

CIRCULACION

Seres vivos realizan intercambios de materia, energía e información; con el medio exterior y también entre sus compartimentos. Esto implica mecanismos de regulación y control para mantener la homeostasis, ej transporte de nutrientes, eliminación de desechos.

Tales intercambios requieren procesos de transporte en su interior. Unos basados en transporte de membrana, pero a partir de 1 mm de diámetro el animal requiere un aparato circulatorio que realice transporte convectivo o de masa (flujo), ya que la difusión sería insuficiente.

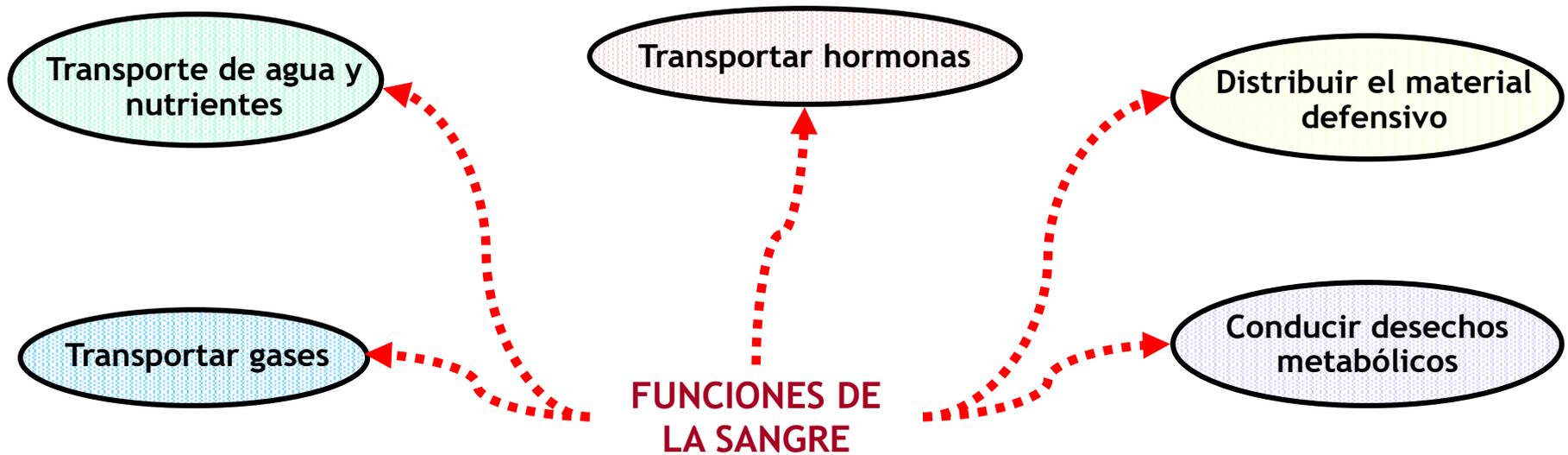
CIRCULACION ANIMAL

**Sistema
circulatorio**

EQUIVALENTES MODELO HIDRAULICO:

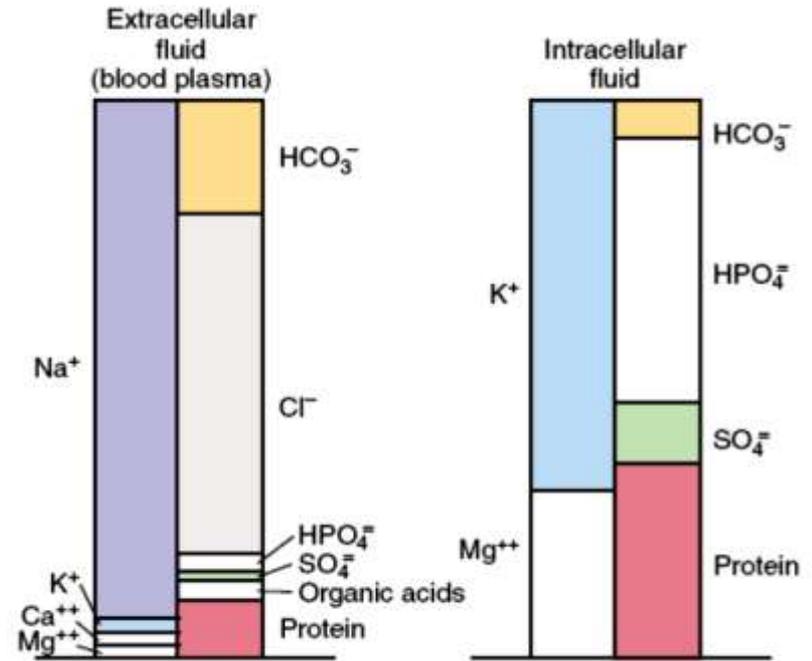
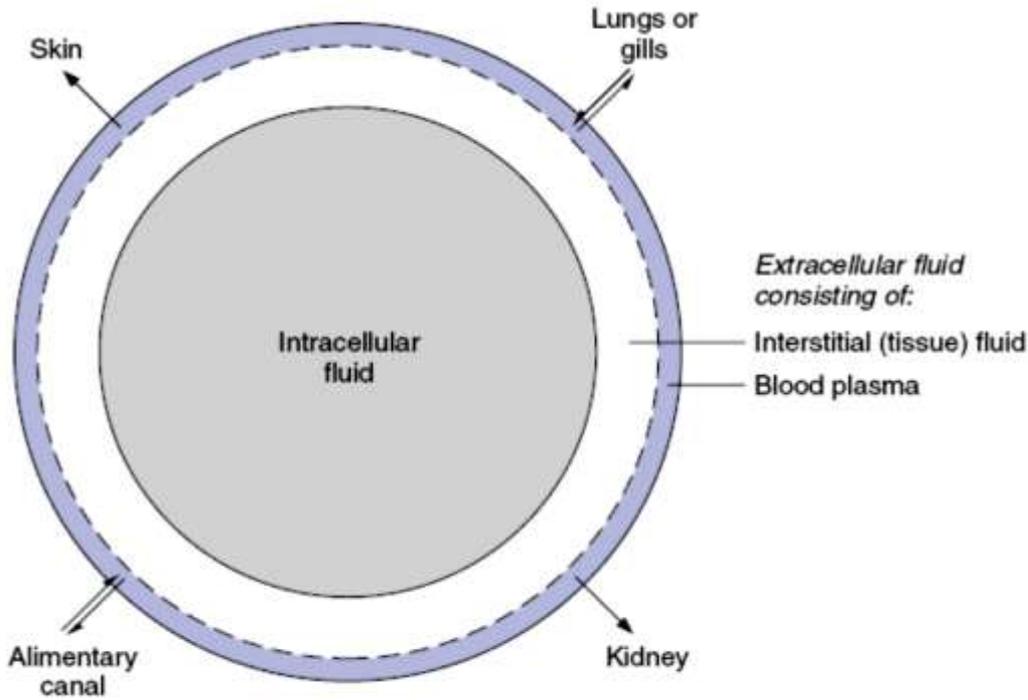
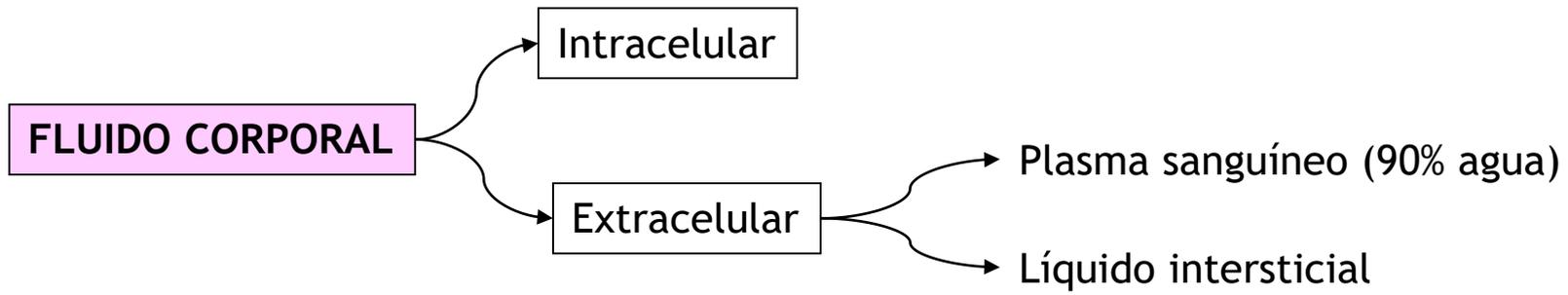
1. **Fluido:** sangre o hemolinfa
2. **Conductos:** Vasos (arterias y venas).
3. **Bomba impulsadora:** corazón. Los invertebrados tienen un sistema contráctil.

El sistema circulatorio es más complejo a medida que aumenta la actividad del organismo



Transporte de gases, nutrientes, desechos, mensajeros químicos, células de defensa. Muchas relacionadas con la homeostasis, ej termorregulación.

La hemolinfa cumple funciones mecánicas ej esqueleto hidrostático, ecdisis.



A

B

Composición de la sangre

1. Fase líquida: Plasma

Agua 90%

Solutos: minerales, nutrientes, proteínas.

Proteínas en vertebrados son transportadoras, globulinas y de la coagulación.

2. Fase sólida: células sanguíneas o elementos figurados.

Glóbulos rojos o eritrocitos, glóbulos blancos o leucocitos, plaquetas o trombocitos.

En invertebrados el fluido es la hemolinfa

Posee pigmentos disueltos de varios colores: hemeritrina, hemocianina, hemoglobina, clorocruorina. En vertebrados el pigmento es la hemoglobina que va en los glóbulos rojos.

Las células o hemocitos son de varios tipos.

Células sanguíneas

Insecto (mosca del vinagre)	Vertebrado:	Pez	Rana	Mamífero
Plasmotocito	Eritrocitos			
Lamelocito	Linfocitos (p. ej., células T, células B)			
Célula de cristal	Monocitos/macrófagos			
	Granulocitos (p. ej., neutrófilos, eosinófilos, basófilos)			
	Trombocitos (p. ej., plaquetas)			

Leucocitos

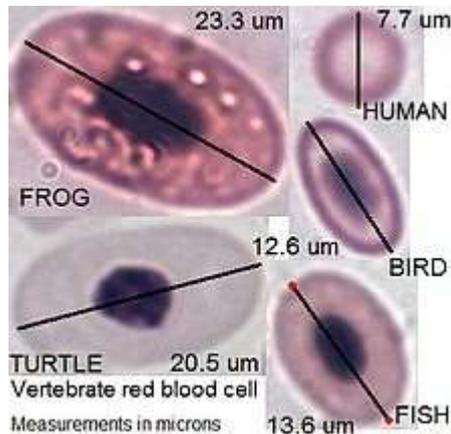
Plasmocito: fagocitosis. Lamelocito: respuesta a parásitos. De cristal contiene enzimas líticas contra invasores.

Eritrocitos en invertebrados están en el líquido intersticial, no en circulatorio para no hacer la sangre muy viscosa y dificultar el flujo.

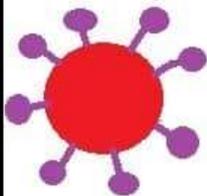
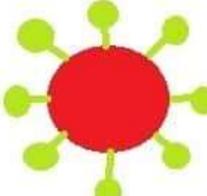
GLÓBULOS ROJOS

- En mamíferos: discos bicóncavos sin núcleo, excepto Familia Camelidae.
- Peces, aves, reptiles y anfibios: forma oval con núcleo.

Tiempo de vida en los humanos es de 120 días, en los ratones 40, en la llama 225, en los sapos 600 y en la tortuga 1400 días.



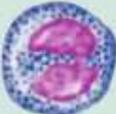
Grupos sanguíneos en algunos animales

	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO AB	GRUPO O
Glóbulos rojos				
Antígenos en los eritrocitos	 Antígeno A	 Antígeno B	 Antígeno A y B	No hay antígenos
Anticuerpos en el plasma sanguíneo	 Anti-B	 Anti-A	No hay anticuerpos	 Anti-A Anti-B

Blood Groups of some

Animal spp	Blood groups	
Cattle	A, B, C, F, J, L, M, R, S, T, Z	11
Goats	A, B, C, M, J	5
Sheep	A, B, C, D, M, R and X	7
Horse	8 major groups (A, C, D, K, P, Q, U, T)	Over 30
Cat	A, B, AB	3
Dog	DEA 1.1, 1.2, 4, 5, 6, 7, 8	8
Human	A, B, AB, O	4

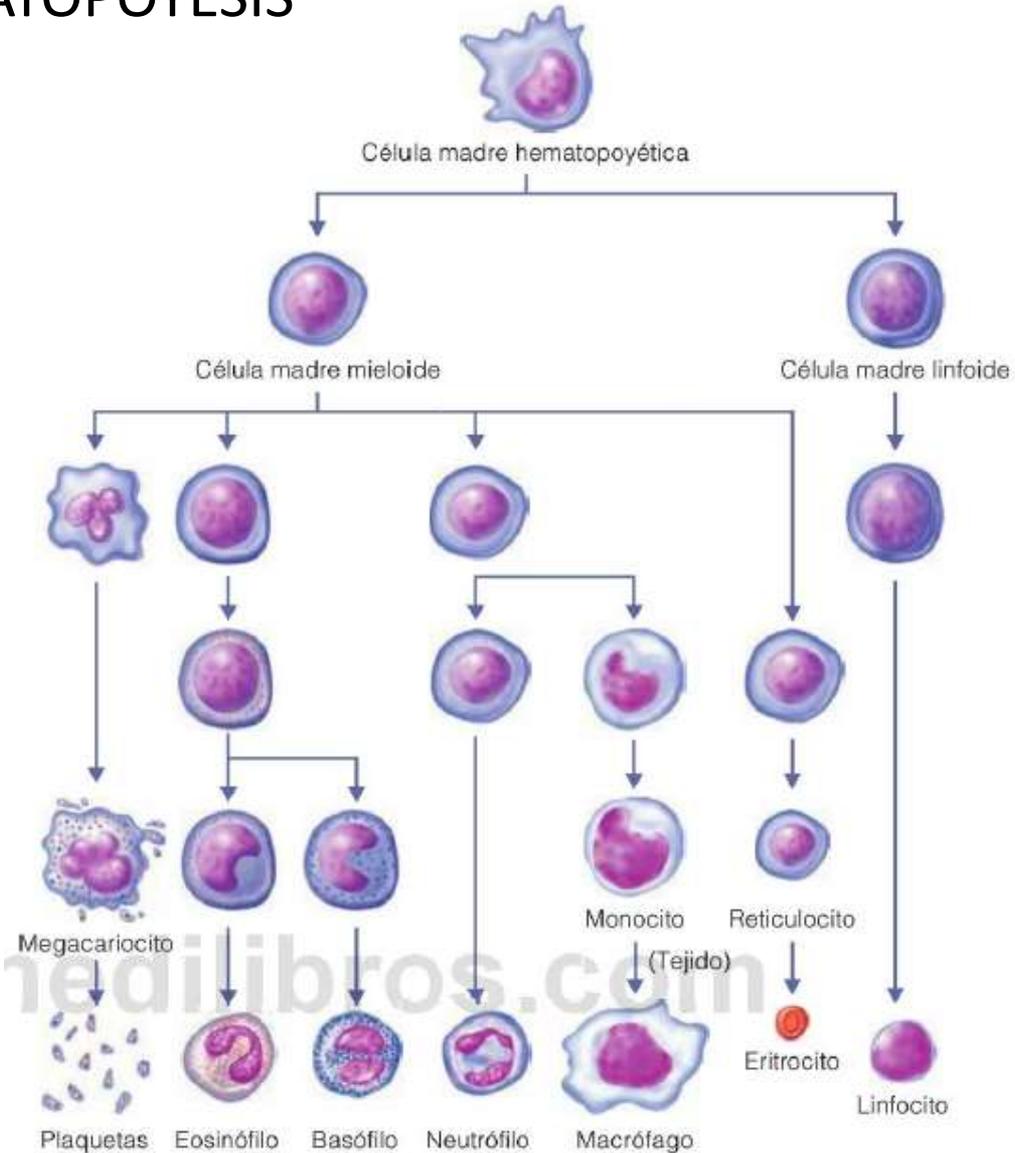
DEA=Dog Erythrocyte Antigen

Morfología del leucocito	Función en la inmunidad
 Neutrófilo	Utiliza la fagocitosis para engullir células dañadas, microorganismos y otras partículas extrañas.
 Eosinófilo	Suministra sustancias químicas citotóxicas y enzimas que eliminan los parásitos; se encuentran involucrados en las reacciones alérgicas.
 Basófilo	Abandona el sistema circulatorio y se acumula en los lugares de infección. Libera sustancias químicas citotóxicas que eliminan las partículas extrañas. Involucradas en la inflamación.
 Monocito	Los monocitos maduran como macrófagos fagocíticos que engullen y destruyen las partículas extrañas y las células muertas o moribundas.
 Macrófago	
 Linfocito	Existen varios tipos de linfocitos. Las células B segregan anticuerpos. Los linfocitos T cooperadores segregan moléculas que activan otros linfocitos. Los linfocitos T citotóxicos segregan agentes citotóxicos que matan a los invasores o a las células moribundas.

Leucocitos en vertebrados

Linfocitos participan en Inmunidad adaptativa, que es única en vertebrados gnatostomados

HEMATOPOYESIS



Ocurre en médula ósea en mamíferos; peces en riñón; anfibios, reptiles y aves en hígado, bazo, riñón y médula ósea.

Sistema inmunitario

Órganos linfoides o linfáticos

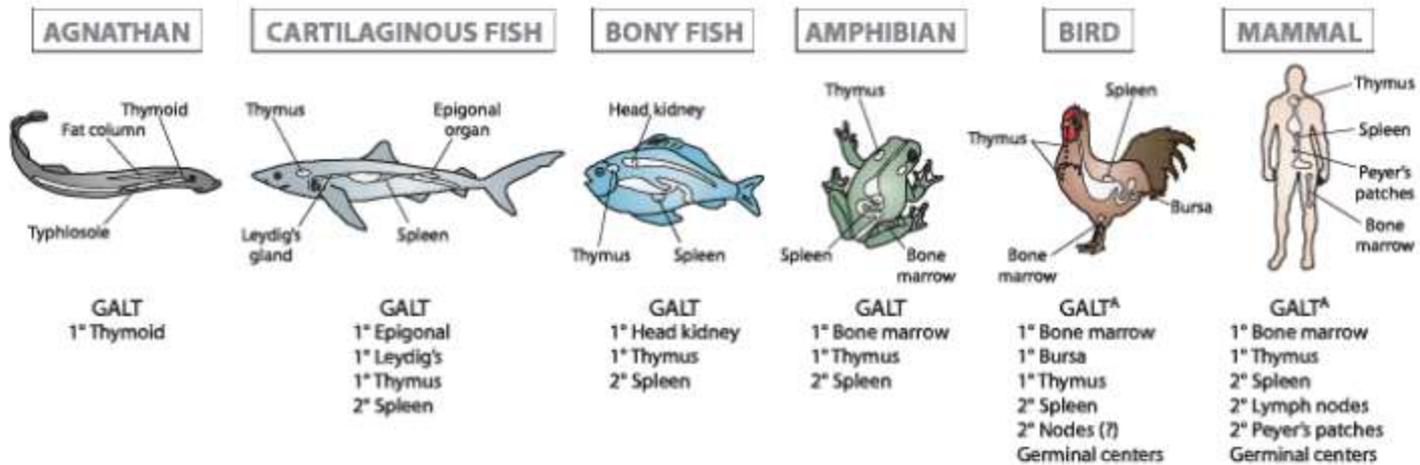
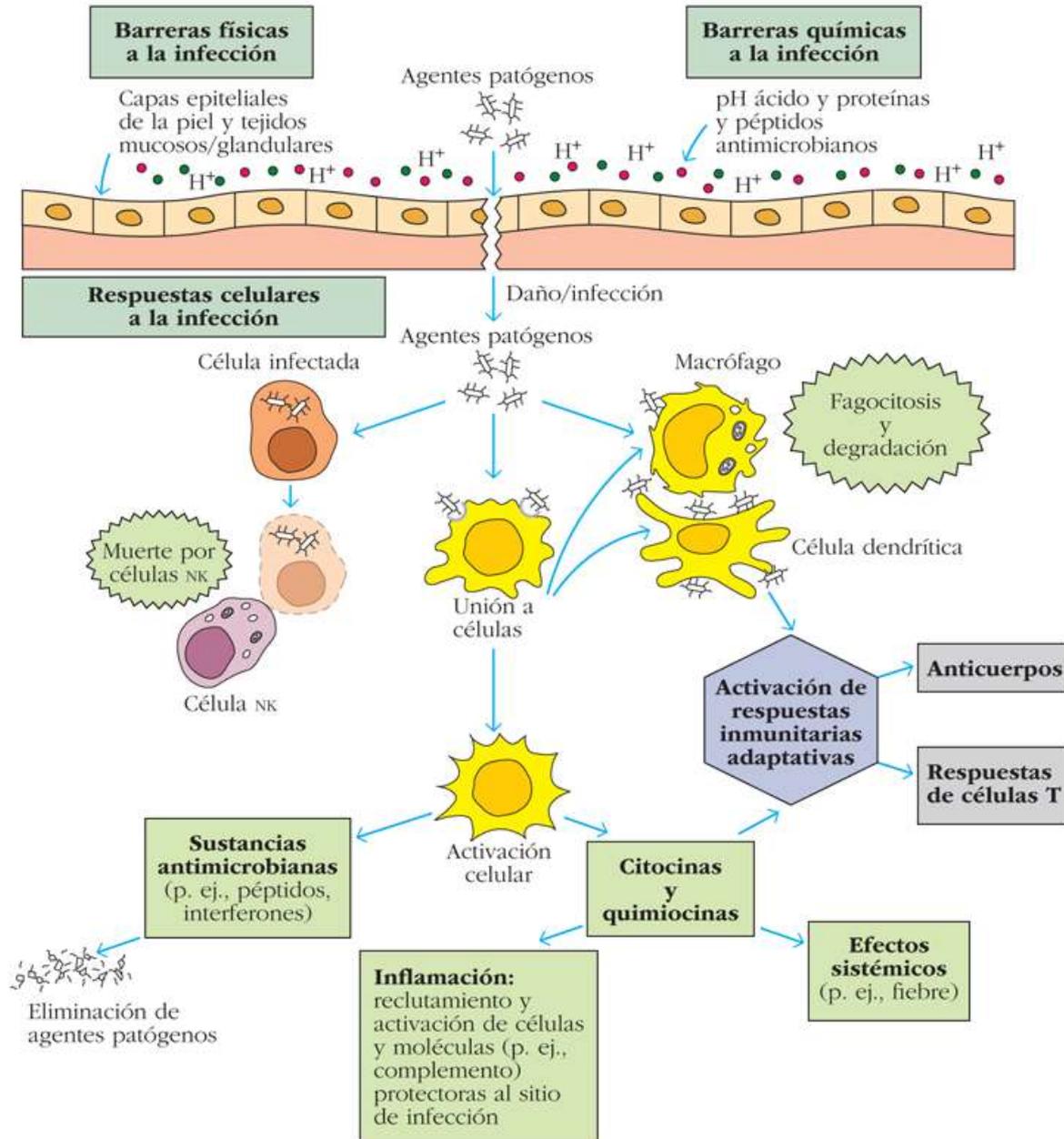


FIG. 4.11. Evolution of Lymphoid Tissues in the Vertebrates. All jawed vertebrates have a thymus and a spleen with demarcated T- and B-cell zones. Fish have different bone marrow equivalents (epigonal, Leydig's gland, head kidney), and amphibians are the oldest group with lymphopoietic bone marrow (also the first to have a typical immunoglobulin [Ig]H chain class switch, although sharks seem to have switch as well, despite the IgH cluster organization). Germinal centers are found only in warm-blooded vertebrates. A thymus equivalent (thymoid) has recently been discovered in agnathans.³⁷⁶

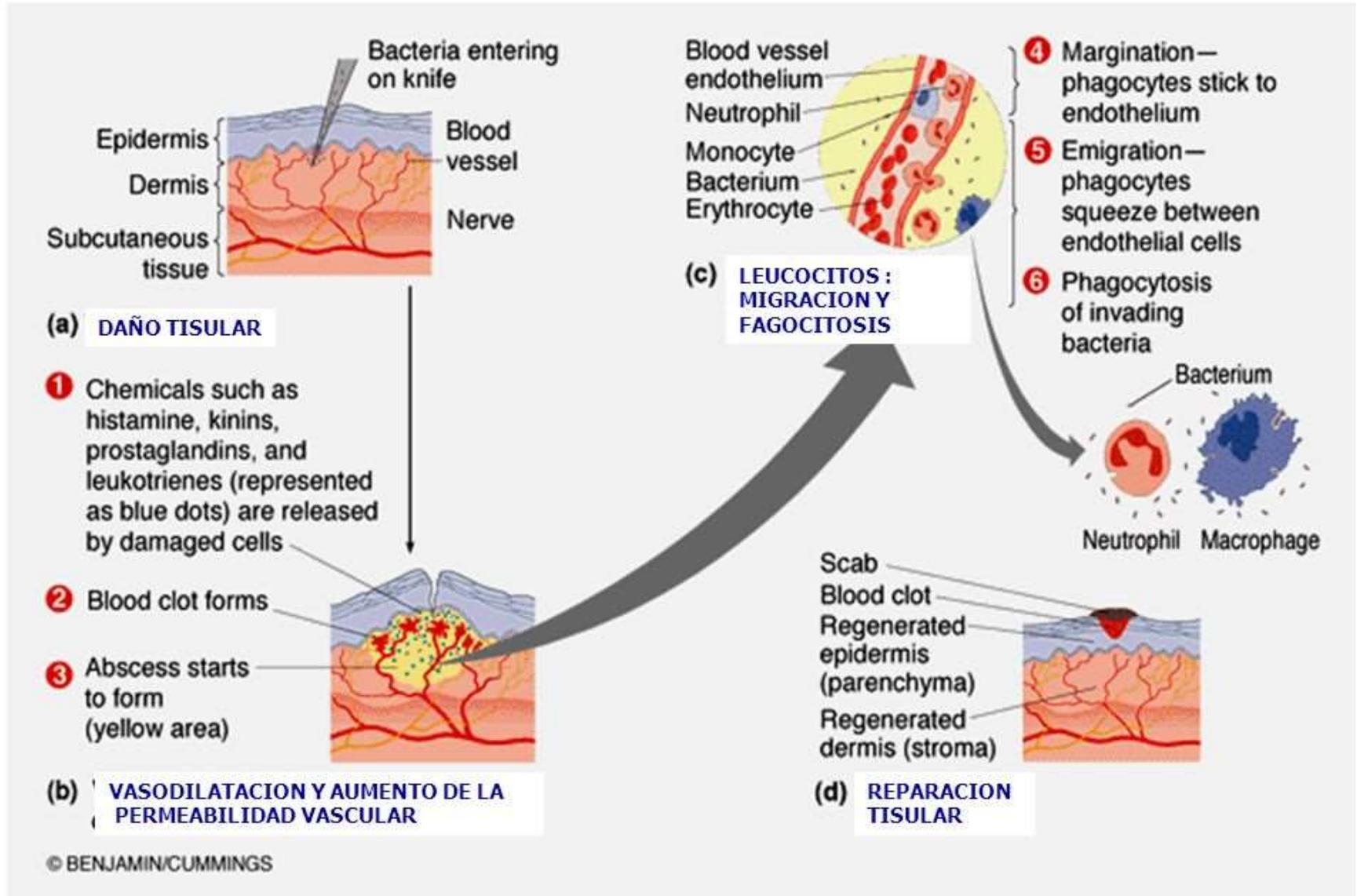


Inmunidad innata



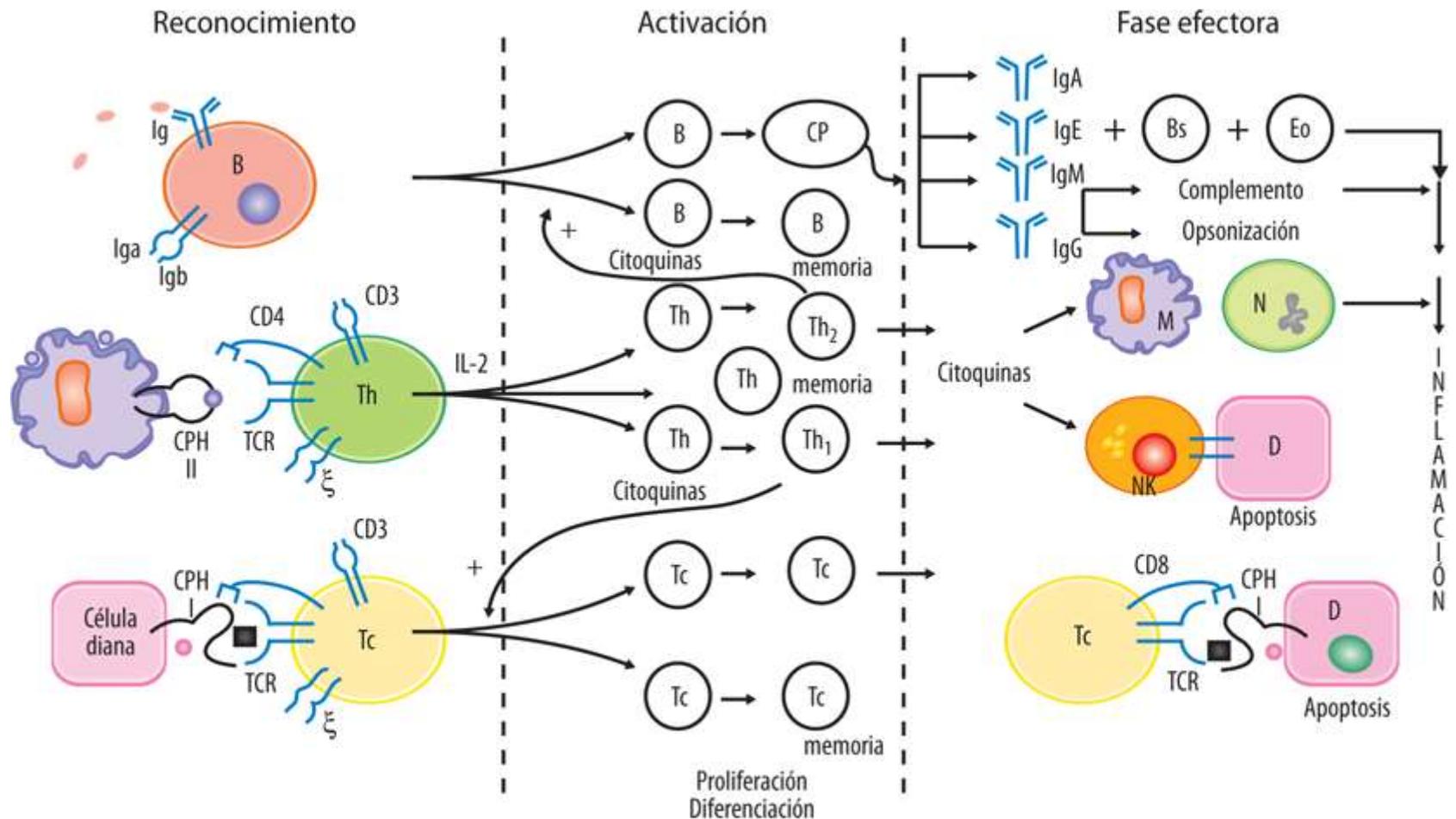
Inmunidad natural o innata:
Inflamación y reparación

FASES DE LA INFLAMACION



Inmunidad adaptativa o adquirida

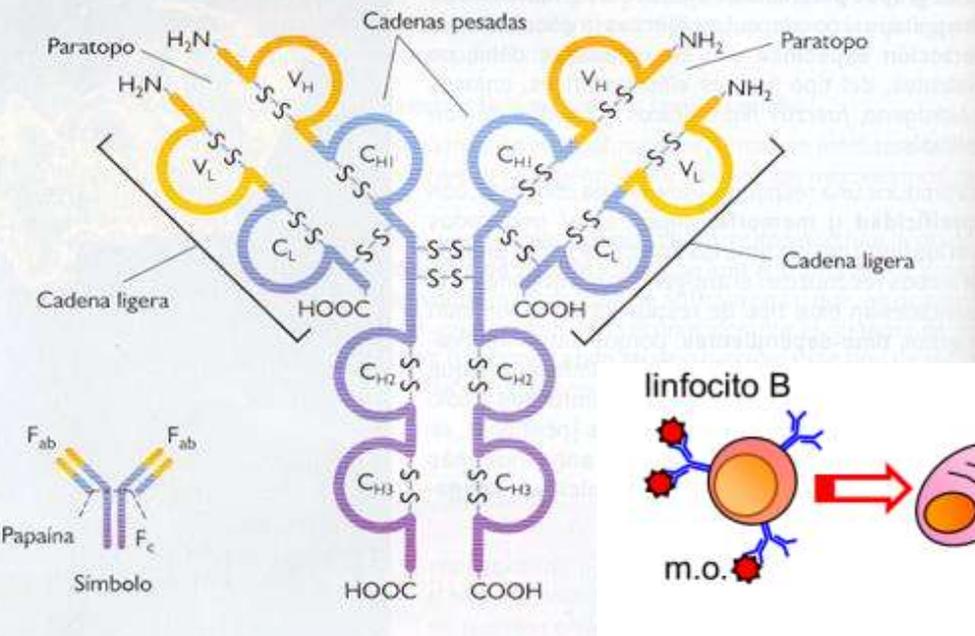
-HUMORAL



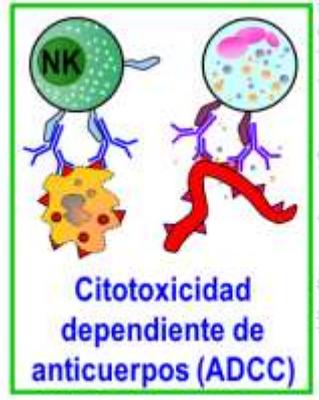
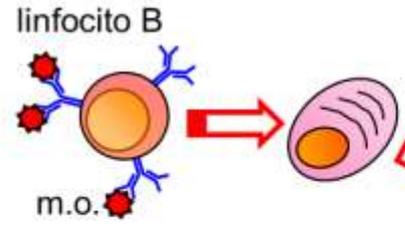
Fuente: Jesús A. Fernández-Tresguerres: *Fisiología humana*, 4e: www.accessmedicina.com
 Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

-CELULAR

ESTRUCTURA DE UN ANTICUERPO (TIPO IgG)



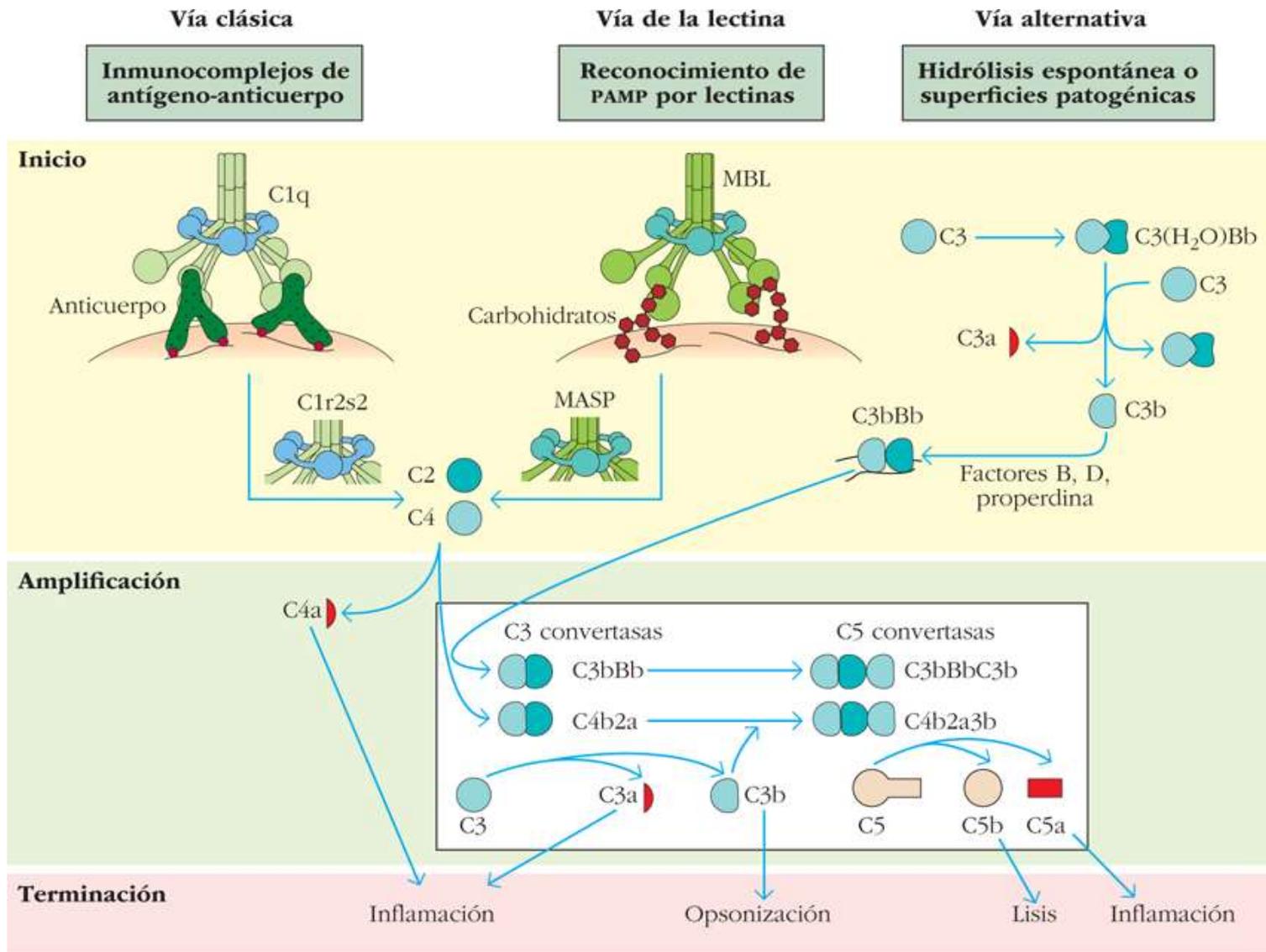
Inmunidad humoral



- IgG > plasma
- IgA > mucosas y secreciones
- IgM en infección
- IgD en LB
- IgE alergia, inflamac

<http://www.ehu-ous/immunologia/wiki>

Sistema del complemento: activación



Fuente: Judith A. Owen, Jenni Punt, Sharon A. Stranford: *KUBY. Inmunología, 7e*: www.accessmedicina.com
 Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

Cascadas proteolíticas

MECANISMOS DE DEFENSA DE LOS ANIMALES INVERTEBRADOS

<p>BARRERA FISICO-QUIMICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exoesqueleto. • Secreción mucosa (anélidos y moluscos). • Quinonas, Inhibidores de Proteasa, Glicoproteína. 	
<p>SISTEMA INMUNE INNATO</p>	<p>Celular</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Células fagocíticas-HEMOCITOS Y CELOMOCITOS <p>Funciones: <i>Fagocitosis, formación de nódulos y encapsulación, reconocimiento de lo propio y no propio.</i></p>
	<p>Humoral</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cascadas: Cascada de Coagulación. • Opsoninas: Similar a la Proteína C reactiva. • Aglutininas: Lectinas. • Lisinas: enzimas hidrolíticas. • Sustancia antimicrobiana: péptidos cíclicos y péptidos lineales. • Otros: Citocinas.



Moléculas antimicrobianas: defensinas, catelicidinas, histatinas.

Contra virus vía RNAi que lleva a degradación

Respuesta inmunitaria en insectos

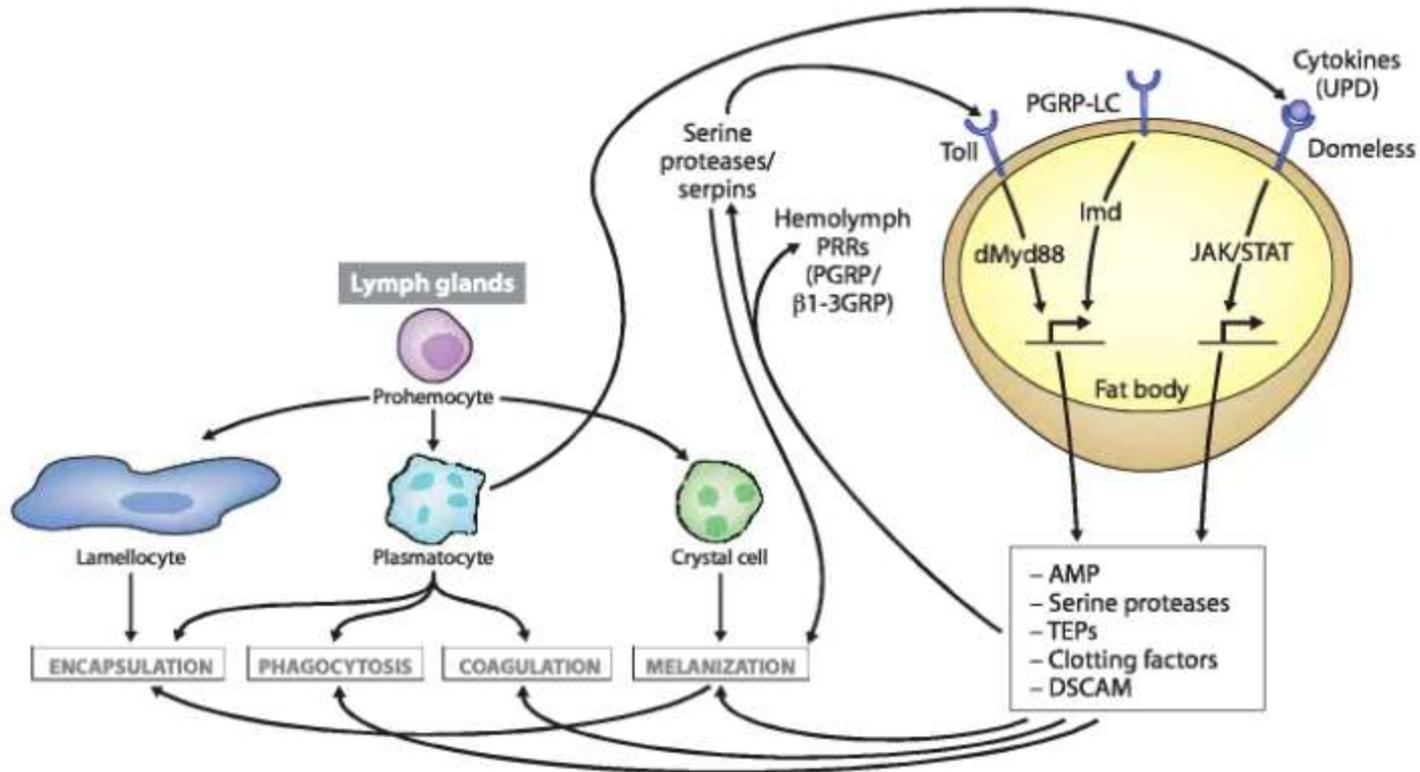
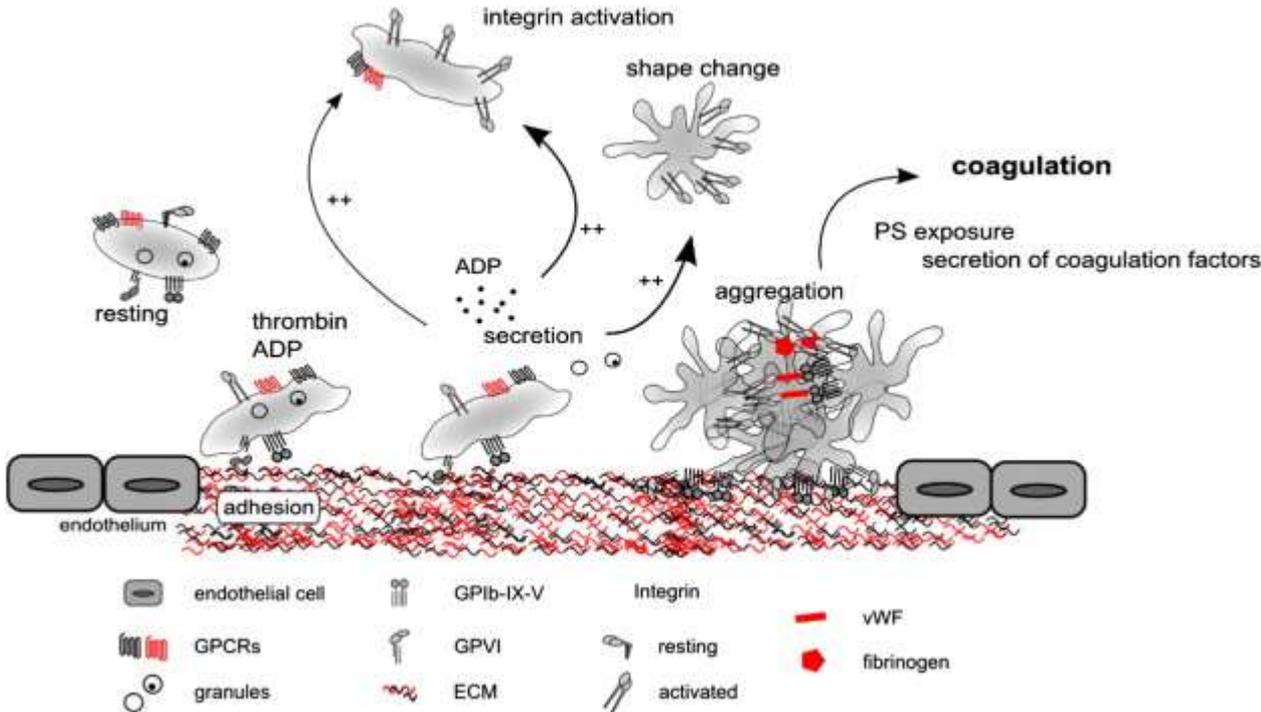
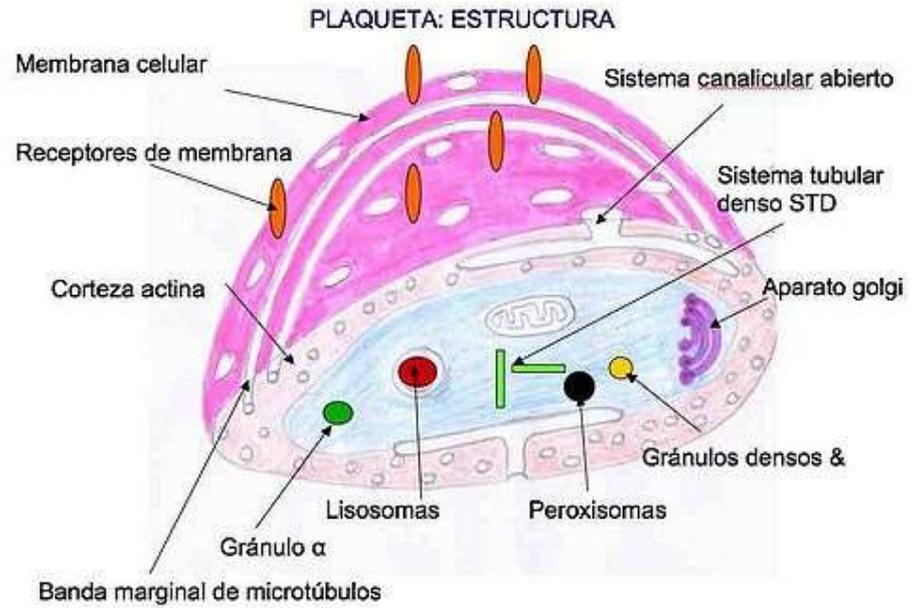


FIG. 4.3. Types of Immune Responses and Cells in Insects, with *Drosophila* as the Prototype. Secreted defense molecules are made by fat body cells in response to pathogens, which either act as direct effector molecules or feed back on hemocytes to stimulate their defense func-

Plaquetas



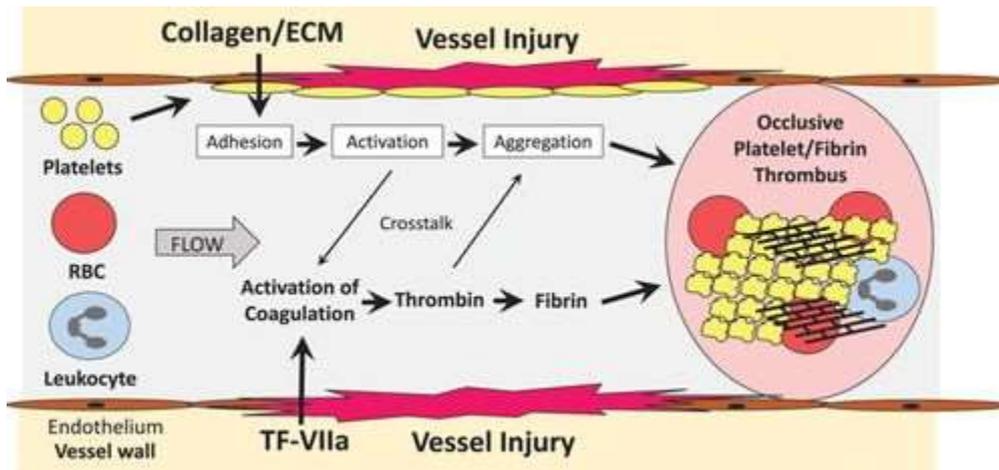
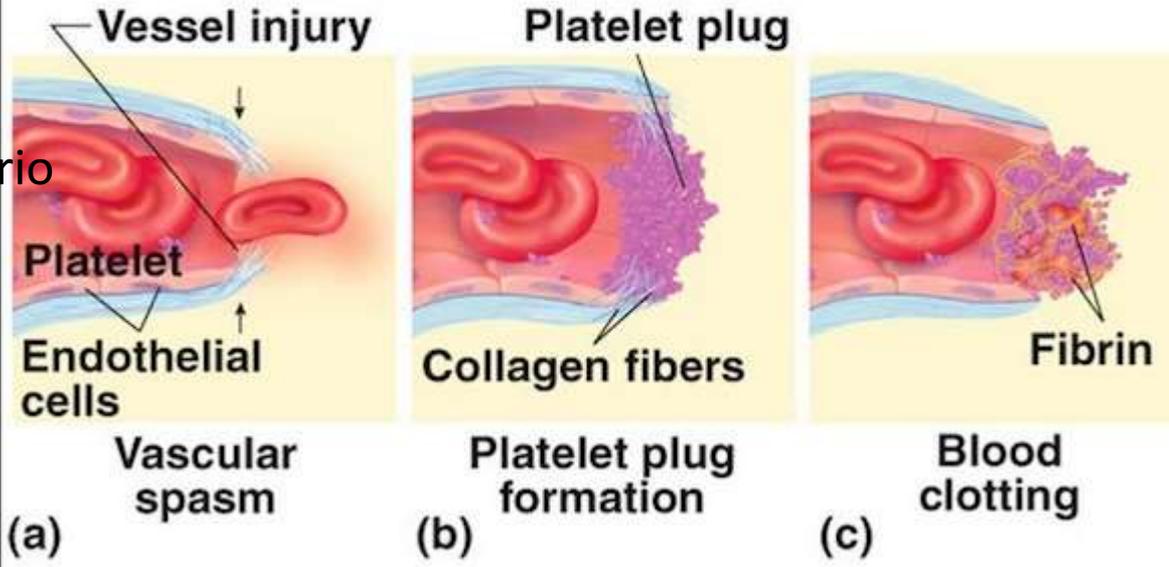
Hemostasia:

detención del sangrado.

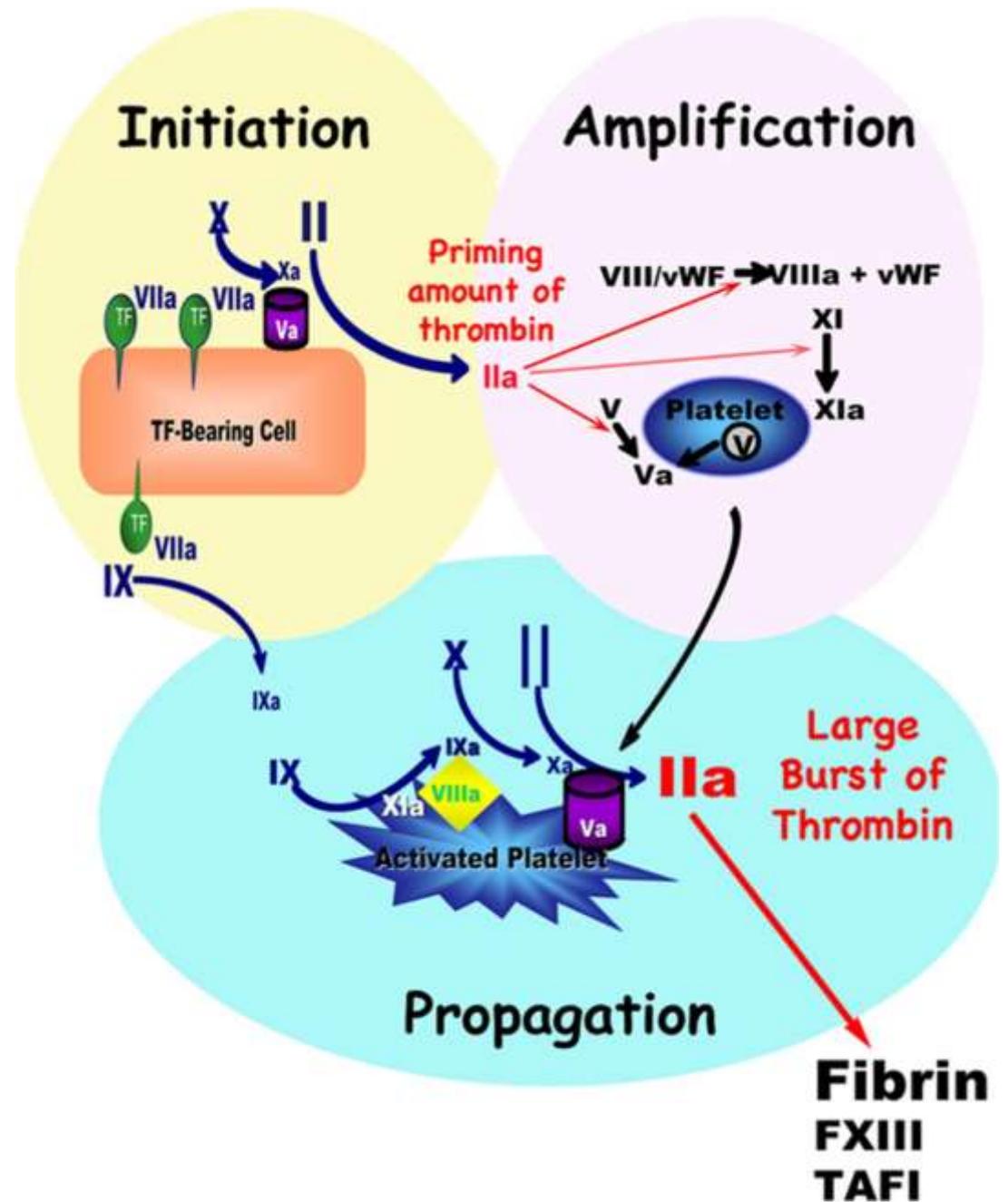
Fases:

- a. Vascular: vasoconstricción
- b. Plaquetaria: tapón plaquetario
- c. Humoral: cascada de la coagulación

Steps of Hemostasis

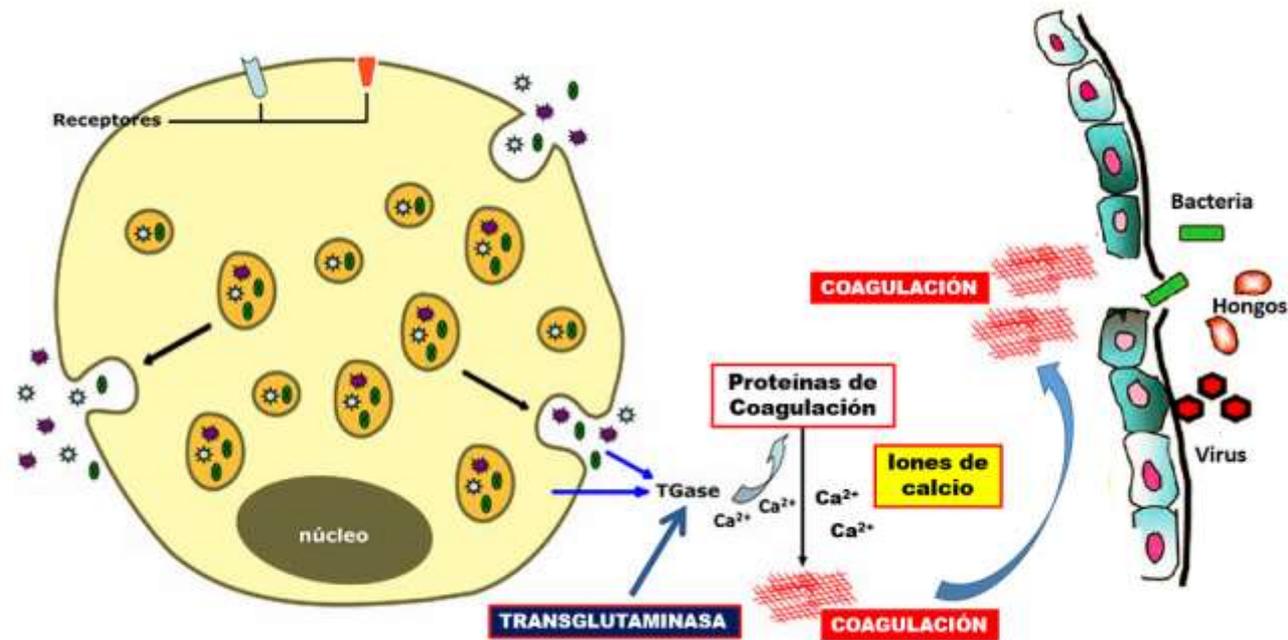
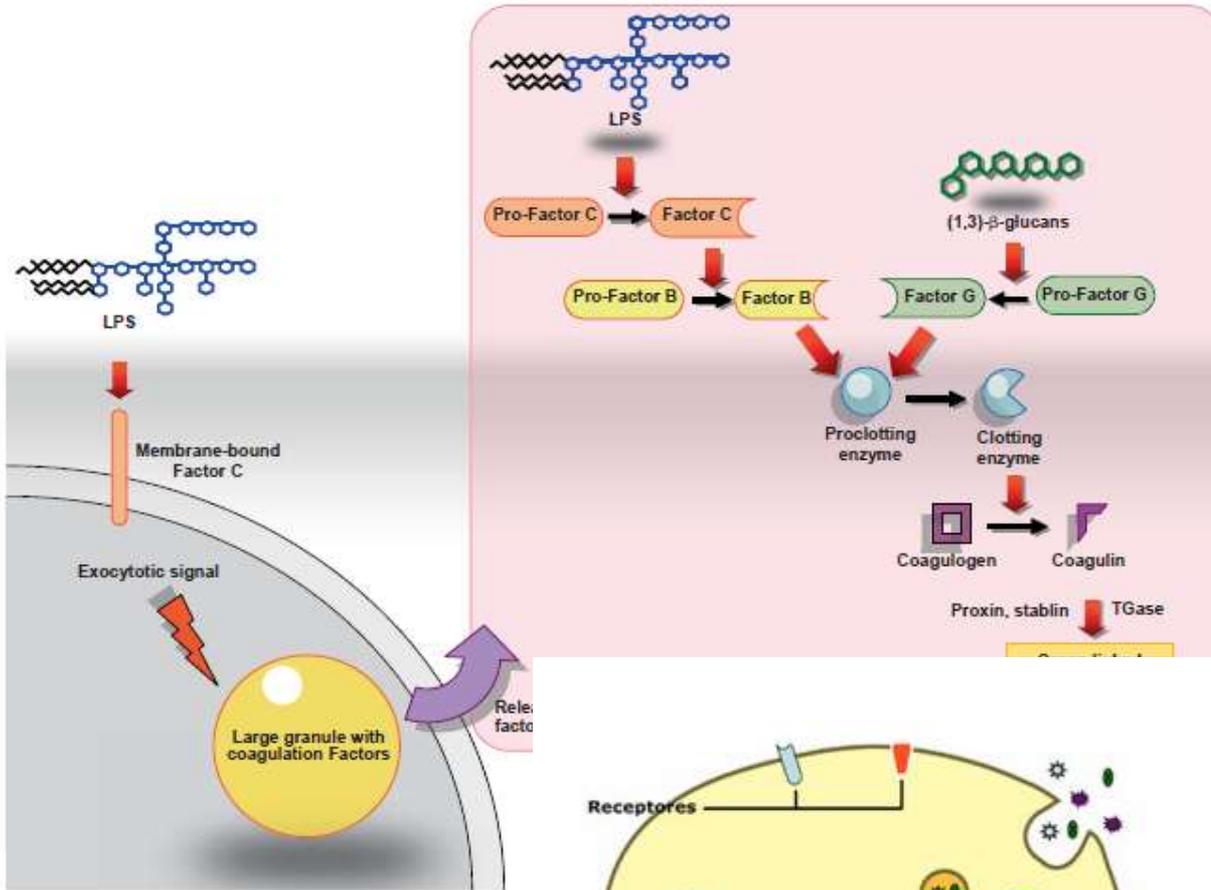


Coagulación



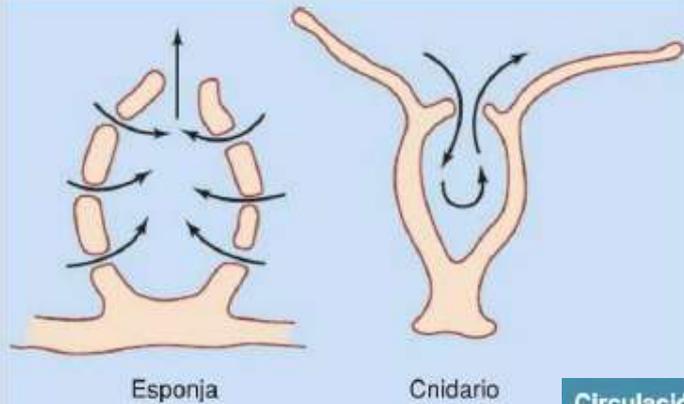
Coagulación en invertebrados

En insectos participan proteínas como fondue, Tgasa (transglutaminasa), gp150, hemolectina.

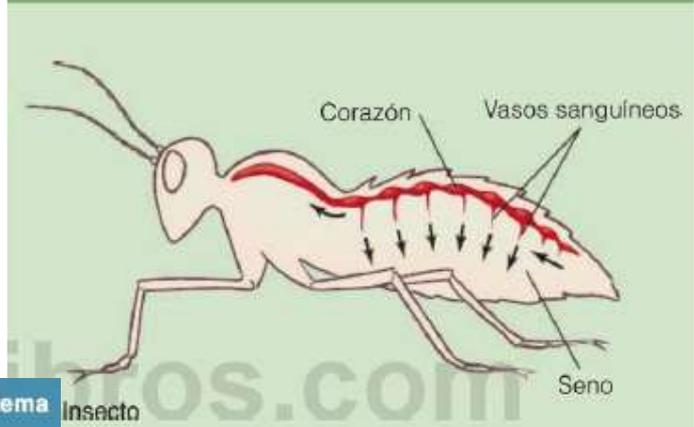


1. TIPOS DE SISTEMAS CIRCULATORIOS

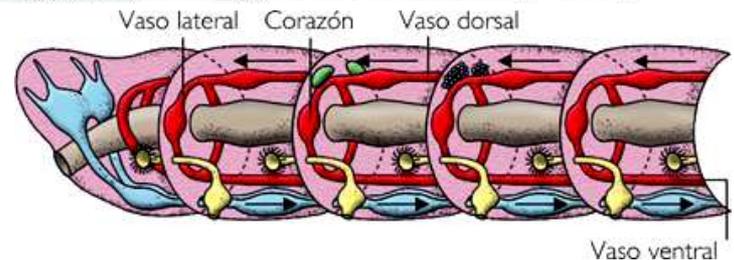
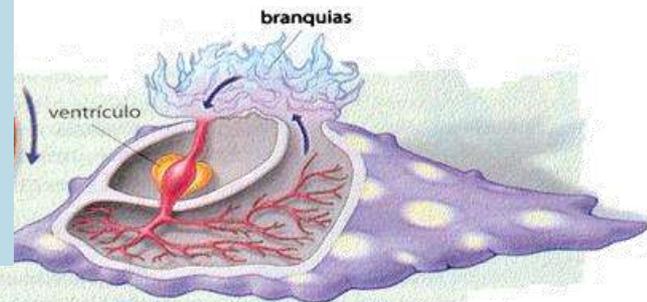
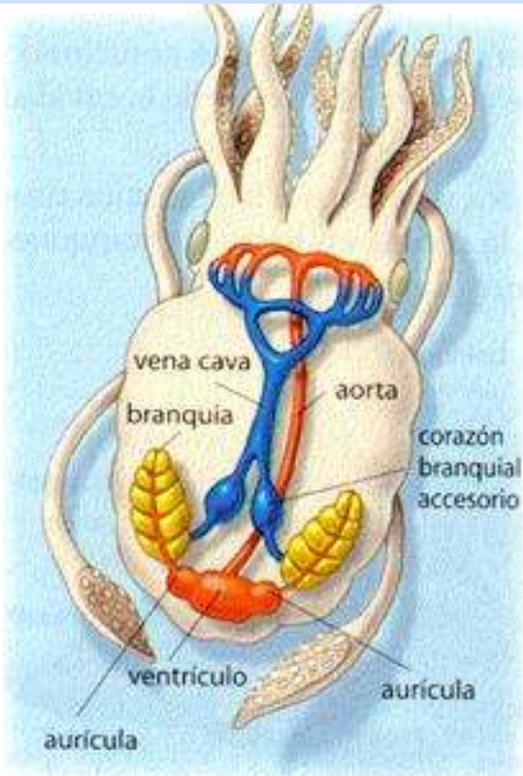
Circulación de líquido externo a través de una cavidad corporal abierta



Circulación de líquido interno a través de un sistema circulatorio abierto

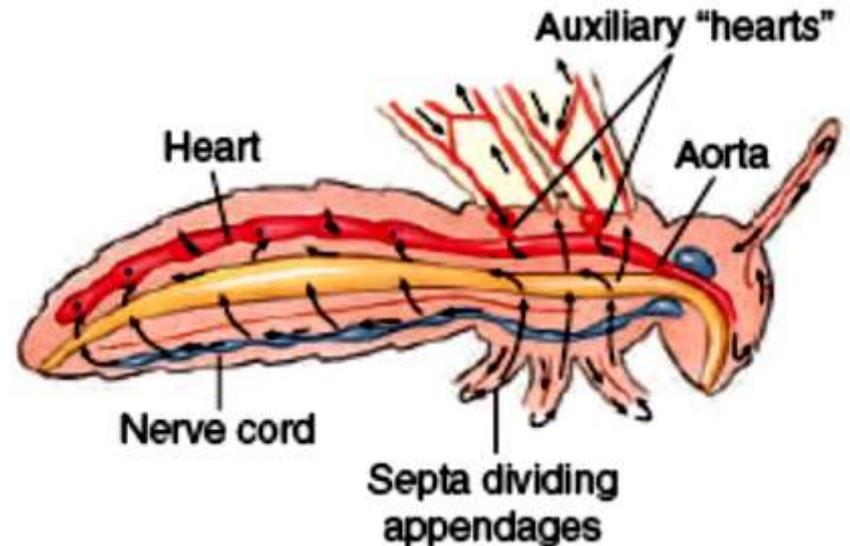
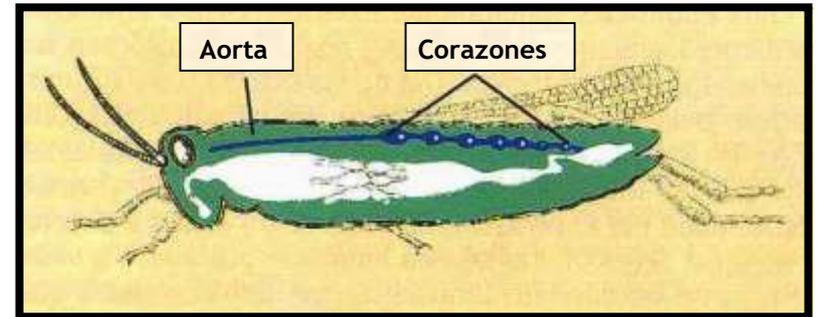


Circulación de un fluido interno a través de un sistema circulatorio cerrado



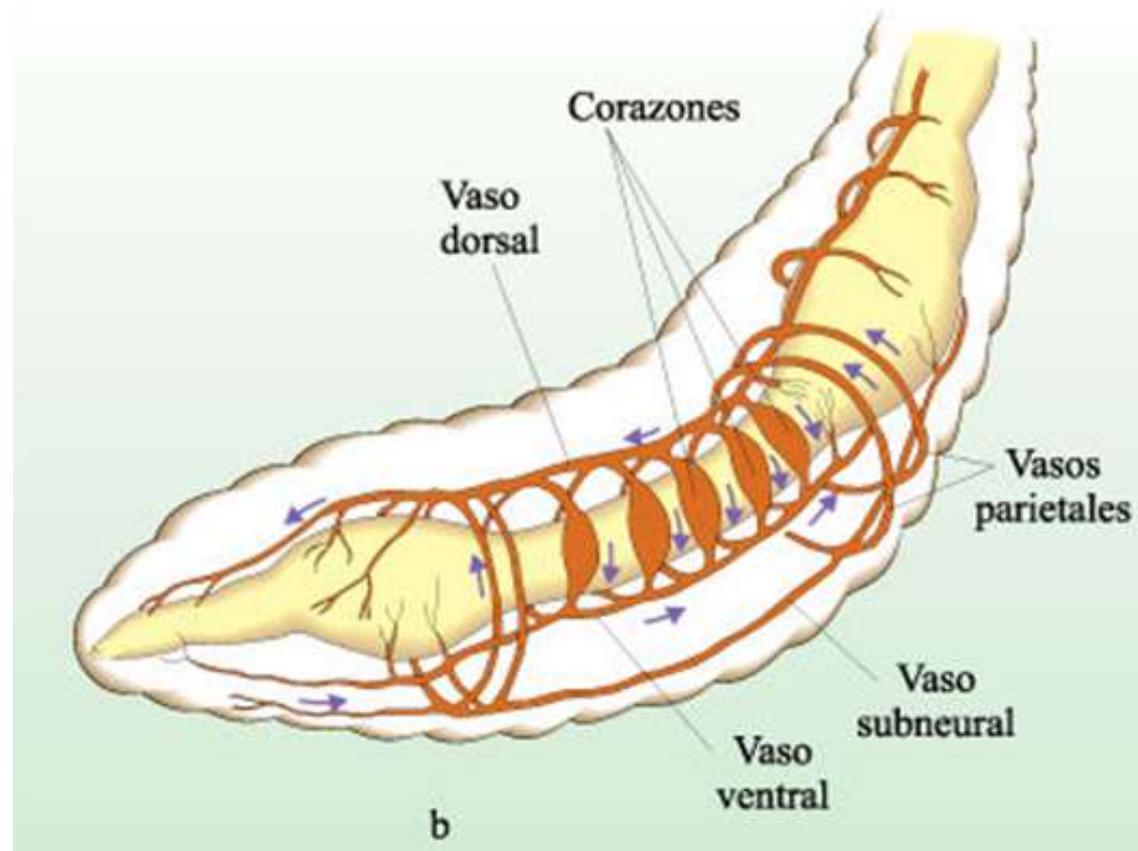
1.1 ABIERTO

- Mayoría de los invertebrados.
- Propio de animales pequeños.
- Hemolinfa (20-40%).
- Sólo una parte del circuito de recorrido de la hemolinfa ocurre dentro de vasos, el resto forma lagunas.
- Corazón y vísceras bañados por la hemolinfa.
- Vasos auxiliares “corazones”.



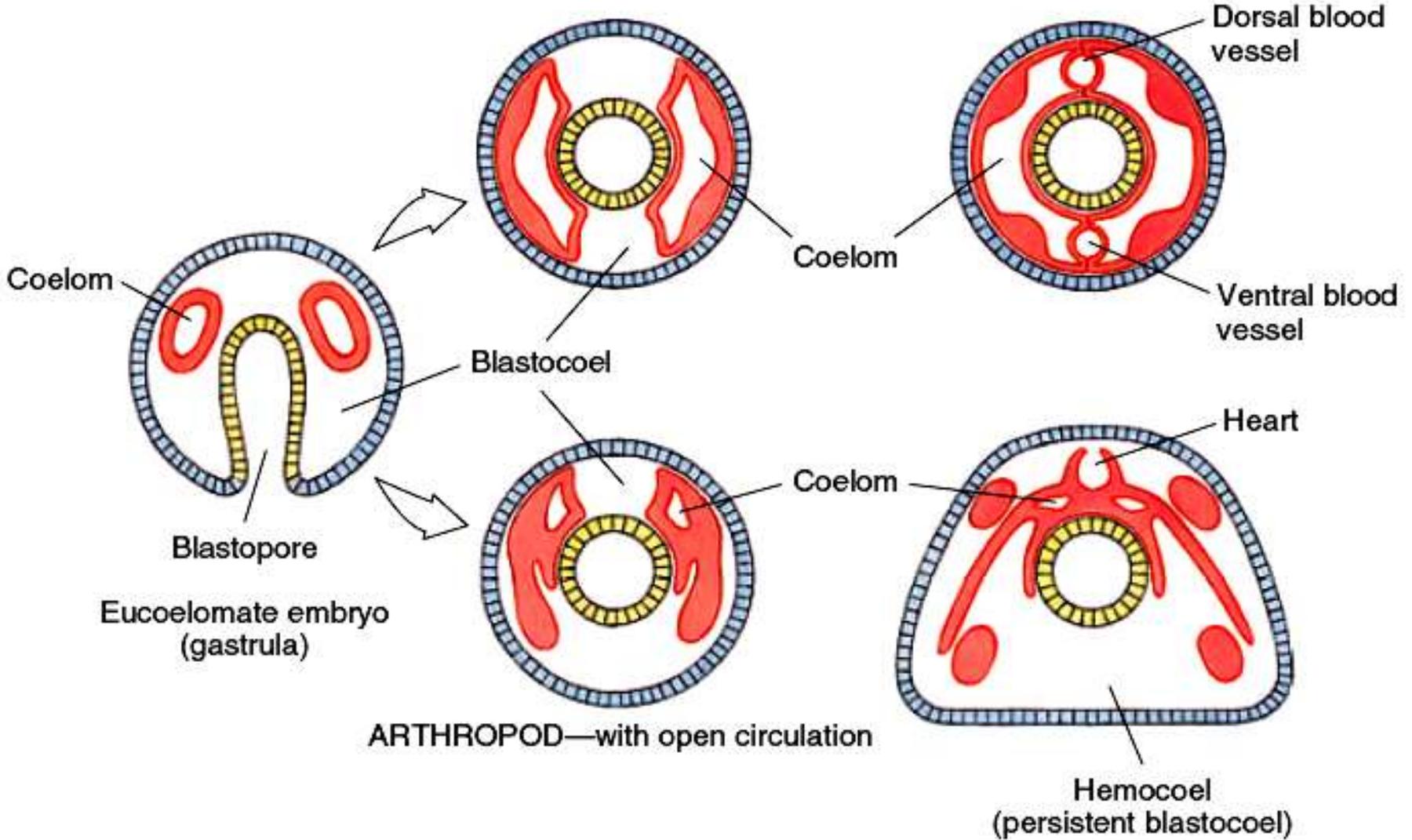
1.2 CERRADO

- Se encuentra en anélidos, cefalópodos y cordados.
- La sangre no sale de los vasos sanguíneos.
- Sangre (5-10%).
- En la lombriz de tierra la hemoglobina está afuera de los eritrocitos.
- Flujo variable (según necesidades).



Desarrollo de los sistemas circulatorios

ANNELID—with closed circulation



2. Corazón

Función de bomba

- Capas de la pared: endocardio, miocardio y pericardio
- Cavidades: dos atrios y dos ventrículos
- Válvulas cardiacas: dos atrioventriculares, dos sigmoideas o semilunares
- Irrigación o vascularización: según su pared sea *compacta (por las arterias coronarias) o *esponjosa (por difusión)

Tipos de corazones en los vertebrados: dos, tres o cuatro cavidades

Activación e inervación:

- miogénico: tiene un sistema intrínseco formado por células musculares excitables, el sistema de conducción cardiaco
- neurogénico: por un ganglio cardiaco

Ciclo cardiaco: proceso de bombeo de la sangre, fases:

- Sístole (contracción) y -diástole (relajación), con eventos eléctricos y mecánicos: al contraerse disminuye volumen-aumenta la presión-eyecta la sangre, y viceversa.

The decapod crustacean heart

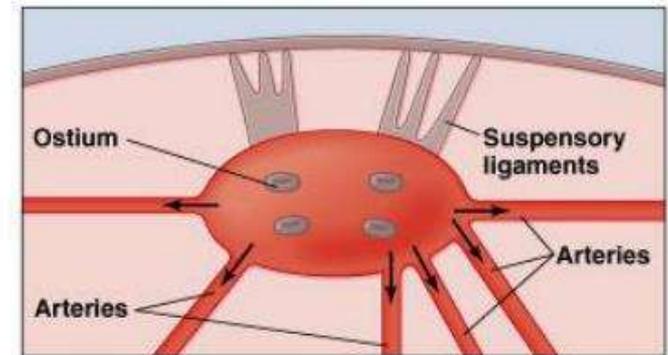
- The ostial heart sits in a pericardial sac that contains hemolymph

Cardiac cycle

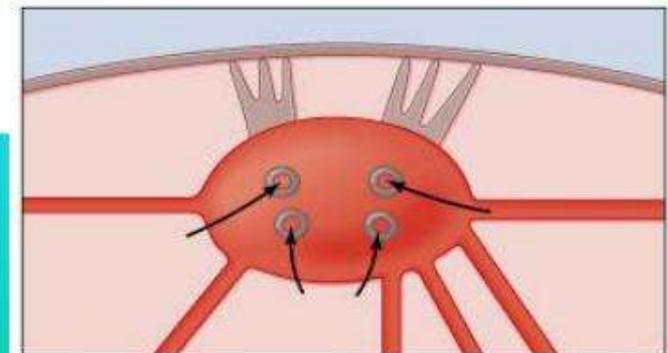
- Cardiac muscles contract in unison, ejecting hemolymph into arteries & stretching suspensory ligaments
- Cardiac muscles relax, recoil of suspensory ligaments expands the heart chamber, drawing hemolymph from the sinus via the ostia into the heart

Cardiac control

- Neurogenic: CNS controls heart rate & force of contraction (stroke volume)
- Neural control of arterial sphincters

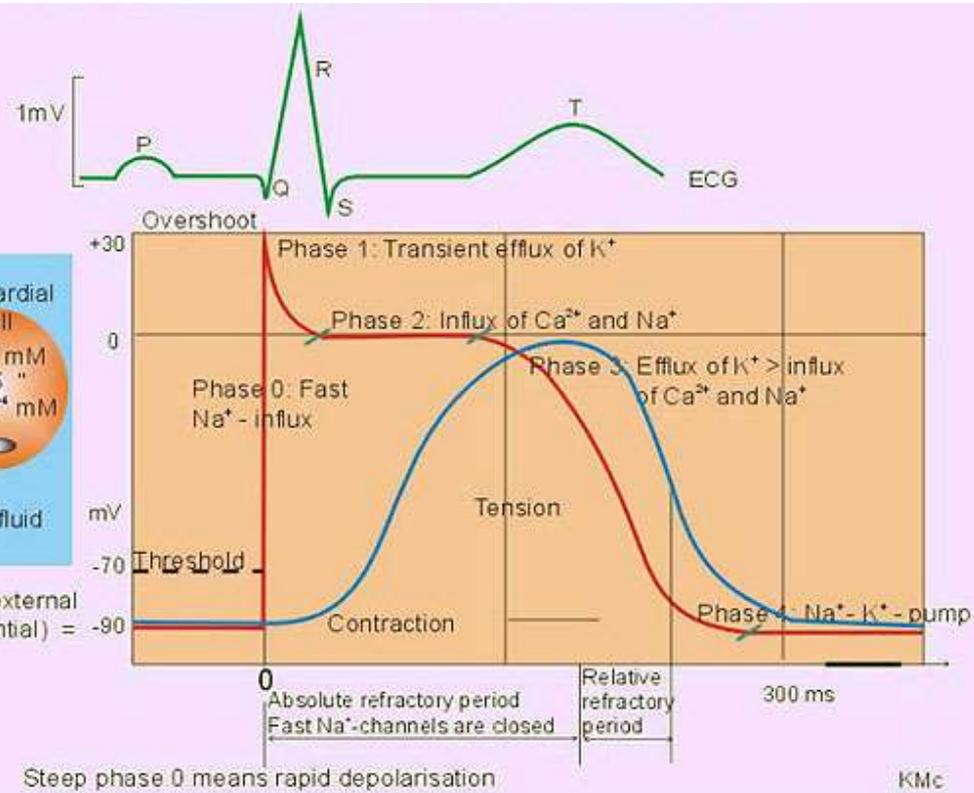


(a) Systole

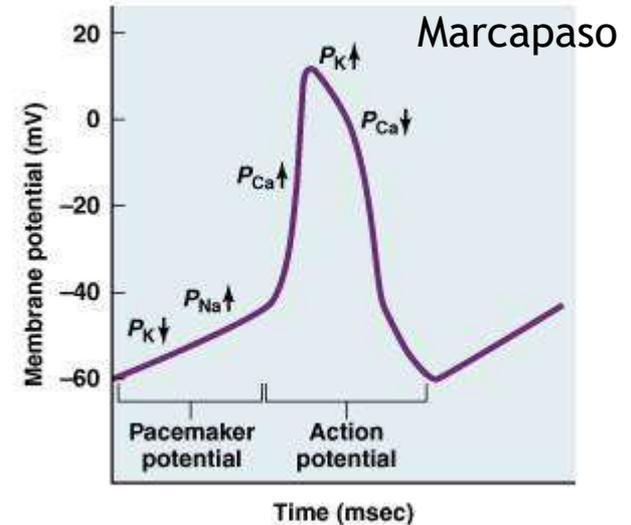
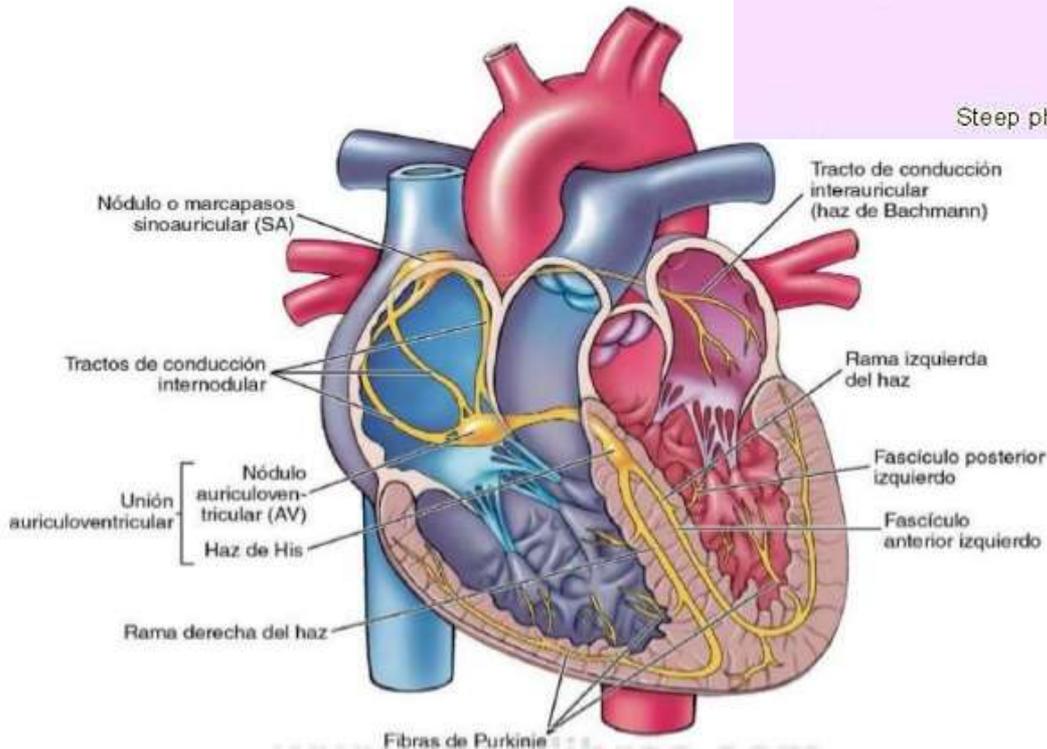


(b) Diastole

Potencial de acción cardíaco



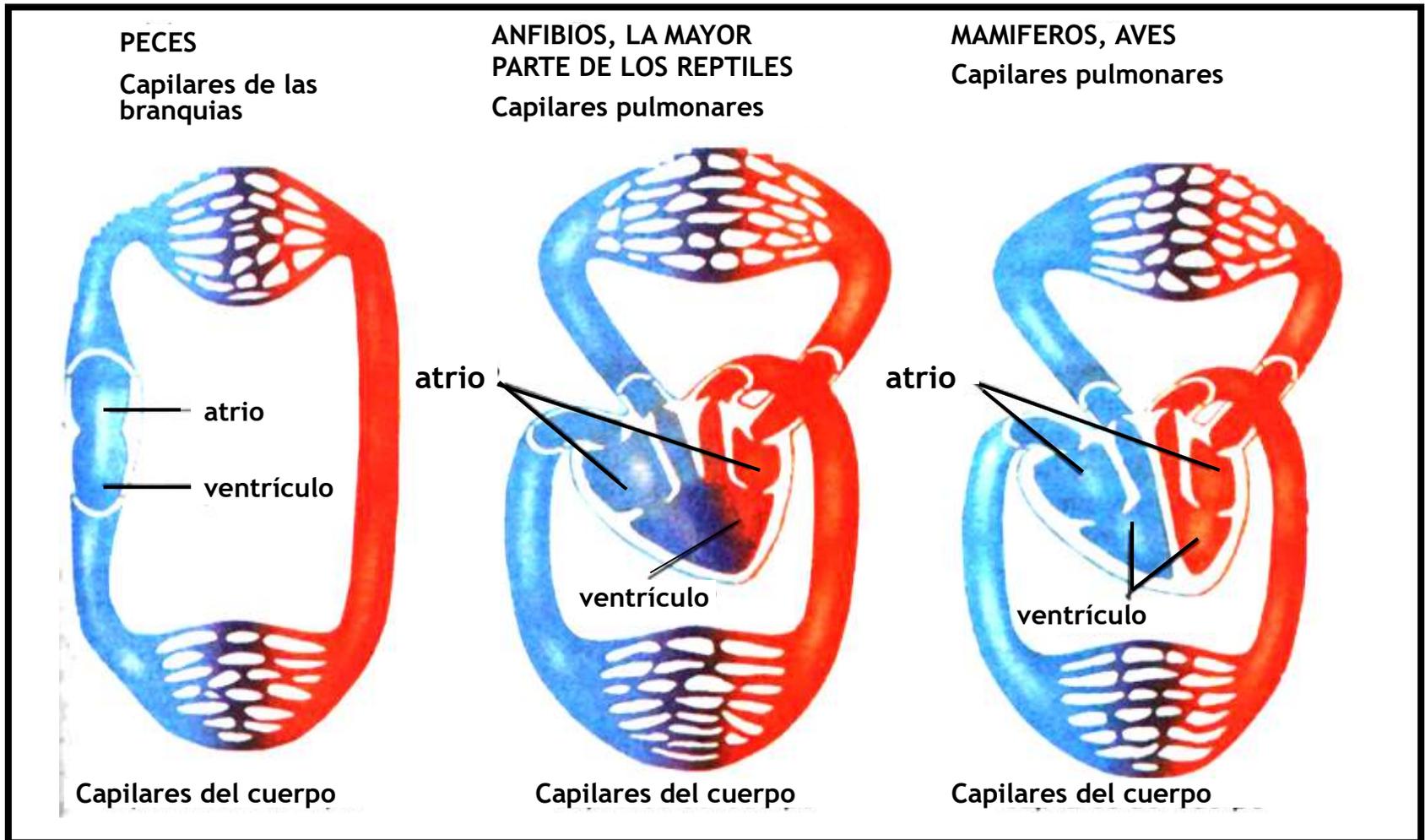
Sistema de conducción eléctrica d



3. Estructura de la circulación en vertebrados

3.1 Tipos de circulación en vertebrados (cerrada)

a) Simple; b) Doble: incompleta y completa



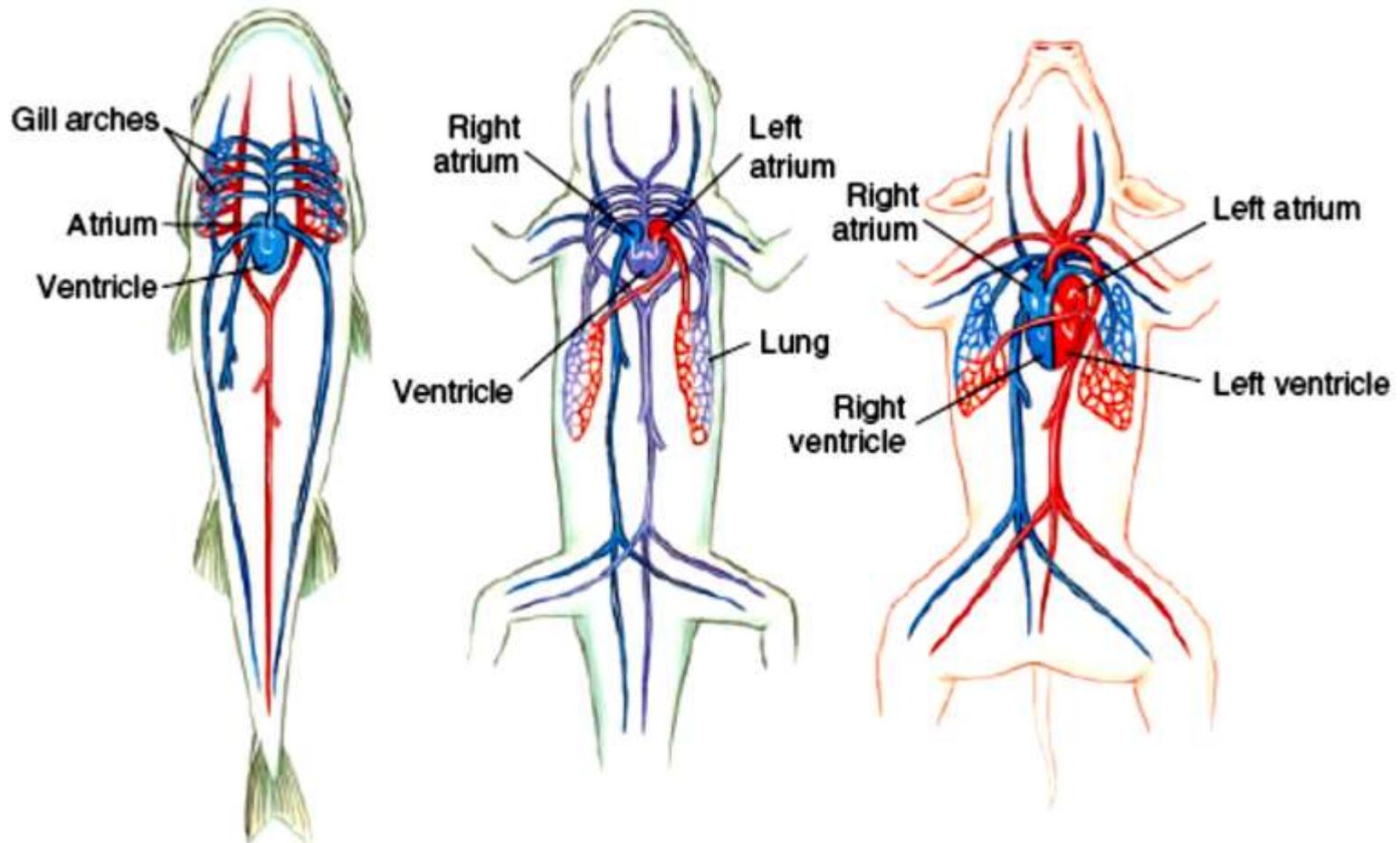
TIPOS de circulación cerrada

1.Simple (peces)

2.Doble

-Incompleta (anfibios y reptiles)

-Completa (peces, aves y mamíferos)



Anatomía de los vasos sanguíneos

Capas:

Interna o íntima: endotelio

Media o muscular: m liso

Externa o adventicia: tej conectivo

ARTERIAS

- Llevan la sangre del corazón hacia los capilares y éstos hacia los tejidos.
- Actúa como reserva de presión (vasos de resistencia).
- Amortigua las oscilaciones de presión.
- Controla la distribución de la sangre.

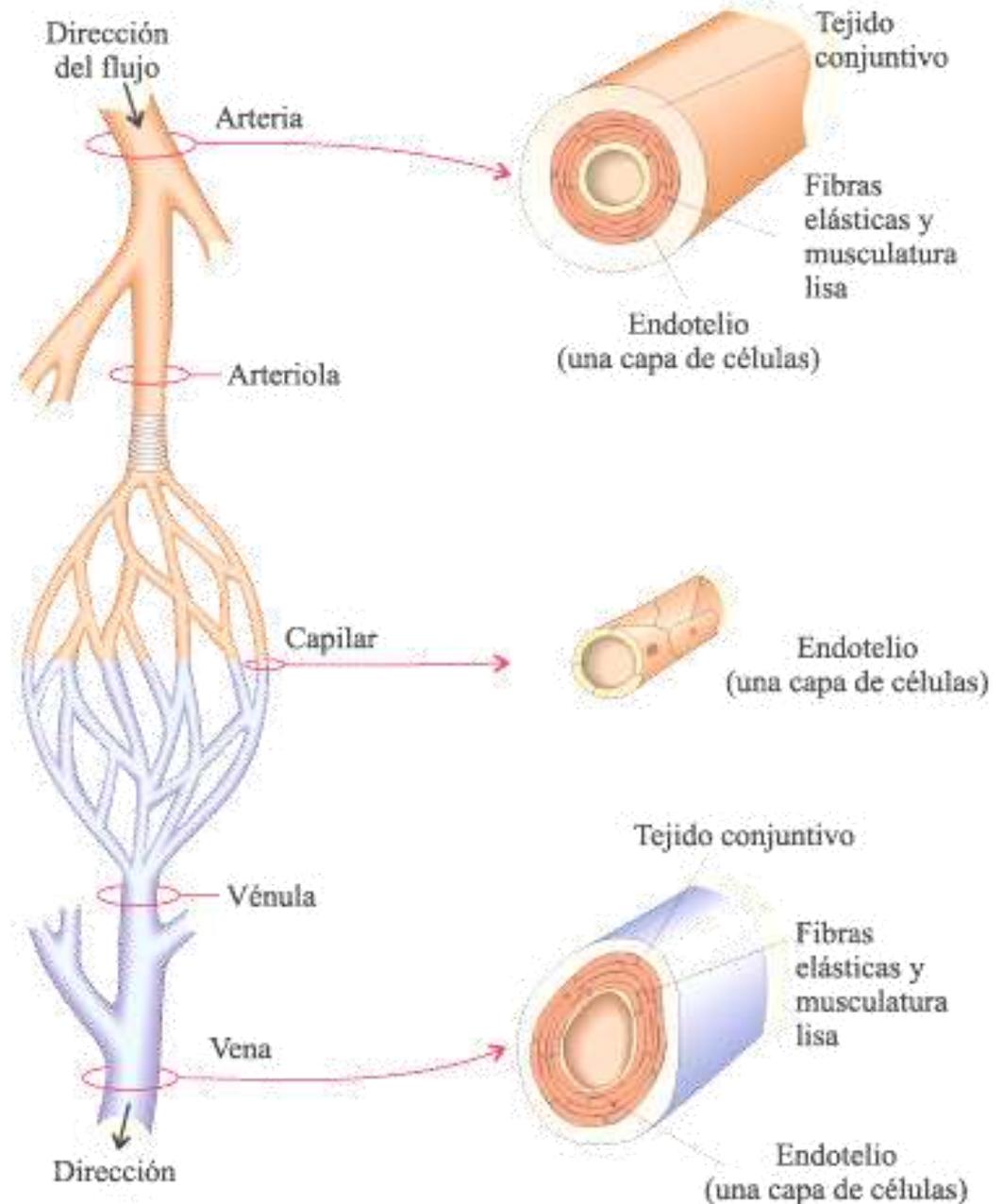
VENAS

- Colecta la sangre de los capilares y la lleva al corazón.
- Las venas están a una baja presión.
- Actúa como reserva de grandes volúmenes de sangre (capacitancia)

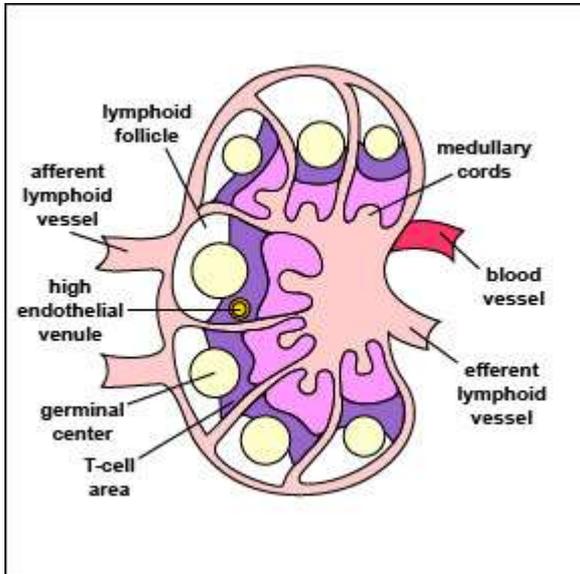
CAPILARES

Formados solo por endotelio

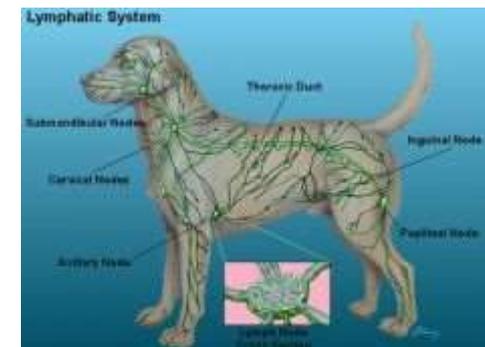
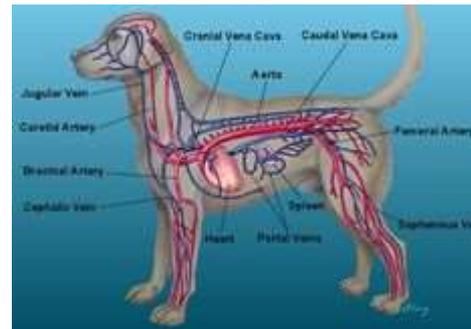
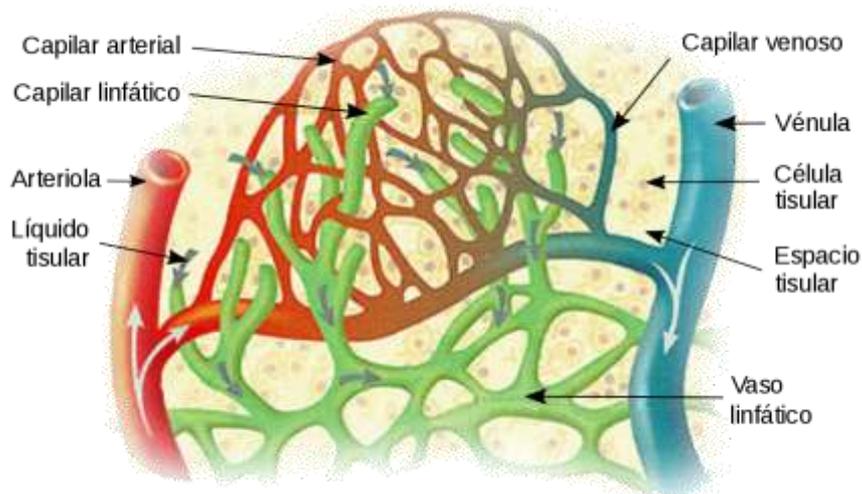
Son vasos de intercambio (difusión , filtración)



SISTEMA LINFÁTICO

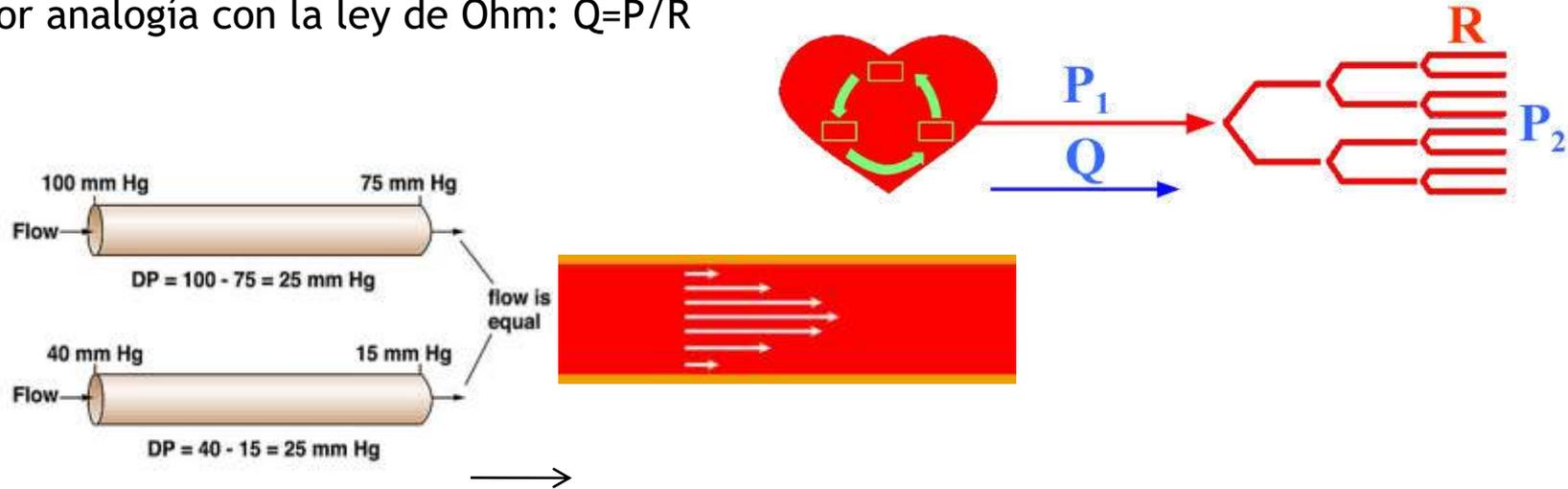


- Constituido por capilares y ganglios linfáticos.
- Linfa: plasma que se ha salido de los capilares y no retorna a ellos. Contiene pocas proteínas y glóbulos blancos.
- Función: recuperar la linfa de los tejidos y llevarla nuevamente hacia la sangre.
- La filtración en los mamíferos es reducida.
- Los ganglios protegen de agentes invasores (respuesta inmunitaria).



3.2 Hemodinámica de la circulación

Circulación sanguínea depende de la interrelación entre Flujo, Presión y Resistencia, por analogía con la ley de Ohm: $Q=P/R$



Presión: fuerza que ejerce la sangre sobre la pared de los vasos. Se origina en el corazón; la sistólica se produce por la contracción y la diastólica por la relajación. Va disminuyendo conforme los vasos se ramifican para formar un gradiente.

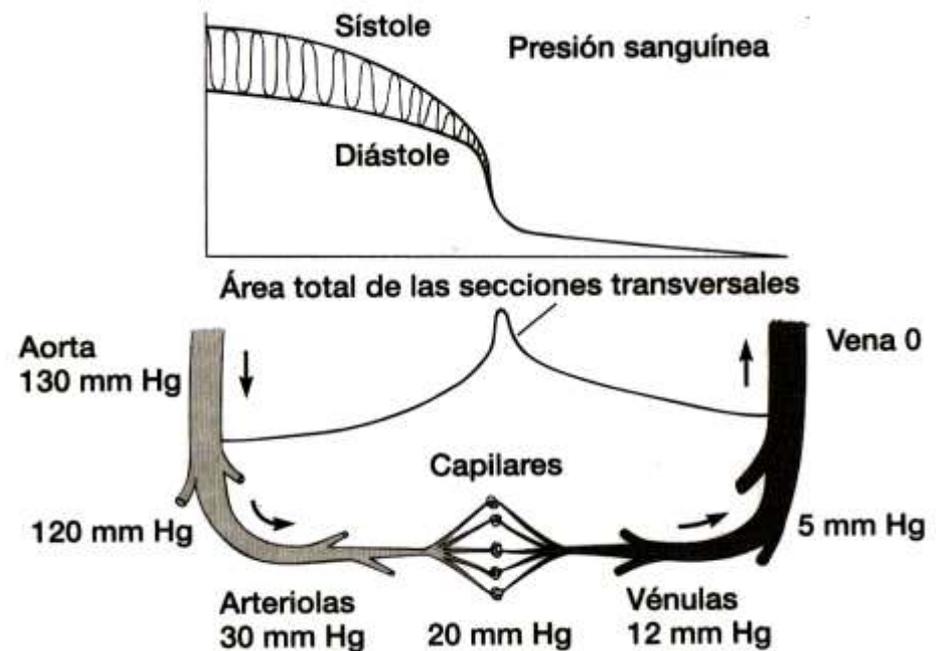
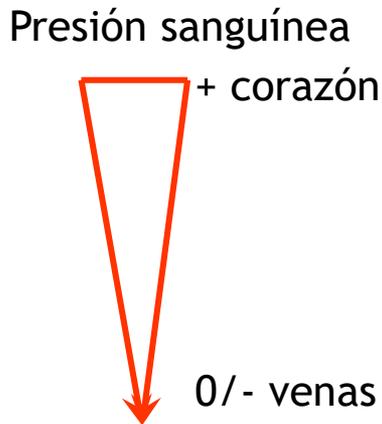
Flujo o gasto: volumen de sangre que circula en 1 minuto. Aprox 5 litros por minuto en reposo; órganos como el cerebro o el riñón tienen más gasto -reciben más sangre.

Resistencia vascular: fuerza que se opone al flujo; depende 1) del volumen y de la viscosidad de la sangre (esta depende del hematocrito, temperatura y velocidad del flujo); 2) de la tensión del vaso, fuerza contráctil de la pared del vaso (en relación inversa con el radio del vaso)

A mayor distancia del corazón menos presión sanguínea:

1. Rozamiento sangre con paredes de los vasos.
2. Aumento del área total de los vasos (sección transversal) al ramificarse

Fuerza impulsión $\xrightarrow{\text{Contrarrestar}}$ Resistencia por rozamiento

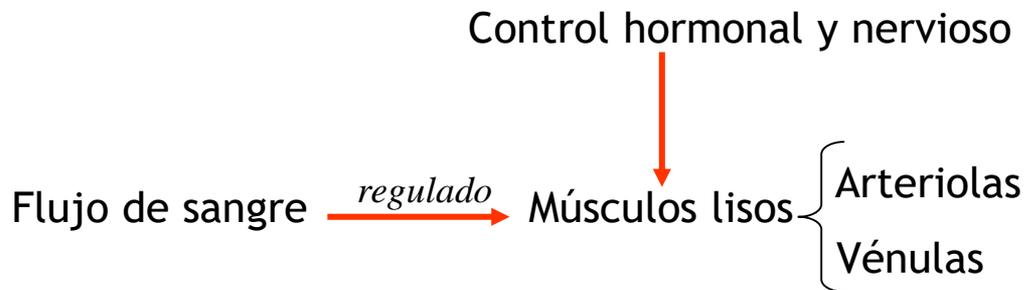


- ✓ p.s negativa hace circular la sangre en sentido contrario
- ✓ Una vasoconstricción hace pasar la sangre de las venas al lado arterial

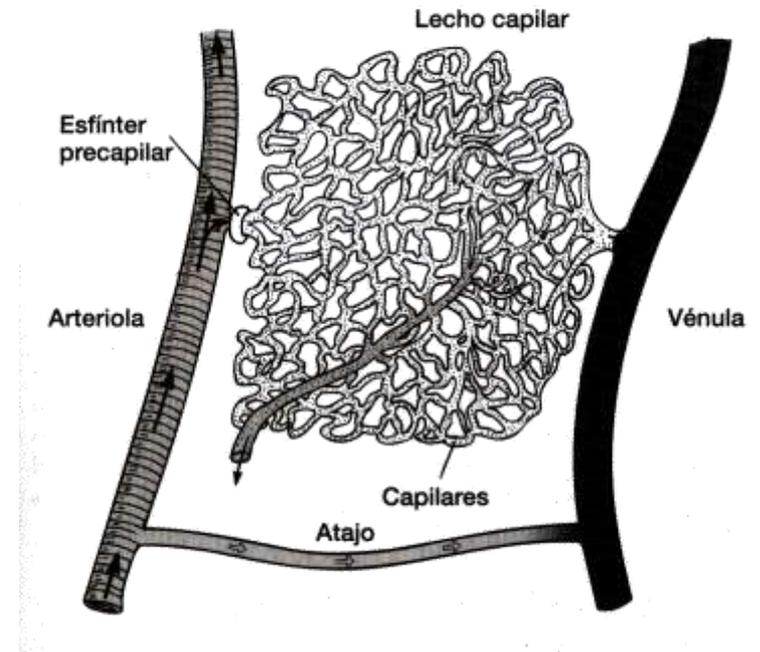
Microcirculación

“Parte profunda del sistema cardiovascular que regula y mantiene el metabolismo”

- Regulación presiones
- Distribución de calor
- Distribución selectiva sangre (hacer ejercicio después de una comida)



“Atajos para evitar el paso de la sangre por determinadas regiones”



4. CIRCULACION SANGUÍNEA EN VERTEBRADOS

4.1 Circulación peces

Ventrículo

↓ *Contracción*

Salida sangre cono arterial

↓ *Vaciado ventrículo*

Reducción volumen que ocupa el ventrículo en la cavidad pericárdica

↓

Descenso p.s de la cavidad pericárdica

↓

Expansión seno venoso y aurícula

↓

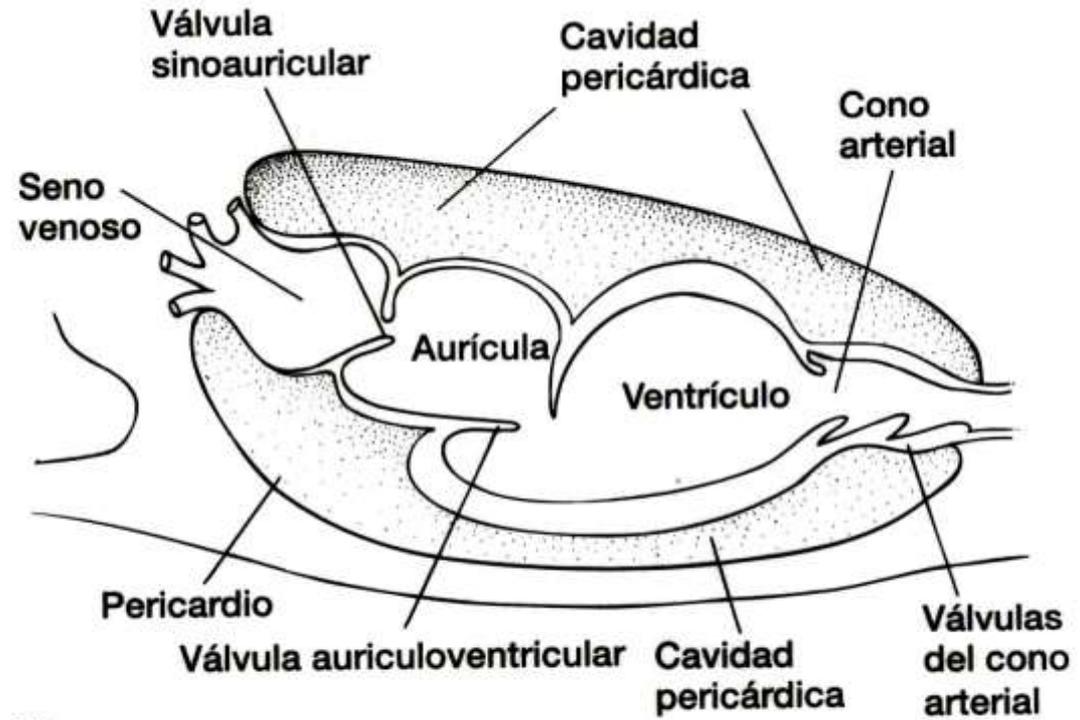
Disminución p.s interna aurícula y seno

↓

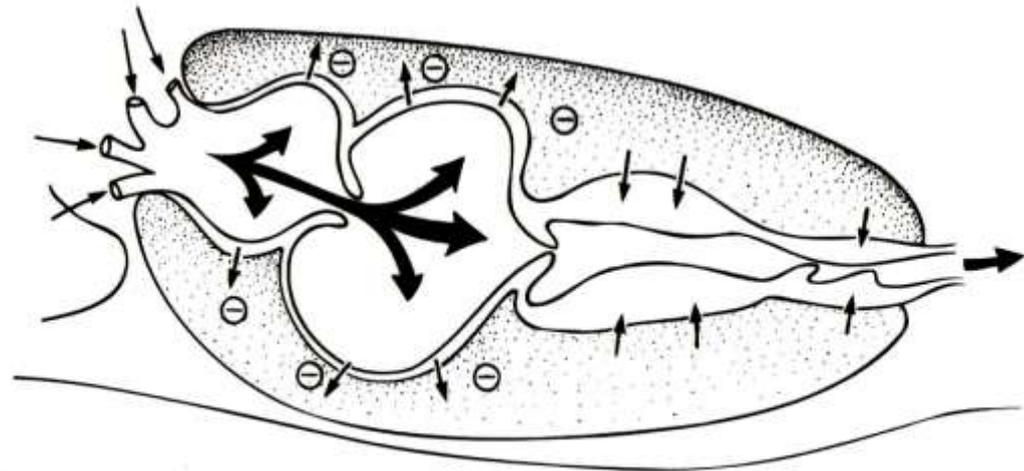
Llenado seno aurícula

↓ *Contracción*

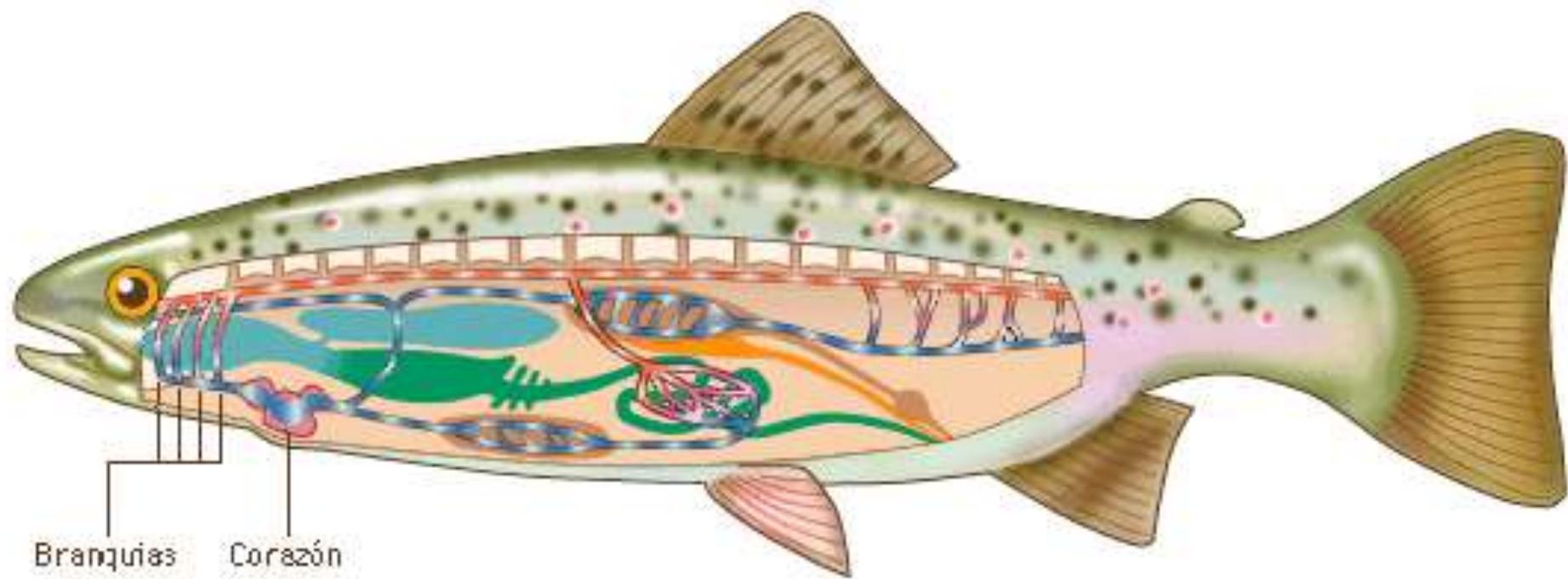
Llenado ventrículo



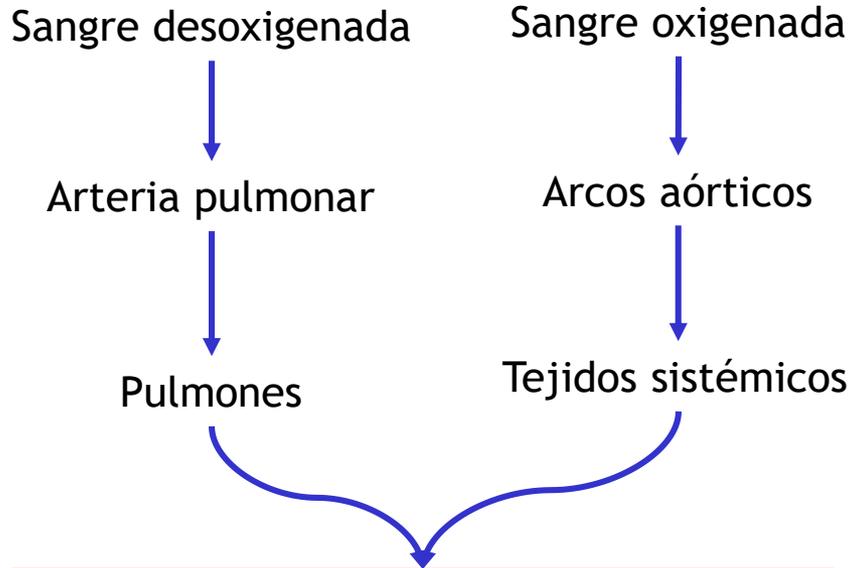
(a)



(b)

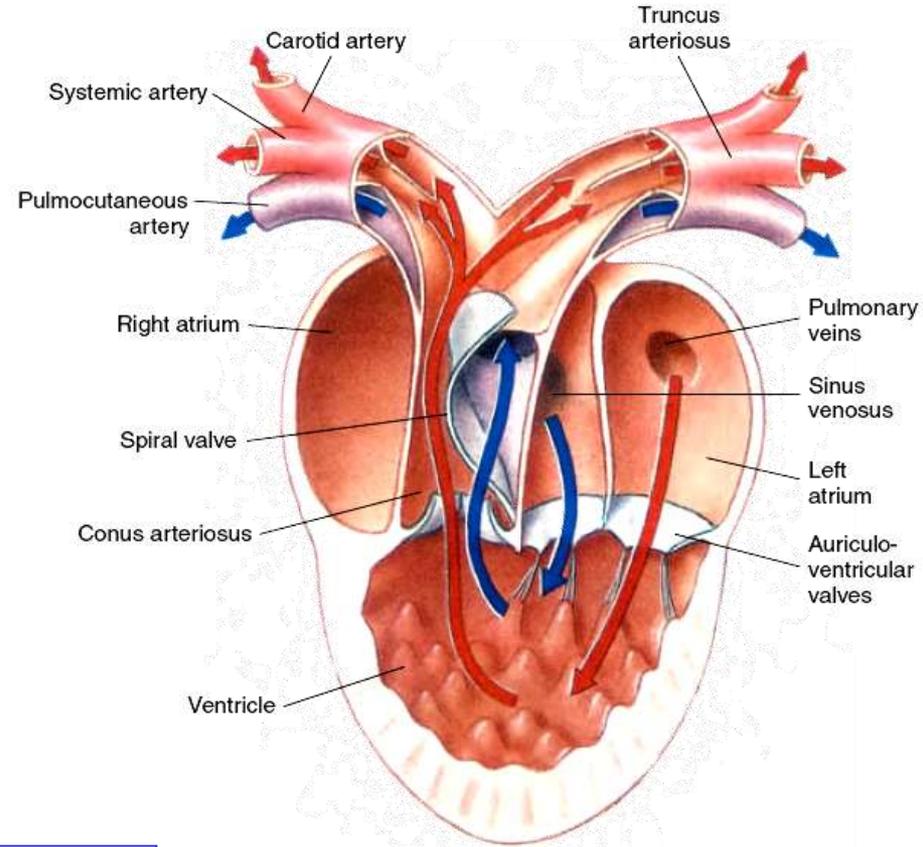
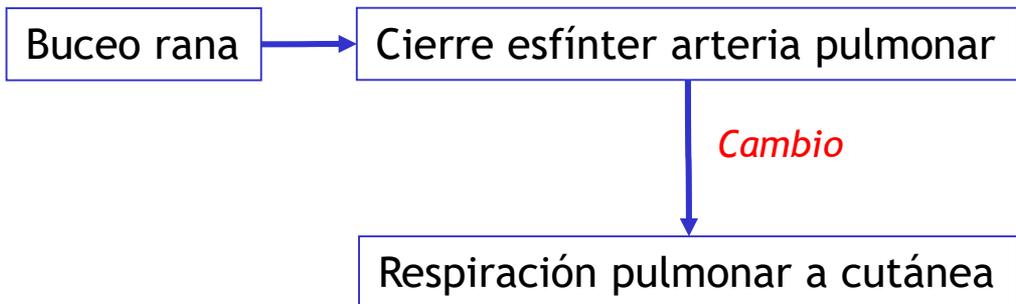


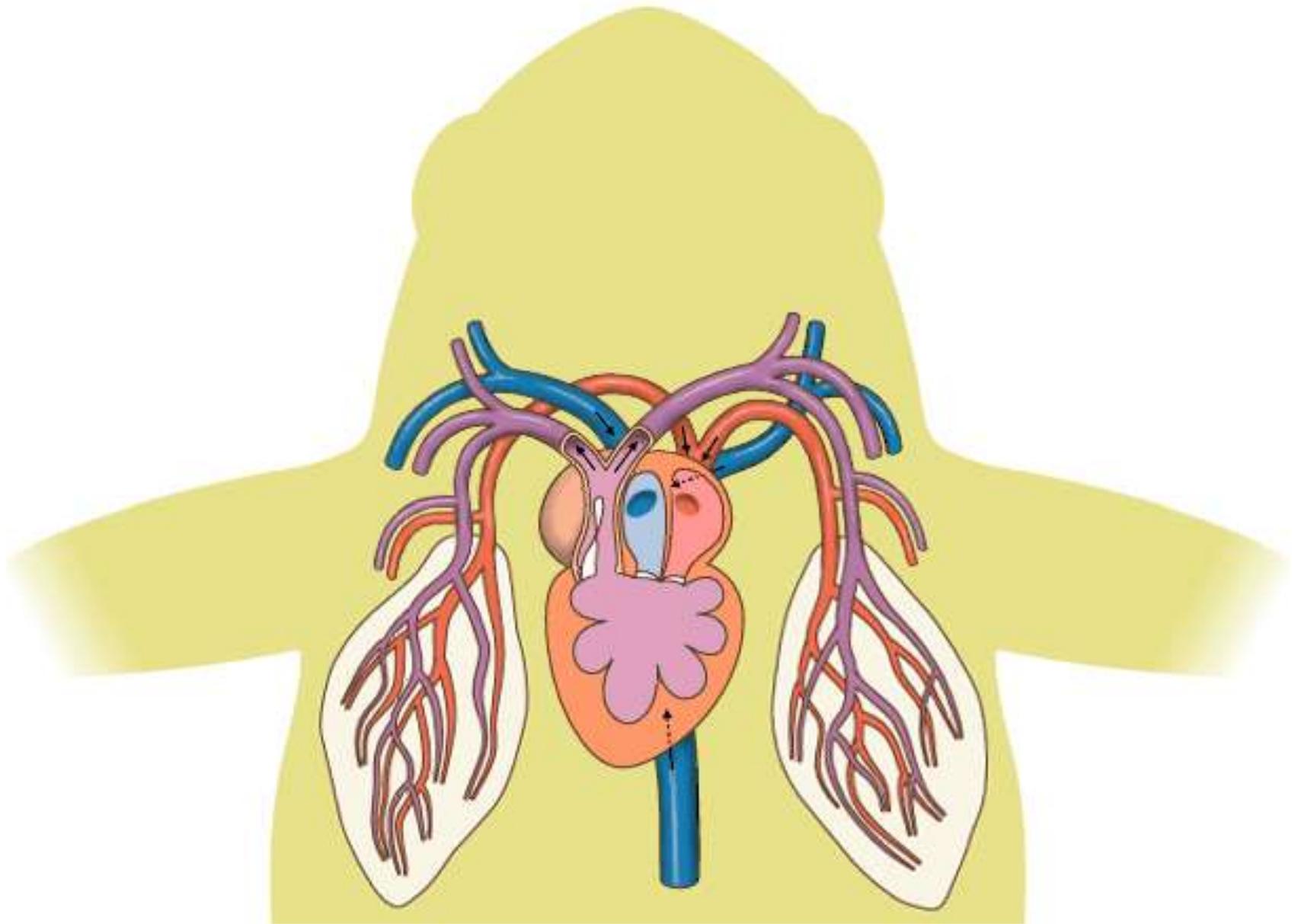
4.2 Circulación anfibios



No se mezclan debido a las TRABÉCULAS

Separación sangre en función de la P_{O_2}





4.3 Circulación reptiles tortugas y escamosos

Sangre desoxigenada

Aurícula derecha

Cavum venoso

Cresta muscular

Cavum pulmonale

Arteria pulmonar

Pulmones

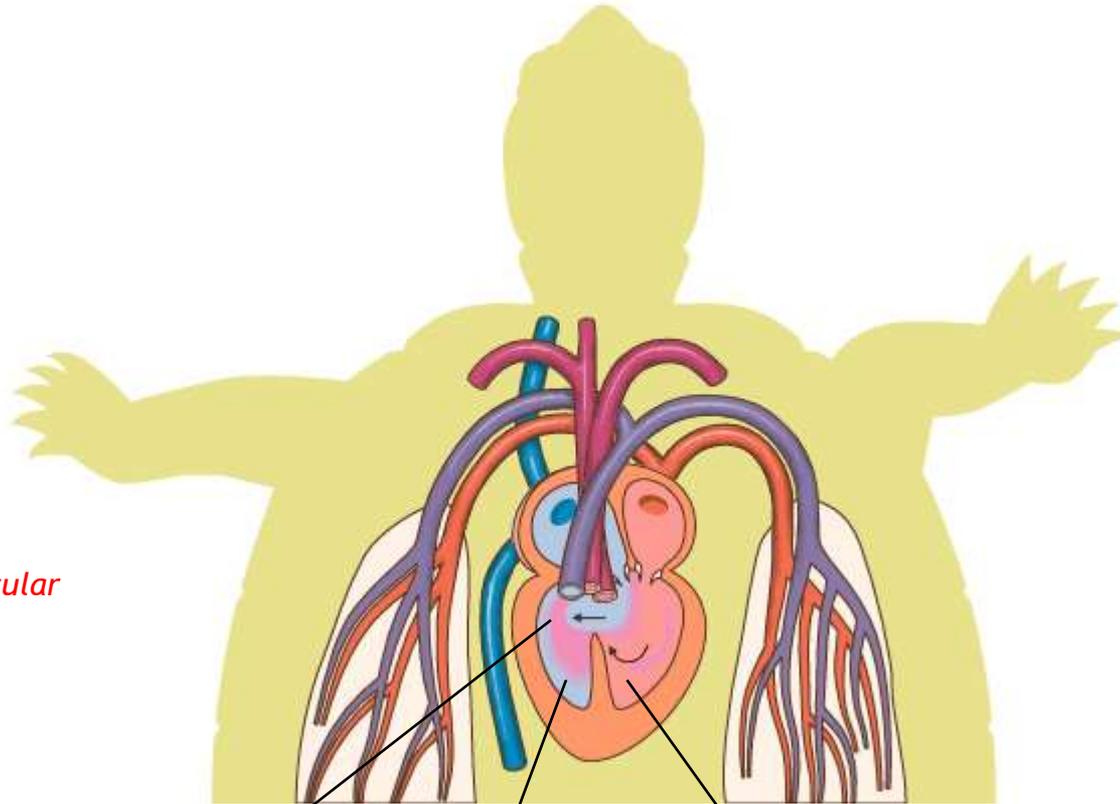
Sangre oxigenada

Aurícula izquierda

Cavum arteriosum

Troncos aórticos

Tejidos



Cavum venoso

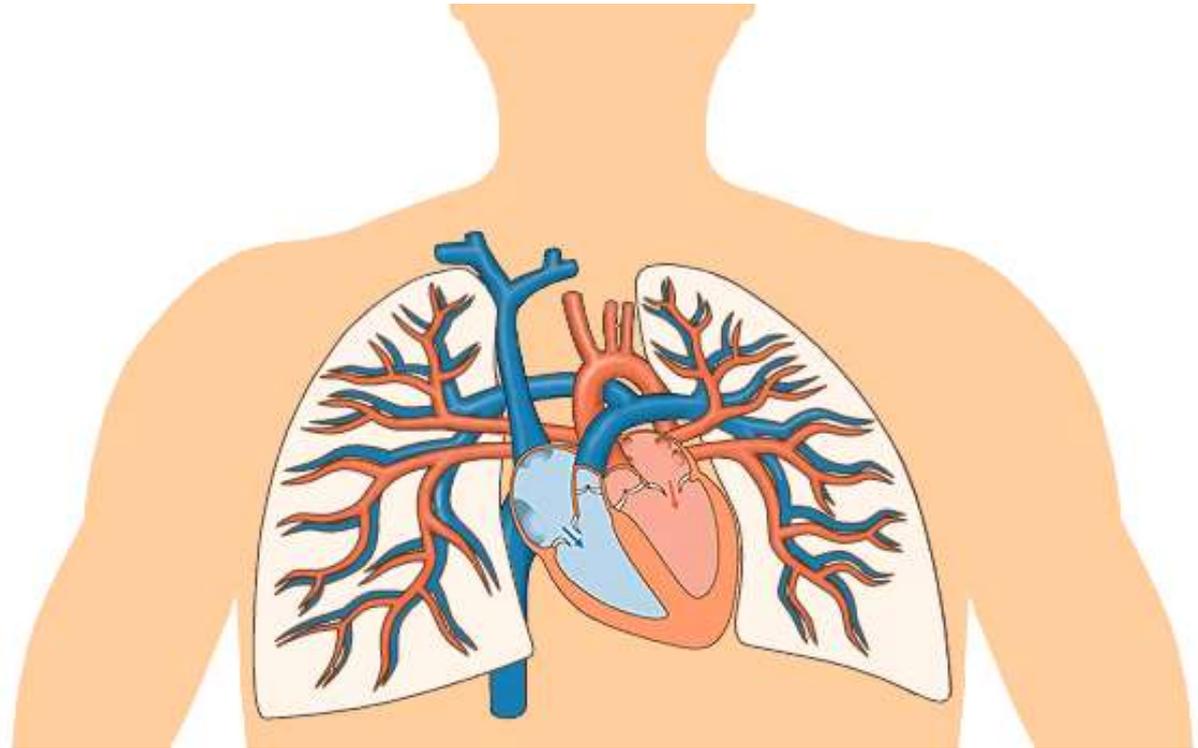
Cavum pulmonale

Cavum arteriosum

“Hay una separación funcional de la sangre, así no haya separación anatómica”

4.4 Circulación mamíferos

1. **Fase de llenado:** la sangre pasa desde la aurícula al ventrículo, es el principio de la diástole (relajación de los ventrículos).
2. **Fase de contracción isométrica ventricular:** en esta fase comienza la sístole (contracción ventricular)

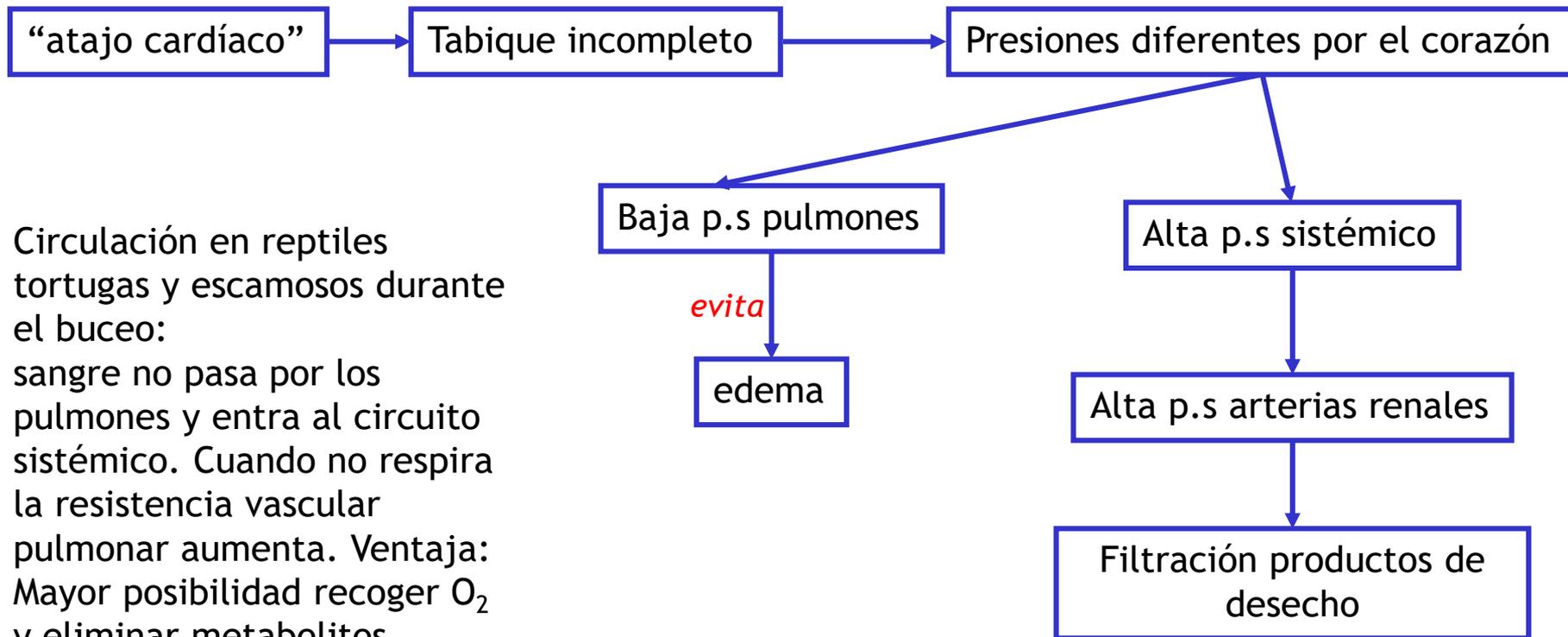


3. **Fase de expulsión:** es la sístole propiamente dicha, en donde hay una contracción ventricular, existe una salida de sangre a la aorta y a la pulmonar.
4. **Fase de relajación ventricular:** los ventrículos se relajan, las válvulas sigmoideas se cierran y las válvulas auriculoventriculares se abren. El ciclo completo dura unos 0,8 s (Reposo).

5. AJUSTES EN LA CIRCULACION SANGUÍNEA

Sistema cardiovascular: correspondencia entre la estructura y los requerimientos ambientales

Sistema cardiovascular  Adaptación a las demandas de los estilos de vida



Circulación en reptiles tortugas y escamosos durante el buceo: sangre no pasa por los pulmones y entra al circuito sistémico. Cuando no respira la resistencia vascular pulmonar aumenta. Ventaja: Mayor posibilidad recoger O_2 y eliminar metabolitos.

“Cocodrilos válvula dentada en la arteria pulmonar”

Bajar la cabeza

Cambio brusco presión sanguínea

Microcirculación iguala y distribuye las presiones

Evita presiones excesivas

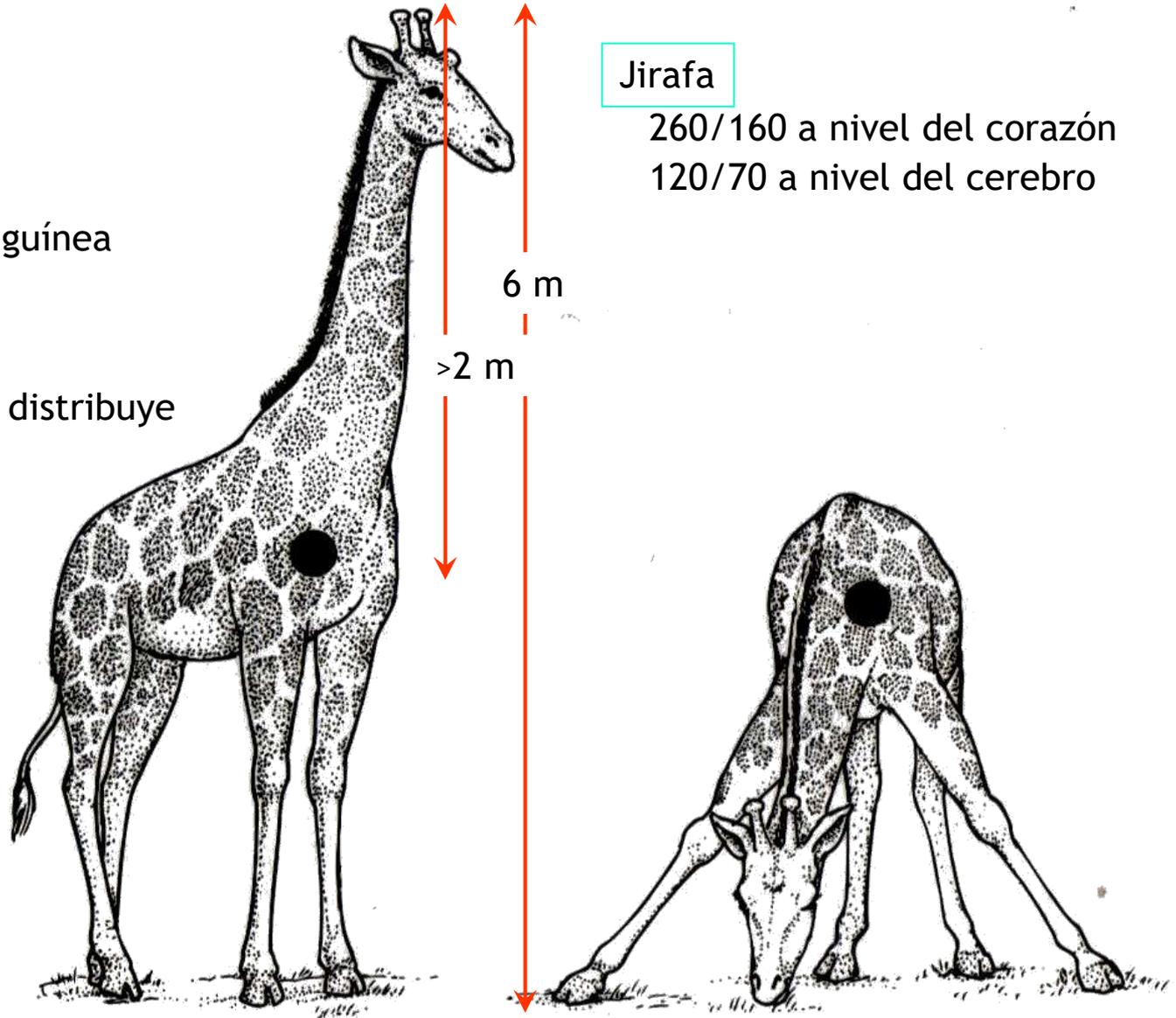
Órganos sensibles (encéfalo y médula)

Jirafa

260/160 a nivel del corazón
120/70 a nivel del cerebro

6 m

>2 m



Vasoconstricción vasos en la parte baja

Disminución presión aórtica

Vasodilatación vasos en la parte baja

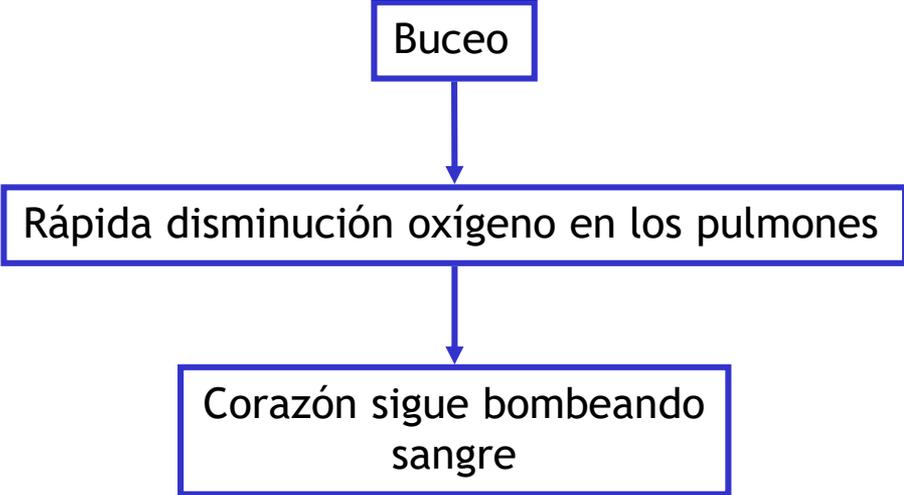
Órganos accesorios de respiración aérea

1. Vejigas gaseosas vascularizadas
2. Tragar burbujas de aire

Buceo en aves y mamíferos

No tienen “atajos” fisiológicos

Buceo



```
graph TD; A[Buceo] --> B[Rápida disminución oxígeno en los pulmones]; B --> C[Corazón sigue bombeando sangre];
```

Rápida disminución oxígeno en los pulmones

Corazón sigue bombeando
sangre

Ajustes:

1. Bradicardia
2. Metabolismo anaerobio músculos esqueléticos
3. Microcirculación desvía sangre hacia los principales órganos