpo de las células.

**6** La célula es la unidad estructural y funcional básica viviente del organismo.



# Membrana plasmática

Rodea y contiene al citoplasma de la célula

Compuesta de proteínas y una bicapa lipídica

Porción lípido:

fosfolípidos 75%, colesterol 20% y glucolípidos 5%

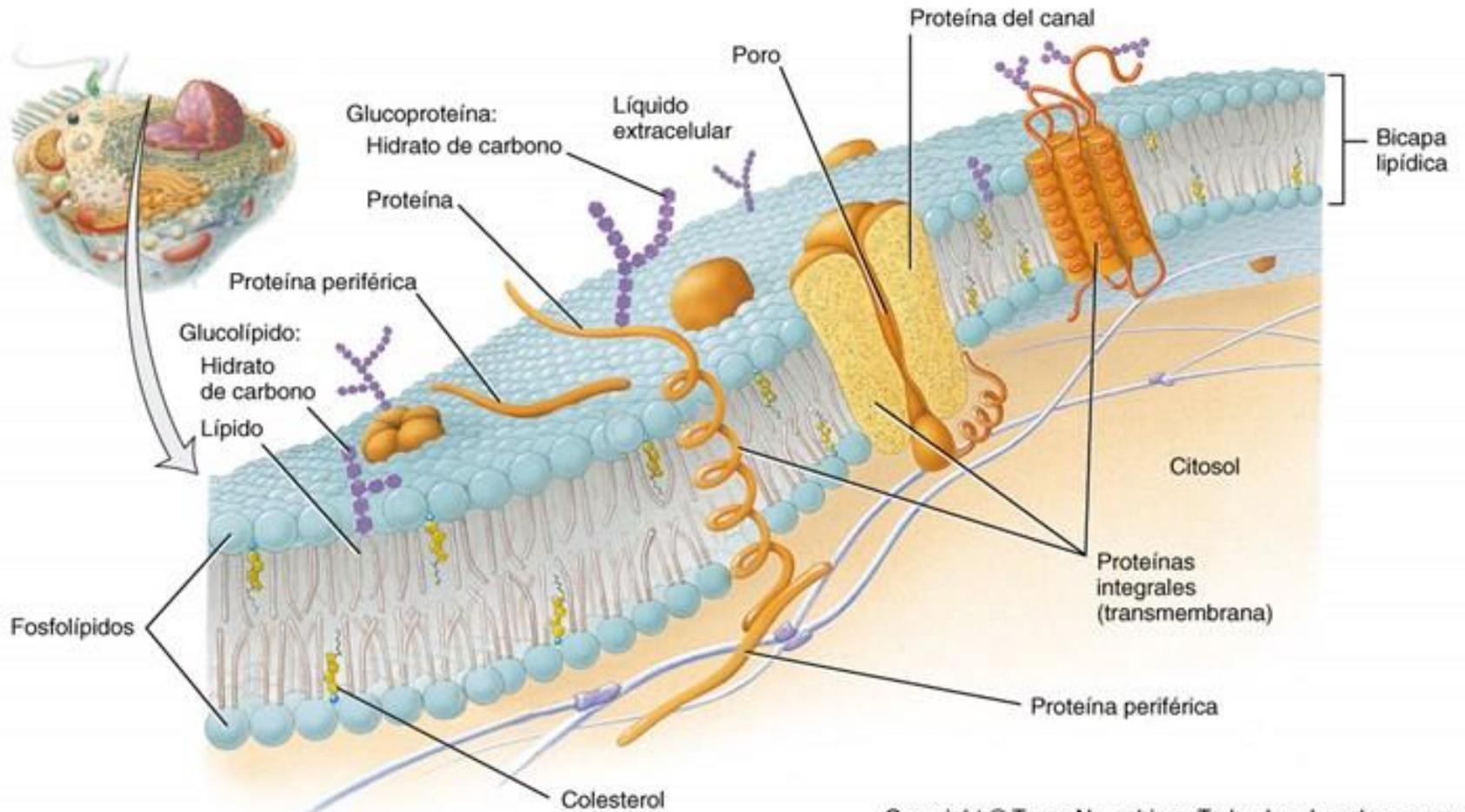
# Membrana plasmática

La disposición de la bicapa resulta de la naturaleza antipática de los lípidos con partes polares (hidrófila) y no polares (hidrófoba)

Las proteínas se extienden dentro de la bicapa lipídica o la atraviesan

**Figura 3.2** Disposición en mosaico fluido de los lípidos y proteínas de la membrana plasmática.

Las membranas son estructuras fluidas porque los lípidos y muchas de sus proteínas tienen la posibilidad de rotar y moverse hacia uno y otro lado con libertad en su propia mitad de la bicapa.



Copyright © Tomo Narashima. Todos los derechos reservados.

# Citoplasma

Abarca todos los contenidos celulares limitados por la membrana plasmática excepto el núcleo

# Citoplasma

## Citosol

Porción líquida del citoplasma, contiene:  
*agua, iones, glucosa, ácidos grasos, proteínas,  
lípidos, ATP y productos de desecho*

Sitio de muchas reacciones químicas

# Citoplasma

## Orgánulos

Estructuras especializadas con  
características y funciones específicas

Citoplasma

## **Citoesqueleto**

Red formada por filamentos proteínicos

Marco estructural de la célula

Responsable de movimientos celulares

Citoplasma

Orgánulos

**Centrosoma:**

par de centriomas y material pericentriomal

Organiza los microtubulos en las células

### Figura 3.16 Centrosoma.

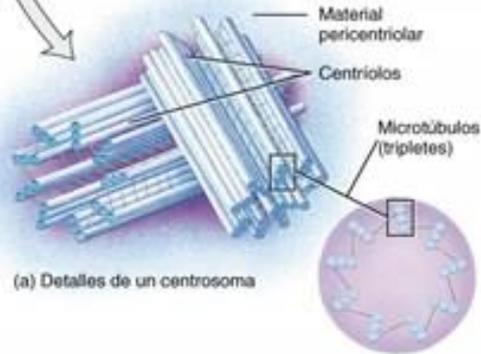


Localizado cerca del núcleo, el centrosoma está compuesto por un par de centriolos y material pericentriolar.

#### FUNCIONES DE LOS CENTROSOMAS

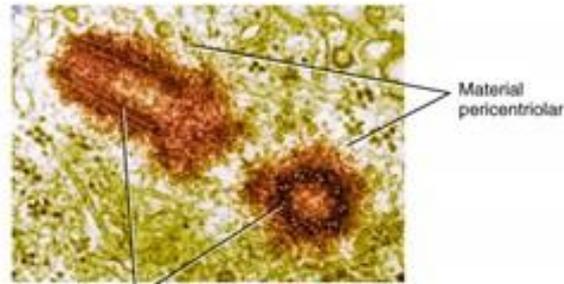
1. El material pericentriolar del centrosoma contiene tubulinas que forman los microtúbulos en las células que no se dividen en forma activa.
2. El material pericentriolar del centrosoma forma el huso mitótico durante la división celular.

Copyright © Tomo Narashima. Todos los derechos reservados.



(a) Detalles de un centrosoma

(b) Disposición de los microtúbulos en el centrosoma



Corte longitudinal

Corte transversal

(c) Centriolos

Material didáctico elaborado por Doctor

Antonio Laguna Camacho 2013. CDMex

Citoplasma

Orgánulos

**Cilios y flagelos:**

Proyecciones móviles de la superficie celular

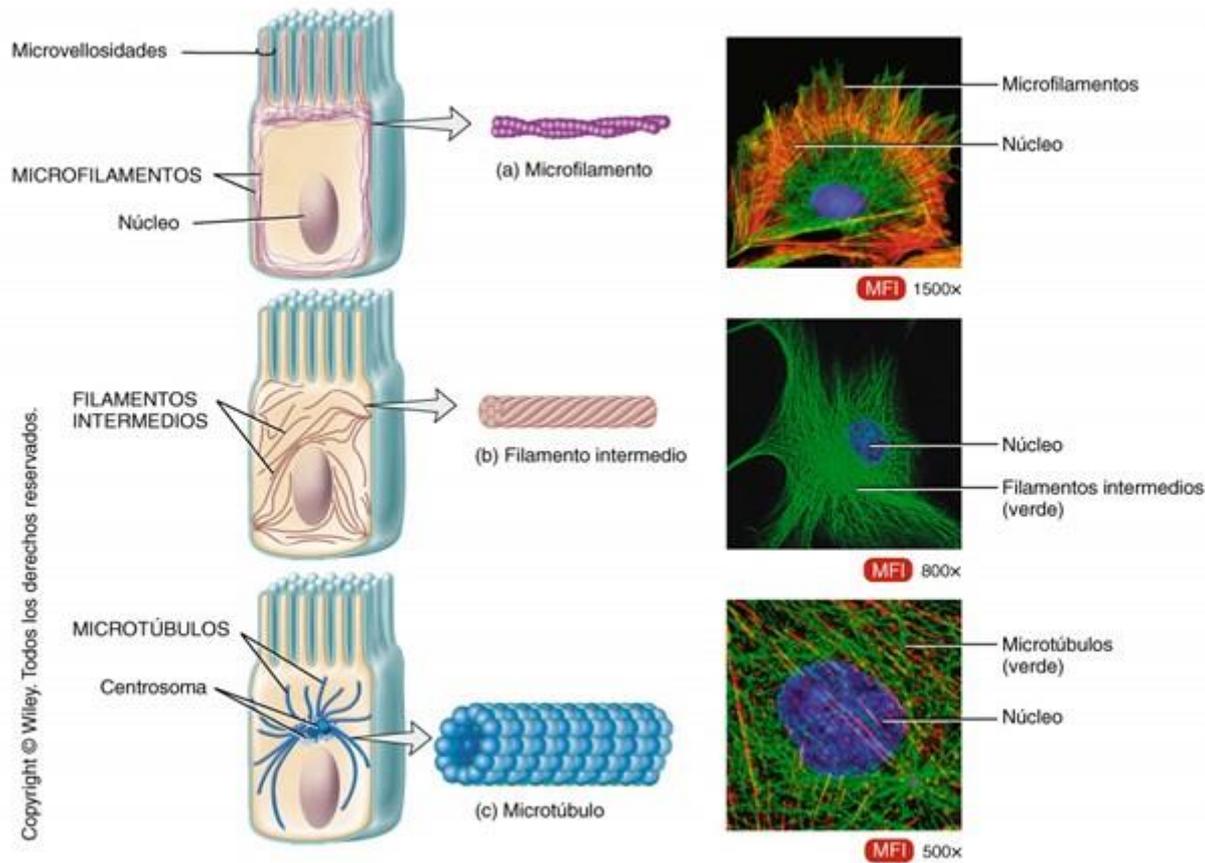
Cilios movilizan los líquidos

Flagelos mueven células

**Figura 3.15 Citoesqueleto.**



El citoesqueleto es una red formada por tres tipos de filamentos proteicos: los microfilamentos, los filamentos intermedios y los microtúbulos, que se extienden a través del citoplasma.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

Copyright © Albert Tousson/Photo Researchers, Inc. Todos los derechos reservados.

Copyright © Alexey Khodjakov/Photo Researchers, Inc. Todos los derechos reservados.

**FUNCIONES DEL CITOESQUELETO**

1. Constituye los pilares que determinan la forma de una célula y organiza sus contenidos.
2. Contribuye al movimiento de los orgánulos dentro de la célula, de los cromosomas durante la división celular y de células enteras como los fagocitos.

Citoplasma

Orgánulos

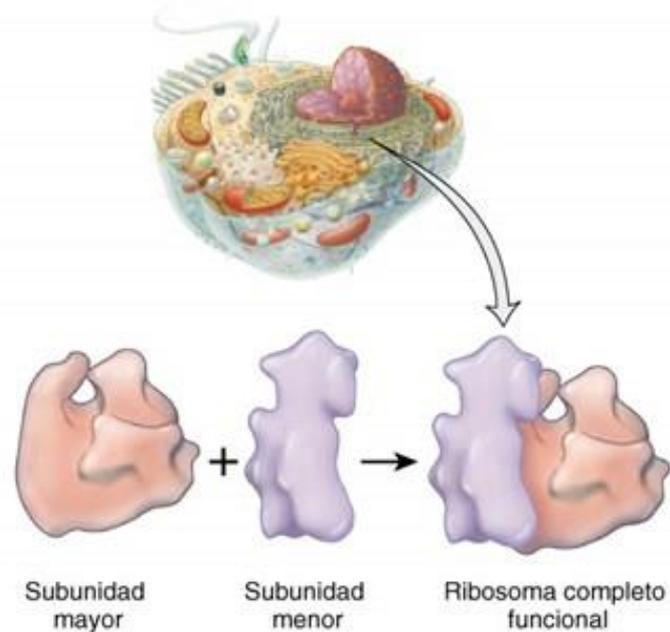
**Ribosomas:**

Formados por dos subunidades compuestas por proteínas y RNA ribosómico

Sintetizan proteínas

## Figura 3.18 Ribosomas.

 Los ribosomas son los sitios donde se sintetizan las proteínas.



Detalles de las subunidades ribosómicas

### FUNCIONES DE LOS RIBOSOMAS

1. Los ribosomas asociados con el retículo endoplásmico sintetizan proteínas destinadas a insertarse en la membrana plasmática o a secretarse hacia el exterior de la célula.
2. Los ribosomas libres sintetizan proteínas que se utilizan en el citosol.

Copyright © Tomo Narashima. Todos los derechos reservados.

# Citoplasma

## Orgánulos

### **Retículo endoplásmico (RE):**

Red de membranas que forman sacos aplanados

El RE rugoso esta revestido de ribosomas

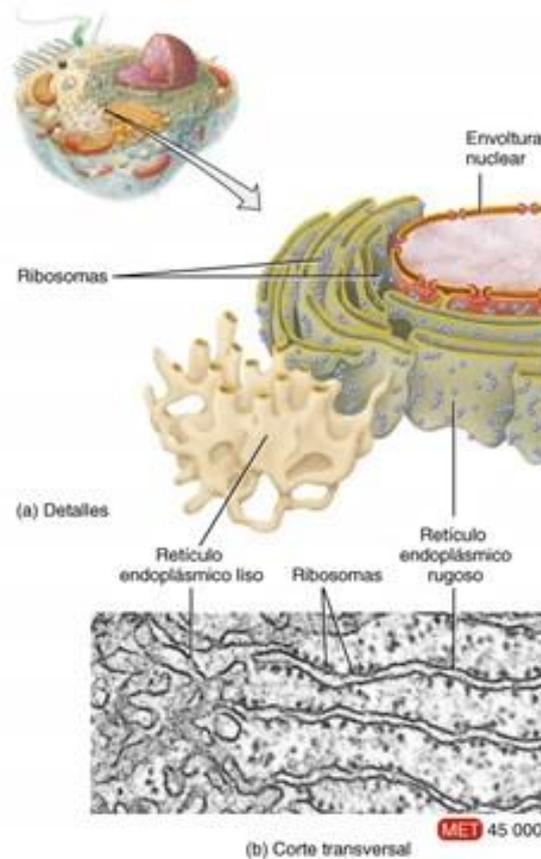
Proteínas sintetizadas ingresan al RE

para procesamiento y distribución

El RE liso metaboliza distintas sustancias

**Figura 3.19** Retículo endoplásmico.

**(b)** El retículo endoplásmico es una red de sacos o túbulos rodeados por membrana que se extiende a través del citoplasma y se conecta con la membrana nuclear.



Copyright © Don W. Fawcett/Visuals Unlimited. Todos los derechos reservados.

#### FUNCIONES DEL RETÍCULO ENDOPLÁSMICO

1. El retículo endoplásmico rugoso sintetiza glucoproteínas y fosfolípidos que se movilizan al interior de los orgánulos celulares, se insertan en la membrana plasmática o se secretan por exocitosis.
2. El retículo endoplásmico liso sintetiza ácidos grasos y esteroides, como estrógenos y testosterona; inactiva o detoxifica ciertas drogas y otras sustancias potencialmente nocivas; elimina el grupo fosfato de la glucosa-6-fosfato y almacena y libera iones de calcio que inician la contracción de las células musculares.

Citoplasma

Orgánulos

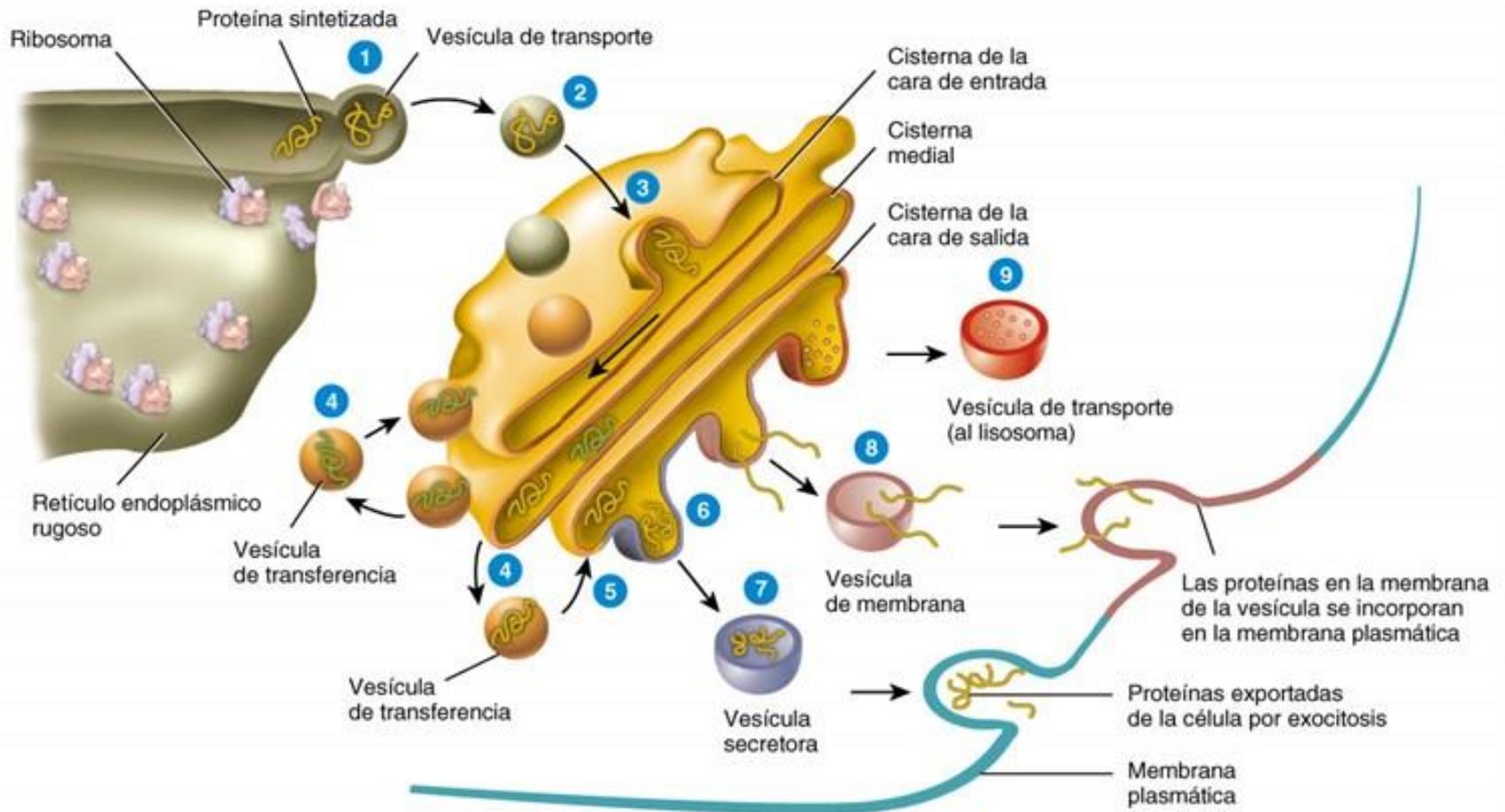
## **Aparato de Golgi:**

Constituido por sacos aplanados (cisternas)

Modifica, clasifica y empaqueta proteínas  
para su traslado en vesículas

**Figura 3.21** Procesamiento y envoltura de las proteínas en el aparato de Golgi.

 Todas las proteínas que se exportan de la célula se procesan en el aparato de Golgi.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

Citoplasma

Orgánulos

**Lisosomas:**

Vesículas rodeadas de membrana

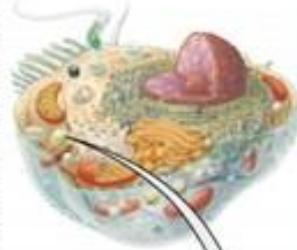
Contienen enzimas digestivas

Digestión de orgánulos (autofagia) y células (autolisis) y digestión extracelular

## Figura 3.22 Lisosomas.

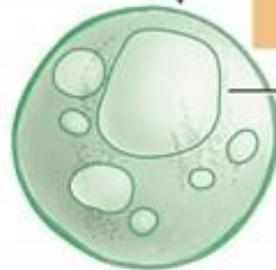


Los lisosomas contienen varios tipos de poderosas enzimas digestivas.



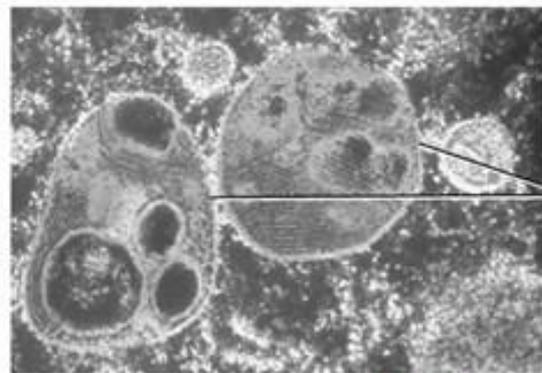
### FUNCIONES DE LOS LISOSOMAS

1. Digieren las sustancias que entran en la célula por endocitosis y transportan los productos finales de la digestión al citosol.
2. Llevan a cabo la autofagia, que es la digestión de los orgánulos deteriorados.
3. Implementan la autólisis, que es la digestión de una célula entera.
4. Son responsables de la digestión extracelular.



Enzimas digestivas

(a) Lisosoma



Lisosomas

MET 12 500x

(b) Numerosos lisosomas

Copyright © Tomo Narashima. Todos los derechos reservados.

Copyright © David M. Phillips/Visuals Unlimited. Todos los derechos reservados.

# Citoplasma

## Orgánulos

### **Peroxisomas:**

Contienen oxidasas responsables de oxidar amino ácidos, ácidos grasos y sustancias tóxicas

### **Proteosomas:**

Proteasas degradan proteínas innecesarias

# Citoplasma

## Orgánulos

### **Mitocondria:**

Consta de membrana externa lisa,  
membrana interna provista de crestas y  
cavidad interna llena de líquido (matriz)

Central de energía celular – produce ATP

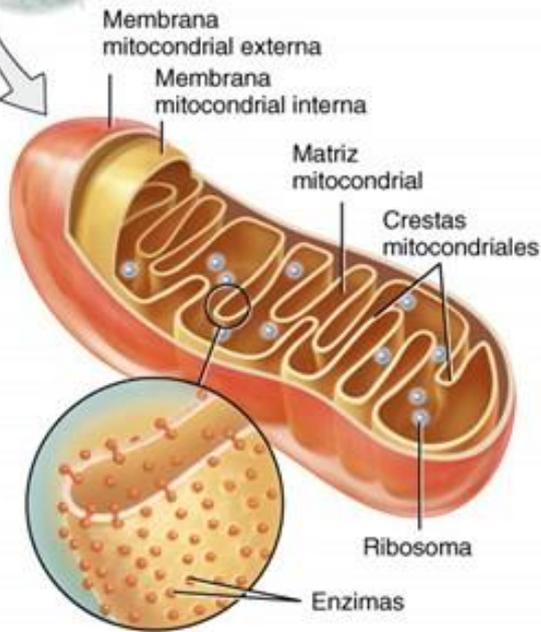
## Figura 3.23 Mitocondria.



Dentro de la mitocondria, las reacciones químicas que constituyen la respiración celular aeróbica generan ATP.

### FUNCIONES DE LA MITOCONDRIA

1. Genera ATP a través de las reacciones químicas de la respiración celular aeróbica.
2. Cumple un papel importante y temprano en la apoptosis.



(a) Detalles



(b) Corte transversal

MET 80 000x

Copyright © Don W. Fawcett/Visuals Unlimited. Todos los derechos reservados.



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema III

## Transporte a través de membranas plasmáticas

# Transporte pasivo

Sustancia atraviesa la membrana  
a favor de su gradiente de concentración  
utilizando su propia energía cinética

# Transporte activo

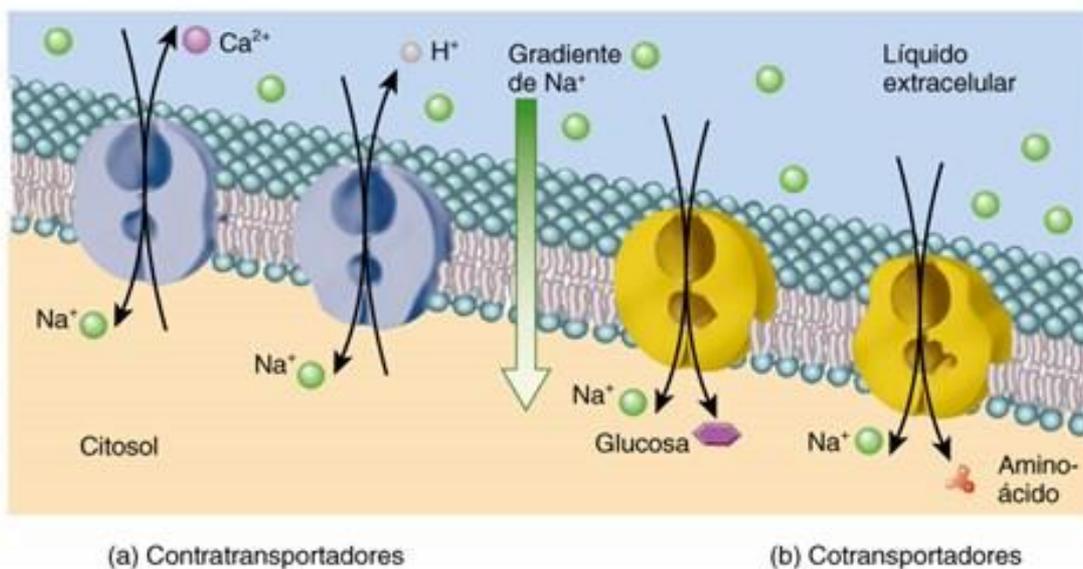
Transporte de una sustancia usa energía celular  
“cuesta arriba”  
contra su gradiente de concentración

Por ejemplo:

algunos iones (sodio, potasio, hidrógeno, calcio, yodo, cloro), aminoácidos y monosacáridos

**Figura 3.11 Mecanismos de transporte activo secundario.** (a) Los contratransportadores permiten el pasaje de dos sustancias a través de la membrana en direcciones opuestas. (b) Los cotransportadores movilizan dos sustancias a través de la membrana en la misma dirección.

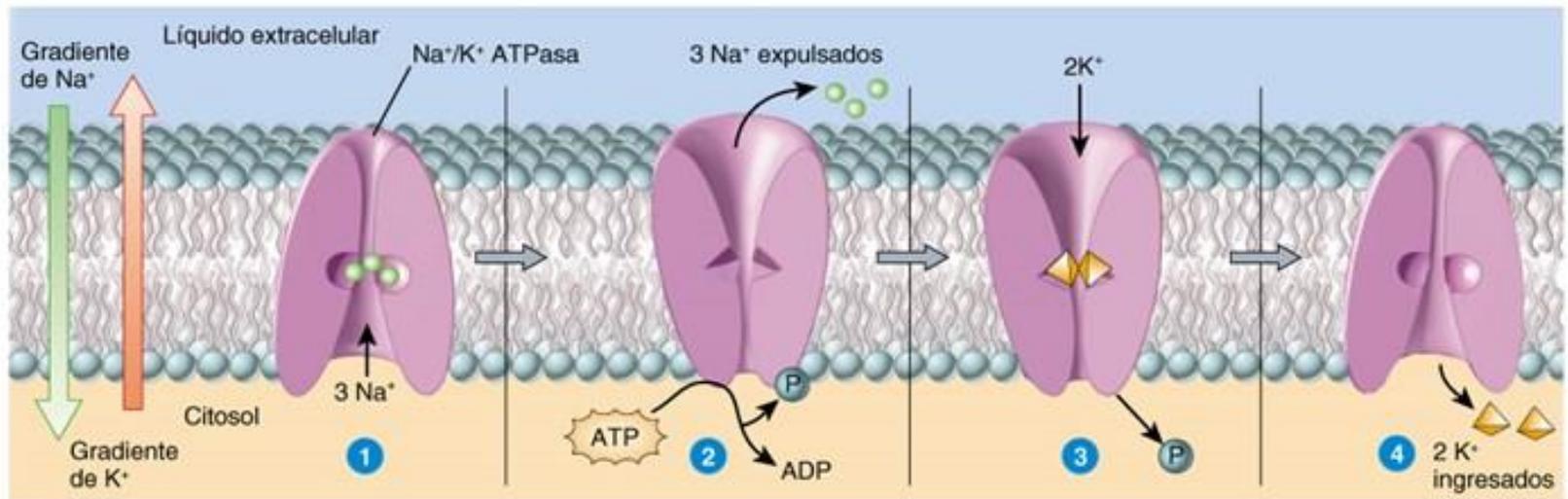
Los mecanismos de transporte activo secundario utilizan la energía almacenada en los gradientes de concentración de los iones (en este caso  $\text{Na}^+$ ). Como las bombas que constituyen los mecanismos de transporte activo primario hidrolizan el ATP y mantienen los gradientes, los mecanismos de transporte activo secundario consumen ATP en forma indirecta.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

**Figura 3.10** La bomba de sodio-potasio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasa) expulsa iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) hacia el exterior de la célula e introduce iones de potasio ( $\text{K}^+$ ) hacia el interior de la célula.

 Las bombas de sodio-potasio mantienen una concentración intracelular baja de iones de sodio.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Difusión

Moléculas o iones se transportan de una área de mayor concentración hacia una área de menor concentración hasta que se alcanza el equilibrio

Son transportadas por difusión simple:  
oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno, esteroides,  
vitaminas liposolubles, agua, urea, alcoholes

# Difusión facilitada

Un soluto se moviliza a favor de su gradiente de concentración a través de la membrana celular por medio de un canal o transportador

Ejemplos:

canales iónicos para potasio, sodio, cloro y calcio  
transportadores de glucosa

# Osmosis

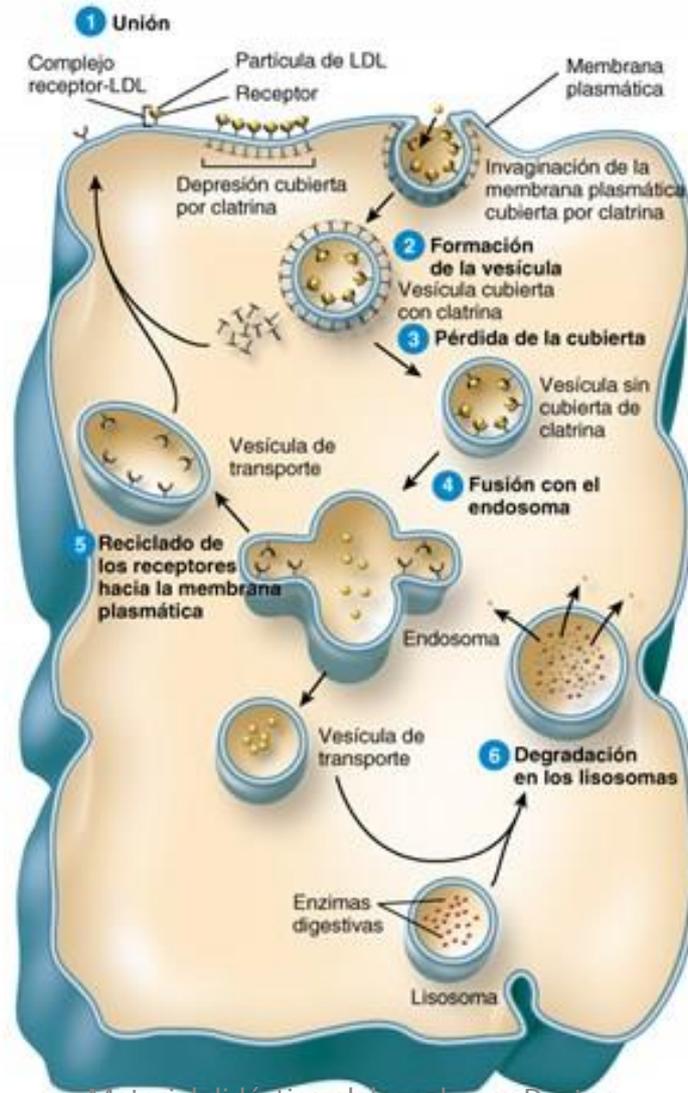
Difusión de agua a través de una membrana con permeabilidad selectiva desde un área con mayor concentración de agua hacia una con menor concentración de agua

# Endocitosis

Desprendimiento de pequeñas vesículas de la membrana plasmática para transportar materiales hacia fuera (exocitosis) o dentro (endocitosis) de ella

**Figura 3.12** Endocitosis mediada por receptor de una partícula de lipoproteína de baja densidad (LDL).

**6** La endocitosis mediada por receptor importa materiales que la célula necesita.



## **Pinocitosis**

Ingestión de líquido extracelular

Vesícula rodea al líquido para incorporarlo a la célula

## **Fagocitosis**

Ingestión de partículas solidas

## **Transcitosis**

Vesículas se endocitan en uno de los polos celulares, se desplazan a través de ella y se exocitan a través del polo opuesto



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema IV

## Núcleo celular cómo organelo básico de funciones celulares

# Núcleo

## **Formado por:**

envoltura doble,

poros nucleares que controlan el movimiento de sustancias entre núcleo y citoplasma,

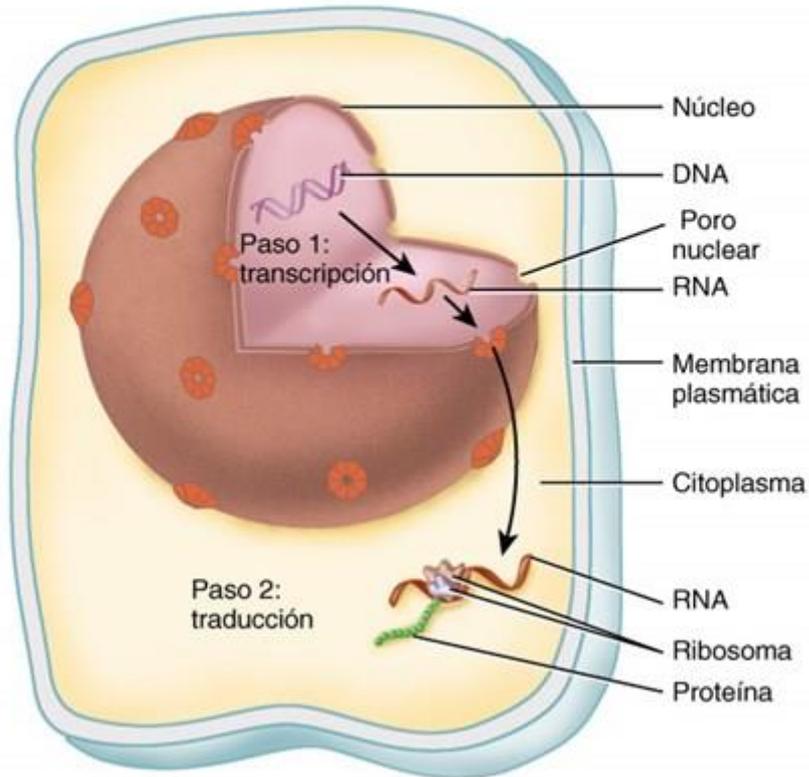
nucléolo que produce los ribosomas y

los genes dispuestos en cromosomas

**Genoma: información genética de la célula**

**Figura 3.26** Panorama general de la expresión genética. La síntesis de una proteína específica requiere la transcripción del DNA de un gen en una molécula de RNA y su traducción en su correspondiente secuencia de aminoácidos.

 La transcripción tiene lugar en el núcleo y la traducción se produce en el citoplasma.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Síntesis de proteínas

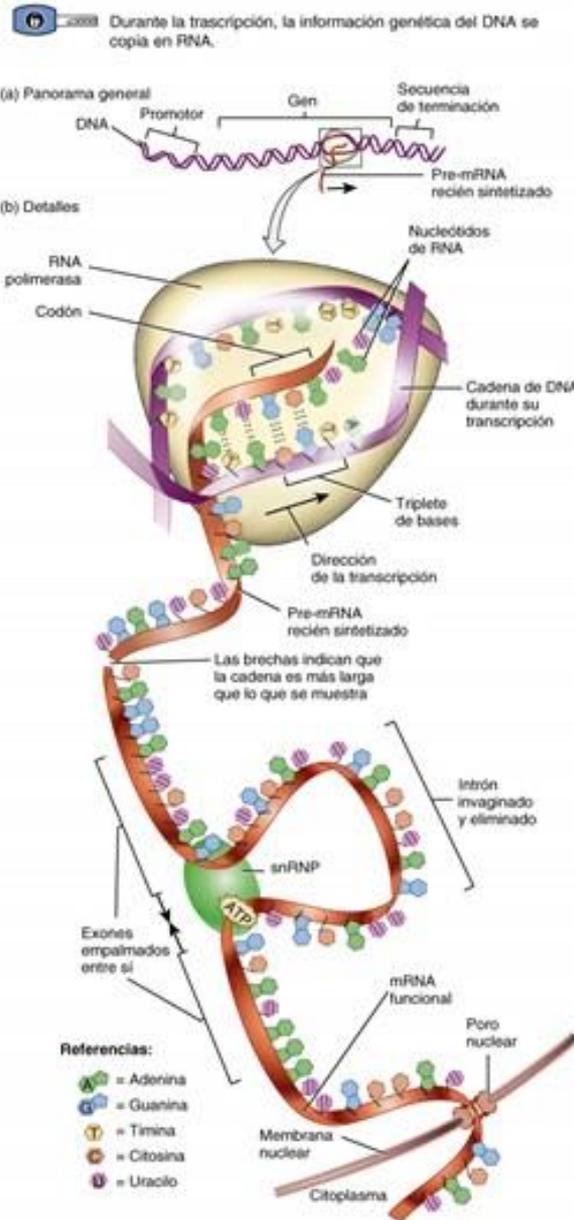
Las células producen proteínas por transcripción y traducción de información genética contenida en el DNA

Código genético son reglas que relacionan secuencias de triplete de bases del DNA con codones correspondientes de RNA y los aminoácidos que especifican

# Transcripción

Información genética contenida en las bases de los tripletes de DNA se utiliza como molde para la copia de esa información en una secuencia complementaria de codones en el RNA mensajero (mRNA)

**Figura 3.27 Transcripción.** La transcripción del DNA comienza en un promotor y finaliza en una secuencia de terminación.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Traducción

La secuencia nucleotídica del mRNA especifica la secuencia de aminoácidos de una proteína

El RNAm se une a un ribosoma

Los aminoácidos específicos se adhieren al RNA de transferencia (tRNA)

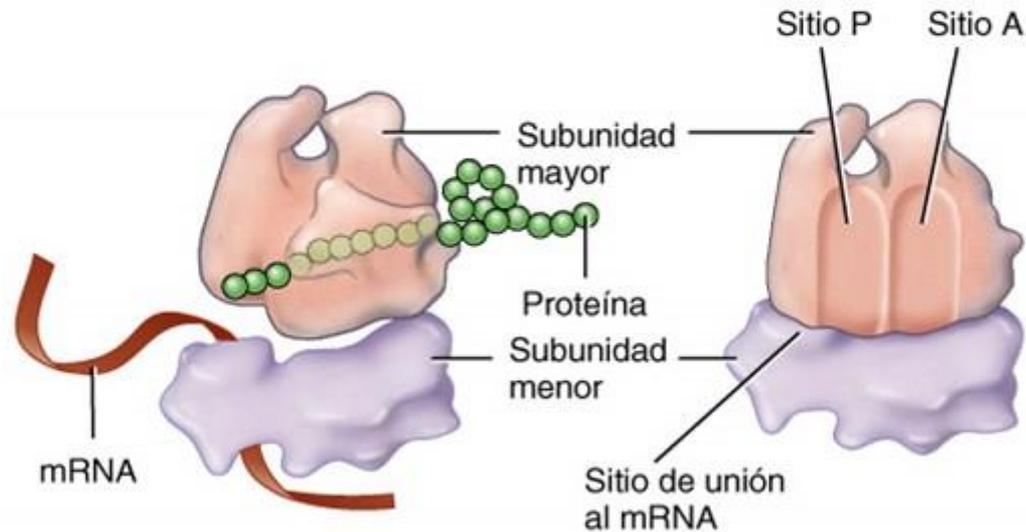
Los anticodones del tRNA se unen a los codones del mRNA

De modo que un aminoácido específico se ubique en su posición de polipéptido en vías de crecimiento

**Figura 3.28 Traducción.** Durante la traducción, una molécula de mRNA se une a un ribosoma. Luego, la secuencia nucleotídica del mRNA determina la secuencia aminoacídica de una proteína.



Los ribosomas tienen un sitio de unión para el mRNA y un sitio P y otro A para la unión de las moléculas de tRNA.



(a) Componentes de un ribosoma y su relación con el mRNA y la proteína durante la traducción

(b) Vista interior de los sitios de unión al tRNA

Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema V

## Función general del sistema digestivo

# Digestión

Desdoblamiento de las moléculas  
grandes de alimento en otras más pequeñas

Aparato digestivo: órganos involucrados en la digestión

# Aparato digestivo

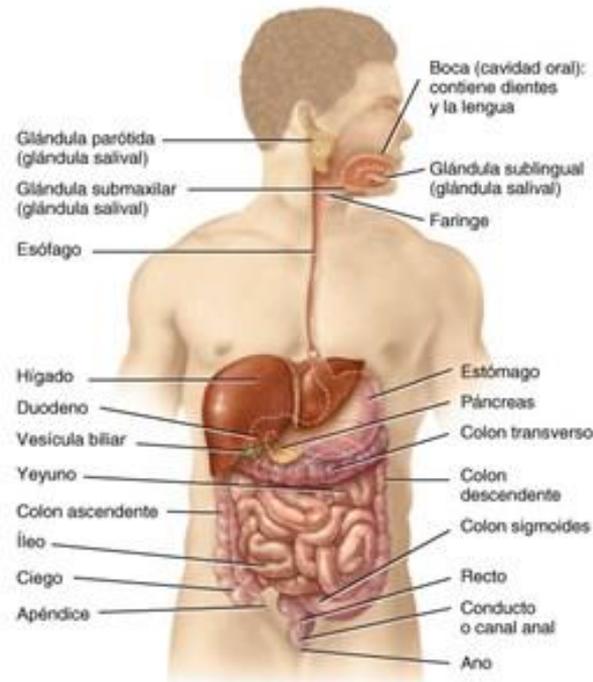
Órganos involucrados en la digestión

***Tracto gastrointestinal:*** órgano tubular que se extiende desde la boca hasta el ano

***Órganos accesorios:*** dientes, lengua, glándulas salivales, hígado, vesícula biliar y páncreas

## Figura 24.1 Órganos del aparato digestivo.

Los órganos del tracto gastrointestinal son la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. Los órganos digestivos accesorios son los dientes, la lengua, las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar y el páncreas.



(a) Vista lateral de la cabeza y el cuello, y vista anterior del tronco

### FUNCIONES DEL APARATO DIGESTIVO

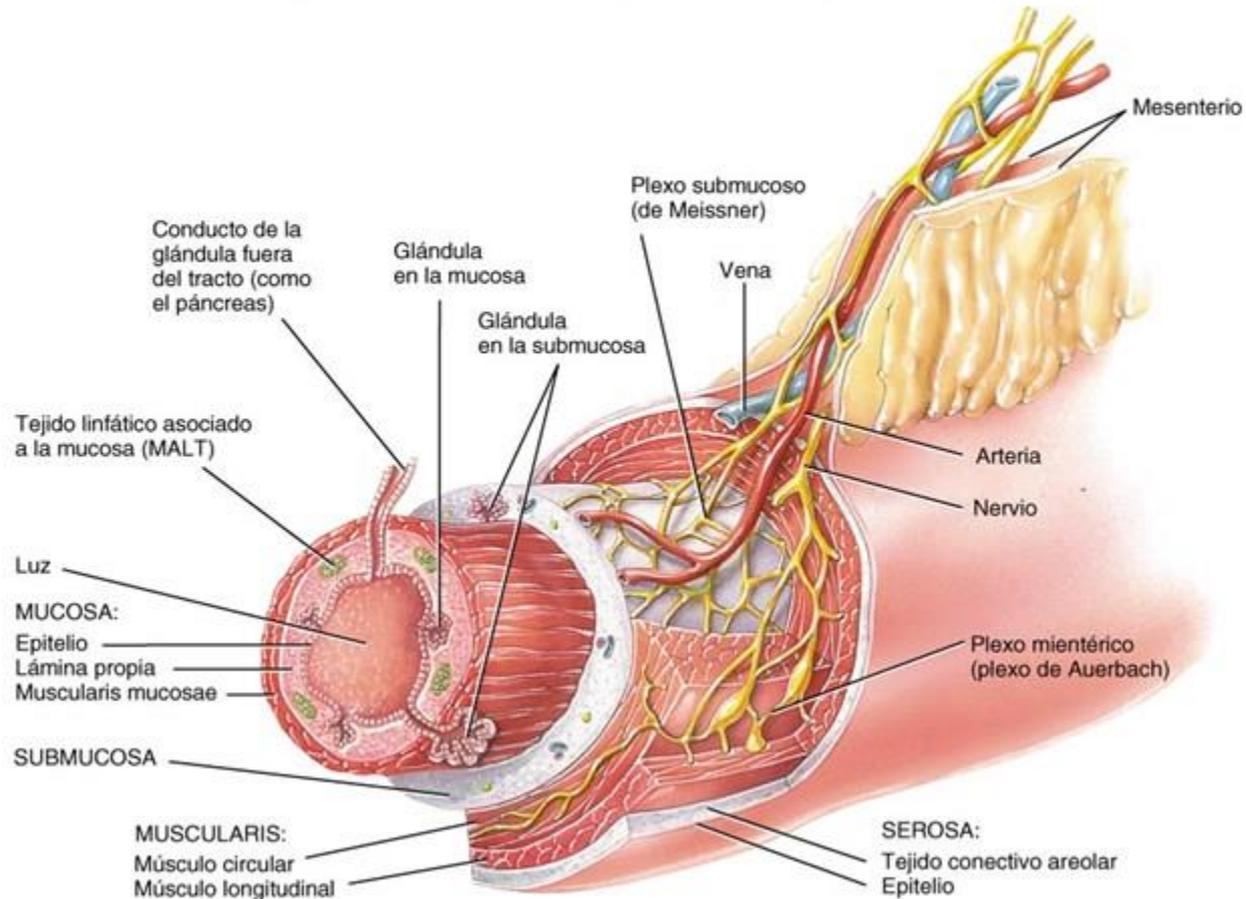
1. Ingestión: introducción de comida en la boca.
2. Secreción: liberación de agua, ácido, sustancias amortiguadoras y enzimas en la luz del tubo digestivo.
3. Mezcla y propulsión de la comida a través del tubo digestivo.
4. Digestión: degradación mecánica y química de la comida.
5. Absorción: pasaje de los productos digeridos desde el tubo digestivo hacia la sangre y la linfa.
6. Defecación: eliminación de heces del tubo digestivo.

# Túnica del tubo digestivo

Capas mucosa, submucosa, muscular y serosa más parches de tejido linfático asociado a la mucosa

**Figura 24.2** Túnicas del tubo digestivo. Pueden observarse variaciones de esta estructura básica en el esófago (Figura 24.9), el estómago (Figura 24.12), el intestino delgado (Figura 24.19) y en el intestino grueso (Figura 24.24).

Las cuatro capas del tubo digestivo, de la profundidad a la superficie, son la mucosa, la submucosa, la muscular y la serosa.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.

# Inervación del tubo digestivo

**Sistema nervioso entérico:** plexos mientérico (regula motilidad) y submucoso (regula secreción)

**Sistema nervioso autónomo:** *fibras parasimpáticas* del nervio vago y nervios pélvicos (estimulan secreción y motilidad); *fibras simpáticas* de regiones torácicas y lumbares (disminuyen secreción y motilidad)

# Peritoneo

Serosa más grande del cuerpo

Reviste pared de la cavidad abdominal

Cubre algunos órganos abdominales

Repliegues forman mesenterio, mesocolón, ligamento falciforme, epiplón menor y mayor

# Proceso digestivo:

Ingestión

Secreción

Mezcla y propulsión

Digestión mecánica y química

Absorción

Defecación

# Digestión

**Mecánica:** masticación y movimientos del tracto gastrointestinal

**Química:** reacciones de hidrólisis que descomponen macronutrientes en moléculas más pequeñas para ser utilizadas por las células del cuerpo

# Boca

La lengua es el asiento de algunas papilas  
con corpúsculos gustativos

Saliva secretada por glándulas salivares  
(parótidas, submandibulares y sublinguales)  
que liberan contenido en la cavidad bucal

Saliva lubrica los alimentos

Amilasa salival digiere HCO

Lipasa lingual digiere triglicéridos

Masticación de alimentos forma el bolo

# Estómago

Entre esófago y duodeno

Partes anatómicas: cardias, fundus, cuerpo, píloro

Tiene pliegues mucosos y tres capas musculares

Glándulas secretoras de mucus, ácido clorhídrico, pepsina, lipasa gástrica, factor intrínseco

Pepsina digiere proteínas en péptidos

Puede absorber: agua, alcohol, ciertos iones y fármacos

# Hígado, vesícula biliar y páncreas (ver tema VII)

Las células hepáticas (hepatocitos) producen bilis que es transportada por un sistema de conductos hacia la vesícula biliar

La vesícula biliar es un reservorio de bilis en la depresión inferior del hígado

La bilis emulsifica los lípidos  
(aumenta superficie de acción para lipasa pancreática)

El páncreas se conforma por cabeza, cuerpo y cola, conductos pancreático y accesorio

# Intestino delgado

Va desde el esfínter pilórico hasta la válvula ileocecal

Sus glándulas secretan líquido y mucus

La superficie presenta vellosidades y microvellosidades que aumenta la superficie de digestión y absorción

# Intestino delgado

Las enzimas pancreáticas y del borde de cepillo digieren dextrina, maltosa, sacarosa, lactosa, péptidos, y nucleótidos

Almidones → maltosa, maltotriosa y dextrina

Dextrina → glucosa

Maltosa → glucosa

Sacarosa → glucosa y fructuosa

Lactosa → glucosa y galactosa

Proteínas → péptidos

# Intestino delgado

Las enzimas pancreáticas y del borde de cepillo digieren dextrina, maltosa, sacarosa, lactosa, péptidos, y nucleótidos

Péptidos → aminoácidos por peptidasas

Triglicéridos → ácidos grasos y mono glicéridos por lipasa

Nucleótidos → pentosas y bases nitrogenadas por nucleosidasas y fosfatasas

## CUADRO 24.8

### Principales hormonas que controlan la digestión

HORMONA	ESTÍMULO Y SITIO DE SECRECIÓN	ACCIONES
<b>Gastrina</b>	La distensión gástrica, las proteínas parcialmente digeridas y la cafeína en el estómago, junto con los altos valores de pH en el jugo gástrico estimulan la secreción de gastrina por las células G enteroendocrinas, localizadas principalmente en la mucosa del antro pilórico.	<i>Efectos principales:</i> promueve la secreción de jugo gástrico, aumenta la motilidad gástrica y estimula el crecimiento de la mucosa gástrica. <i>Efectos menores:</i> contrae el esfínter esofágico inferior y relaja el esfínter pilórico.
<b>Secretina</b>	El jugo ácido (elevada concentración de H <sup>+</sup> ) que ingresa en el intestino delgado estimula la secreción de secretina por las células S enteroendocrinas de la mucosa duodenal.	<i>Efectos principales:</i> estimula la secreción de jugo pancreático y bilis, ricos en HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . <i>Efectos menores:</i> inhibe la secreción de jugo gástrico, promueve el crecimiento normal y el mantenimiento del páncreas, estimula el efecto de la CCK.
<b>Colecistocinina (CCK)</b>	Las proteínas parcialmente digeridas (aminoácidos), triglicéridos y ácidos grasos que ingresan en el intestino delgado estimulan la secreción de colecistocinina por las células CCK enteroendocrinas de la mucosa del intestino delgado; la CCK también es liberada en el cerebro.	<i>Efectos principales:</i> estimula la secreción de jugo pancreático rico en enzimas digestivas, produce la liberación de bilis de la vesícula biliar y la apertura del esfínter de la ampolla hepatopancreática (esfínter de Oddi), e induce la saciedad (sensación de plenitud). <i>Efectos menores:</i> inhibe el vaciamiento gástrico, promueve el crecimiento normal y el mantenimiento del páncreas, y estimula el efecto de la secretina.

**CUADRO 24.5**

**Resumen de las enzimas digestivas**

ENZIMA	ORIGEN	SUSTRATOS	PRODUCTOS
<b>SALIVA</b>			
<b>Amilasa salival</b>	Glándulas salivales	Almidón (polisacáridos)	Maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) y $\alpha$ -dextrinas
<b>Lipasa lingual</b>	Glándulas linguales	Triglicéridos (grasas y aceites) y otros lípidos	Ácidos grasos y diglicéridos
<b>JUGO GÁSTRICO</b>			
<b>Pepsina (activada a partir del pepsinógeno por el ácido clorhídrico)</b>	Células principales	Proteínas	Péptidos
<b>Lipasa gástrica</b>	Células principales	Triglicéridos (grasas y aceites)	Ácidos grasos y monoglicéridos
<b>JUGO PANCREÁTICO</b>			
<b>Amilasa pancreática</b>	Células acinosas	Almidón (polisacáridos)	Maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) y $\alpha$ -dextrinas
<b>Tripsina (activada a partir del tripsinógeno por la enterocinasa)</b>	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
<b>Quimotripsina (activada a partir del quimotripsinógeno por la tripsina)</b>	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
<b>Elastasa (activada a partir de la proelastasa por la tripsina)</b>	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
<b>Carboxipeptidasa (activada a partir de la procarboxipeptidasa por la tripsina)</b>	Células acinosas	Aminoácidos del extremo carboxilo de los péptidos	Aminoácidos y péptidos
<b>Lipasa pancreática</b>	Células acinosas	Triglicéridos (grasas y aceites) las sales biliares emulsionados por	Ácidos grasos y monoglicéridos
<b>Nucleasas</b>			
<b>Ribonucleasa</b>	Células acinosas	Ácido ribonucleico	Nucleótidos
<b>Desoxirribonucleasa</b>	Células acinosas	Ácido desoxirribonucleico	Nucleótidos
<b>RIBETE EN CEPILLO EN LA MEMBRANA PLASMÁTICA DE LAS MICROVELLOSIDADES</b>			
<b><math>\alpha</math>-dextrinasa</b>	Intestino delgado	$\alpha$ -dextrinas	Glucosa
<b>Maltasa</b>	Intestino delgado	Maltosa	Glucosa
<b>Sacarasa</b>	Intestino delgado	Sacarosa	Glucosa y fructosa
<b>Lactasa</b>	Intestino delgado	Lactosa	Glucosa y galactosa
<b>Enterocinasa</b>	Intestino delgado	Tripsinógeno	Tripsina
<b>Peptidasas</b>			
<b>Aminopeptidasa</b>	Intestino delgado	Aminoácidos del extremo amino de los péptidos	Aminoácidos y péptidos
<b>Dipeptidasa</b>	Intestino delgado	Dipéptidos	Aminoácidos
<b>Nucleosidasas y fosfatasas</b>	Intestino delgado	Nucleótidos	Bases nitrogenadas, pentosas y fosfatos.

# Absorción

Mayormente en intestino delgado por  
difusión, difusión facilitada, osmosis, transporte activo

Monosacáridos, aminoácidos, electrolitos, vitaminas y agua  
pasan a los capilares sanguíneos

Los ácidos grasos de cadena larga y monoglicéridos son  
resintetizados a triglicéridos y forman los quilomicrones  
que ingresan a la linfa y después a la circulación general

# Intestino grueso

Va desde la válvula ileocecal hasta el ano

Compuesto por ciego, colón, recto y conducto anal

La acción bacteriana es un ultimo paso en la digestión,  
degrada sustancias y sintetiza algunas vitaminas

Absorbe agua, iones y vitaminas

Elimina por defecación heces (formadas por agua, células  
epiteliales, bacterias, y alimentos no digeridos)

# Fases de la digestión

Fase cefálica: secreción de saliva y jugo gástrico como preparación para arribo de alimento

Fase gástrica: motilidad y secreción de jugo gástrico por presencia de alimento en estómago

Fase intestinal: el alimento (quimo) se digiere en intestino delgado. El estómago disminuye el vaciamiento para no sobrecargar más quimo del que se puede manejar



UAEM

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema VI

# Metabolismo

## Carbohidratos, Proteínas y Lípidos

# Metabolismo

metá: más allá; -bol: cambio

*Todas las reacciones químicas en el cuerpo*

*Catabolismo:* degradación de moléculas complejas a simples

*Anabolismo:* combina moléculas simples para formar moléculas complejas

# Metabolismo HCO

## *Catabolismo HCO*

Polisacáridos → Monosacáridos:  
Glucosa  
Fructosa  
Galactosa

Glucemia: **90 mg/dl** (2-3 g glucosa)

# *Anabolismo HCO*

Glucógeno: polímero de glucosa

Glucogenogénesis: síntesis de glucógeno en hígado y musculo

Estimulada por insulina

Almacenaje: 125 g hígado y 375 g musculo (500 g)

# Adenotrifosfato (ATP)

*Moneda energética*

“se gasta y obtiene una y otra vez”

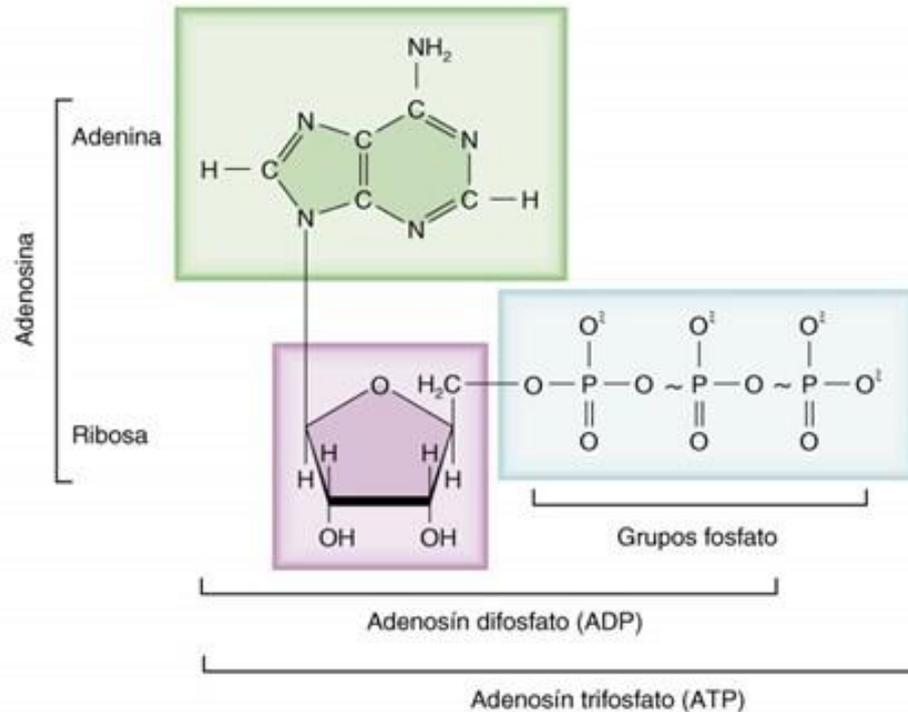


Función transferir energía de una molécula a otra para actividades celulares

1,000 millones de moléculas de ATP por célula

**Figura 2.25** Estructuras del ATP y ADP. Las líneas onduladas (~) indican que los dos enlaces de fosfato se pueden utilizar para transferir energía. Por lo general, la transferencia de energía implica hidrólisis del último enlace fosfato del ATP.

 El ATP transfiere energía química para impulsar actividades celulares.

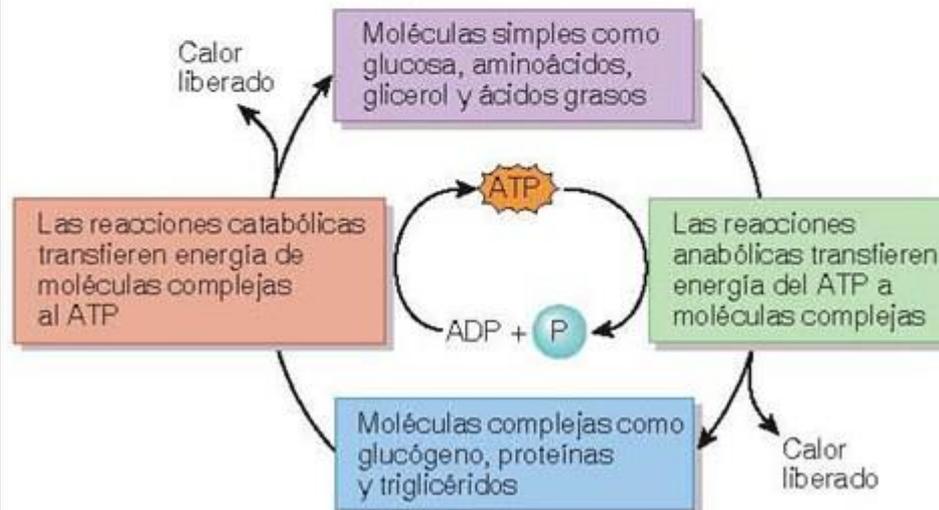


Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

**Figura 25.1** Función del ATP en el acople de las reacciones catabólicas y anabólicas. Cuando las moléculas complejas y los polímeros se degradan (catabolismo, a la izquierda), parte de la energía se transfiere para formar ATP y el resto se disipa como calor. Cuando las moléculas simples y los monómeros se combinan para formar moléculas complejas (anabolismo, a la derecha), el ATP proporciona energía para la síntesis y otra vez parte de la energía se libera como calor.



El acoplamiento entre las reacciones que liberan energía y las reacciones que consumen energía se logra a través del ATP.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Glucosa y ATP

Fuente preferida

## *Respiración celular*

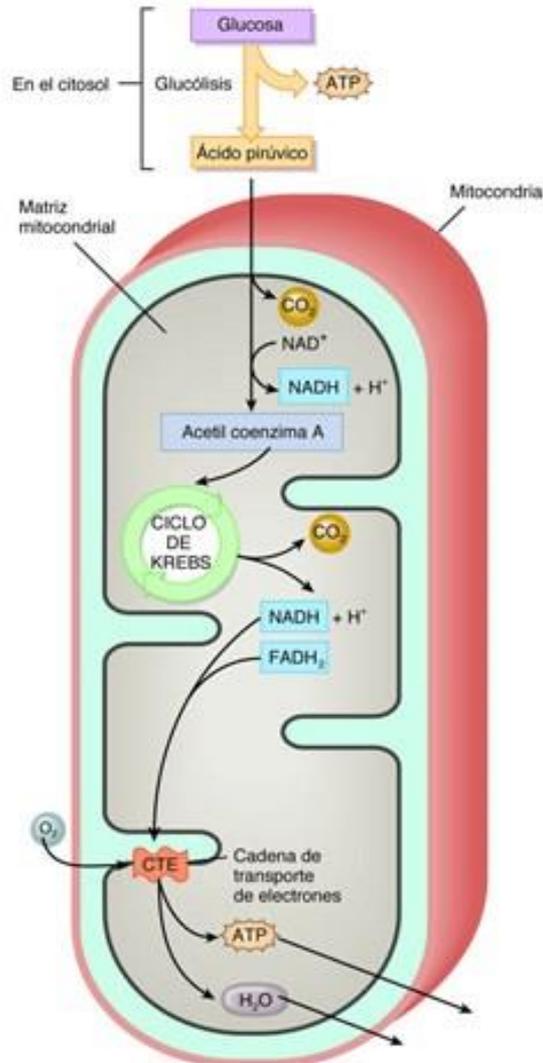
1. Glucólisis
2. Formación de acetil-COA
3. Reacciones del Ciclo de Krebs
4. Reacciones de la cadena de transporte de electrones

36-38 ATPs por molécula de glucosa oxidada

40% de energía de ATPs liberada en reacciones celulares y el resto se convierte en calor

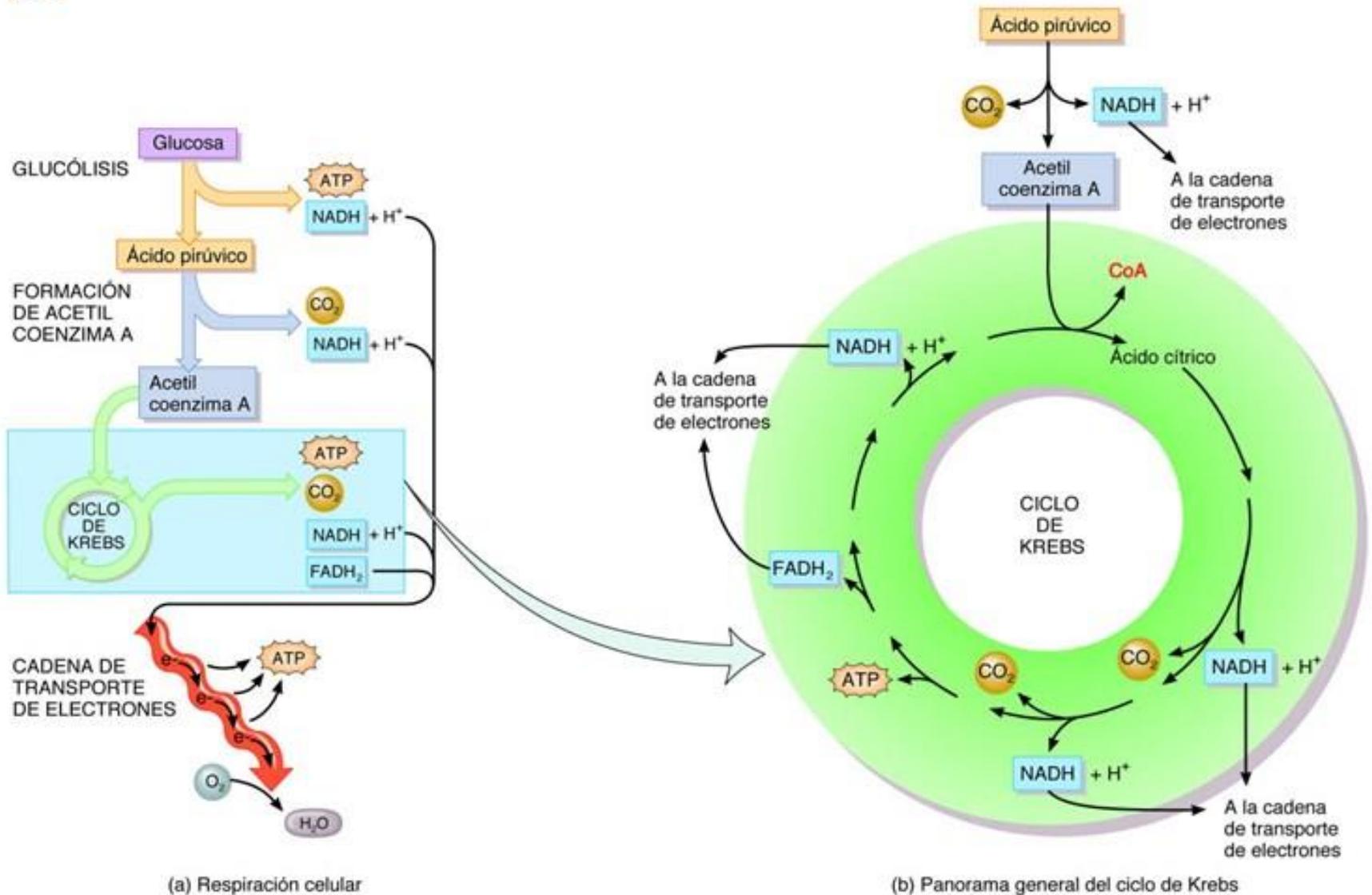
**Figura 25.10** Resumen de las principales reacciones de la respiración celular. CTE = cadena de transporte de electrones y quimiosmosis.

Excepto la glucólisis, que se desarrolla en el citosol, las demás reacciones de la respiración celular se producen dentro de la mitocondria.



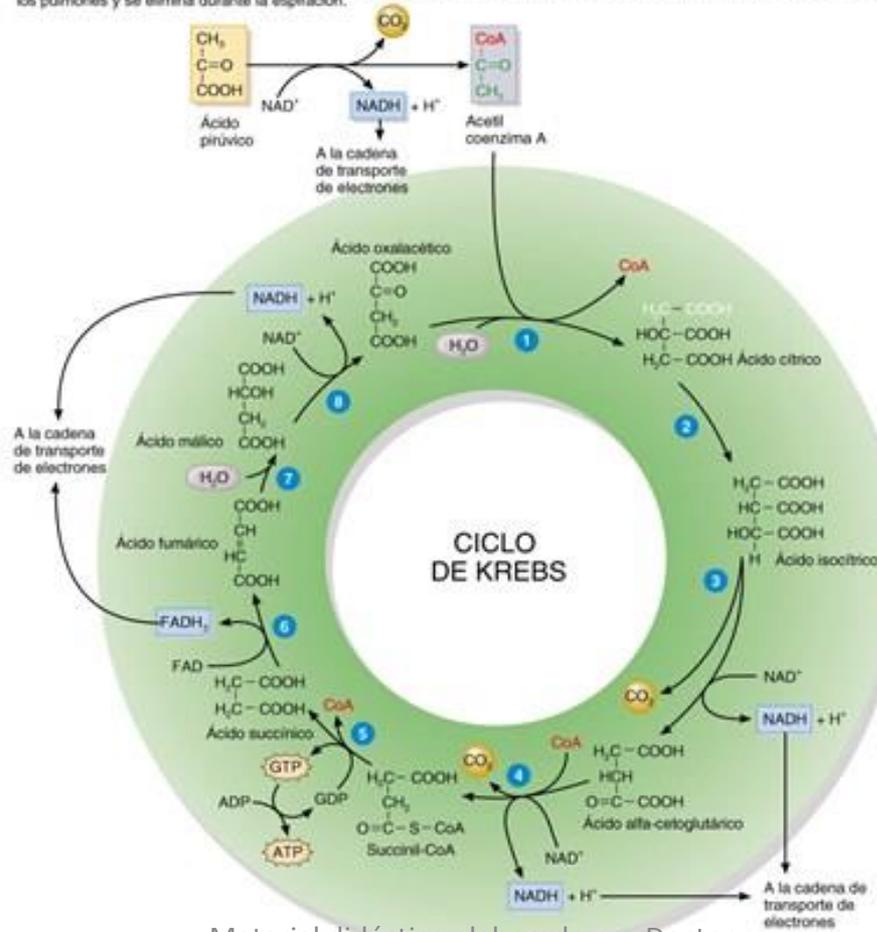
**Figura 25.6** Después de la formación de acetil coenzima A, el paso siguiente de la respiración celular es el ciclo de Krebs.

 Las reacciones del ciclo de Krebs se desarrollan en la matriz de la mitocondria.



**Figura 25.7 Las ocho reacciones del ciclo de Krebs.** 1 **Entrada del grupo acetilo.** El enlace químico que une el grupo acetilo a la coenzima A (CoA) se rompe y el grupo acetilo de 2 carbonos se adhiere a una molécula de 4 carbonos (ácido oxalacético) para formar una de 6 carbonos llamada ácido cítrico. La CoA queda libre para combinarse con otro grupo acetilo del ácido pirúvico y el proceso se repite. 2 **Isomerización.** El ácido cítrico se isomeriza a ácido isocítrico, que tiene la misma fórmula molecular que el citrato. Sin embargo, se debe señalar que el grupo hidroxilo (-OH) está unido a un carbono diferente. 3 **Descarboxilación oxidativa.** El ácido isocítrico se oxida y pierde una molécula de  $\text{CO}_2$  para formar ácido alfa-cetoglutarico. El  $\text{H}^+$  de la oxidación se transfiere al  $\text{NAD}^+$ , que se reduce a  $\text{NADH} + \text{H}^+$ . 4 **Descarboxilación oxidativa.** El ácido alfa-cetoglutarico se oxida, pierde una molécula de  $\text{CO}_2$  e incorpora una molécula de CoA para formar succinil CoA. 5 **Fosforilación del sustrato.** La CoA se desplaza por la presencia de un grupo fosfato, que luego se transfiere al guanosín difosfato (GDP) para formar guanosín trifosfato (GTP). El GTP puede donar un grupo fosfato al ADP para formar ATP. 6 **Deshidrogenación.** El ácido succínico se oxida en ácido fumárico cuando dos de sus átomos de hidrógeno se transfieren a la coenzima flavina adenina dinucleótido (FAD), que se reduce a  $\text{FADH}_2$ . 7 **Hidratación.** El ácido fumárico se convierte en ácido málico por el agregado de una molécula de agua. 8 **Deshidrogenación.** En el paso final del ciclo, el ácido málico se oxida para volver a formar ácido oxalacético. Se eliminan 2 átomos de hidrógenos y uno se transfiere al  $\text{NAD}^+$ , que se reduce a  $\text{NADH} + \text{H}^+$ . El ácido oxalacético regenerado puede combinarse con otra molécula de acetil CoA y comienza un nuevo ciclo.

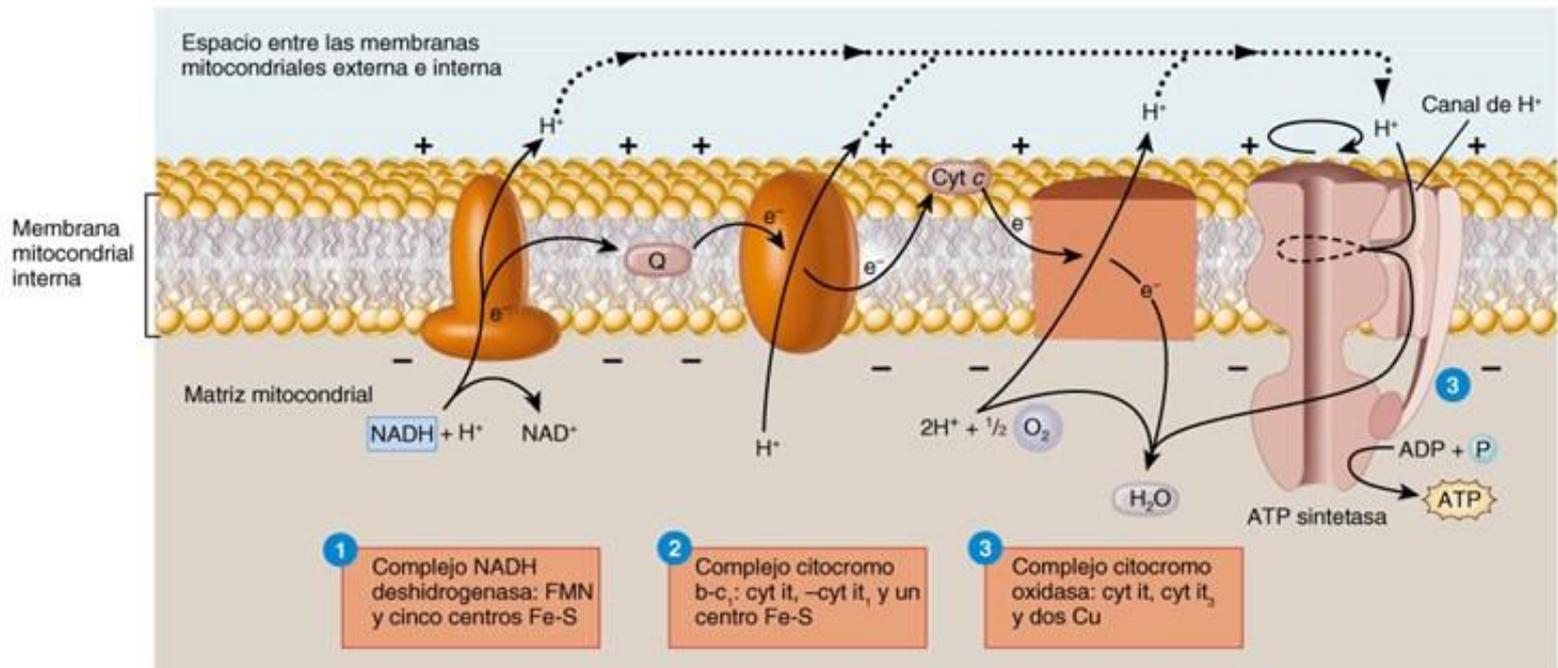
Los tres resultados más importantes del ciclo de Krebs son la producción de coenzimas reducidas ( $\text{NADH}$  y  $\text{FADH}_2$ ), que contienen energía almacenada, la generación de GTP, un compuesto de alta energía usado para producir ATP y la formación de  $\text{CO}_2$ , que se transporta hacia los pulmones y se elimina durante la respiración.



**Figura 25.9 Acción de las tres bombas de protones y de la ATP sintetasa en la membrana mitocondrial interna.** Cada bomba es un complejo de 3 o más transportadores de electrones. ① La primera bomba de protones es un complejo *NADH deshidrogenasa*, que contiene flavina mononucleótido (FMN) y cinco o más centros de Fe-S. La  $\text{NADH} + \text{H}^+$  se oxidan a  $\text{NAD}^+$  y la FMN se reduce a  $\text{FMNH}_2$ , que a su vez se oxida cuando los electrones ingresan en los centros de Fe-S. La coenzima Q, que es móvil en la membrana, cede electrones al segundo complejo de bombas. ② La segunda bomba de protones es el *complejo citocromo b-c<sub>1</sub>*, que contiene citocromos y un centro de Fe-S. Los electrones se desplazan en forma sucesiva de Q a cyt b, Fe-S y cyt c<sub>1</sub>. La lanzadera móvil que transfiere los electrones del segundo complejo de bombas al tercero es el citocromo c (cyt c). ③ La tercera bomba de protones es el *complejo citocromo oxidasa*, que contiene los citocromos a y a<sub>3</sub>, y dos átomos de cobre. Los electrones pasan de cyt c a Cu, cyt a y, por último, a cyt a<sub>3</sub>. Éste cede sus electrones a la mitad de una molécula de oxígeno ( $\text{O}_2$ ), que adquiere una carga negativa, y luego incorpora dos  $\text{H}^+$  del medio para formar  $\text{H}_2\text{O}$ .



A medida que las 3 bombas de protones transfieren electrones de un transportador al siguiente, también mueven protones ( $\text{H}^+$ ) desde la matriz hacia el espacio entre la membrana mitocondrial interna y la externa. Cuando los protones vuelven a ingresar en la matriz mitocondrial a través del canal de  $\text{H}^+$  en la ATP sintetasa, se genera ATP.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# *Gluconeogénesis*

Formación de glucosa a partir de:

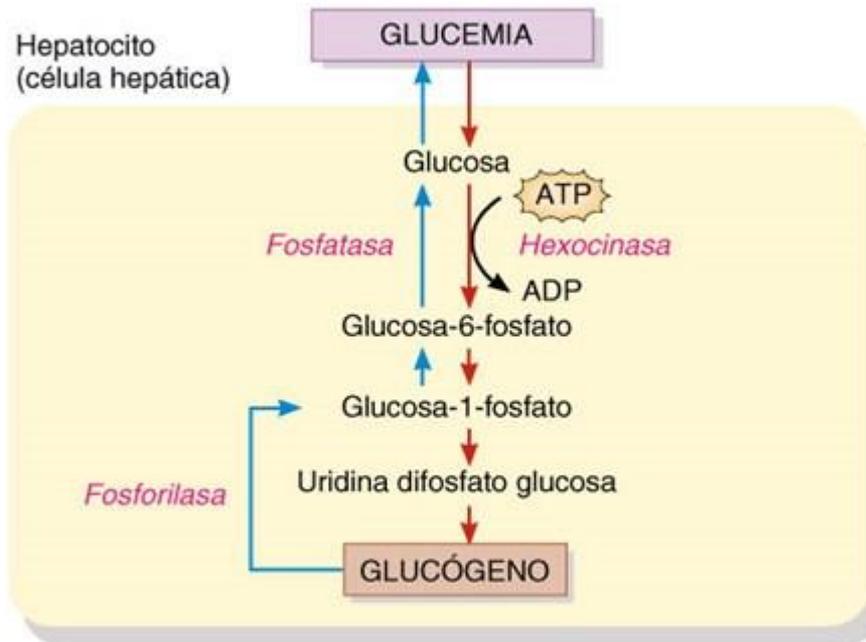
- *triglicéridos (TG)*
- *ácido láctico*
- *ciertos aminoácidos*

Estimulada por cortisol y glucagón

## Figura 25.11 Glucogenogénesis y glucogenólisis.



La glucogenogénesis convierte la glucosa en glucógeno; en la glucogenólisis, se degrada el glucógeno en glucosa.



### Referencias:

- |  |   |
|--|---|
| Glucogenogénesis<br>(estimulada por la insulina) | Glucogenólisis<br>(estimulada por el glucagón<br>y la adrenalina) |
|--|---|

Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Metabolismo Lípidos

Lípidos no son hidrosolubles

Para ser transportados se unen a proteínas

## *Lipoproteínas*

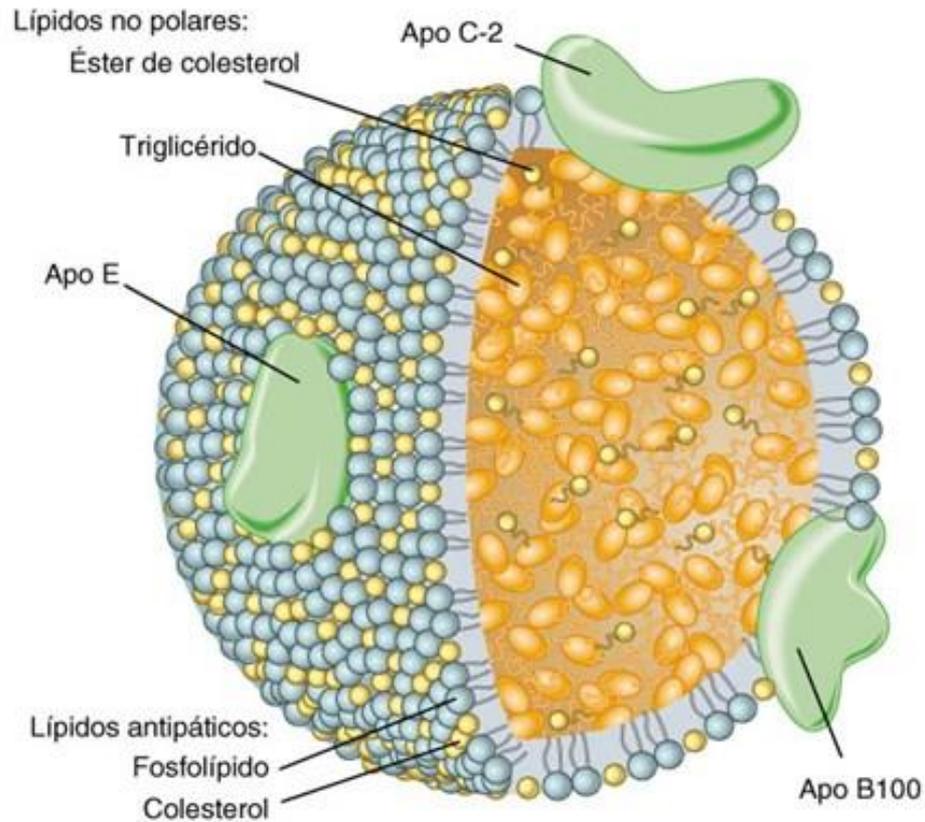
- *Quilomicrones (QM)*

- *Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)*

**Figura 25.13** Una lipoproteína. La que se muestra aquí es la VLDL.



Una capa simple de fosfolípidos anfipáticos, colesterol y proteínas alrededor de un núcleo de lípidos no polares.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# QM

Producidas en intestino

Transportan lípidos dietéticos a tejidos periféricos

Cada *QM*:

**85% triglicéridos**

7% fosfolípidos

6-7% colesterol

1-2% proteína

# VLDL

Producidas en hígado

Transportan TG a tejidos periféricos

Lipoproteína lipasa:

- enzima en superficie de adipocitos y miocitos
- activada por apo C2
- libera ácidos grasos de los triglicéridos que son captados para almacenamiento o utilización

A medida que las VLDL pierden TG en los tejidos, su densidad disminuye y se les llama LDL

Cada *VLDL*:

**50% triglicéridos**

20% fosfolípidos

20% colesterol

10% proteínas

Cada *LDL*:

5% triglicéridos

20% fosfolípidos

**50% colesterol**

25% proteínas

# LDL “colesterol malo”

- LDL se liga a receptores celulares de apoB100
- Entra por endocitosis
- LDL se degrada
- Colesterol se libera para membranas y síntesis de hormonas
- Suficiente colesterol en la célula inhibe receptores de LDL

# HDL “colesterol bueno”

HDL colecta el exceso de colesterol en sangre/células y lo transporta a hígado para eliminación

Cada *HDL*:

5-10% triglicéridos

30% fosfolípidos

20% colesterol

40-45% proteína

## Niveles deseables

*Colesterol total* < 200 mg/dl

*LDL* < 130 mg/dl

*HDL* >40 mg/dl

## *Anabolismo lípidos*

Triglicéridos almacenados en tejido adiposo constituyen 98% de las reservas energéticas

Tejido adiposo aísla y protege varias partes del cuerpo

**Lipogénesis:** síntesis en hepatocitos o adipocitos de ácidos grasos a partir de glucosa o aminoácidos

## *Catabolismo lípidos*

**Lipólisis:** desdoblamiento de triglicéridos (TG) en glicerol y ácidos grasos por lipasas

*Adrenalina, noradrenalina, cortisol* aceleran degradación de TG; *insulina* inhibe la lipolisis

**Beta oxidación:** serie de reacciones en la matriz mitocondrial para formar Acetil CoA que ingresa al ciclo de Krebs

Un ácido graso de 16 carbonos puede originar hasta 129 ATPs

**Cetogénesis:** formación de ácido acetoacético, ácido beta-hidroxibutirico y acetona

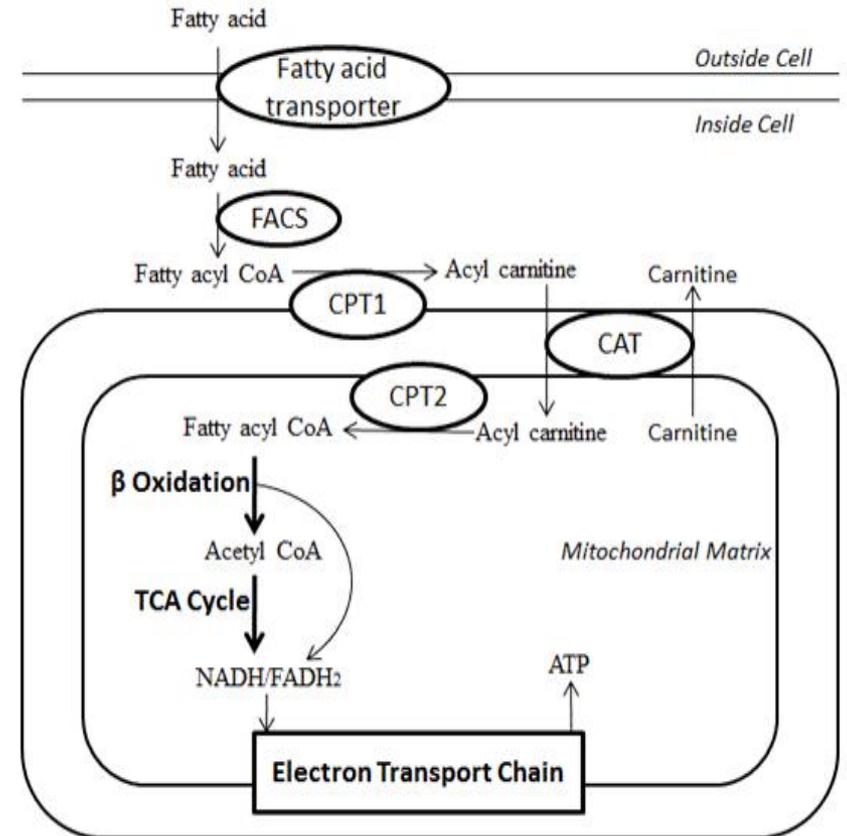
# Oxidación mitocondrial de lípidos

La **beta oxidación** es un proceso de múltiples pasos por el cual los ácidos grasos son desdoblados por varios tejidos para producir energía

# Oxidación mitocondrial de lípidos

Los ácidos grasos entran primariamente a la célula a través de proteína transportadoras de ácidos grasos sobre la superficie de la célula:

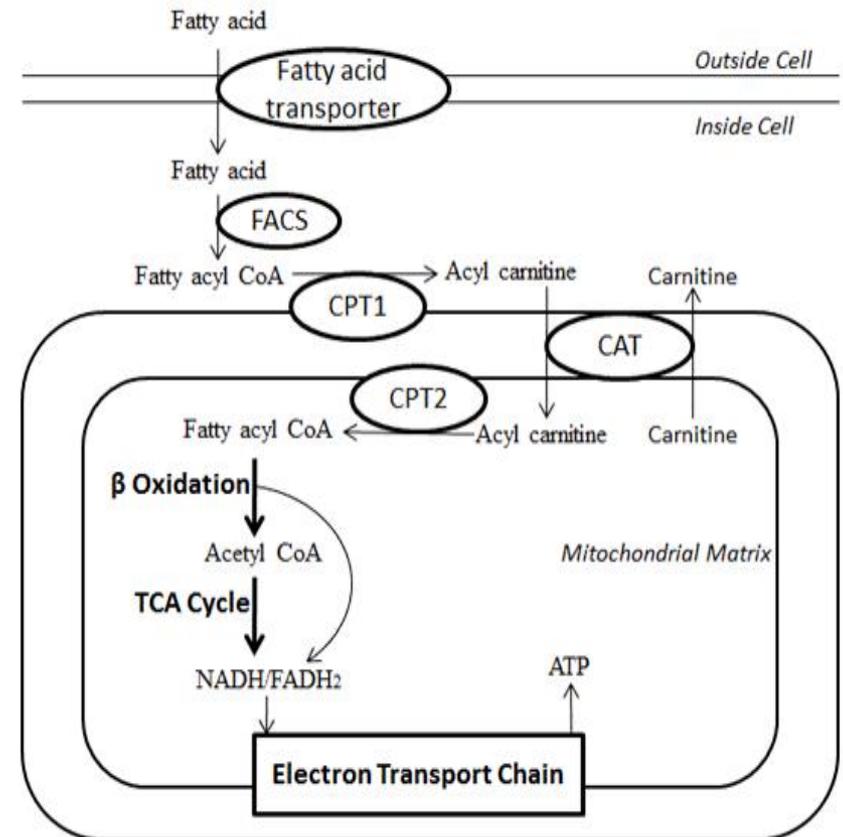
FABPpm  
FATP  
FAT/CD36



# Oxidación mitocondrial de lípidos

Una vez dentro de la célula un grupo CoA es añadido al ácido graso por la **sinetasa acil graso CoA** (fatty acil-CoA sintetasa – FACS) formando una *larga cadena acil-CoA*

**Carnitina palmitoyltransferasa 1 (CPT1)** conversión de la *larga cadena de acil-CoA* a una *larga cadena acil carnitina* permite a la fracción de ácido graso ser transportada a través de la membrana mitocondrial interna vía la **carnitina translocasa (CAT)** la cual intercambia *cadena largas acil carnitina por carnitina*



# Oxidación mitocondrial de lípidos

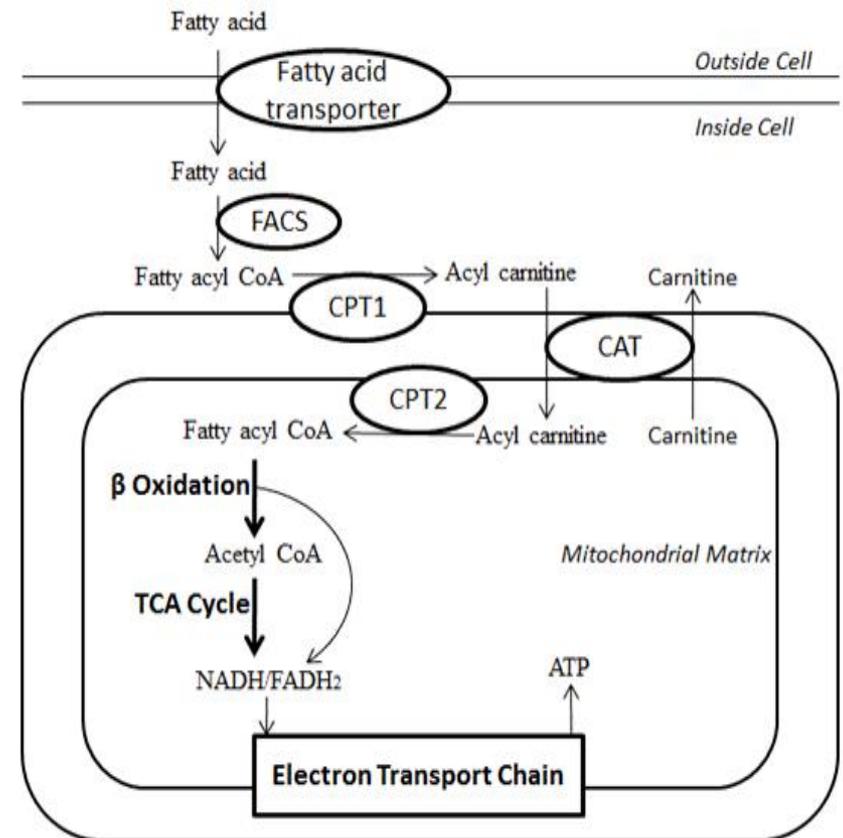
Una **carnitina palmitoyltransferasa 2 (CPT2)** en la membrana mitocondrial interna convierte de nuevo la *cadena larga acil-carnitina* a *cadena larga acil-CoA*

La *cadena larga de acil-CoA* entra a la vía de la *beta oxidación* de ácidos grasos

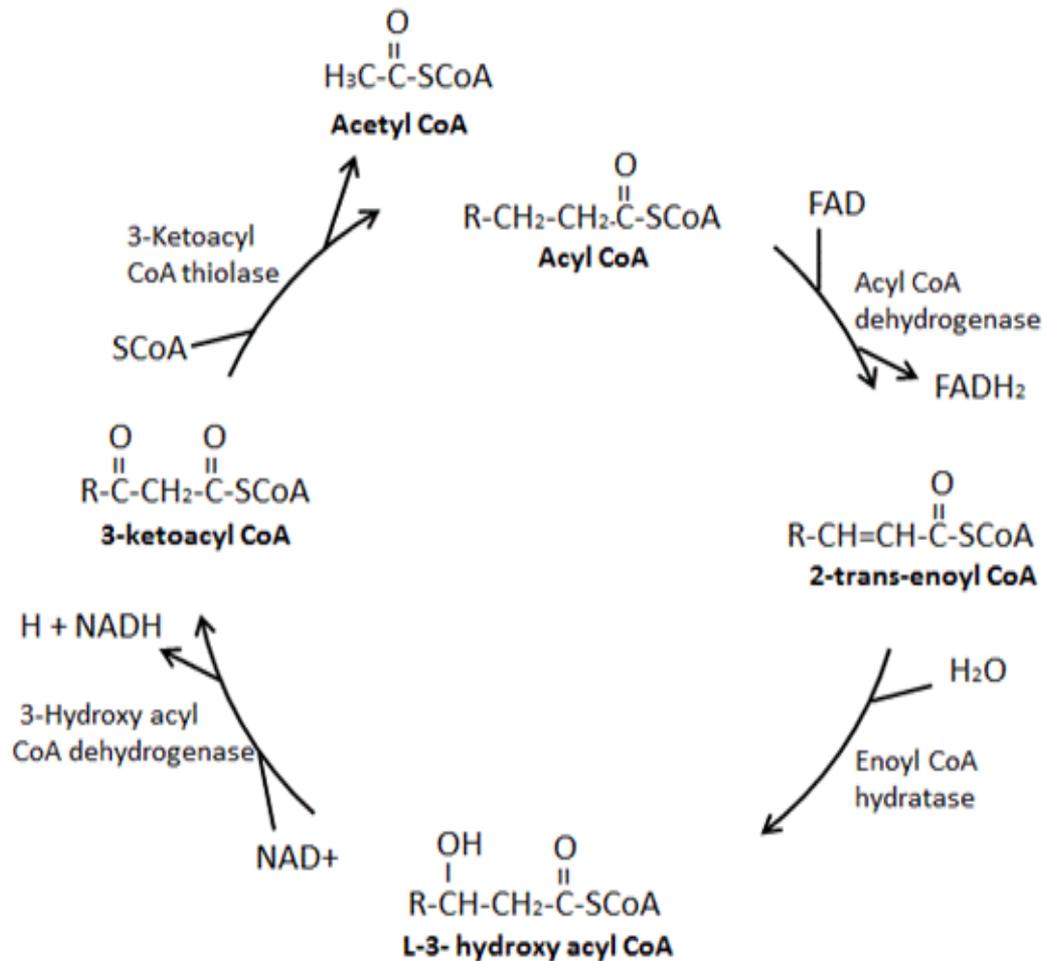
lo cual resulta en producción de un **acetil-CoA** de cada ciclo de beta oxidación de ácido graso

Este *acetil CoA* después entra al *ciclo mitocondrial de ácido tricarbóxico*

El *NADH* y *FADH2* producidos son usados en la *cadena transportadora de electrones* para producir *ATP*

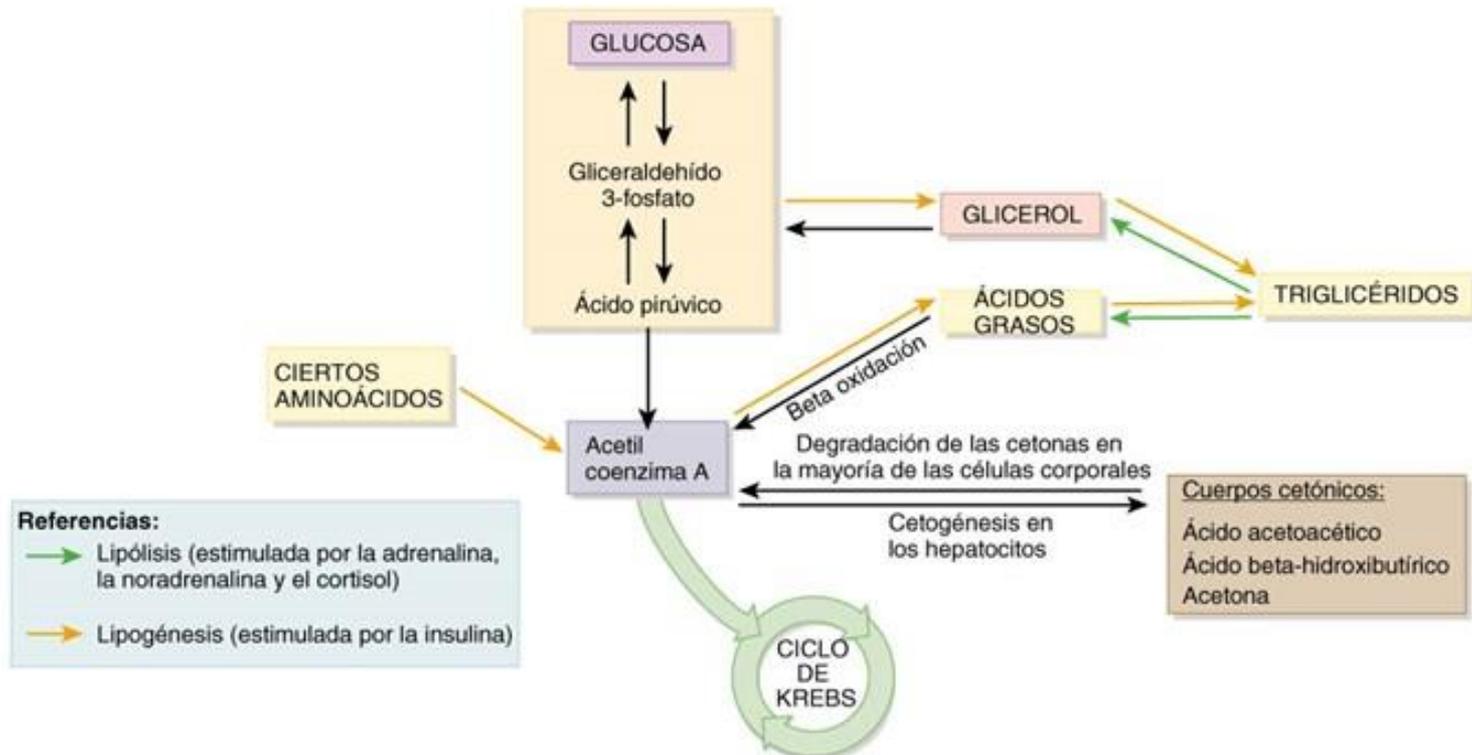


# Utilización y oxidación de ácidos grasos



**Figura 25.14 Vías del metabolismo de los lípidos.** El glicerol puede convertirse en gliceraldehído 3-fosfato, que a su vez puede transformarse en glucosa o entrar en el ciclo de Krebs para su oxidación. Los ácidos grasos experimentan beta oxidación e ingresan en el ciclo de Krebs a través de la acetil coenzima A. La síntesis de lípidos a partir de la glucosa o los aminoácidos se denomina lipogénesis.

 El glicerol y los ácidos grasos se catabolizan en vías separadas.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Metabolismo proteínas

Proteínas se desdoblán en aminoácidos

No se depositan en un tejido u órgano

Los aminoácidos se oxidan para producir ATP o se usan en síntesis de nuevas proteínas

Exceso se convierte en glucosa o lípidos

## *Anabolismo de proteínas*

Aminoácidos entran a células por estímulo por IGF e insulina

*Uniones peptídicas* entre aminoácidos para producir proteínas

Se produce en los ribosomas de todas las células

Estimulada por IGF, insulina, T3 y T4, estrógenos, testosterona

## *Catabolismo de proteínas*

Estimulado por cortisol

Aminoácidos son reciclados

**Desaminación:** pérdida de aminoácidos del grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) en hígado, produce amoniaco ( $\text{NH}_4$ ) que se elimina como urea por vía urinaria



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



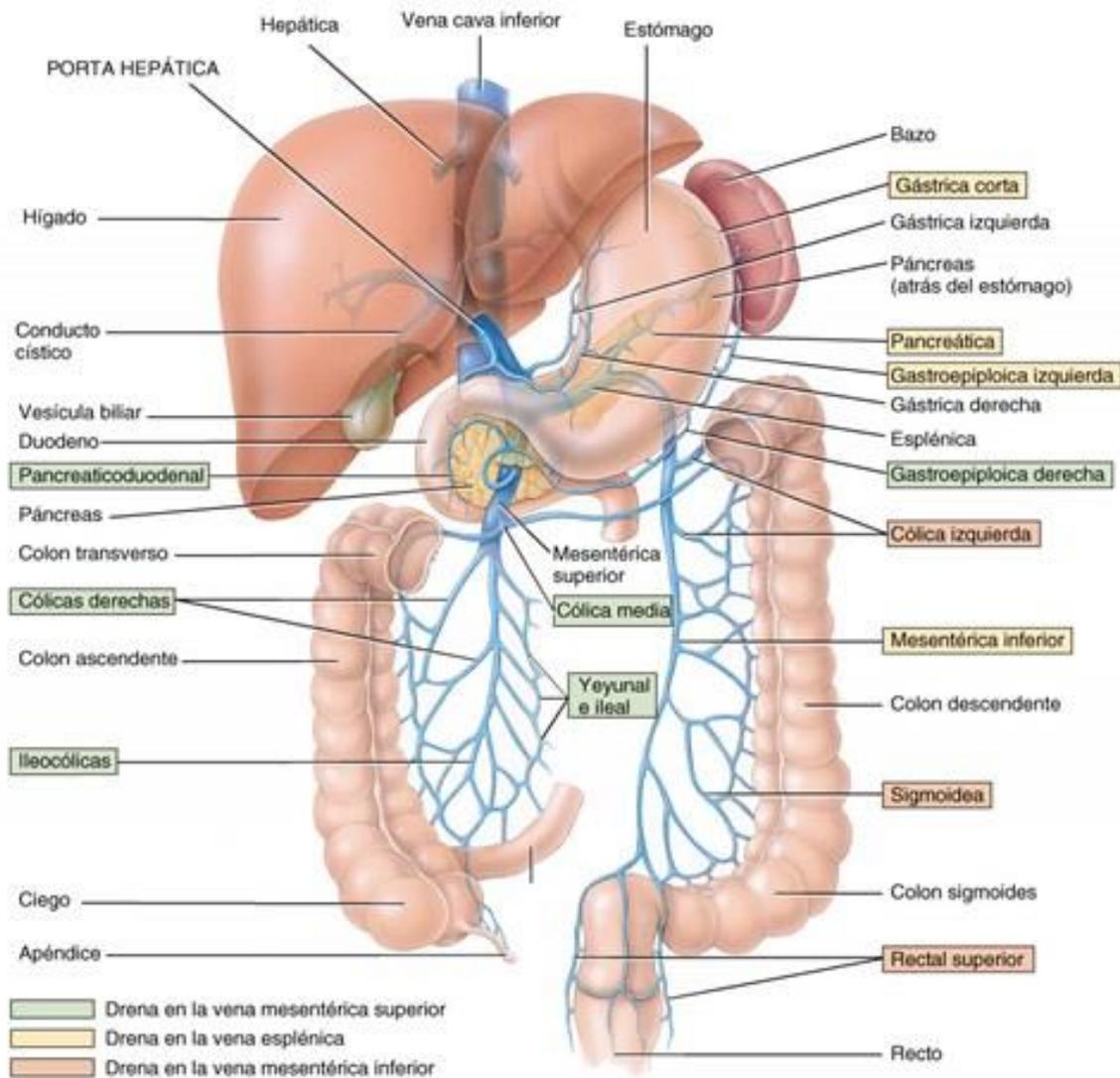
# Tema VII

## Hígado, vías biliares y páncreas

# Digestión química en el intestino delgado depende de la actividad de órganos accesorios

**Figura 21.28** Circulación portal hepática. En (b) se muestra un diagrama esquemático del flujo sanguíneo a través del hígado, incluida la circulación arterial. Como siempre, la sangre desoxigenada se muestra en azul y la oxigenada en rojo.

 La circulación portal hepática lleva la sangre venosa de los órganos del tubo digestivo y del bazo al hígado.



(a) Vista anterior de las venas que drenan en la vena porta hepática.

# Páncreas (*pan*: todo, *kréas*: carne)

Anatomía:

cabeza, cuerpo, cola y 2 conductos

12-15 cm largo y 2.5 cm ancho

Localizado detrás del estómago en retroperitoneo

# Función glandular del páncreas

*Conductos* formados por conductillos de células exocrinas secretan jugos pancreáticos

## **Conducto pancreático** – de Wirsung

es el mas largo

se une con el *conducto colédoco* (hepatocístico)

entra en duodeno por *ampolla de Vater* (hepatopancreática)

en papila duodenal mayor 10 cm debajo del píloro

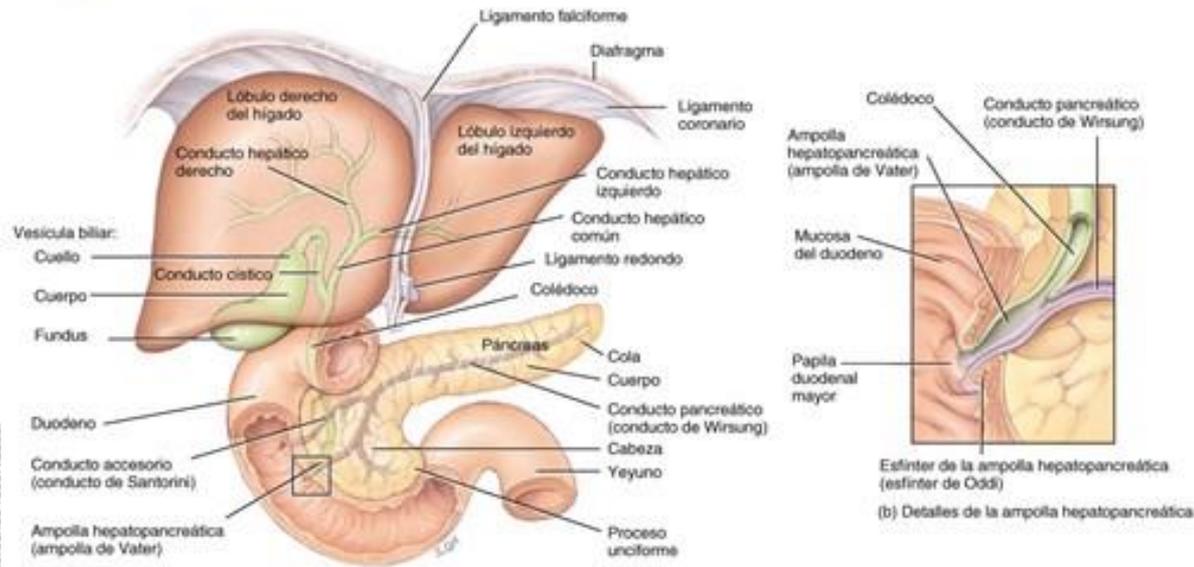
con paso de jugos pancreático y biliar regulado por esfínter de Oddi

## **Conducto accesorio** – de Santorini

entra en duodeno 2.5 cm encima de ampolla de Vater

**Figura 24.15 Relación del páncreas con el hígado, la vesícula biliar y el duodeno.** En el recuadro se muestran en detalle los conductos colédoco y pancreático, que forman la ampolla hepatopancreática (ampolla de Vater) y se vacían en el duodeno.

Las enzimas pancreáticas digieren el almidón (polisacáridos), las proteínas, los triglicéridos y los ácidos nucleicos.



(a) Vista anterior

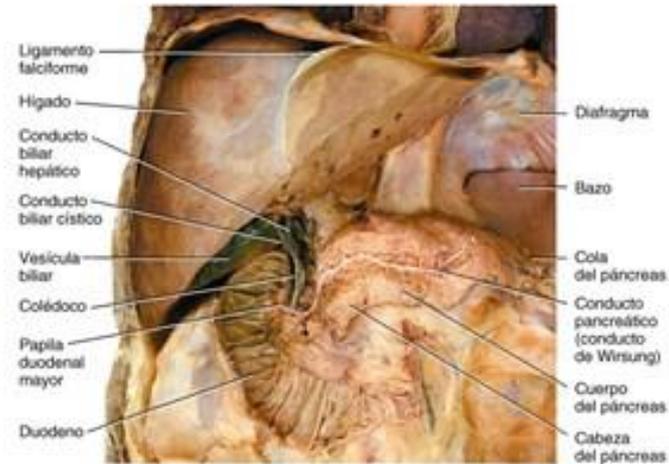


(b) Detalles de la ampolla hepatopancreática

Copyright © Steve Oh. Todos los derechos reservados.



(c) Conductos que llevan bilis del hígado y la vesícula biliar y jugo pancreático, desde el páncreas hacia el duodeno



(d) Vista anterior

Copyright © Discezioni Shawn Miller; Fotografía Mark Nielsen. Todos los derechos reservados.

# Función glandular del páncreas

## Ácinos pancreáticos

Racimos/grupos de células epiteliales glandulares

### **Porción exocrina:**

99% ácinos secretan jugo pancreáticos

### **Porción endocrina:**

1% ácinos – islotes pancreáticos/Langerhans secretan glucagón, insulina, somatostatina y polipeptido pancreático

# Jugo pancreático

Líquido transparente formado de agua, sales, bicarbonato de sodio y varias enzimas

Secreción diaria de 1,200-1,500 ml

**pH 7.1-8.2**

amortigua jugo gástrico ácido

pH adecuado para acción de enzimas digestivas

# Enzimas del jugo pancreático

*Amilasa pancreática*: digiere almidón

*Tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa y elastasa*: digieren proteínas – activadas en luz intestinal

*Lipasa pancreática*: digiere triglicéridos

*Ribonucleasa y desoxirribonucleasa*: digieren ácidos nucleicos

# Hígado

Glándula mas voluminosa – 1.4 kg

Localizado bajo diafragma  
hipocondrio derecho y epigastrio

Cubierto por *peritoneo* visceral y tejido conectivo

Se divide por ligamento falciforme en un lóbulo  
derecho y un lóbulo izquierdo

# Hepatocitos

Células hepáticas funciones metabólicas, secretoras y endocrinas

80% volumen hepático

Presentan 5-12 lados – depresiones en membrana

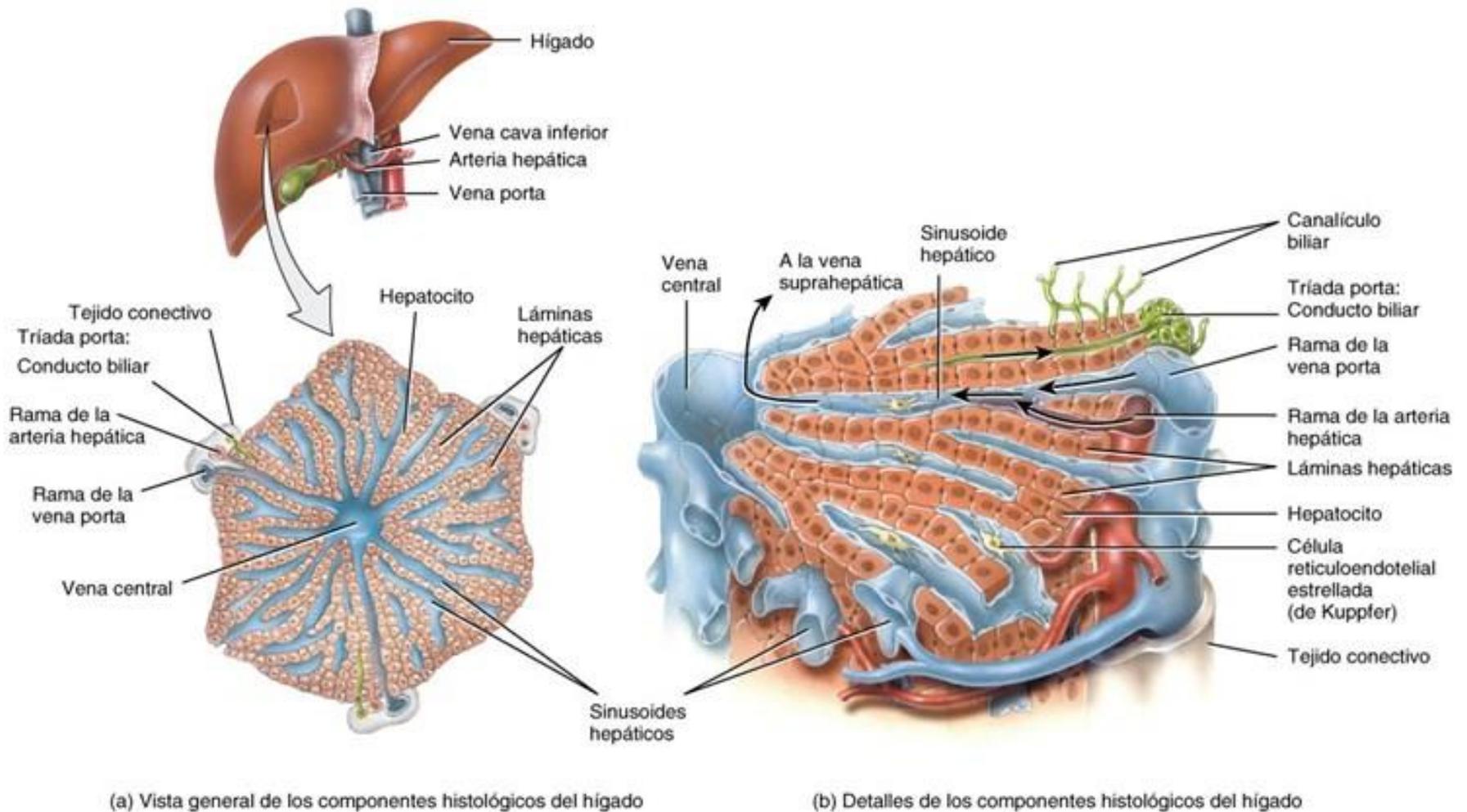
# Laminas hepáticas

Conjuntos tridimensionales de hepatocitos

Placas unicelulares con borde engrosado a cada lado por capilares sanguíneos – *sinusoides hepáticos*

## Figura 24.16 Histología del hígado.

Desde el punto de vista histológico, el hígado está compuesto por hepatocitos, canaliculos biliares y sinusoides hepáticos.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.

# Sinusoides hepáticos

Muy permeables

Reciben sangre oxigenada de *arteria hepática*

Reciben nutrientes de *vena porta* desde órganos gastrointestinales

Sinusoides convergen y conducen sangre hacia *vena central* donde fluye a *venas hepáticas* que drenan en *vena cava inferior*

Sinusoides tienen células reticuloendoteliales estrelladas que fagocitan eritrocitos y leucocitos viejos, bacterias y materia extraña en drenaje venoso

# Bilis

Hepatocitos excretan bilis – líquido amarillo marrón/ verde olivo

Agua, sales biliares, colesterol, lecitina (fosfolípido), pigmentos biliares y varios iones

Sales biliares: sales de sodio y potasio de ácidos biliares cumplen la función de emulsificación de grasas para su digestión por la lipasa pancreática

Bilirrubina: pigmento biliar del reciclamiento de hierro y hemoglobina, su degradación da coloración marrón a las heces

Canalículos biliares atraviesan espacios entre hepatocitos colectando la bilis

Desde los canalículos la bilis pasa a conductos biliares

# Bilis

Producción aumenta cuando la sangre portal tiene mas ácidos biliares,

Liberación de bilis aumenta durante digestión y absorción

Entre comidas, la bilis fluye a la vesícula biliar para almacenamiento, debido a cierre de esfínter de Oddi

# Conductos biliares

Emergen como *conducto hepático derecho* y *conducto hepático izquierdo*

Se unen y emergen como *conducto hepático común*

Este se une al *conducto cístico* de la vesícula biliar para formar el *conducto colédoco*

# Triada portal

Arteria hepática

+

Vena hepática

+

Conducto biliar

# Organización funcional

## hepatocitos, conductos biliares y sinusoides

Lóbulo hepático:

- modelo de unidad funcional del hígado con forma de hexágono
- en el centro esta la vena central y desde allí salen filas de hepatocitos y sinusoides hepáticos

Lóbulo portal:

- modelo de función excreción de bilis
- el conducto biliar es considerado el centro del lóbulo portal definido por tres venas centrales cerca de la triada portal

Ácino hepático:

- modelo estructural-funcional actual.
- Casa ácino es una masa ovalada de dos lóbulos hepáticos que conectan las venas centrales
- Patrón más lógico de almacenamiento-liberación glucogeno y los efectos tóxicos, degenerativos y regenerativo del hígado relativos a las zonas acinares

# Funciones de hígado

Metabolismo de HCO, proteínas y lípidos

Procesamiento de fármacos y hormonas

Secreción de bilis

Excreción de bilirrubina

Síntesis de sales biliares

Almacenamiento

Fagocitosis

Activación de Vitamina D

# Vesícula biliar

Localización: cuelga del borde anterior del hígado en una depresión de la cara inferior

Saco piriforme proyección de fondo hacia abajo y de cuerpo y cuello hacia arriba

7-10 cm de longitud



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# **Tema VIII**

## **Características anatómicas de los sistemas linfático y sanguíneo que facilitan el transporte de nutrimentos**

# Vasos sanguíneos

Estructuras para:

- flujo de sangre desde-hacia el corazón
- intercambio nutrientes-desechos en tejidos
- ajuste velocidad y volumen sanguíneo

Lado izquierdo del corazón bombea sangre a  
10 mil vasos sanguíneos

Lado derecho la bombea hacia los pulmones  
Carga O<sub>2</sub> descarga CO<sub>2</sub>

# Hemodinámica

(*háima*: sangre, *dynamis*: fuerza)

fuerzas involucradas en la circulación de la sangre a lo largo del cuerpo, principalmente los vasos sanguíneos

# Tipos de vasos sanguíneos

- arterias
- arteriolas
- capilares
- vénulas
- venas

# Estructura pared vaso sanguíneo

**Capa interna/íntima:** revestimiento interno epitelial

**Capa media:** formada por musculo liso y tejido conjuntivo elástico

**Adventicia:** cubierta externa de tejido conjuntivo

# Íntima

**Endotelio:** capa mas interna de **células planas** que reviste la superficie interna de todo el aparato cardiovascular

**Membrana basal:** debajo del endotelio, fija endotelio a tejido conectivo, da fuerza de tensión y recuperación por fibras de colágeno

**Lámina elástica externa:** capa delgada de fibras elásticas con orificios que facilitan difusión de sustancias a la capa media

# Capa media

Capa de *tejido muscular liso y tejido conectivo*

Regula el diámetro de la luz del vaso

Estimulación simpática causa **vasocontracción**

Reducción estimulación simpática o presencia  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}^+$  y ácido láctico causa **vasodilatación**

Extensión de contracción fundamental para regular la tensión arterial y flujo de sangre

Variaciones en estructurales en capa media responsables de las variaciones en función de vaso sanguíneo

# Capa o túnica externa

Formada por fibras elásticas y colágena

Vasos vasorum: vasos de los vasos

Contiene números nervios

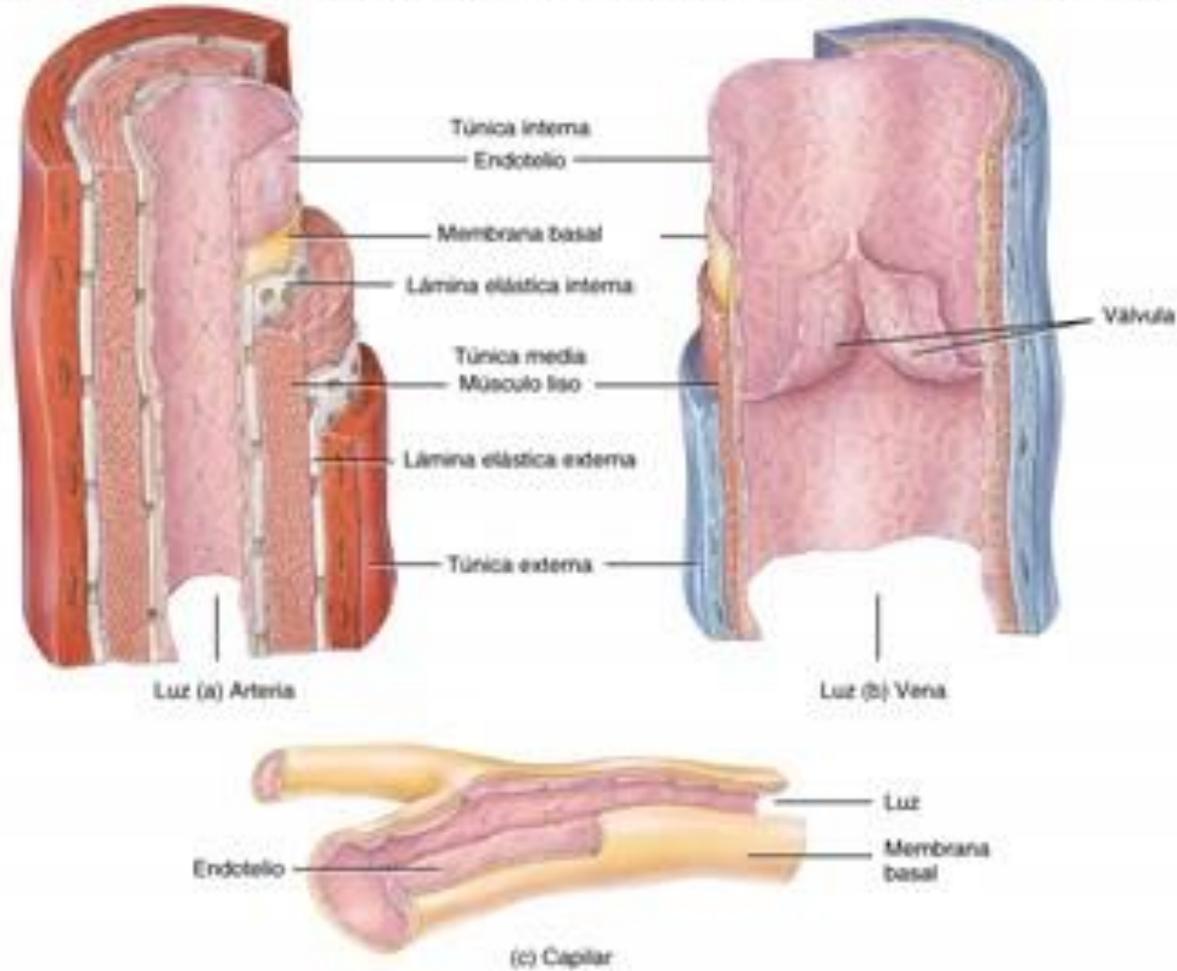
Función:

Irrigación e inervación de pared vascular

Anclaje de los vasos a tejidos circundantes

**Figura 21.1 Estructuras comparadas de los vasos sanguíneos.** El capilar en (c) está agrandado, en relación con las estructuras mostradas en (a) y (b).

Las arterias transportan la sangre desde el corazón hacia los tejidos; las venas conducen la sangre desde los tejidos hacia el corazón.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.

# Arterias

(*aeiro*: enlazar, *tero*: recorrer)

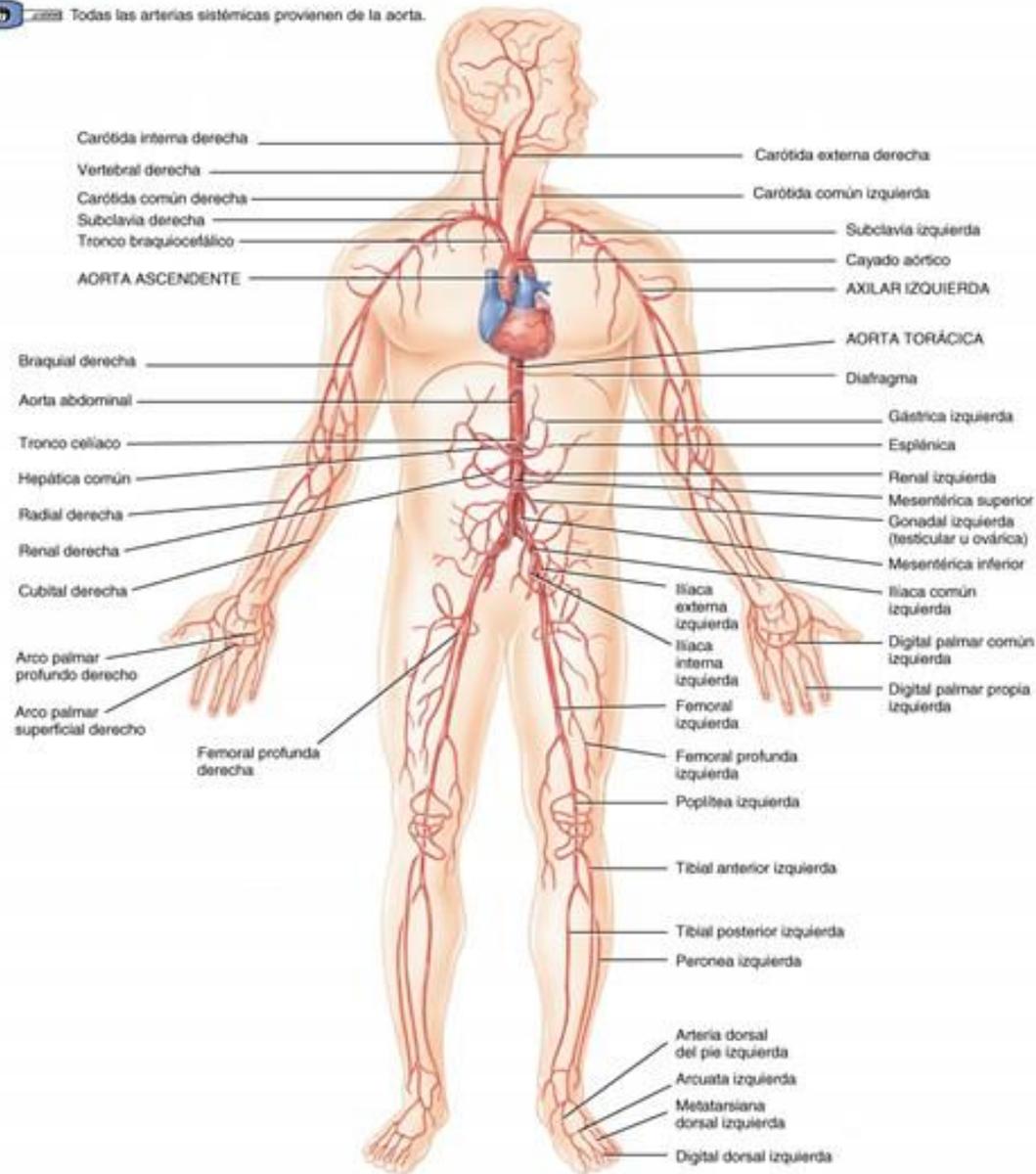
Capa media gruesa, muscular y elástica

*Gran distensibilidad* - paredes se estrechan/expanden sin desgarrarse

Transportan sangre desde corazón hacia arterias musculares (distribuyen sangre a arteriolas)

**Figura 21.18** La aorta y sus principales ramas.

Todas las arterias sistémicas provienen de la aorta.



(a) Vista anterior global de las principales ramas de la aorta

# Anastomosis

Union de dos o más arterias que irrigan la misma región del cuerpo

Circulación colateral

Puede producirse también entre arteriolas, vénulas y venas

# Arteriola

- Arteria muy pequeña
- Regula flujo de sangre a capilares
- 400 millones de arteriolas
- Diámetro 15-300 micrometros

*Esfínter precapilar*: unión entre metaarteriola y capilar – vasomoción: contracción/relajación 5-10 veces por minuto

# Arteriola

Regulan el flujo sanguíneo mediante **resistencia** u oposición al flujo sanguíneo

Cuanto menor el vaso mayor la fricción

Vasoconstricción: disminuye flujo sanguíneo, aumenta PA

Vasodilatación: aumenta el flujo sanguíneo, disminuye PA

# Capilares

**Vasos más pequeños** 5-10 micrometros

20 billones vasos ramificados e interconectados que corren entre las células de los tejidos

**Intercambian sustancias** entre *sangre* y *líquido intersticial*

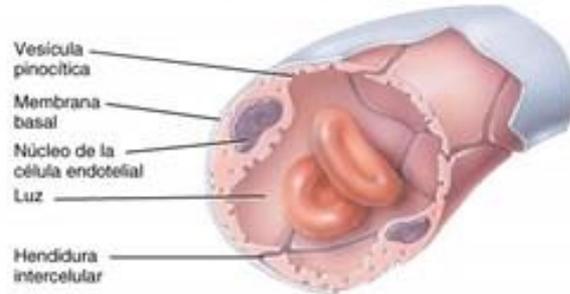
Compuesta de *una sola capa de células endoteliales*

**Vuelta U:** conectan flujo arterial con retorno venoso (vénula poscapilar)

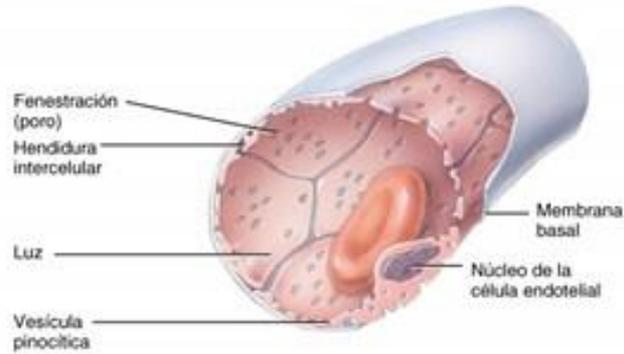
### Figura 21.4 Tipos de capilares.



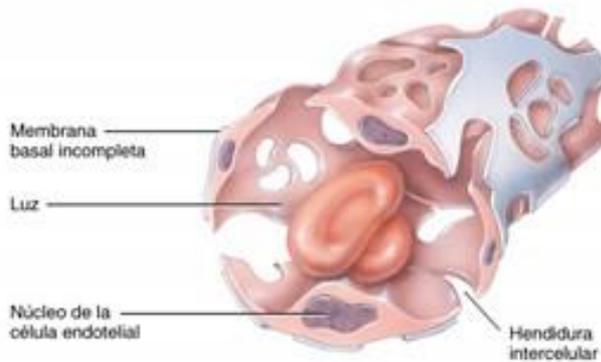
Los capilares son vasos sanguíneos microscópicos que conectan las arteriolas con las vénulas.



(a) Capilar continuo formado por células endoteliales



(b) Capilar fenestrado



# Venulas

Pared delgada no logran mantener forma

Drenan sangre de capilares

Comienzan retorno de sangre a corazón

10-50 micrometros

Forman parte del unidad de intercambio:  
nutrientes, dendritos, leucocitos

Vénulas musculares 50-200 micrometros, son los  
elementos más distensibles, excelentes  
reservorios

# Venas

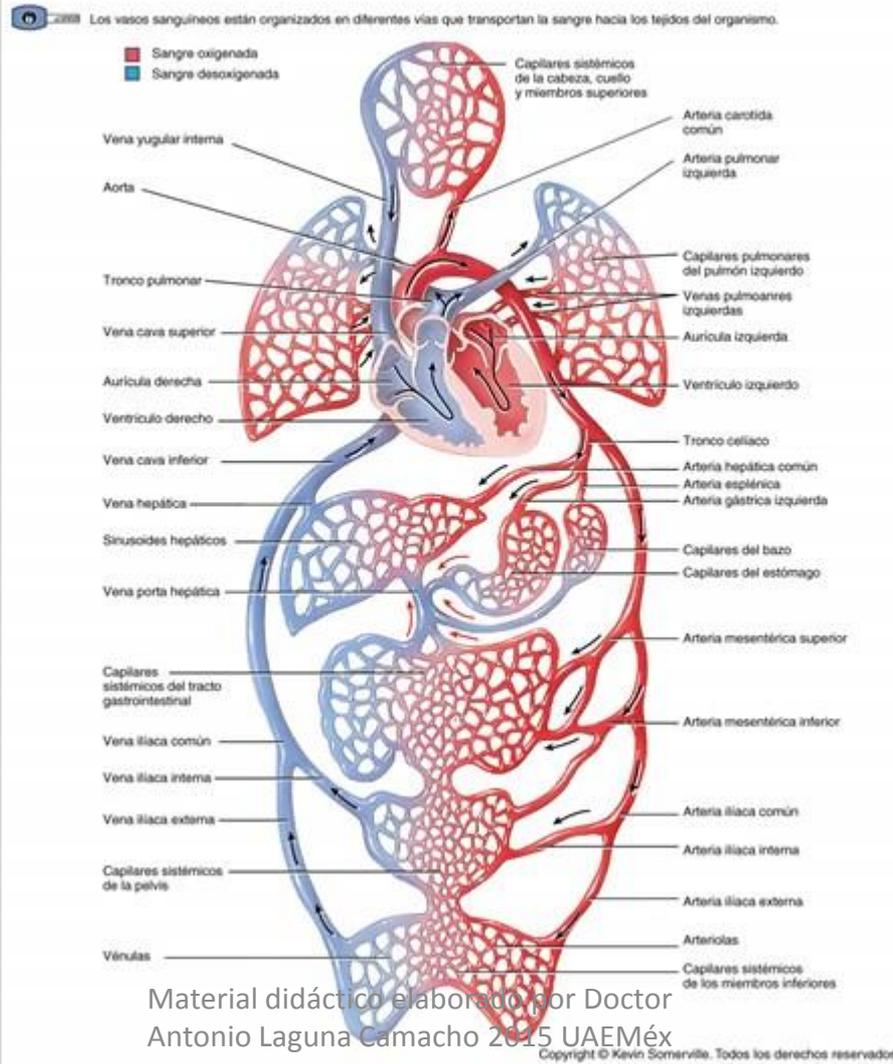
3 capas: túnica interna y media son delgadas; túnica externa es la más gruesa, formada por fibras de colágena y elásticas

Acción bombeo de corazón, contracción muscular,

Venas en miembros presentan válvulas impiden el reflujo de sangre

# Distribución sanguínea

**Figura 21.17 Vías circulatorias.** Las flechas negras grandes indican la circulación sistémica (detallada en los Paneles 21.3 a 21.12); las flechas negras pequeñas muestran la circulación pulmonar (Figura 21.29) y las flechas rojas, la circulación hepática portal (Figura 21.28). Remítase a la Figura 20.8 en la página 707, para obtener más detalles sobre la circulación coronaria y a la Figura 21-30 para observar la circulación fetal.



# Intercambio capilar

Misión aparato CV: mantener sangre fluyendo a través de los capilares para permitir el intercambio capilar

7% capilares sistémicos esta intercambiando sustancias con el líquido intersticial

# Difusión

*Glucosa y aa* se difunden de mayor a menor gradiente de concentración a través de las fenestraciones

$O_2$ ,  $CO_2$  y *hormonas* atraviesan la bicapa lipídica de células endoteliales

Proteínas y eritrocitos no pueden pasar porque son muy grandes excepto en sinusoides que tienen hendiduras intercelulares (hígado, medula ósea)

Barrera hematoencefalica, sinusoides son capilares continuos muy estrechos, permiten a pocas sustancias moverse

# Transcitosis

(*trans*: a través, *cito*: célula, *osis*: proceso)

Componentes del plasma son englobados en vesículas pinocíticas que entran a las células del endotelio por endocitosis, cruzan y salen por el otro lado por exocitosis

Transporte para moléculas grandes insolubles (ejemplo: proteínas)

# Flujo de masa

Proceso pasivo

Iones, moléculas, partículas *se mueven juntas* en la misma dirección de una área de mayor a menor presión

*Regula volúmenes* relativos de sangre y líquido intersticial (*filtración*) o de líquido intersticial a sangre (*reabsorción*)

# Balance de presiones

Filtración

Presión hidrostática y osmótica intersticial

Reabsorción

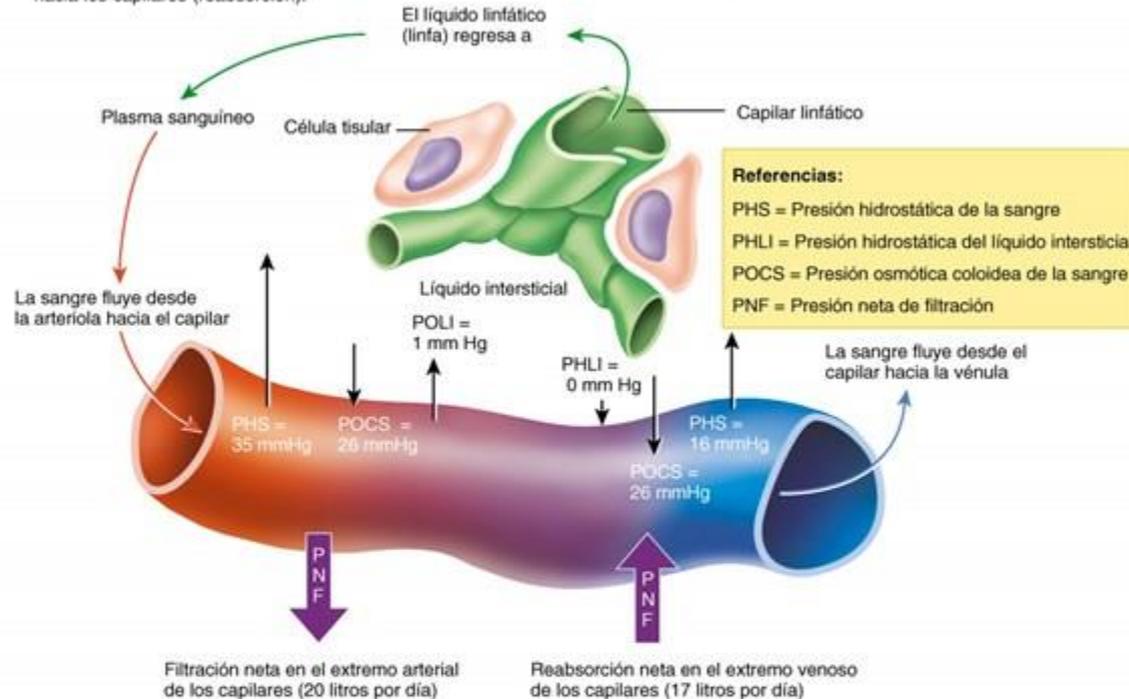
Presión osmótica coloidal sanguínea, promueve reabsorción de líquido

**Ley de Starling** de los capilares: volumen de líquidos y solutos reabsorbidos es casi tan grande como el filtrado

# Dinámica intercambio capilar

**Figura 21.7** Dinámica del intercambio capilar (ley de Starling de los capilares). El exceso de líquido filtrado drena en los capilares linfáticos.

La presión hidrostática sanguínea expulsa el líquido fuera de los capilares (filtración), y la presión osmótica coloidal de la sangre atrae líquido hacia los capilares (reabsorción).



**Presión neta de filtración**

$$= (PHS + POLI)$$

Las presiones favorecen la filtración

<b>Extremo arterial</b>
$PNF = (35 + 1) - (26 + 0)$ $= 10 \text{ mmHg}$

**Resultado**

Filtración neta

$$(POCS + PHLI)$$

Las presiones estimulan la reabsorción

<b>Extremo venoso</b>
$PNF = (16 + 1) - (26 + 0)$ $= -9 \text{ mmHg}$

Reabsorción neta

Material didáctico elaborado por Doctor Antonio Laguna Camacho 2015 UAEMéx

# Flujo sanguíneo

Volumen de sangre que fluye a través de cualquier tejido en un determinado periodo

Gasto cardíaco flujo sanguíneo total

A mayor diferencia de presión, mayor flujo

A mayor resistencia, menor flujo

Contracción del ventrículos genera presión arterial –  
presión hidrostática ejercida contra los vs

PA determinada por gasto cardiaco, volemia, y  
resistencia vascular

# Resistencia vascular

Oposición al flujo debido a la fricción entre la sangre y paredes de vs

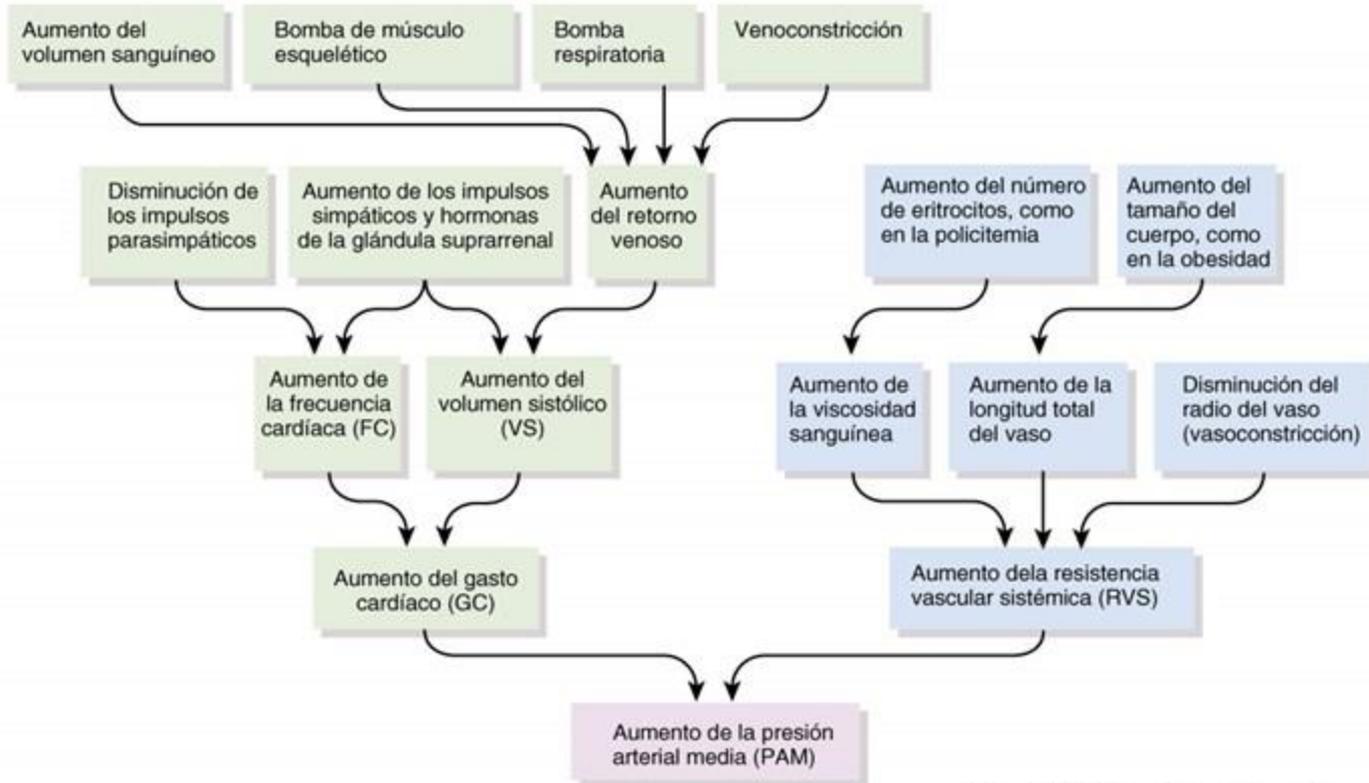
Determinantes:

- Tamaño de la luz
- Viscosidad sanguínea
- Largo del vaso

# Retorno venoso

**Figura 21.10** Resumen de los factores que incrementan la presión sanguínea. Los cambios anotados dentro de recuadros verdes muestran el incremento del gasto cardíaco; los cambios anotados en recuadros azules, el incremento de la resistencia vascular sistémica.

 Los aumentos en el gasto cardíaco y en la resistencia vascular sistémica aumentarán la presión arterial media.



# Velocidad de flujo sanguíneo

Velocidad de flujo en cm/seg disminuye a medida que la sangre se aleja del corazón y alcanza mayor lentitud en los capilares

Aorta 40 cm/seg, capilares .1 cm/seg

Relación inversa área de sección transversal: disminuye desde la aorta a capilares y aumenta desde capilares a corazón

# Sistema linfático

Inmunidad o resistencia es la capacidad de protegerse de las lesiones o enfermedades por medio de defensas propias

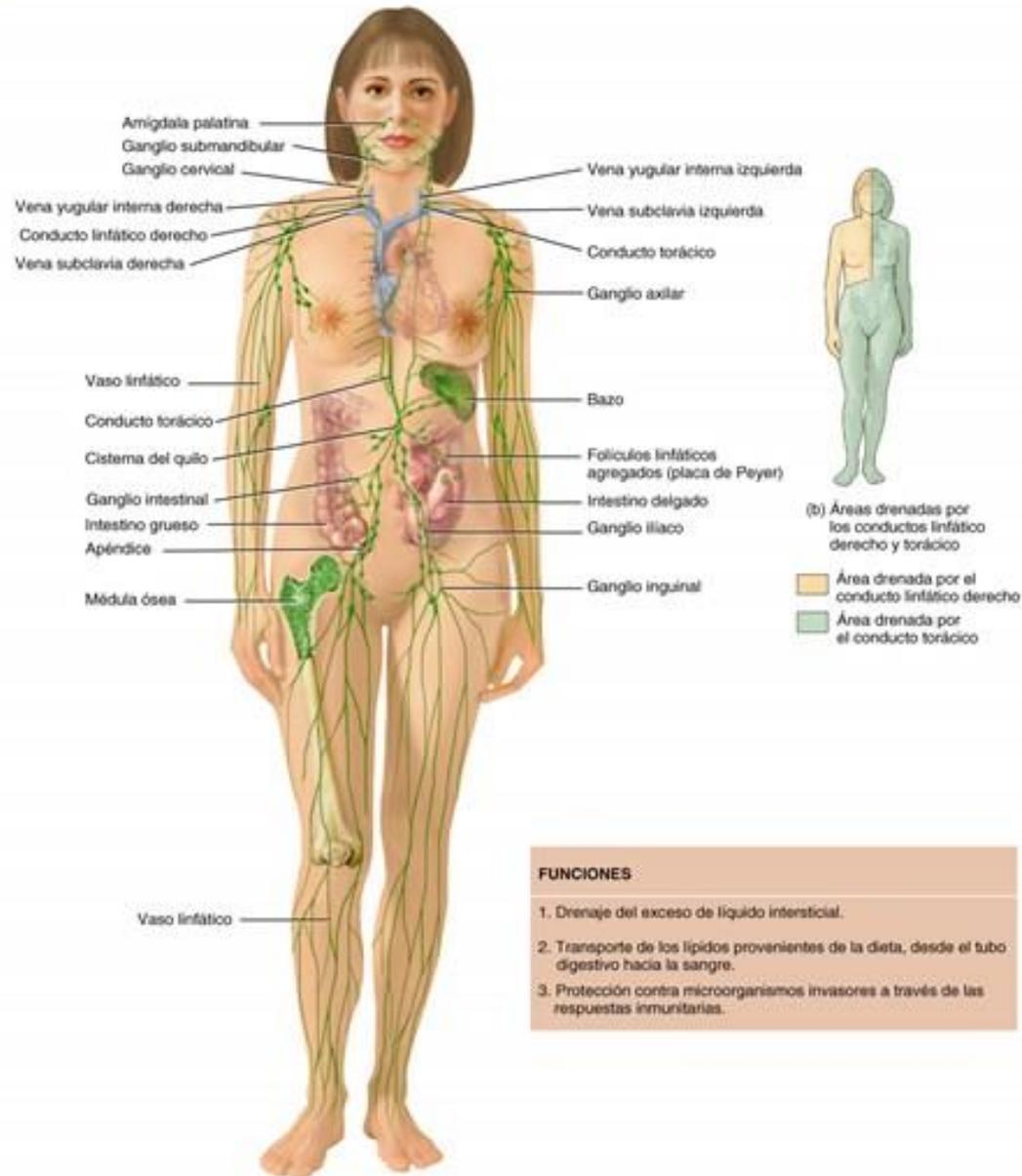
Defensa innata y adquirida

# Sistema linfático

- Linfa (*lymph*: líquido transparente)
- Vasos linfáticos
- Tejidos/órganos linfáticos: tejido conectivo reticular
- Medula ósea

**Figura 22.1** Componentes del sistema linfático.

El sistema linfático está compuesto por linfa, vasos linfáticos, tejidos linfáticos y médula ósea.



(a) Vista anterior de los componentes principales del sistema linfático

Material didáctico elaborado por Doctor Antonio Laguna Canache 2015 UAEMEX

Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

# Funciones

Drenaje líquido intersticial desde espacios tisulares a sangre

Transporte de lípidos de la dieta

Desarrollo de defensa inmunitaria

# Vasos linfáticos

Nacen como capilares linfáticos que se unen para formar vasos mas grandes

A intervalos de los vasos linfáticos hay ganglios constituidos por masas de linfocitos (células B y T)

En tejido subcutáneo siguen mismo trayecto que las venas

Vasos linfáticos viscerales siguen dirección de las arterias y plexos

# Capilares linfáticos

Son muy permeables

Tienen diámetro mayor

Unidireccionales: ingreso pero no retorno de líquido intersticial

Ingreso LI por mayor presión que linfa

Contienen valvulas

Vasos quilíferos (*khlyl*: linfa, *fer*: que lleva) transportan el quilo desde intestino hasta sangre

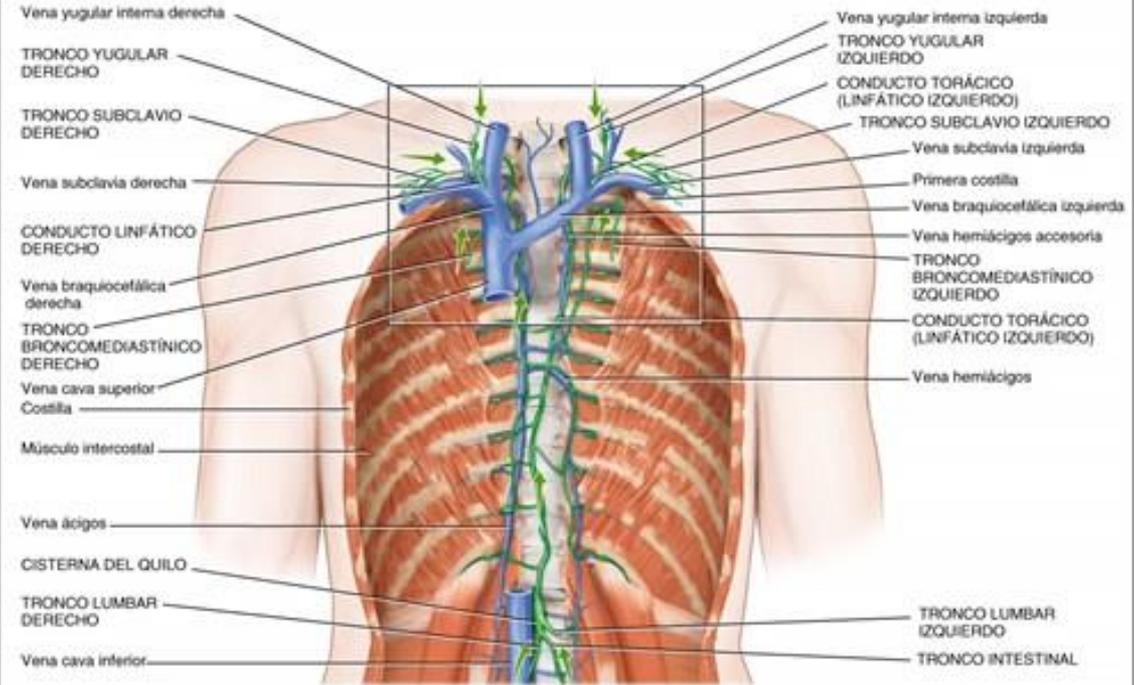
# Linfa

Proteínas y otros componentes del plasma que no pueden regresar a capilar sanguíneo pueden desplazarse por capilares linfáticos formando parte del linfa y regresar a la circulación sanguínea

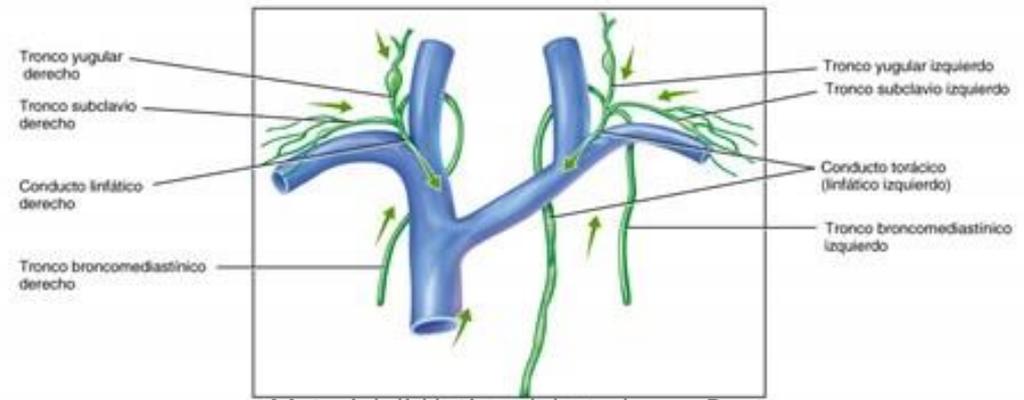
Linfa ingresa a sangre a través de conducto linfático derecho y conducto torácico en la unión de la vena yugular interna y subclavia

**Figura 22.3** Vías de drenaje de la linfa, desde los troncos linfáticos hacia el conducto torácico y el conducto linfático derecho.

Toda la linfa retorna a la circulación sanguínea a través de los conductos torácico (linfático izquierdo) y linfático derecho.



(a) Vista anterior general



# Bombas para flujo linfático

- Bomba muscular
- Bomba respiratoria

# Órganos linfáticos

Primarios: medula ósea y timo

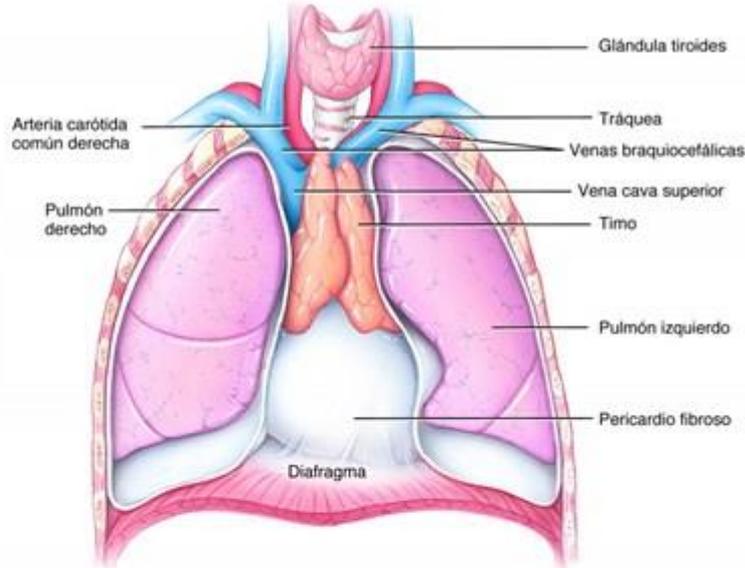
Secundarios: ganglios linfáticos, bazo y folículos linfáticos

# Timo

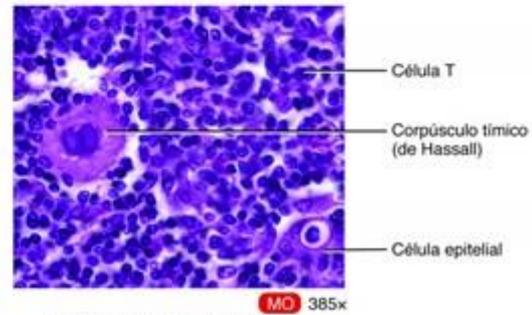
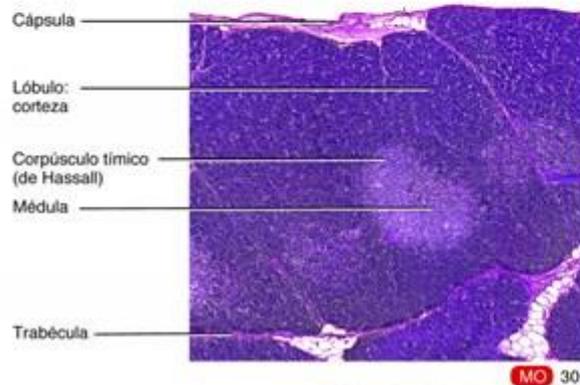
Figura 22.5 Timo.

El timo, bilobulado, es más grande durante la pubertad; luego, la porción funcional se atrofia con la edad.

Copyright © Steve Oh. Todos los derechos reservados.



(a) Timo del adolescente



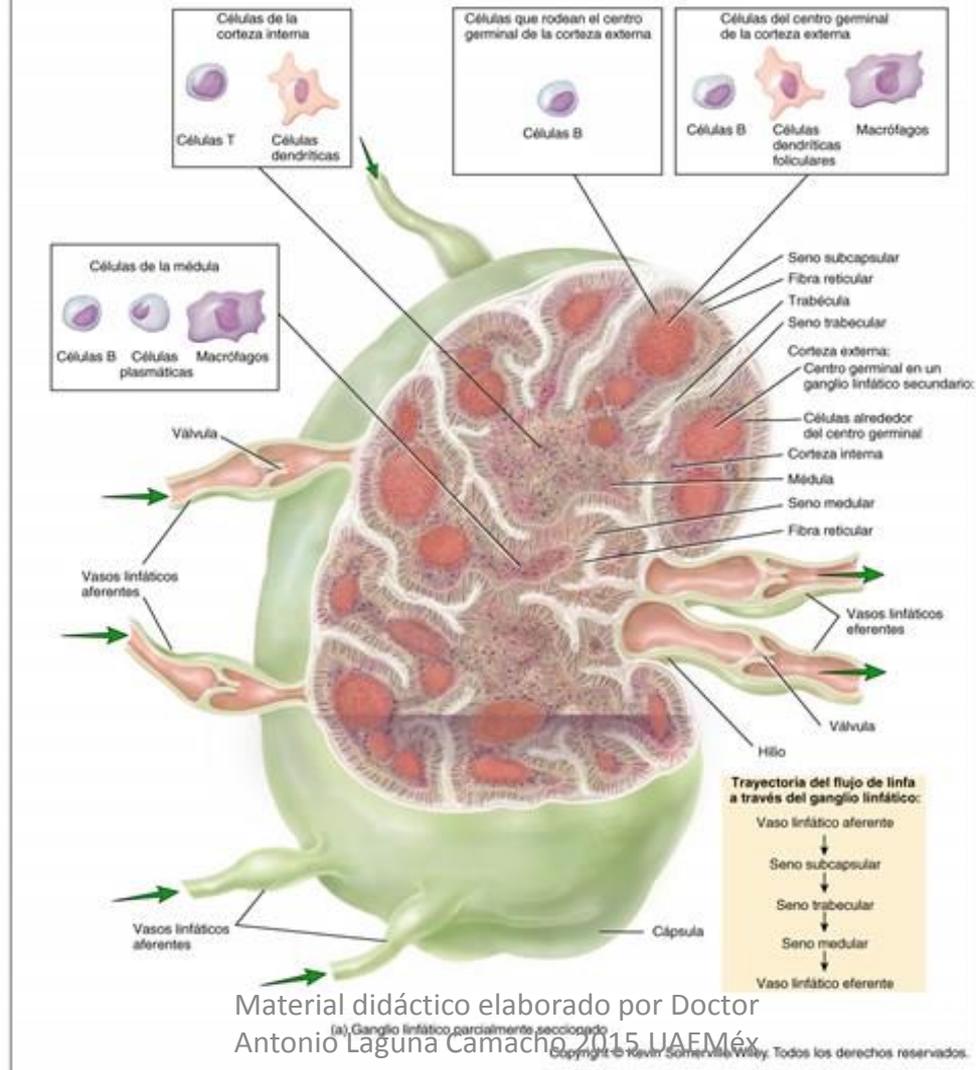
(b) Lóbulo tímico (c) Detalles de la médula tímica

Copyright © Cortesía de Michael Ross, University of Florida. Todos los derechos reservados.  
 Material didáctico elaborado por Doctor Antonio Laguna Camacho 2015 UAEMEX

# Ganglios

**Figura 22.6 Estructura de un ganglio linfático.** Las flechas indican la dirección que sigue el flujo de linfa a través del ganglio linfático.

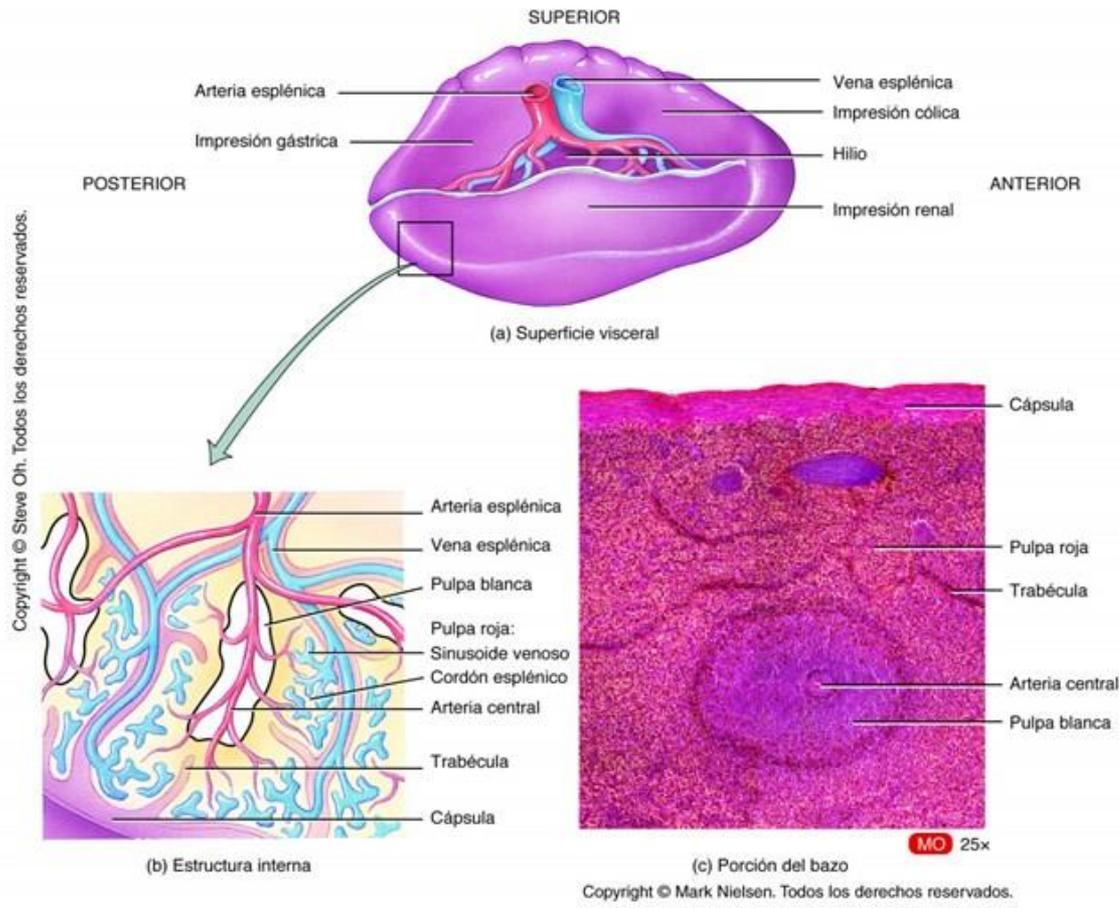
Los ganglios linfáticos se distribuyen en todo el cuerpo, generalmente en grupos.



# Bazo

Figura 22.7 Estructura del bazo.

 El bazo es la masa única de tejido linfático más grande del cuerpo.





**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema IX

## Participación del sistema nervioso en el proceso de alimentación y nutrición

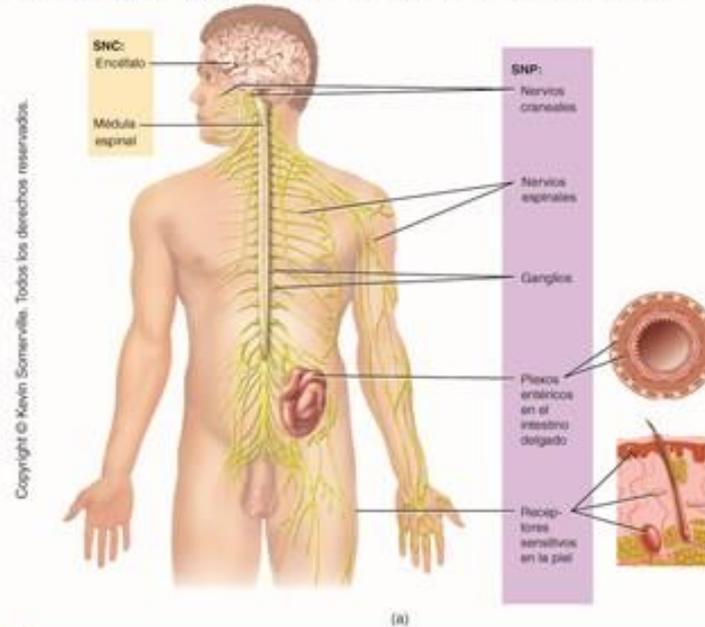
Conservar las condiciones controladas dentro de los límites que mantienen la vida

Sistema nervioso 2 kg

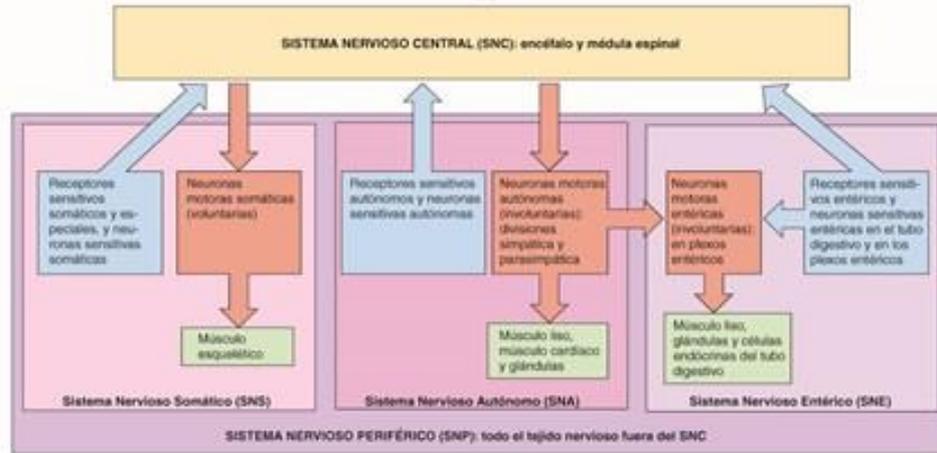
Red de miles de millones de neuronas

**Figura 12.1 Organización del sistema nervioso.** a) Subdivisiones del sistema nervioso. b) Diagrama de organización del sistema nervioso; los recuadros celestes representan componentes sensitivos del sistema nervioso periférico, los rojos, componentes motores del SNP y los verdes, efectores (músculos y glándulas).

Los dos subsistemas principales del sistema nervioso son: 1) el sistema nervioso central (SNC), constituido por el encéfalo y la médula espinal y 2) el sistema nervioso periférico (SNP), formado por todo el tejido nervioso que se halla por fuera del SNC.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.



# Sistema nervioso central

Encéfalo: esta cráneo 100 mil millones neuronas

Medula espinal: conectada al encéfalo rodeada de la columna vertebral 100 millones neuronas

SNC da origen a mayoría de impulsos nerviosos

# Sistema nervioso periférico

Tejido nervioso fuera de la medula espinal

12 pares **nervios craneales** emergen encéfalo

31 pares **nervios espinales** emergen medula

Ganglios masas neuronales

**Plexo entérico** redes de neuronas en paredes tubo digestivo

**Receptores sensoriales:** tacto, luz ojo, olfato

# División del sistema nervioso periférico

Sistema nervioso somático

Sistema nervioso autónomo

Sistema nervioso entérico

# Sistema nervioso somático

- (i) Neuronas sensitivas: transmite información desde receptores sensoriales a SNC
- (ii) Neuronas motoras: conducen impulsos voluntarios hacia músculo esquelético

# Sistema nervioso autónomo

(i) Neuronas sensitivas: transportan a SNC información de receptores autonómicos en órganos viscerales

(ii) Neuronas motoras: conducen impulsos desde SNC a musculo liso, cardiaco y glándulas  
Rama *simpática* (lucha-huida) y *parasimpática* (reposo y digestión)

# Funciones SN

**Sensitiva:** los receptores detectan estímulos internos y externos y transporta a encefalo

**Integradora:** SN procesa información sensitiva y toma acciones para efectuar respuestas adecuadas

**Motora:** respuesta motora activando efectores  
**músculos:** contracción; **glándulas:** secreción

# Neuronas

Tienen excitabilidad eléctrica

**Estimulo:** cambio en el medio suficientemente importante para iniciar un impulso nervioso (potencial de acción) a lo largo de la superficie de membrana por flujo de iones

Tamaño de 1 mm a mas de 1 m (pie-encéfalo)

Velocidad de impulso de .5-130 m/seg

# Neurona

**Cuerpo celular**

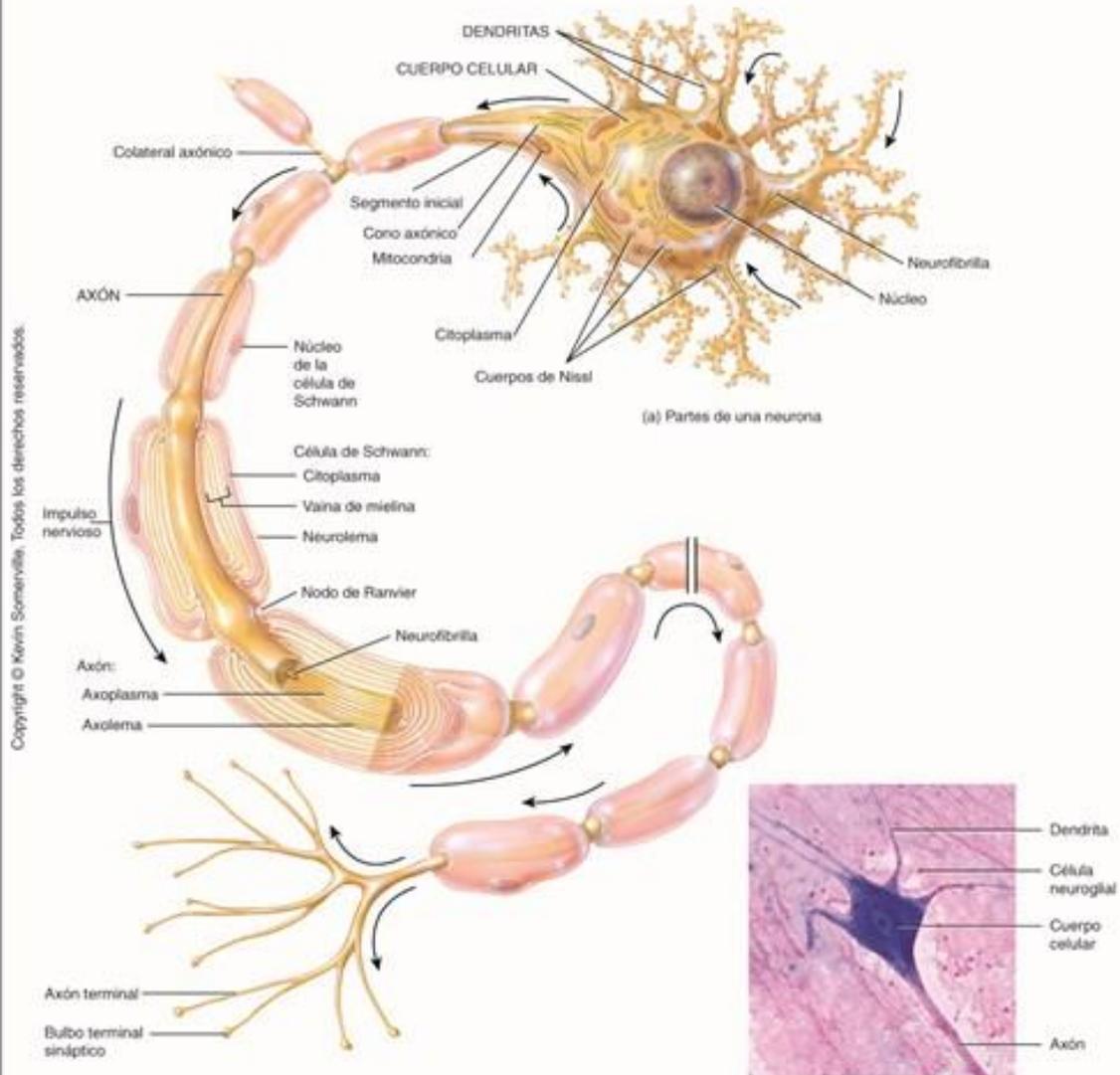
**Fibra nerviosa**

Dendritas: porción receptora

Axón: prolonga impulsos hacia otra neurona (sinapsis), fibra muscular o tejido célula glandular

**Figura 12.2** Estructura de una neurona multipolar (una neurona con un gran cuerpo celular, varias dendritas cortas y un solo axón largo). Las flechas indican la dirección del flujo de información: dendritas → cuerpo celular → axón → axones terminales.

Las partes básicas de una neurona son las dendritas, el cuerpo celular y el axón.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.

MD 400x

# Impulso nervioso

Potencial membrana en reposo -70 mV

Durante potencial de acción 1ro se abre-cierra canales paso de **Na+** al **interior**

*Fase despolarización:* potencial de membrana se vuelve menos negativo, cero y positivo

Después se abre-cierra canales **K+** al **exterior**

*Fase de repolarización:* potencial de membrana retorna a estado basal

# Propagación

Potencial de acción viaja a lo largo de la membrana como fichas de domino

Duración de impulso eléctrico .5-2 ms

Código de frecuencia (intensidad) de estímulo a la neurona

# Sinapsis eléctricas

Uniones comunicantes entre neuronas

Contienen 100 conexiones (conductos) para paso de iones de una neurona a otra

Propaga potencial de acción de una neurona a otra

En musculo liso visceral, cardiaco, embrión

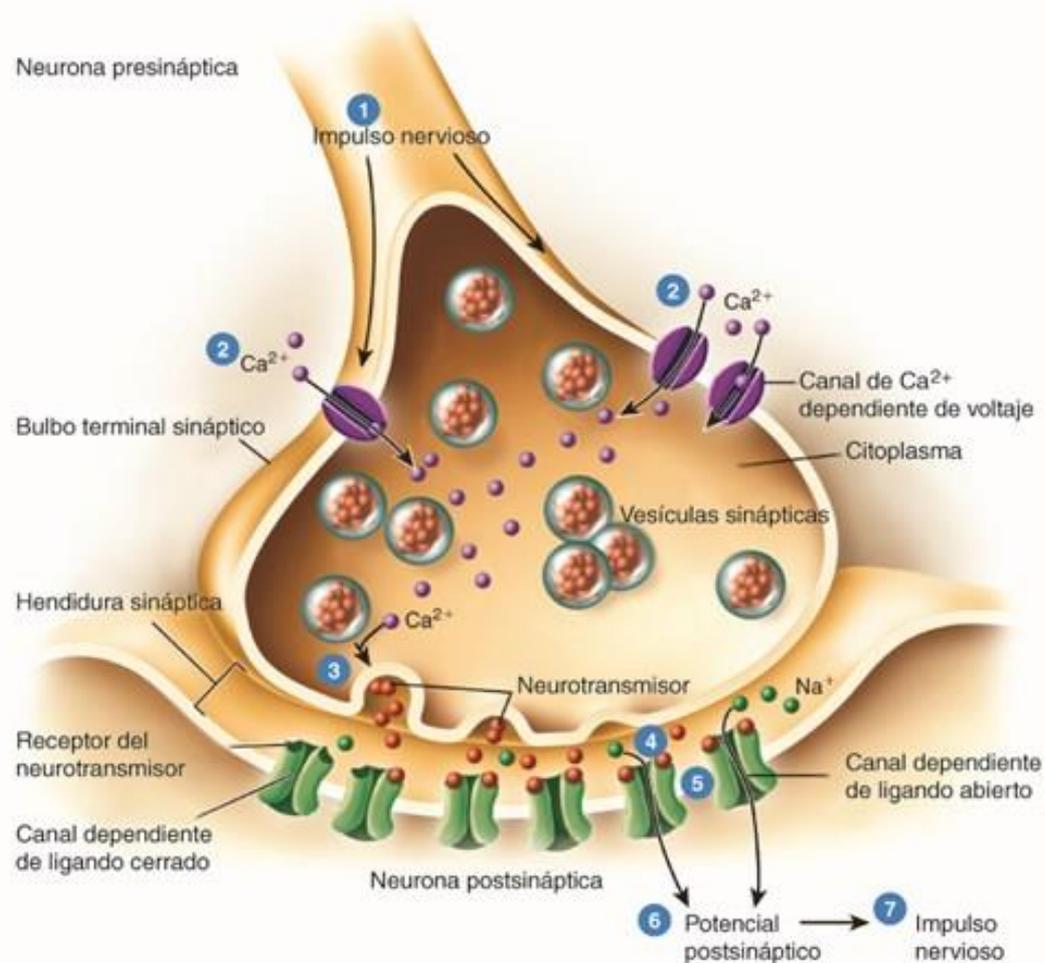
# Sinapsis químicas

Hendiduras entre neuronas: espacio intersticial

En respuesta a impulso nervioso neurona presináptica libera neurotransmisor que se une a receptor en neurona postsináptica y en respuesta genera un potencial eléctrico

**Figura 12.22 Transmisión de señales en una sinapsis química.** A través de la exocitosis de vesículas sinápticas, una neurona presináptica libera moléculas neurotransmisoras. Después de difundirse a través de la hendidura sináptica, el neurotransmisor se une a receptores en la membrana plasmática de la neurona postsináptica y produce un potencial postsináptico.

**6** En una sinapsis química, una neurona presináptica convierte una señal eléctrica (impulso nervioso) en una señal química (liberación del neurotransmisor). Luego, la neurona postsináptica convierte esta señal química nuevamente en una señal eléctrica (potencial postsináptico).



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Neurotransmisores

*Acetilcolina*

*Aminoácidos: glutamato, aspartato, GABA, glicina*

*-NH<sub>2</sub>: Noradrenalina, adrenalina, dopamina, serotonina*

*ATP*

*ON*

*CO*

*Neuropeptidos: encefalinas, endorfinas, dinorfinas, sustancia P, hormonas hipotalámicas, angiotensina II, CCK*

Elementos del **sistema endocrino** que participan en el proceso de **alimentación y nutrición**  
hipófisis, páncreas, suprarrenales, tiroides, paratiroides y gónadas

# Sistema endócrino

Actúa junto con SN para coordinar funciones de aparatos y sistemas del cuerpo

El SE controla liberando hormonas

SN estimula o inhibe liberación de hormonas

Hormona (*Hormáein*: estimular)

Mediador que se libera en una parte pero regula la actividad en otra parte del cuerpo

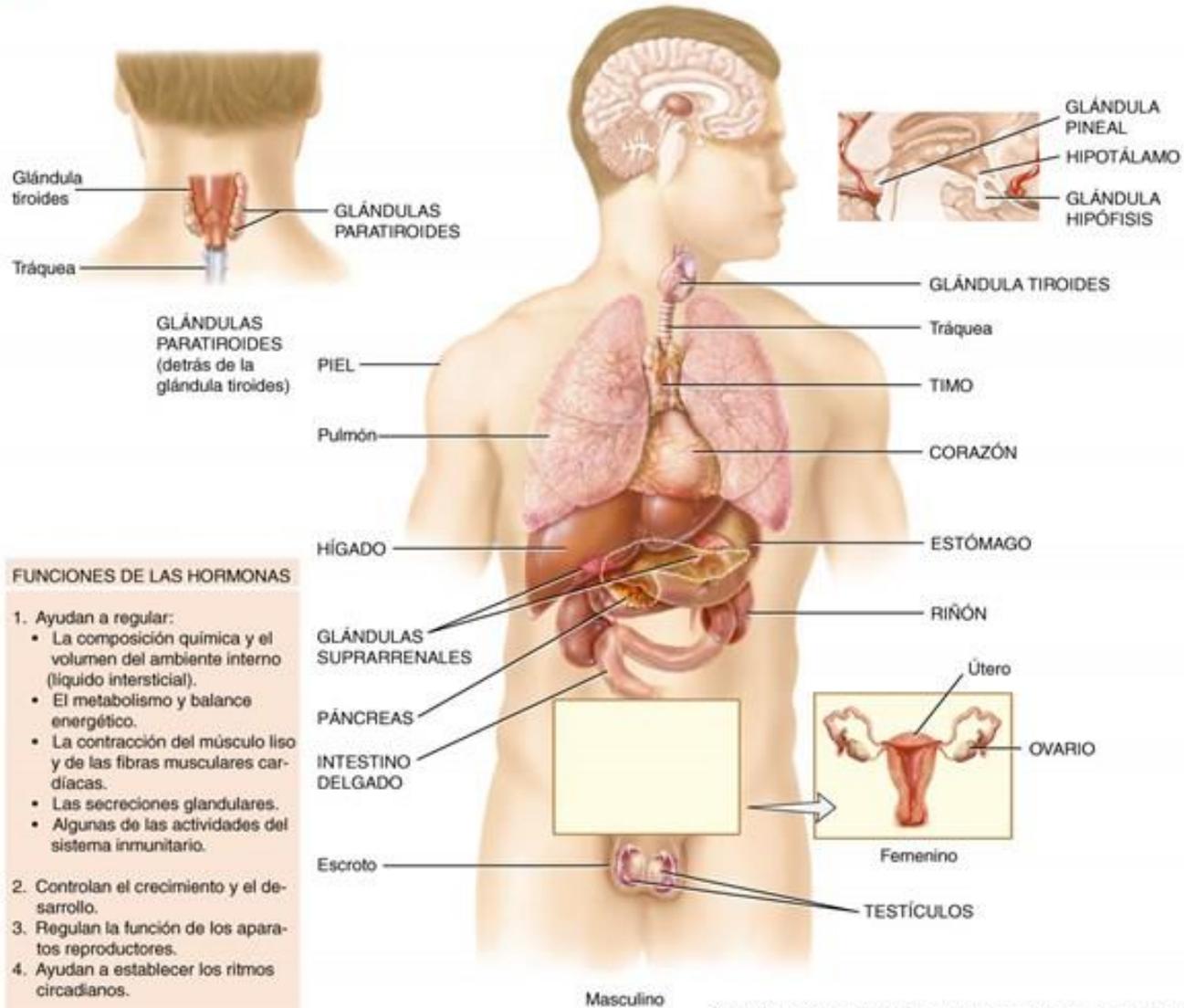
# Glándulas endócrinas

Hipófisis, tiroides, paratiroides, suprarrenales, pineal

Hipotálamo, timo, páncreas, ovarios, testículos,  
riñones, estómago, hígado, intestino delgado, piel,  
corazón, tejido adiposo

**Figura 18.1** Ubicación de varias glándulas endocrinas. También se muestran otros órganos que contienen células endocrinas y estructuras asociadas.

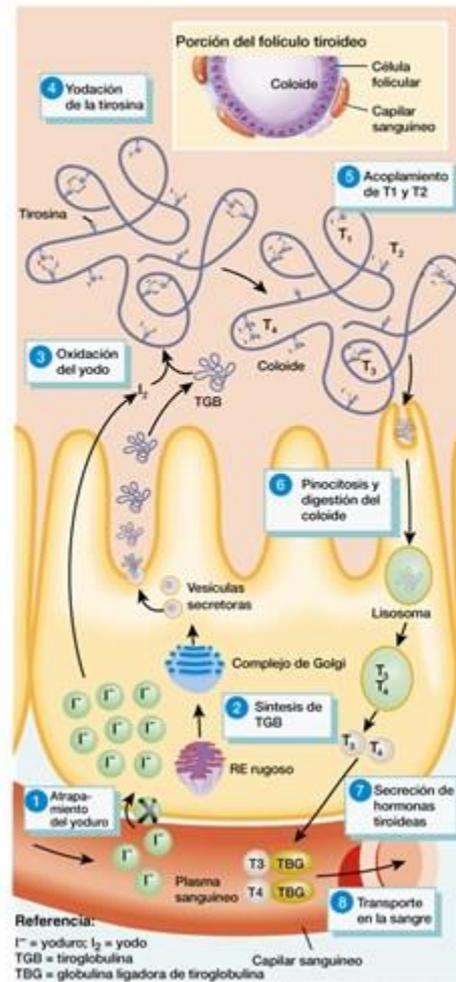
 Las glándulas endocrinas secretan hormonas que la sangre circulante transporta a los tejidos diana.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.

**Figura 18.11** Pasos en la síntesis y secreción de las hormonas tiroideas.

Las hormonas tiroideas se sintetizan por unión de átomos de yodo al aminoácido tirosina.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Receptores

Hormonas se unen química a receptores para proteínas

Se sintetizan y destruyen constantemente

Regulación negativa por exceso de hormona

Regulación positiva por poca hormona

# Hormonas

Circulantes: pasan a la sangre para ir a células diana

Locales: actúan sobre células vecinas (paracrinas) o la misma célula (autocrinas)

# Hormonas

## **Liposolubles**

hormonas esteroideas, tiroideas, NO;

Circulan unidas a proteínas transportadoras

Receptores dentro de la células

## **Hidrosolubles**

hormonas aminoácidas (adrenalina), peptídicas (oxitocina),  
proteicas (insulina), eicosanoides (prostaglandinas)

Circulan en forma libre

Receptores en membrana celular

# Acción hormonas liposolubles

Activación de receptor activa expresión genética

DNA se transcribe forma RNAm para síntesis de proteína en ribosomas

Proteína formada produce la respuesta típica a esa hormona

# Acción hormonas hidrosolubles

Hormona 1er mensajero al unirse con receptor en membrana

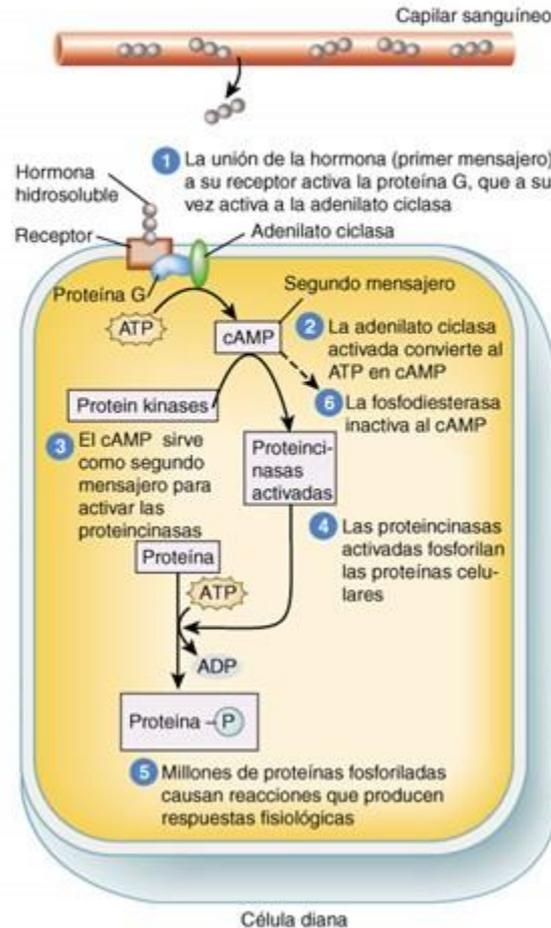
Activa proteína G

Causa producción 2do mensajero al interior célula AMP cíclico

Proteincinasa activa (fosforilan)/desactiva a otras proteínas (enzimas) necesarias para funciones celulares

### Figura 18.4 Mecanismo de acción de las hormonas hidrosolubles (aminas, péptidos, proteínas y eicosanoides).

Las hormonas hidrosolubles se unen a receptores incluidos en la membrana plasmática de las células diana.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.



## Tema X

### Ruta de detoxicación:

respiración, sudoración, eliminación  
de grasa por la piel, desechos del  
metabolismo nutricional, fisiología  
de los riñones, formación de orina

# Fisiología de riñones: formación de orina

Riñones: par de órganos rojizos, forma de alubia

Tamaño: 10-12cm largo, 5-7cm ancho, 3cm espesor

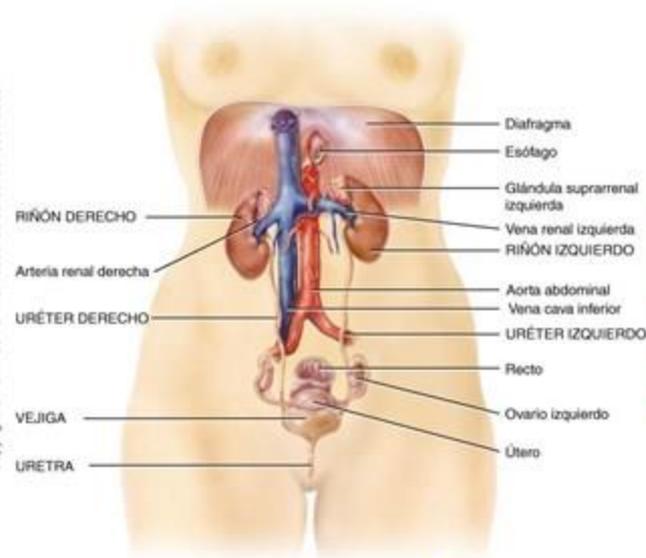
Peso: 135-150 g

Localización: retroperitoneo a altura de última vertebra torácica (11-12va costilla) y 3ra lumbar

**Figura 26.1** Órganos del aparato urinario en la mujer.

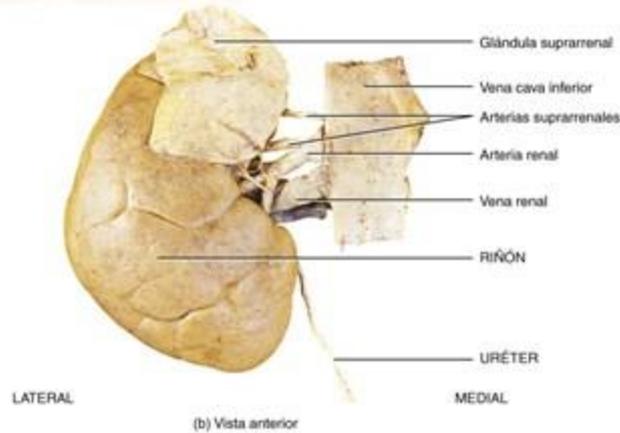
 La orina que se forma en los riñones primero ingresa en los uréteres, luego en la vejiga para su almacenamiento y, por último, atraviesa la uretra para su evacuación.

Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.



**FUNCIONES DEL APARATO URINARIO**

1. Los riñones regulan el volumen y la composición de la sangre, ayudan a regular la presión arterial, el pH y la glucemia, producen dos hormonas (calcitriol y eritropoyetina) y excretan los desechos en la orina.
2. Los uréteres transportan la orina desde los riñones hasta la vejiga.
3. La vejiga almacena la orina y la excreta a través de la uretra.
4. La uretra expulsa la orina del cuerpo.



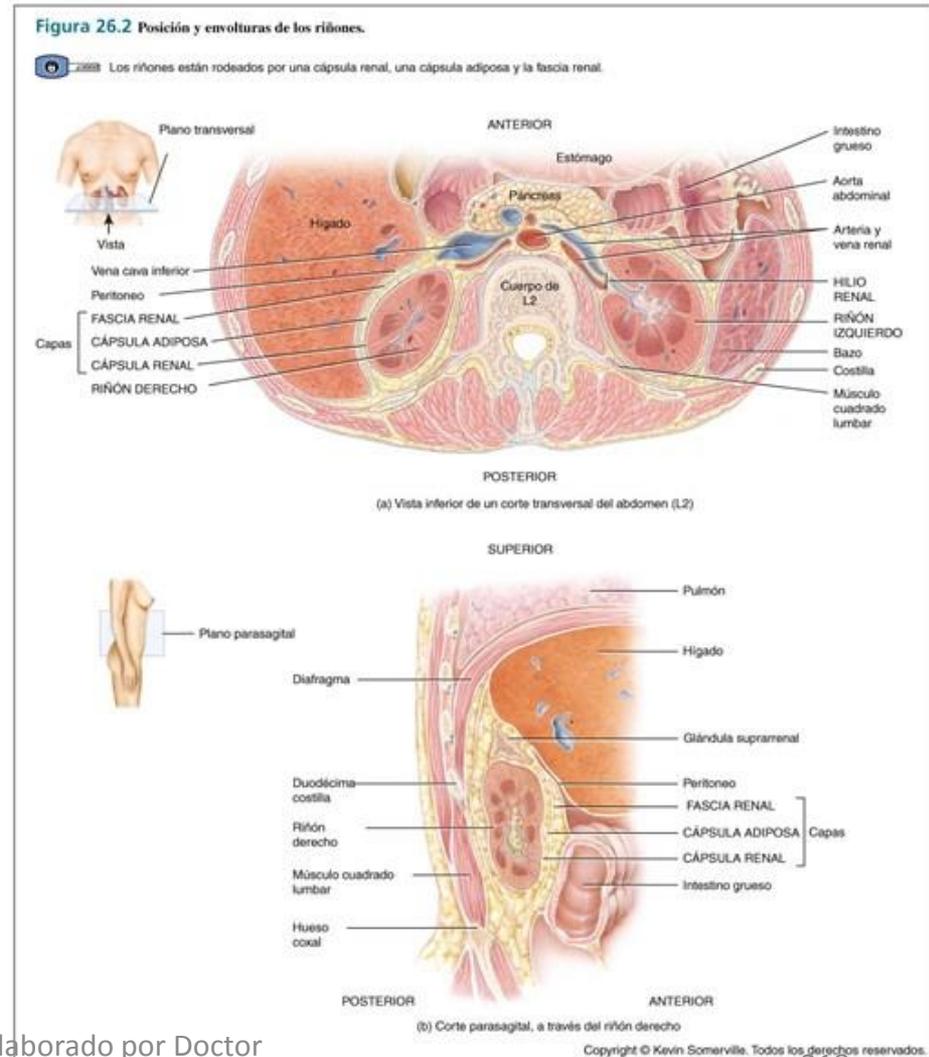
Copyright © Disección Shawn Miller; Fotografía Mark Nielsen. Todos los derechos reservados.

# Capas del riñón

**Profunda/capsula renal:**  
lamina lisa transparente tejido conectivo que se continua capa del uréter

**Intermedia/capsula adiposa:**  
rodea capsula renal y protege vs traumatismos y sostiene con firmeza

**Superficial/fascia renal:** tejido conectivo denso para fijar



# Regiones parénquima renal

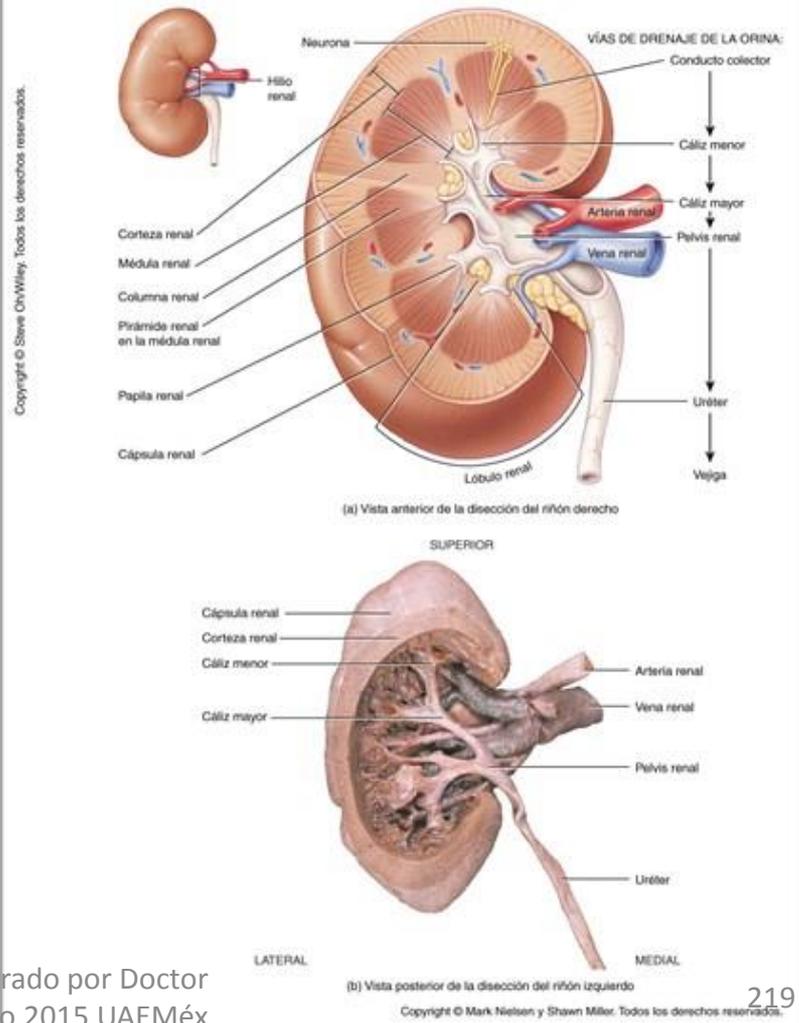
**Corteza renal:** área superficial, roja clara; zona cortical y yuxtamedular

**Medula renal:** área profunda, rojo pardo, 8-18 pirámides cónica orientadas de la corteza hacia el hilio renal de donde emerge el uréter, vasos y nervios

**Lobulo renal** - pirámide, región suprayacente corteza y la mitad de cada columna renal

Figura 26.3 Anatomía interna de los riñones.

Las dos regiones principales del parénquima renal son la corteza y las pirámides, en la médula renal.



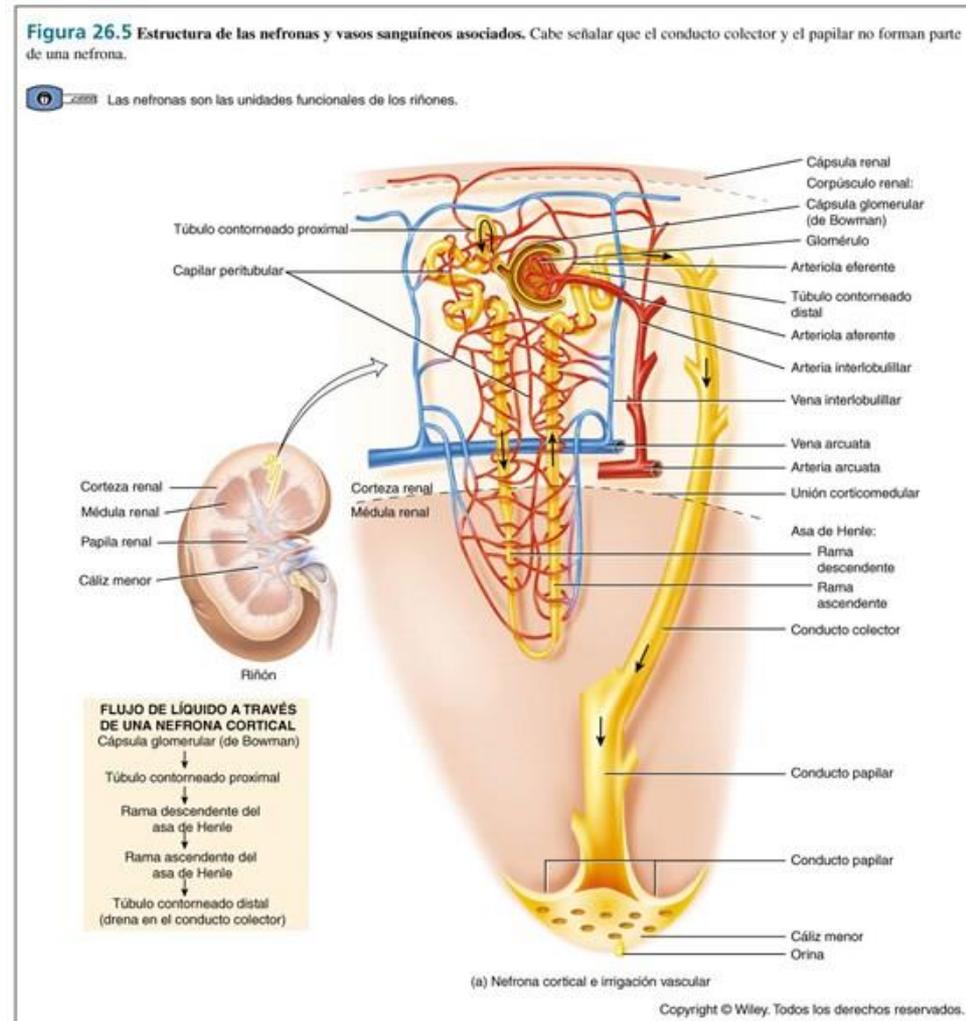
# Anatomía interna

**Nefrona:** unidad funcional del riñón

1 millón - **filtrado**

Orina drena de conductos papilares a cálices (8-18 mayores 2-3 menores), luego a a pelvis renal y a través del uréter a la vejiga

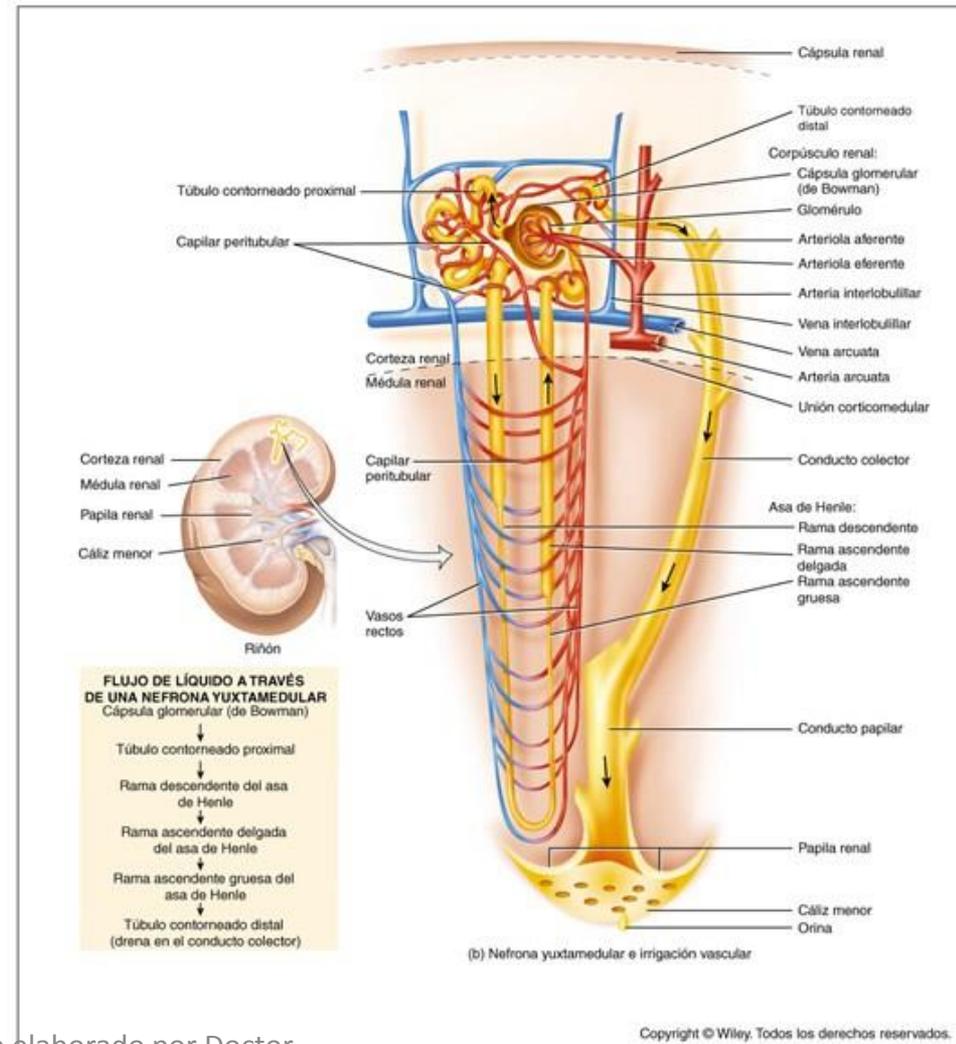
*Seno renal:* pelvis, cálices, vasos y nervios



# Irrigación renal

Riñones reciben 20-25% del gasto cardiaco a través de arterias renales  
1.2 L/min

**Arterías con ramas segmentarias, interlobulares, arcuatas, interlobulillares y arteriolas eferentes**

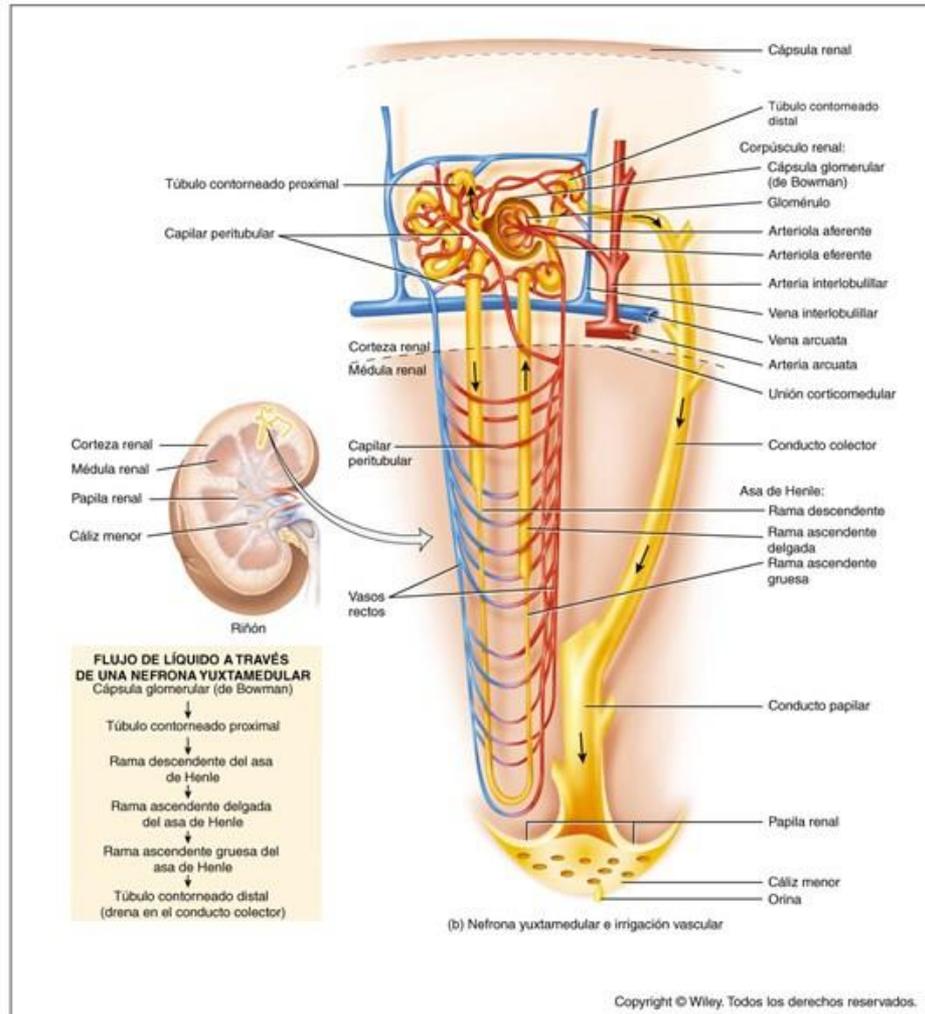


# Irrigación renal

Cada **nefrona** recibe una **arteriola aferente** formando una red capilar profusa: **“glomerulo”** (glomus ovillo)

Los capilares forman luego una **arteriola eferente**

**Arteriolas eferentes** se ramifican formando capilares **peritubulares**, **venas interlobulares**, **arcuatas**, **interlobulillares**, **vena renal** a **vena cava inferior**



# Inervación renal

Nervios originados en ganglio renal pasan del plexo renal a riñones junto a las arterias

Sistema nervioso autónomo simpático

Nervios vasomotores regulan flujo sanguíneo por vasoconstricción/dilatación de arteriolas renales

# Nefrona

**Corpúsculo renal:** filtra plasma sanguíneo

-*Glomérulo:* red capilar

-*Capsula glomerular de Bowman:* bolsa epitelial rodea glomérulo

**Túbulo renal:** hacia donde pasa el líquido filtrado

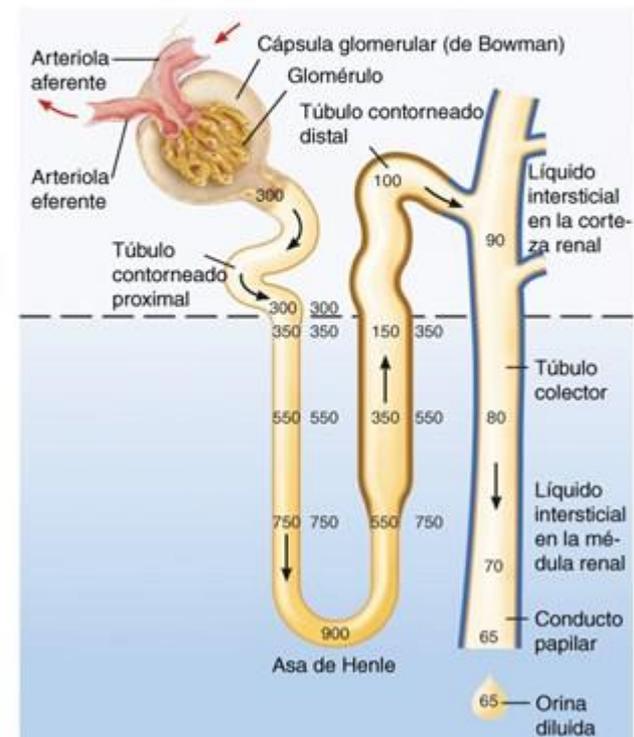
-*Túbulo contorneado proximal:* enrollado

-*Asa de Henle:* rama en forma de U

-*Túbulo contorneado distal:* desemboca en conducto colector

**Figura 26.18 Formación de orina diluida.** Los números indican la osmolaridad en miliosmoles por litro (mOsm/L). Las líneas de color marrón, en la rama ascendente del asa de Henle y el túbulo contorneado distal, indican impermeabilidad al agua las líneas de color azul señalan la última parte del túbulo contorneado distal y el túbulo colector, que son impermeables al agua en ausencia de ADH; las áreas celestes alrededor de la nefrona representan el líquido intersticial.

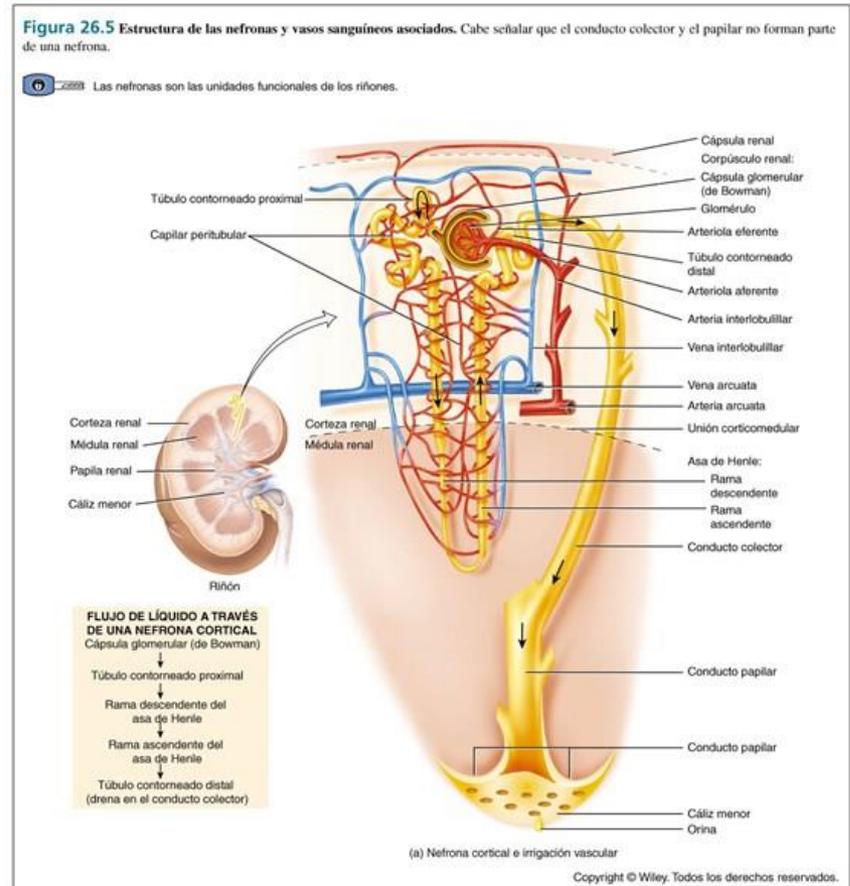
 Cuando el nivel de ADH es bajo, la orina es diluida y tiene una osmolaridad menor que la de la sangre.



# Nefronas corticales

80-85%

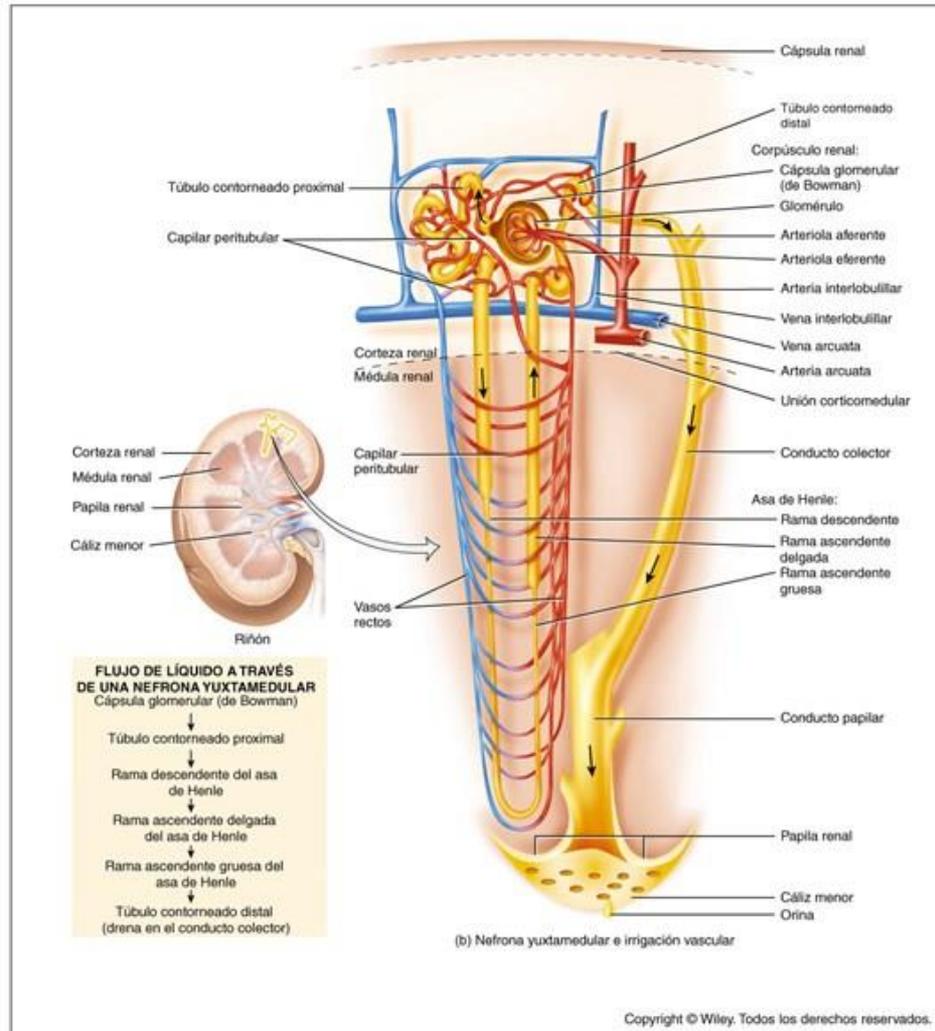
Corpúsculo en corteza renal, asas de Henle cortas



# Nefronas yuxtamedulares

15-20%

Corpúsculo cerca de la médula, asa de Henle larga con rama descendente delgada con rama ascendente gruesa



# Filtración glomerular

Filtrado glomerular: líquido que ingresa a espacio capsular (150-180 L/día)

Fracción de filtración: plasma que atraviesa arteriolas eferentes (16-20%)

99% filtrado glomerular retorna a sangre  
1-2 L/d excretados como orina

# Membrana de filtración

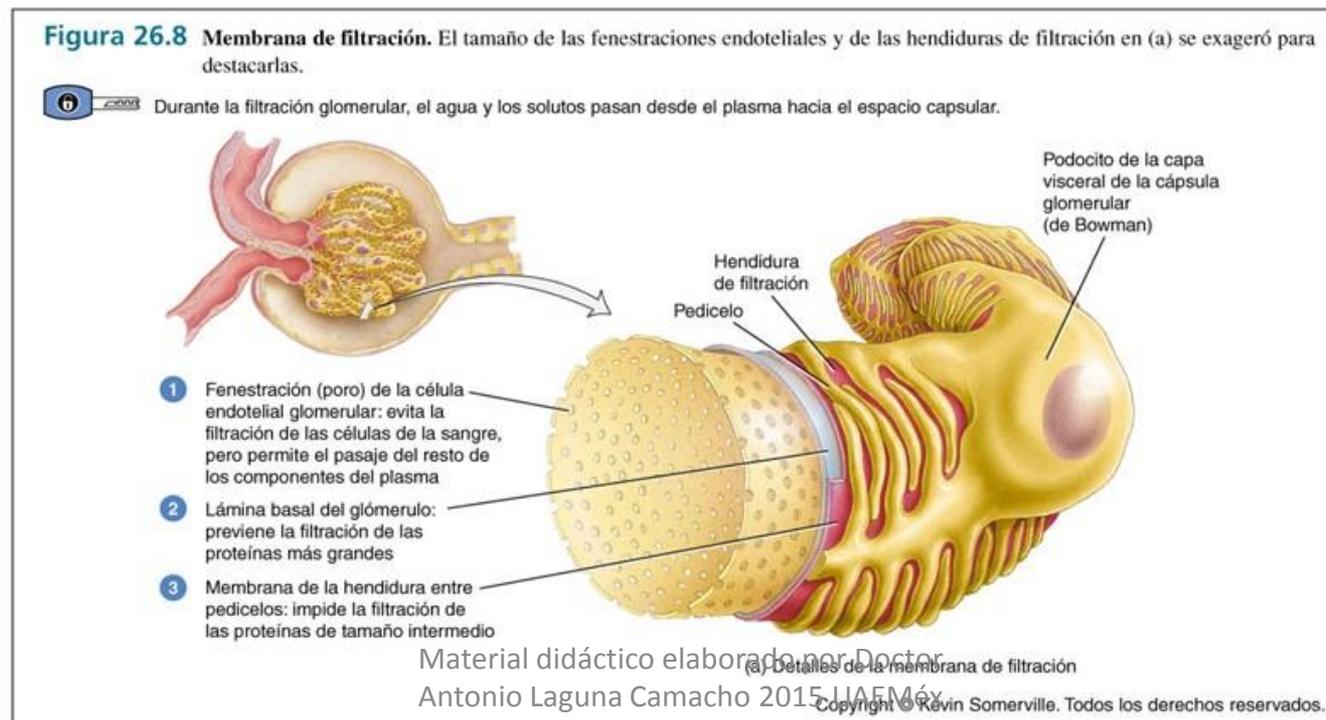
Formada por capilares glomerulares y podocitos permite filtración de agua y solutos pequeños

3 capas:

Célula endotelial glomerular: (poros 0.07-0.1 $\mu\text{m}$ )

Lamina basal: colágeno, proteoglicanos, glucoproteínas (carga negativa)

Hendidura de filtración: espacios entre pedicelos; moléculas con diámetro 0.006-0.007  $\mu\text{m}$



### CUADRO 26.3

Sustancias filtradas, reabsorbidas y excretadas en la orina

SUSTANCIA	FILTRADO* (ENTRA EN LA CÁPSULA GLOMERULAR POR DÍA)	REABSORBIDO (REGRESA A LA SANGRE POR DÍA)	ORINA (EXCRETADA POR DÍA)
Agua	180 litros	178-179 litros	1-2 litros
Proteínas	2 g	1,9 g	0,1 g
Iones de sodio (Na <sup>+</sup> )	579 g	575 g	4 g
Iones cloruro (Cl <sup>-</sup> )	640 g	633,7 g	6,3 g
Iones bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	275 g	274,97 g	0,03 g
Glucosa	162 g	162 g	0 g
Urea	54 g	24 g	30 g <sup>†</sup>
Iones de potasio (K <sup>+</sup> )	29,6 g	29,6 g	2 g <sup>‡</sup>
Ácido úrico	8,5 g	7,7 g	0,8 g
Creatinina	1,6 g	0 g	1,6 g

El principio de filtración es el uso de presión para obligar a los líquidos y solutos a que atraviesen la membrana (Ley de Starling)

Presiones principales

*Presión hidrostática de la sangre glomerular* (promueve filtración)

*Presión hidrostática capsular* (presión contra membrana de filtración retrograda)

*Presión osmótica coloidal de la sangre* (secundaría a presencia de proteínas grandes)

# Tasa de filtrado glomerular

Cantidad de filtrado glomerular que se forma por minuto en todos los corpúsculos renales

Mujeres 105 mL/min

Hombres 125 ML/min

# Regulación por ajuste de flujo sanguíneo

Mecanismo miogénico y retroalimentación tubuloglomerular (posiblemente macula densa)

Vasos sanguíneos reciben fibras del SNA que liberan noradrenalina en fibras musculares produciendo vasoconstricción

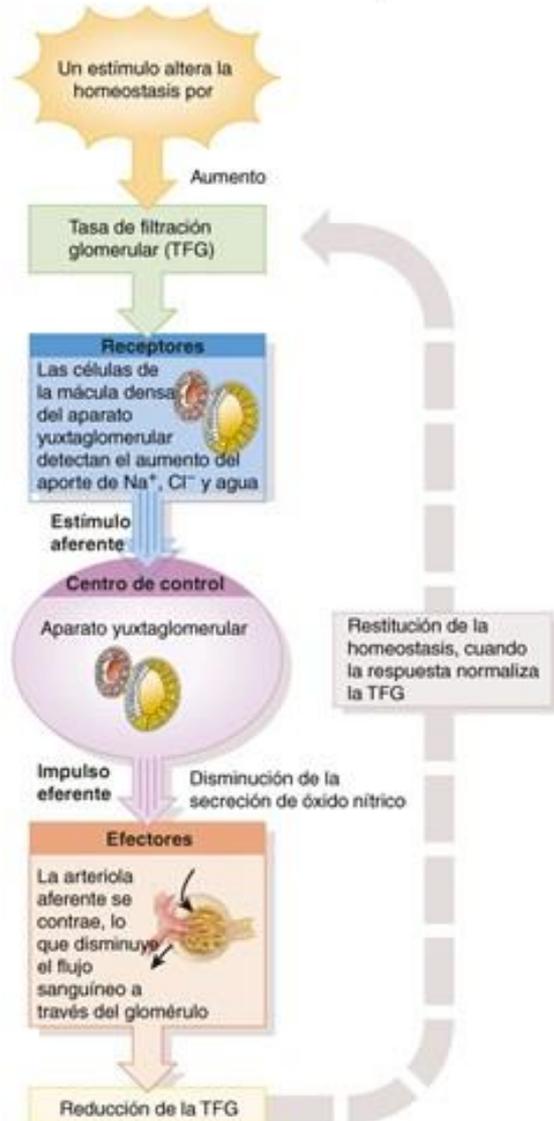
Angiotensina II (vasoconstricción) disminuye filtrado

Péptido natriurético atrial aumenta filtrado (relaja células mesangiales glomerulares aumentando superficie para filtración)

Descenso de flujo sanguíneo disminuye filtrado

**Figura 26.10** Retroalimentación tubuloglomerular.

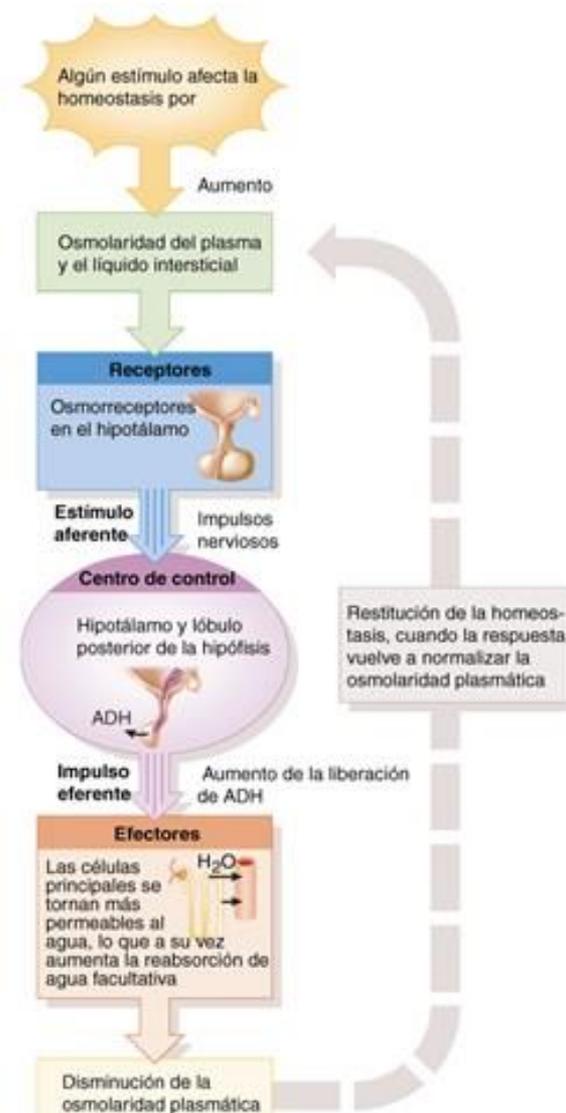
Las células de la mácula densa del aparato yuxtaglomerular regulan la tasa de filtración glomerular (TFG) mediante un mecanismo de retroalimentación negativa.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

**Figura 26.17** Regulación por retroalimentación negativa de la reabsorción de agua facultativa por la ADH.

La mayor parte de la reabsorción de agua (90%) es obligatoria; el 10% es facultativa.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Reabsorción tubular

Reabsorción: retorno de agua y solutos filtrados hacia sangre por células epiteliales a lo largo del tubo renal y colector y proximal

Mecanismos activos y pasivos: glucosa, aminoácidos, urea,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$

Proteínas se reabsorben por pinocitosis

# Secreción tubular

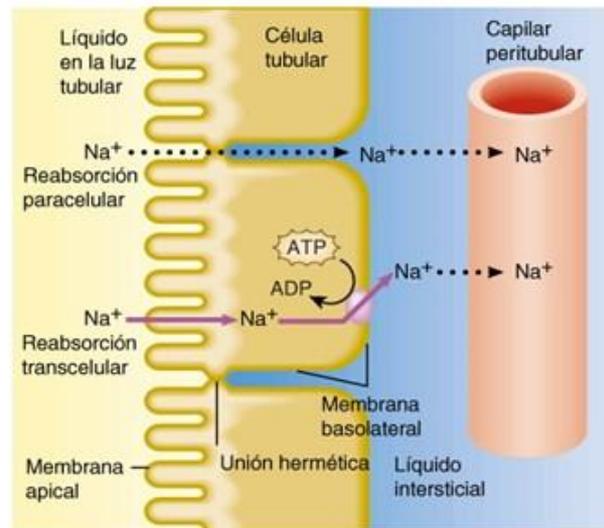
Transferencia de sustancias desde sangre y células tubulares hacia filtrado glomerular

$H^+$ ,  $K^+$  y  $NH_4^+$ , creatinina, farmacos

# Vías reabsorción

**Figura 26.11** Vías de reabsorción: reabsorción paracelular y transcelular.

En la reabsorción paracelular, el agua y los solutos del líquido tubular regresan a la corriente sanguínea entre las células tubulares; en la reabsorción transcelular, los solutos y el agua del líquido tubular regresan a la corriente sanguínea a través de una célula tubular.



**Referencia:**

- .....► Difusión
- Transporte activo
- Bomba sodio-potasio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasa)

Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

Material didáctico elaborado por Doctor Antonio Laguna Camacho 2015 UAEMéx

# Mecanismos de transporte

Células que revisten túbulos renales baja concentración sodio

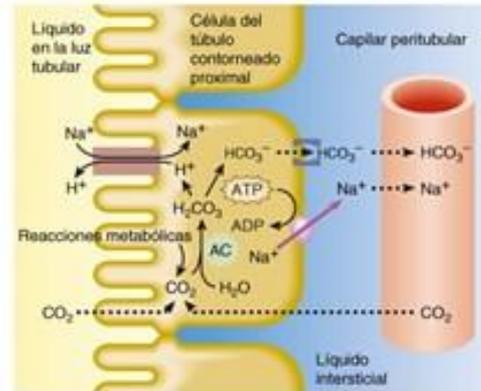
Reabsorción unidireccional de sodio

Bombas basolaterales  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasas expulsan sodio

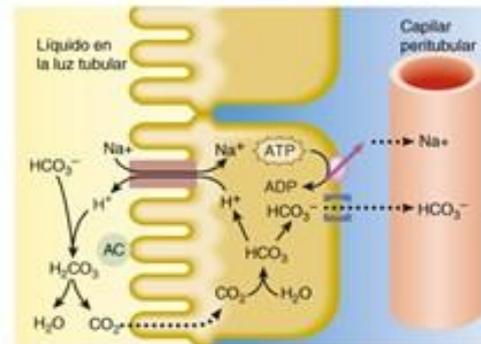
Bombas ausentes en membrana apical

**Figura 26.13** Acciones de los contratransportadores de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  en las células del túbulo contorneado proximal. (a) Reabsorción de iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y secreción de iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) por transporte activo secundario, a través de la membrana apical. (b) reabsorción de iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) por difusión facilitada, a través de la membrana basolateral.  $\text{CO}_2$  = dióxido de carbono,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  = ácido carbónico, AC = anhidrasa carbónica.

Los contratransportadores de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  promueven la reabsorción transcelular de  $\text{Na}^+$  y la secreción de  $\text{H}^+$ .



(a) Reabsorción de  $\text{Na}^+$  y secreción de  $\text{H}^+$



(b) Reabsorción de  $\text{HCO}_3^-$

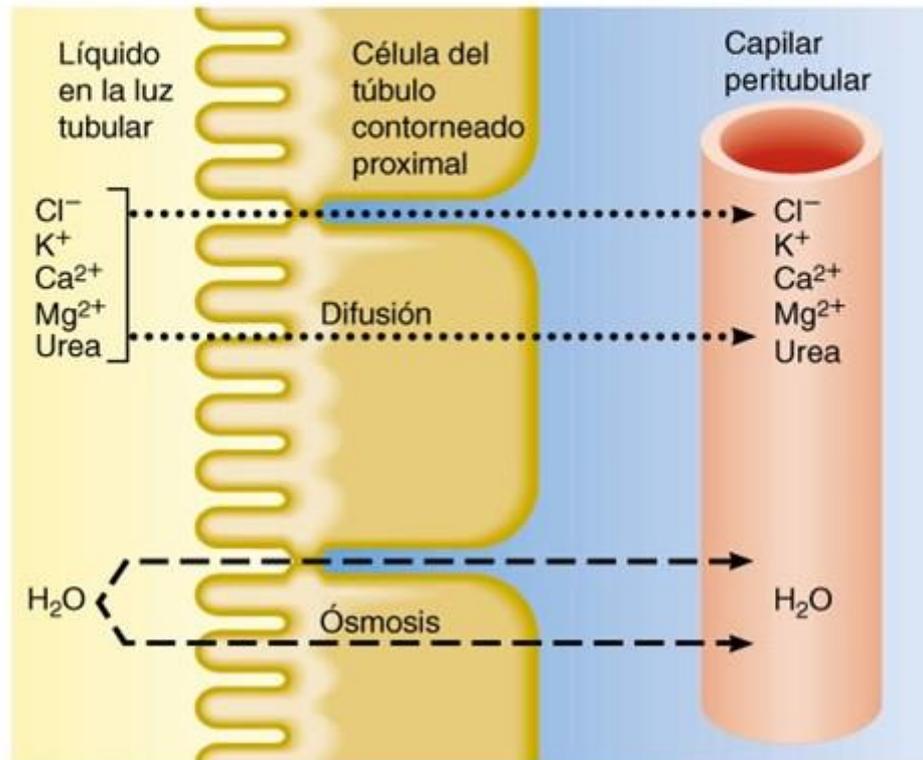
**Referencias:**

-  Contratransportador de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$
-  Transportador de  $\text{HCO}_3^-$  por difusión facilitada
-  Difusión
-  Bomba de sodio-potasio

**Figura 26.14** Reabsorción pasiva de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , urea y agua en la segunda mitad del túbulo contorneado proximal.



Los gradientes electroquímicos promueven la reabsorción pasiva de solutos, tanto por la vía paracelular como por la transcelular.



Copyright © Wiley. Todos los derechos reservados.

# Mecanismos de transporte

Transporte activo primario: por hidrólisis de ATP, i.e. bomba sodio potasio

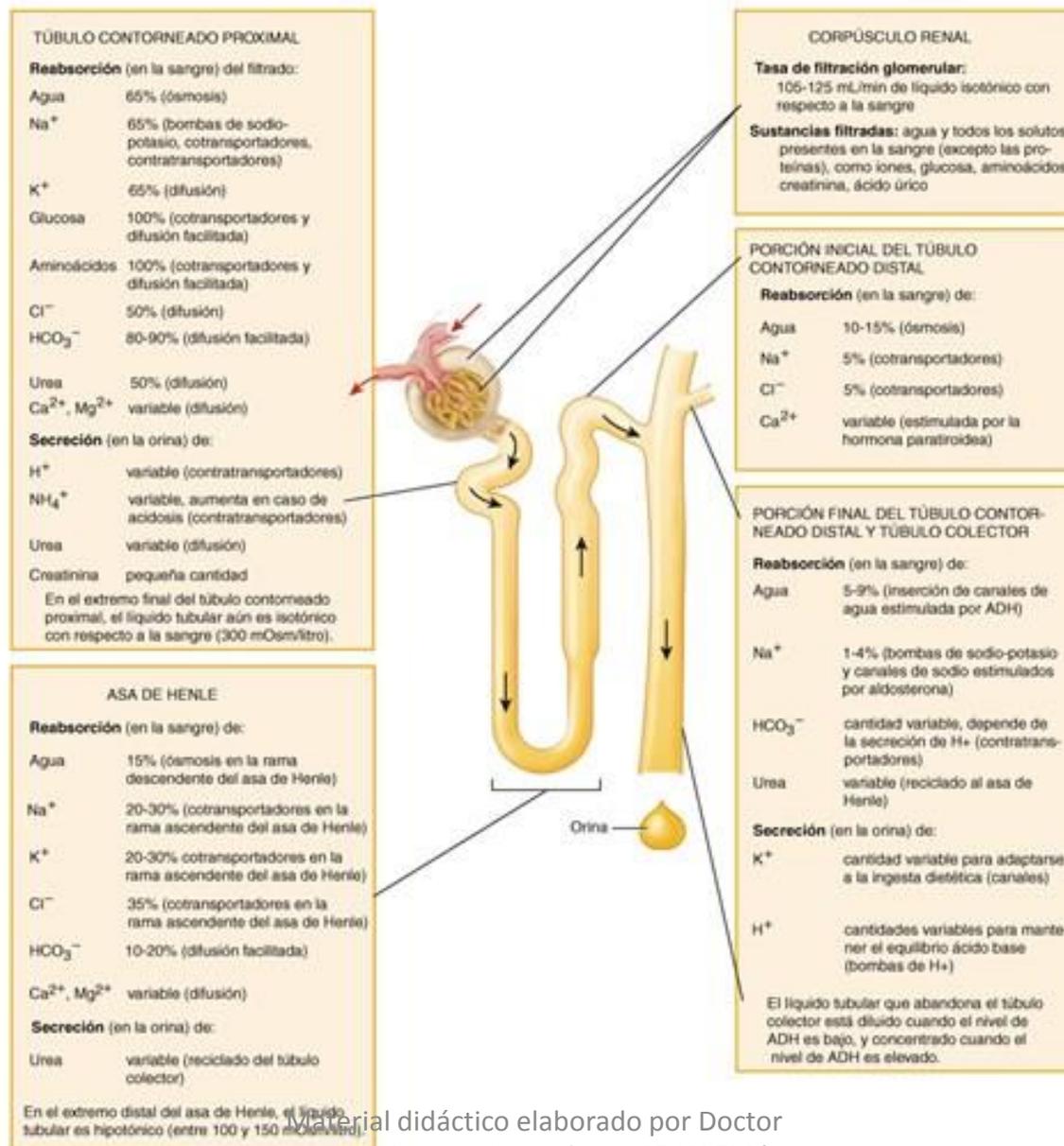
Transporte activo secundario: ion se desplaza a favor de su gradiente electroquímico para transporte de segunda sustancia contra su gradiente electroquímico

Cotransportadores y contracotransportadores: proteínas de membrana

Reabsorción de solutos rige reabsorción de agua por osmosis

**Figura 26.20** Resumen de la filtración, la reabsorción y la secreción en la nefrona y el túbulo colector.

La filtración se produce en el corpúsculo renal, mientras que la reabsorción se lleva a cabo a lo largo del túbulo renal y los túbulos colectores.





**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Tema XI

## Rutas detoxificación

# Desechos del metabolismo nutrimental

Orina

CO<sub>2</sub>

Sudor

Eliminación grasa por la piel

# Respiración

El aparato respiratorio contribuye al intercambio gaseoso (oxígeno y dióxido de carbono) entre el:

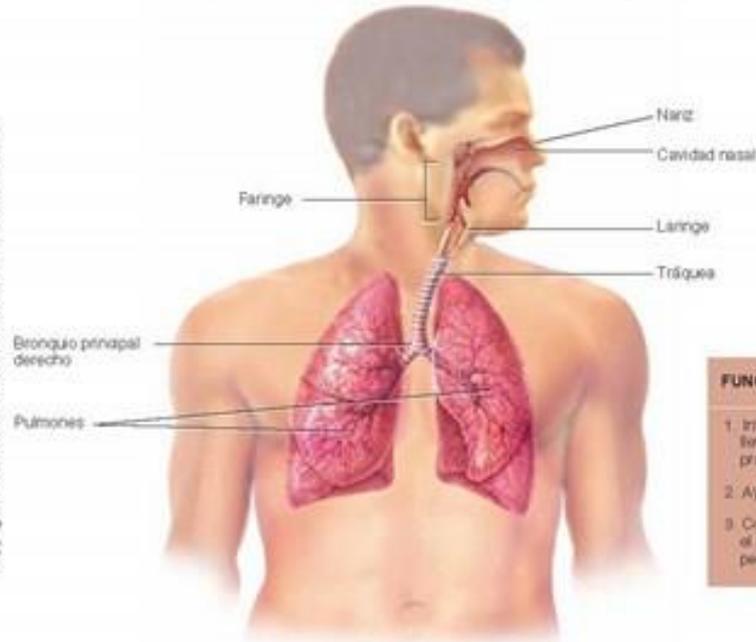
Aire atmosférico

Sangre y células de los tejidos

**Figura 23.1 Estructuras del aparato respiratorio.**

La porción superior del aparato respiratorio está constituida por la nariz, la cavidad nasal, la faringe y estructuras asociadas, mientras que la porción inferior está formada por la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones.

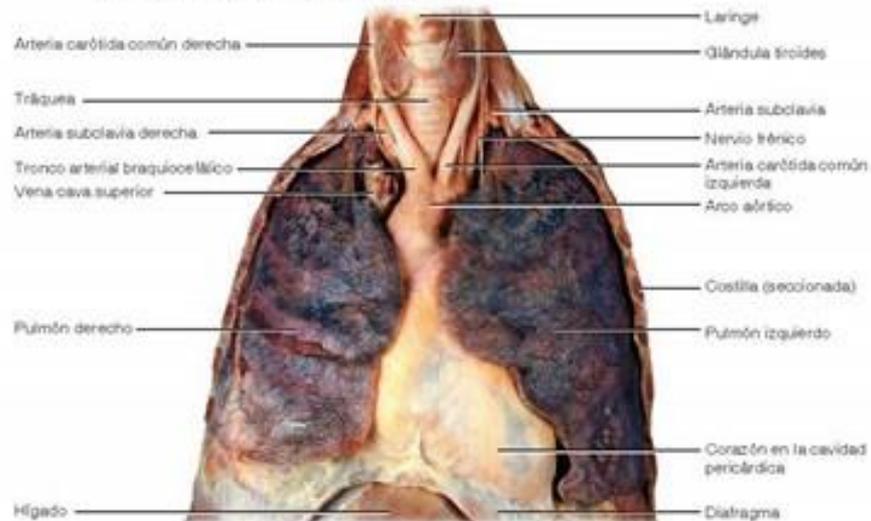
Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.



**FUNCIONES DEL APARATO RESPIRATORIO**

1. Interviene en el intercambio gaseoso: capta  $O_2$  para llevarlo a las células del organismo y elimina el  $CO_2$  producido por ellas.
2. Ayuda a regular el pH sanguíneo.
3. Contiene receptores para el sentido del olfato, filtra el aire inspirado, produce sonidos (fonación) y excreta pequeñas cantidades de agua y calor.

(a) Vista anterior que muestra los órganos respiratorios



(b) Vista anterior de los pulmones y el corazón, después de reseccionar la pared torácica para mostrarlos.

Copyright © Dirección Shawn Miller, Fotografía Mark Nielsen. Todos los derechos reservados.

# Ventilación pulmonar

**Respiración:** inspiración y expiración de aire, intercambio aire entre atmosfera y alveolos

**Respiración externa (pulmonar):** intercambio entre la sangre en capilares pulmonares y sistémicos: sangre obtiene  $O_2$  y pierde  $CO_2$

**Respiración interna (tisular):** intercambio entre capilares sistémicos y células tisulares: sangre pierde  $O_2$  y obtiene  $CO_2$

**Respiración celular:** consumo de  $O_2$  dentro de la célula y liberación de  $CO_2$

# Alveolo

**Alveolo:** evaginación diverticulosa revestida por epitelio pavimentoso simple sostenido por una membrana basal elástica – 300 millones, 70 m<sup>2</sup>

**Saco alveolar:** dos o mas alveolos que comparten la desembocadura

**Membrana respiratoria:** paredes alveolares y capilares, lugar de intercambio gaseoso por difusión (5 μm)

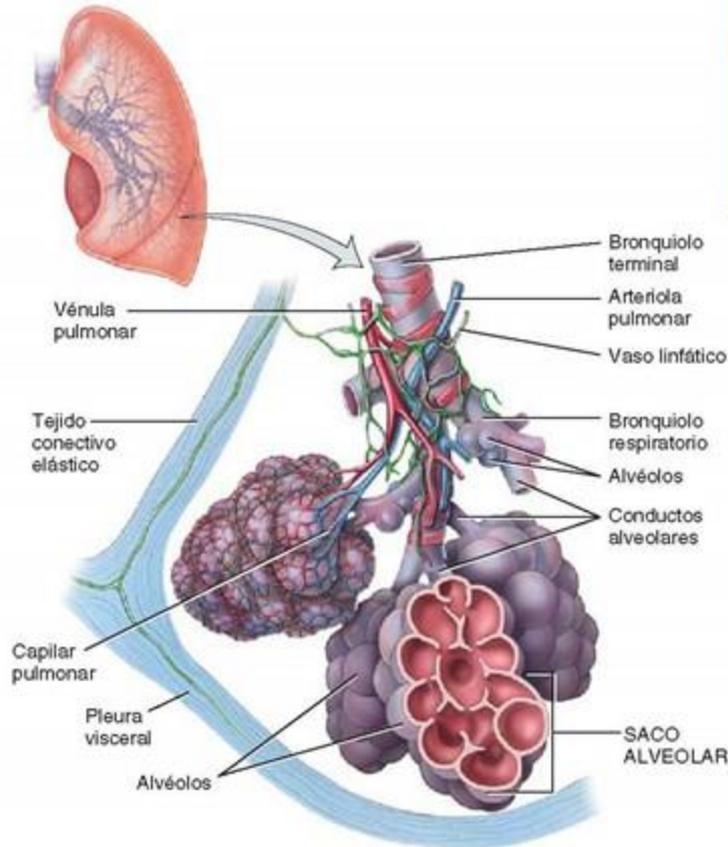
### Figura 23.10 Anatomía microscópica de un lobulillo pulmonar:



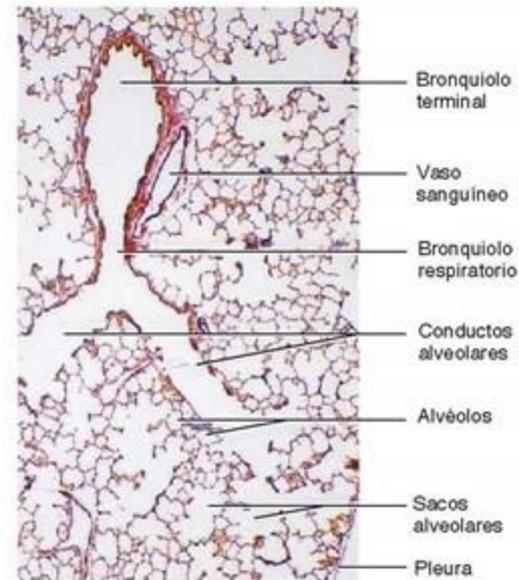
Los sacos alveolares están formados por dos o más alvéolos que comparten la desembocadura.



Copyright © Kevin Somerville. Todos los derechos reservados.



(a) Diagrama de una porción de un lobulillo pulmonar



**MO** alrededor de 30x

(b) Lobulillo pulmonar

Copyright © Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc. Todos los derechos reservados.

**Aire ingresa** cuando **presión** en interior de **pulmones menor** a la presión en **atmosfera** (760 mm Hg o 1 atm), 4.2 L por min

**Ley de Boyle:** relación inversa entre volumen y presión

**Diferencias de presión** por aumento en volumen durante la inspiración obliga al aire a entrar durante la inspiración y a salir durante la expiración

# Inspiración

Inspiración diafragma desciende 1 cm, volumen incrementa, desciende presión 760 a 758 mm Hg, diferencia de presión 1-3 mm Hg causa inspiración de 50 mL de aire

Obesidad impide el descenso del diafragma

# Expiración

La presión en pulmones mayor a la atmosférica

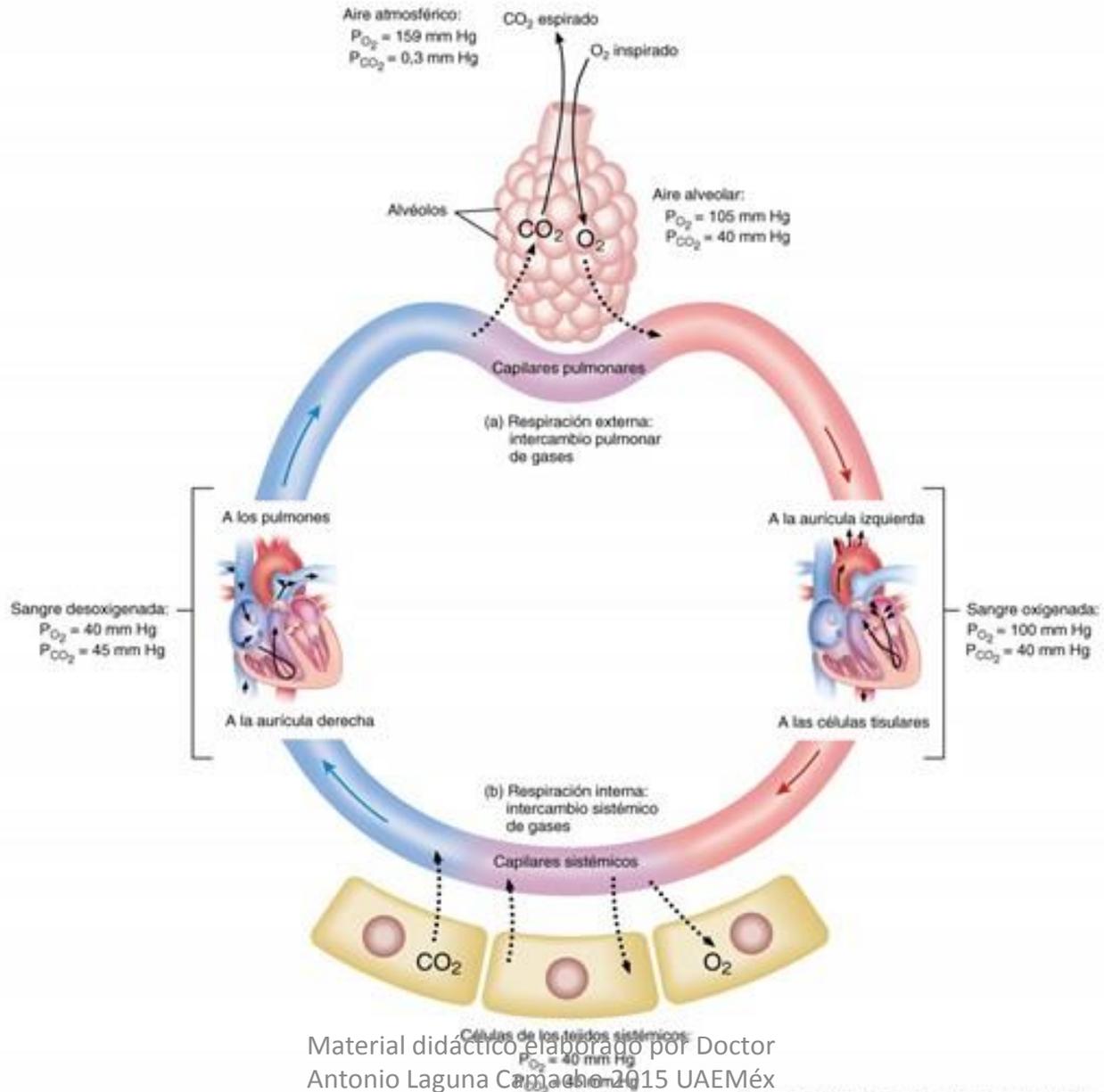
Retroceso elástico de la pared del tórax a los pulmones, tendencia a recuperar su forma original durante la relajación del músculos inspiratorios

Presión aumenta hasta 762 mm HG

Aire fluye de alveolos a atmosfera

**Figura 23.17** Cambios en las presiones parciales de oxígeno y dióxido de carbono (en mm Hg) durante la respiración externa e interna.

Los gases difunden desde áreas con mayor presión parcial hacia áreas con menor presión parcial.



Material didáctico elaborado por Doctor Antonio Laguna Camacho 2015 UAEMéx

# Transporte de O<sub>2</sub>

98.5% O<sub>2</sub> unido a hemoglobina (Hb) dentro de eritrocitos

20 mL de O<sub>2</sub> por 100 ml sangre oxigenada

Saturación de hemoglobina dada por PO<sub>2</sub>

Saturación Hb 90% con PO<sub>2</sub> de 60-100 mm Hg

Saturación Hb disminuye con presión menor a 40 mm Hg y O<sub>2</sub> se libera, consumo de 200 mL O<sub>2</sub> por segundo

# Transporte de CO<sub>2</sub>

En reposo, 53 mL CO<sub>2</sub> por 100 mL sangre oxigenada

7% disuelto

23% en hemoglobina

70% iones bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Cuanto menor O<sub>2</sub> en Hb mayor capacidad de transporte de CO<sub>2</sub>

# Sudoración

3-4 millones de glándulas sudoríparas

Sudor: perspiración hacia folículos pilosos o superficie de la piel por poros

**Ecrinas:** mas comunes, dermis profunda: frente, palmas, plantas, 600 mL/día agua, iones, urea, ácido úrico, amoniaco, acido láctico, aminoácidos, glucosa; regulan temperatura y eliminación de desecho, emociones

**Apocrinas:** axila, área inguinal, aréolas, barba, subcutáneas desembocan en folículos pilosos, mismo contenido que sudor ecrino pero con lípidos y proteínas, combinado con bacterias confiere olor almizclado o corporal, secretan sudor durante las actividades sexuales.

# Sebo

**Glándulas sebáceas:** glándulas acinares desembocan en folículos pilosos o en piel, secretan sebo: mezcla de triglicéridos, colesterol, proteínas y sales inorgánicas

Reviste superficie del pelo, evita su deshidratación, evita evaporación excesiva de agua en la piel, mantiene piel suave, inhibe el crecimiento de algunas bacterias.

# Libro de texto

Tortora GJ & Derrickson B (2013) *Principios de anatomía y fisiología*. Edición 13. Editorial Médica Panamericana