

# Aparato circulatorio

# INTRODUCCIÓN

El aparato circulatorio es la fracción circulante del medio interno (sangre, linfa y líquidos intersticiales) que lleva los nutrientes y el oxígeno a las células. También se encarga de recoger los productos de desecho (sin h intercalada, verbo echar, no hacer) y el CO<sub>2</sub>.

El aparato circulatorio esta formado por un órgano de acción mecánica, el **corazón**, que bombea la sangre (aproximadamente 5L) y provoca su movimiento a través del organismo.

Además del corazón hay **vasos sanguíneos**: **arterias**, **venas** y **capilares**.

Las **arterias** son vasos que llevan la sangre **del corazón a los tejidos** y las **venas** son vasos que **devuelven** la sangre al corazón. La continuidad entre arterias y venas (fue demostrada por Malpighi) se produce a través de los **capilares sanguíneos**, que son vasos de calibre muy pequeño, constituidos únicamente por una pared endotelial (el endotelio está formado por una única capa de células planas).

El intercambio entre la sangre y los tejidos se produce a través de los capilares sanguíneos, este intercambio hace que la composición del líquido extracelular sea constante (**homeostasis**)

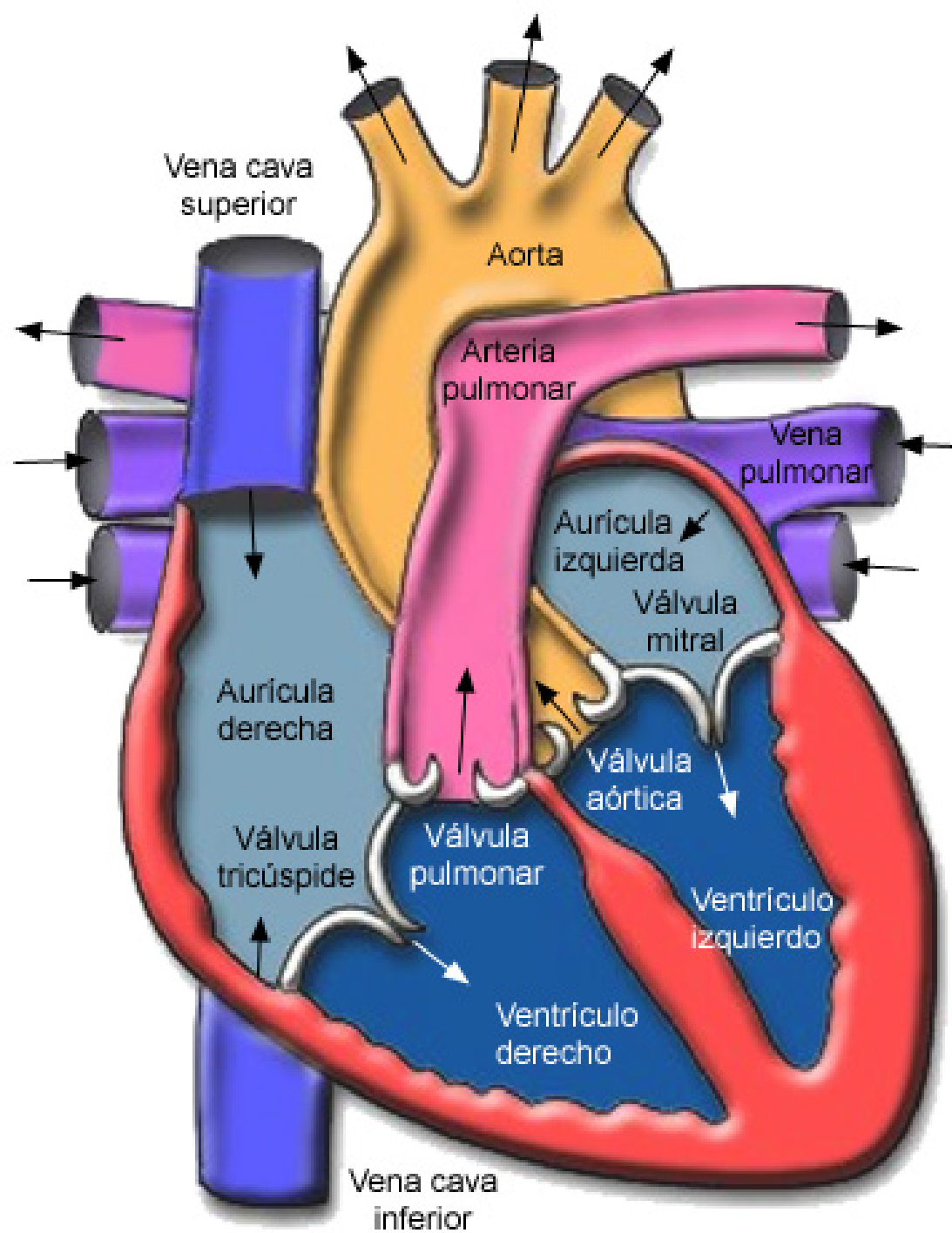
Anatomía

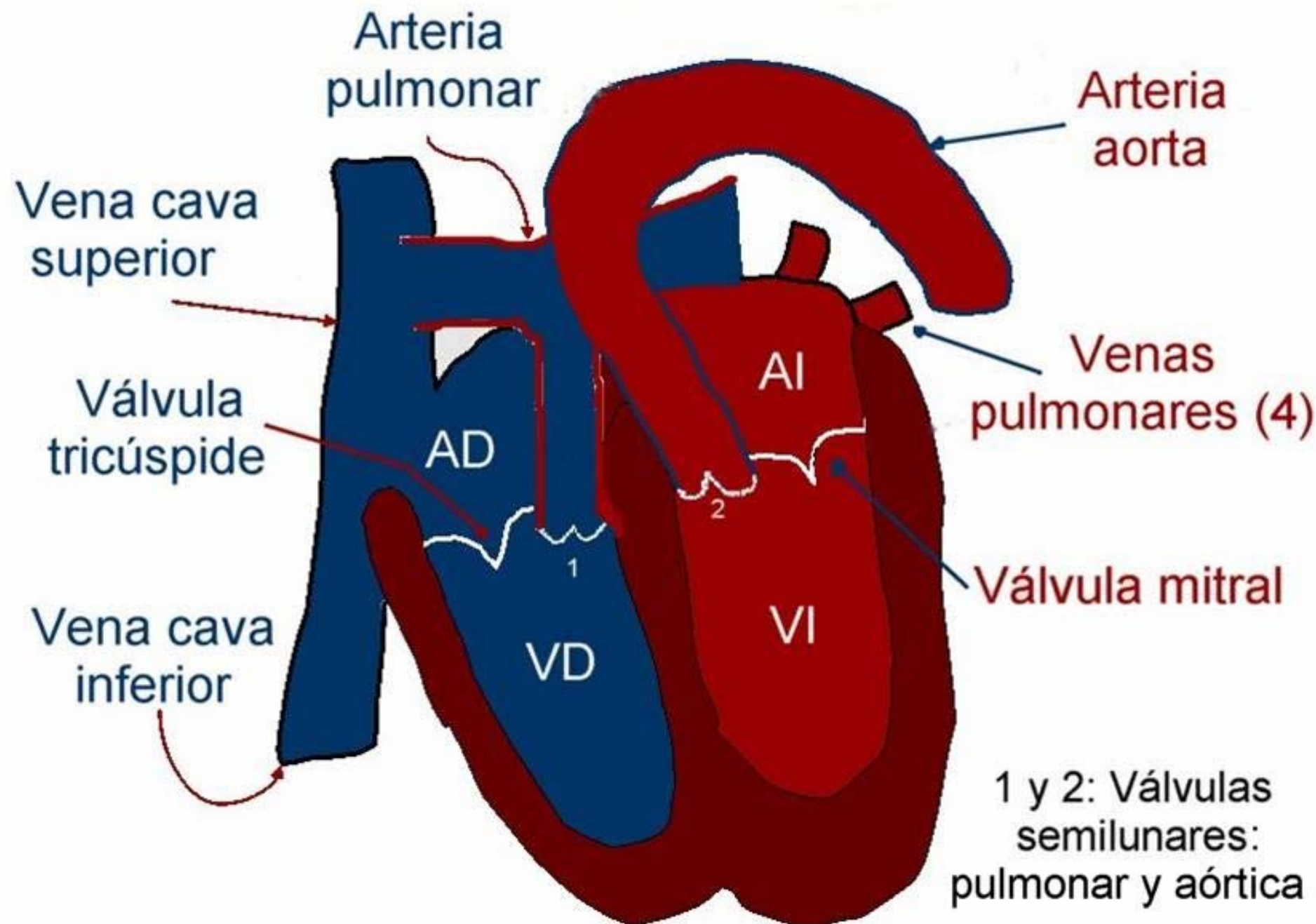
# EL CORAZÓN

El corazón en mamíferos está dividido en un **corazón derecho** y **un corazón izquierdo** que no se comunican. Cada uno de ellos está constituido por una **aurícula** (o atrio) y un **ventrículo**. Son dos bombas que impulsan la sangre casi sincrónicamente.

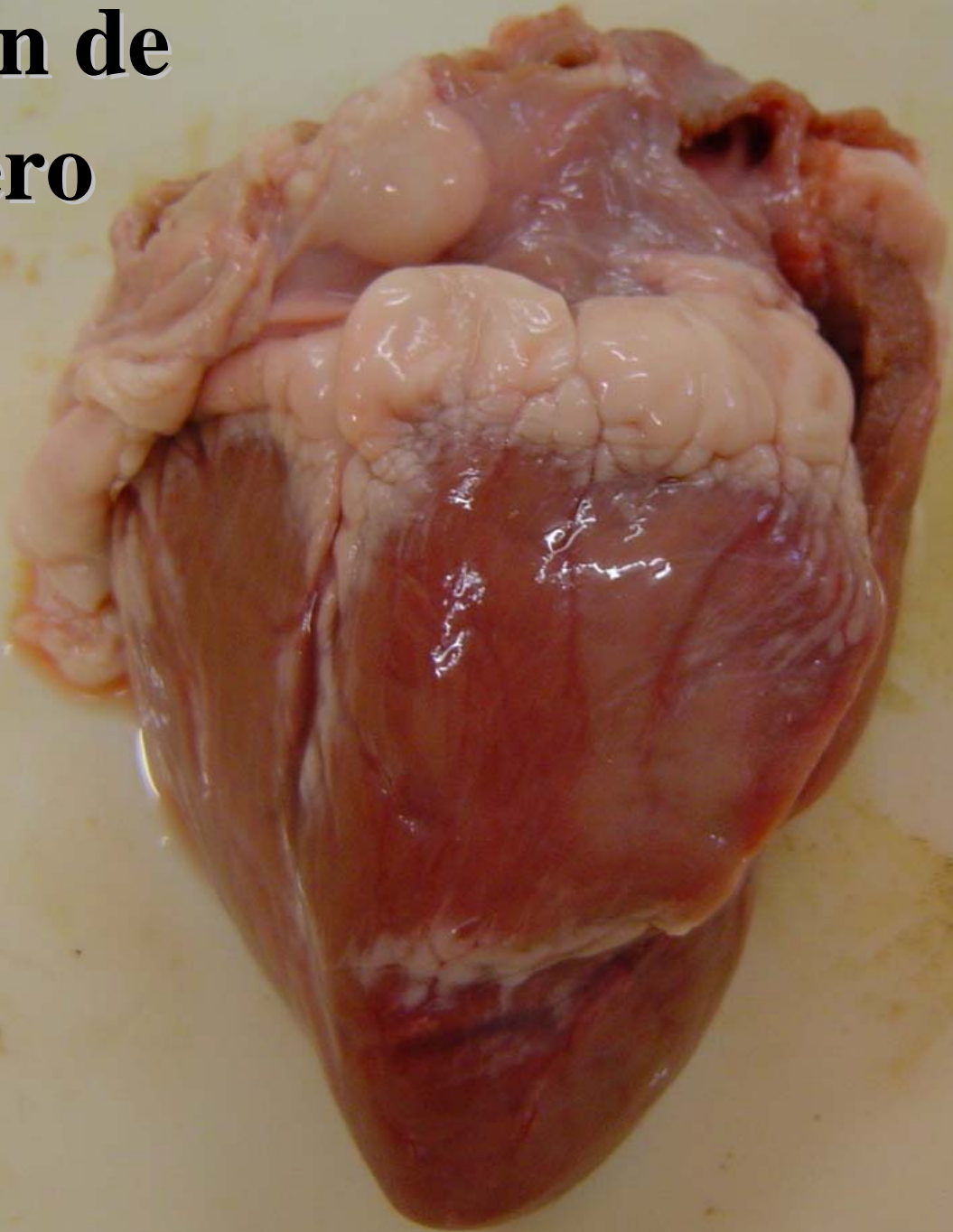
Entre las aurículas y los ventrículos hay unas aberturas con **válvulas** que permiten el paso de la sangre de las aurículas a los ventrículos y no al revés. En el **corazón derecho** existe una válvula formada por tres laminillas (o valvas) que recibe el nombre de **válvula tricúspide**. En el **corazón izquierdo** solo tiene dos laminillas y se llama **válvula mitral o bicúspide**.

Existen otras válvulas, llamadas **sigmoideas** o **semilunares** que se encuentran a la salida de las **arterias pulmonar** y **aórtica**, estas válvulas permiten la salida de la sangre desde los ventrículos a las arterias e impiden su retroceso.





# Corazón de cordero



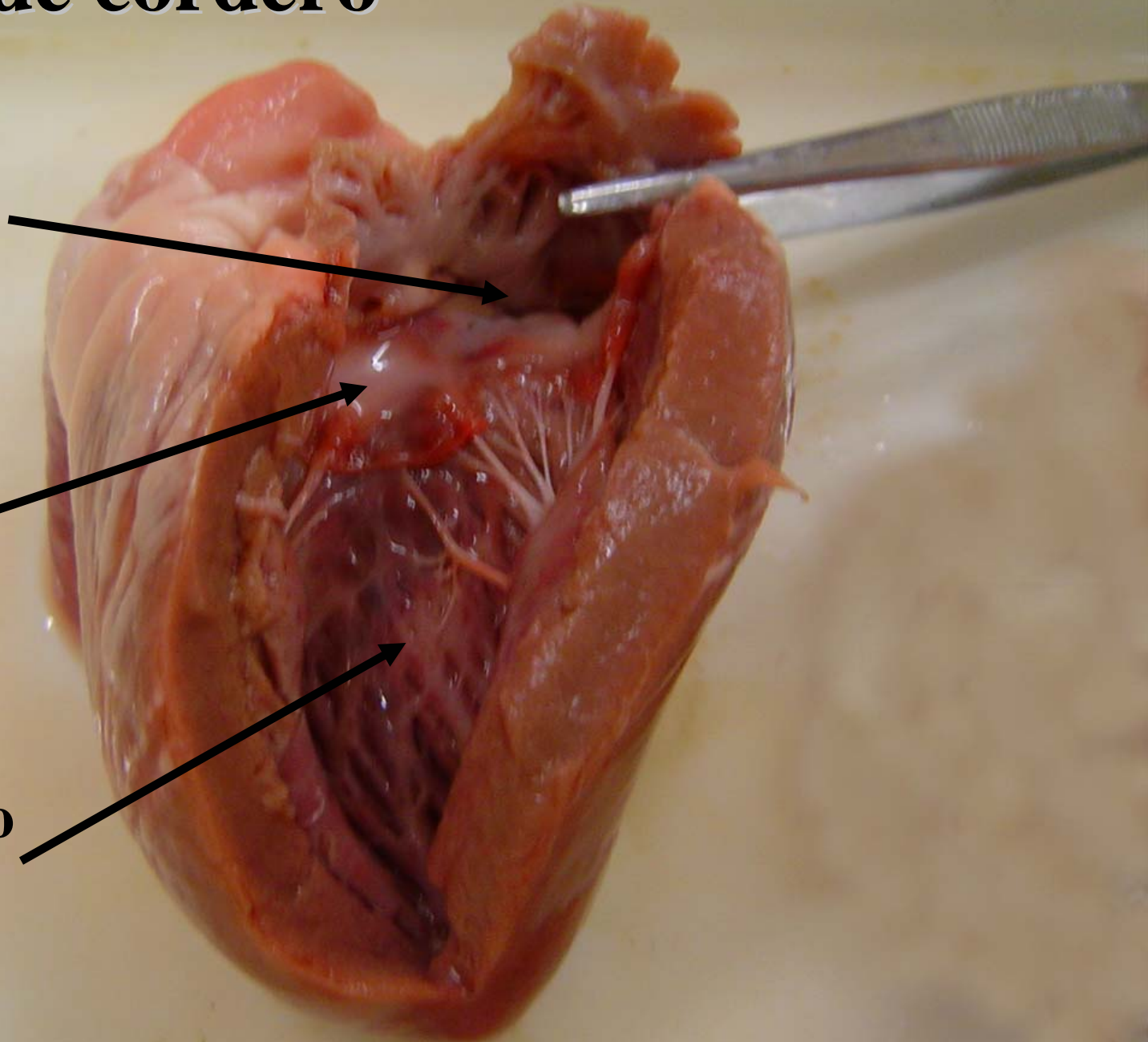


# Corazón de cordero

**Aurícula  
izquierda**

**Válvula  
mitral o  
bicúspide**

**Ventrículo  
izquierdo**





# Corazón de cordero

**Aurícula  
izquierda**

**Válvula  
mitral o  
bicúspide**

**Ventrículo  
izquierdo**

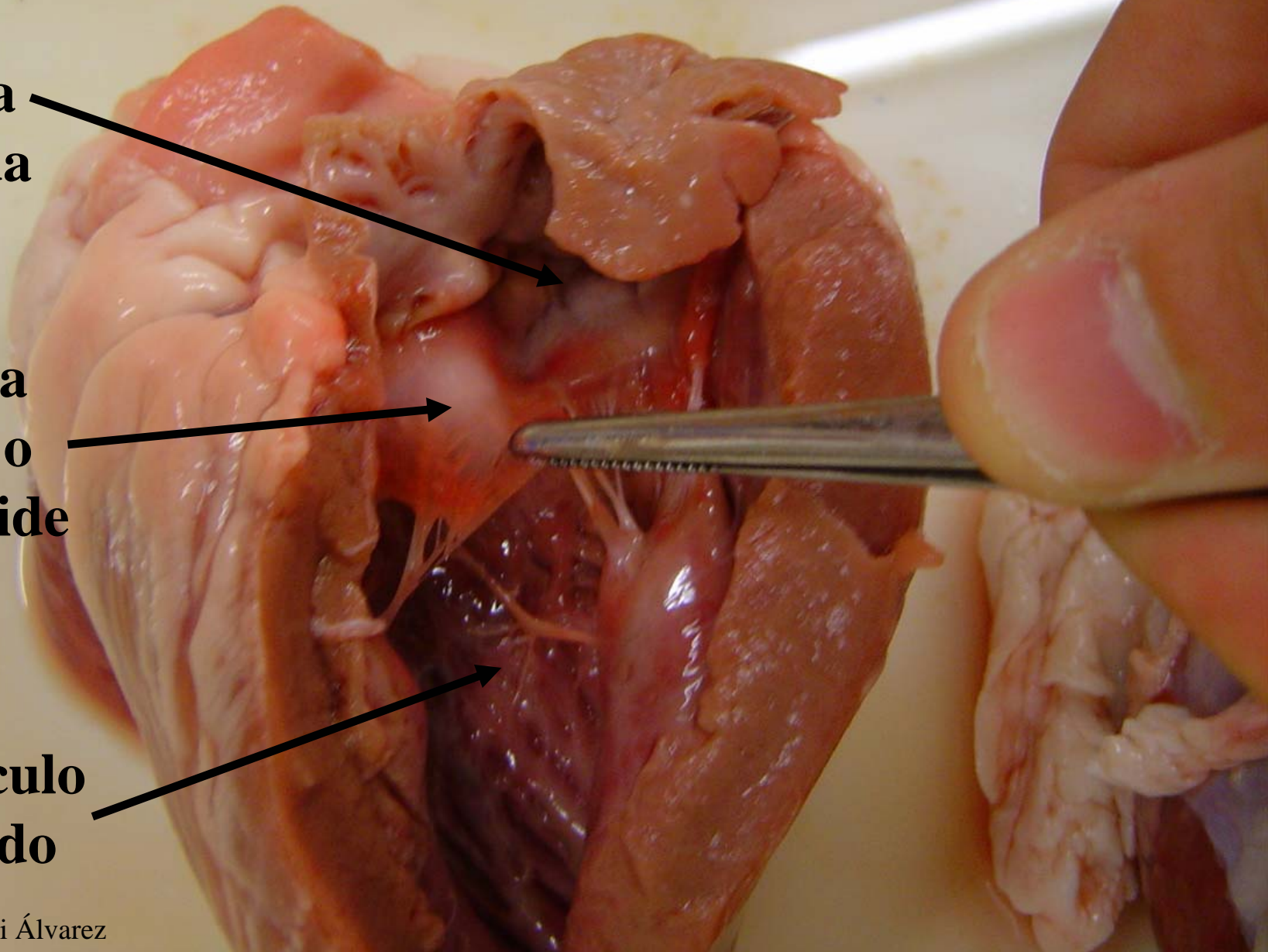
**Cuerdas  
tendinosas**

# Corazón de cordero

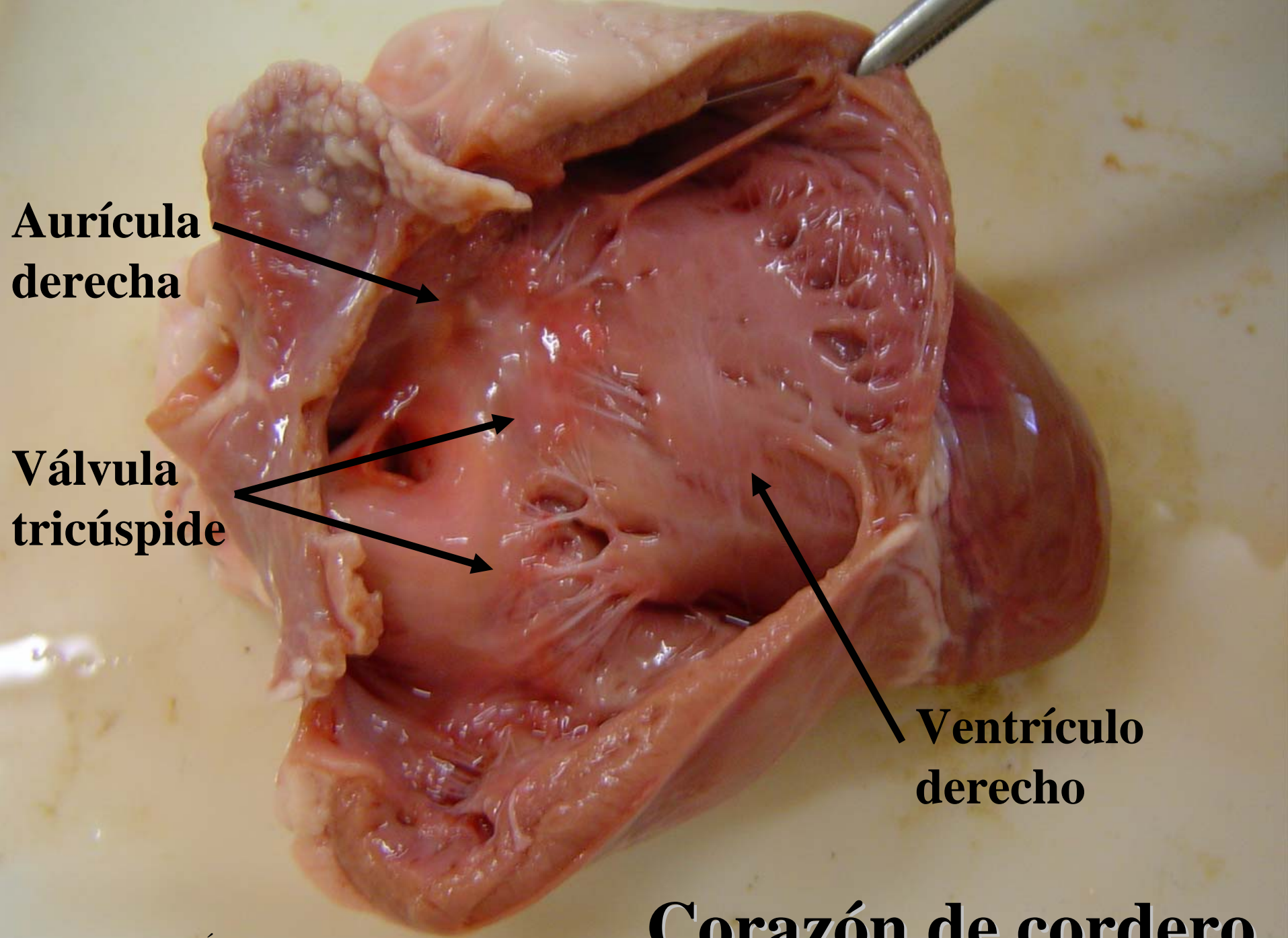
**Aurícula  
izquierda**

**Válvula  
mitral o  
bicúspide**

**Ventrículo  
izquierdo**





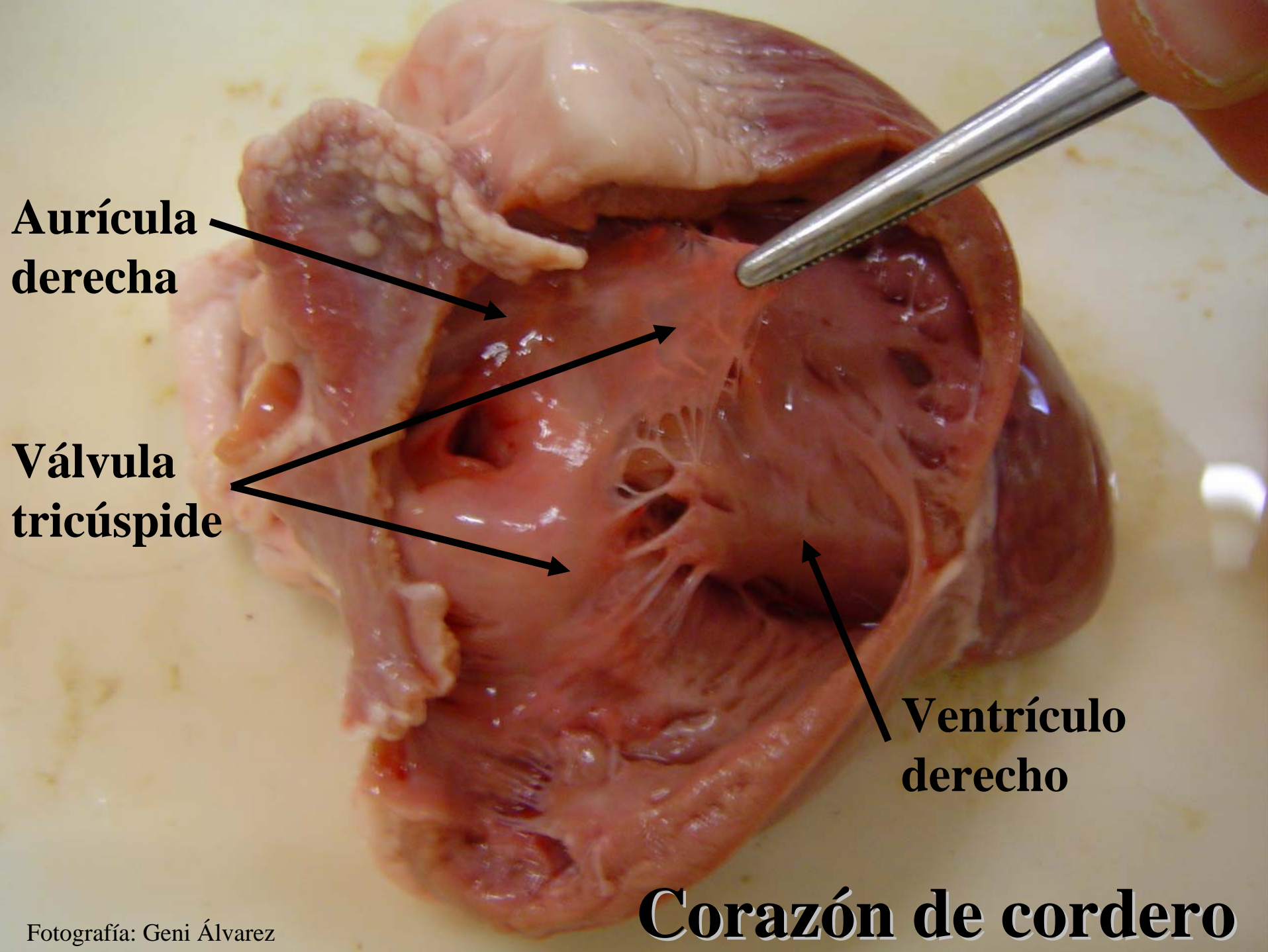


**Aurícula  
derecha**

**Válvula  
tricúspide**

**Ventrículo  
derecho**

**Corazón de cordero**



**Aurícula  
derecha**

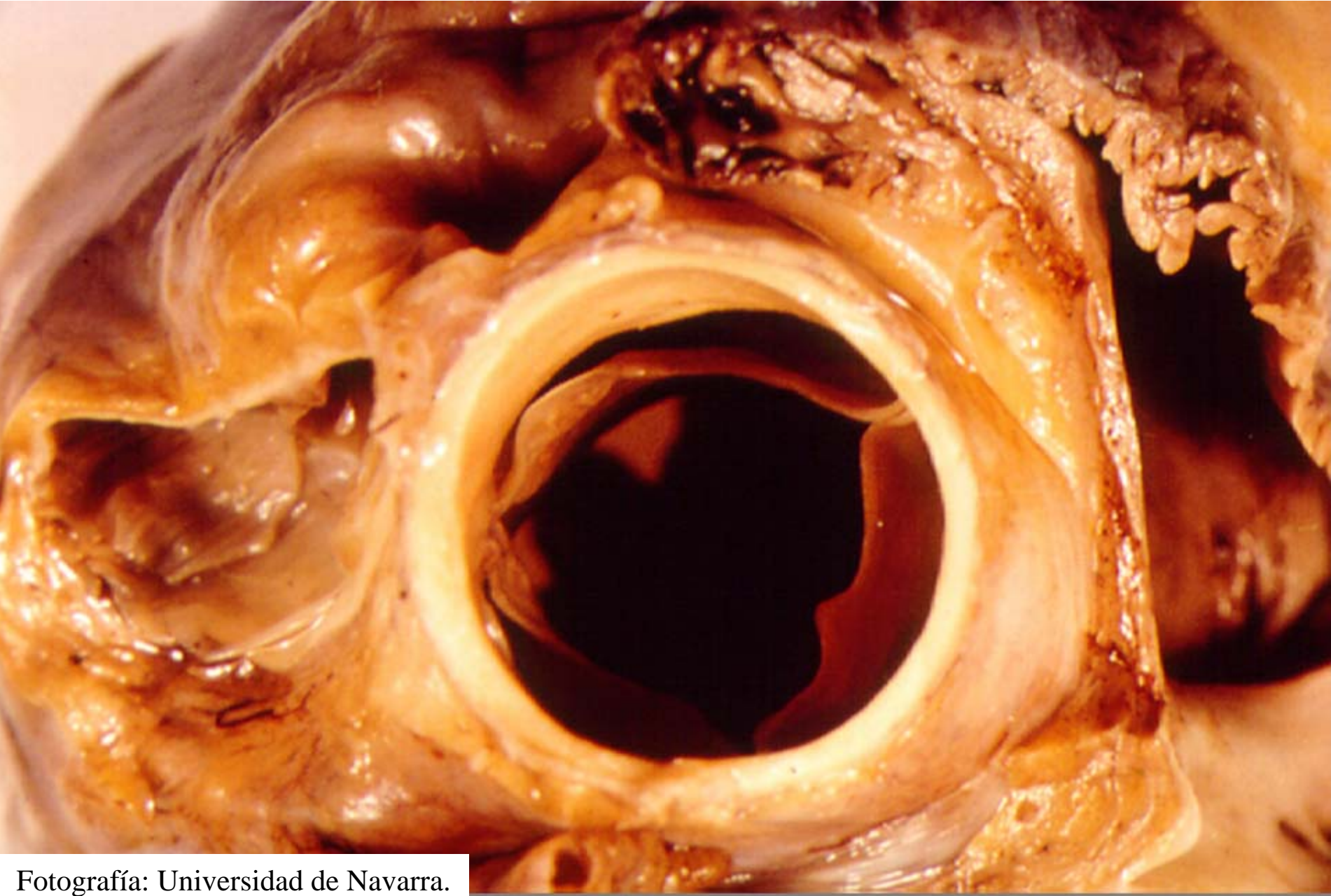
**Válvula  
tricúspide**

**Ventrículo  
derecho**

**Corazón de cordero**



# Válvula aórtica abierta



# Válvula aórtica cerrada





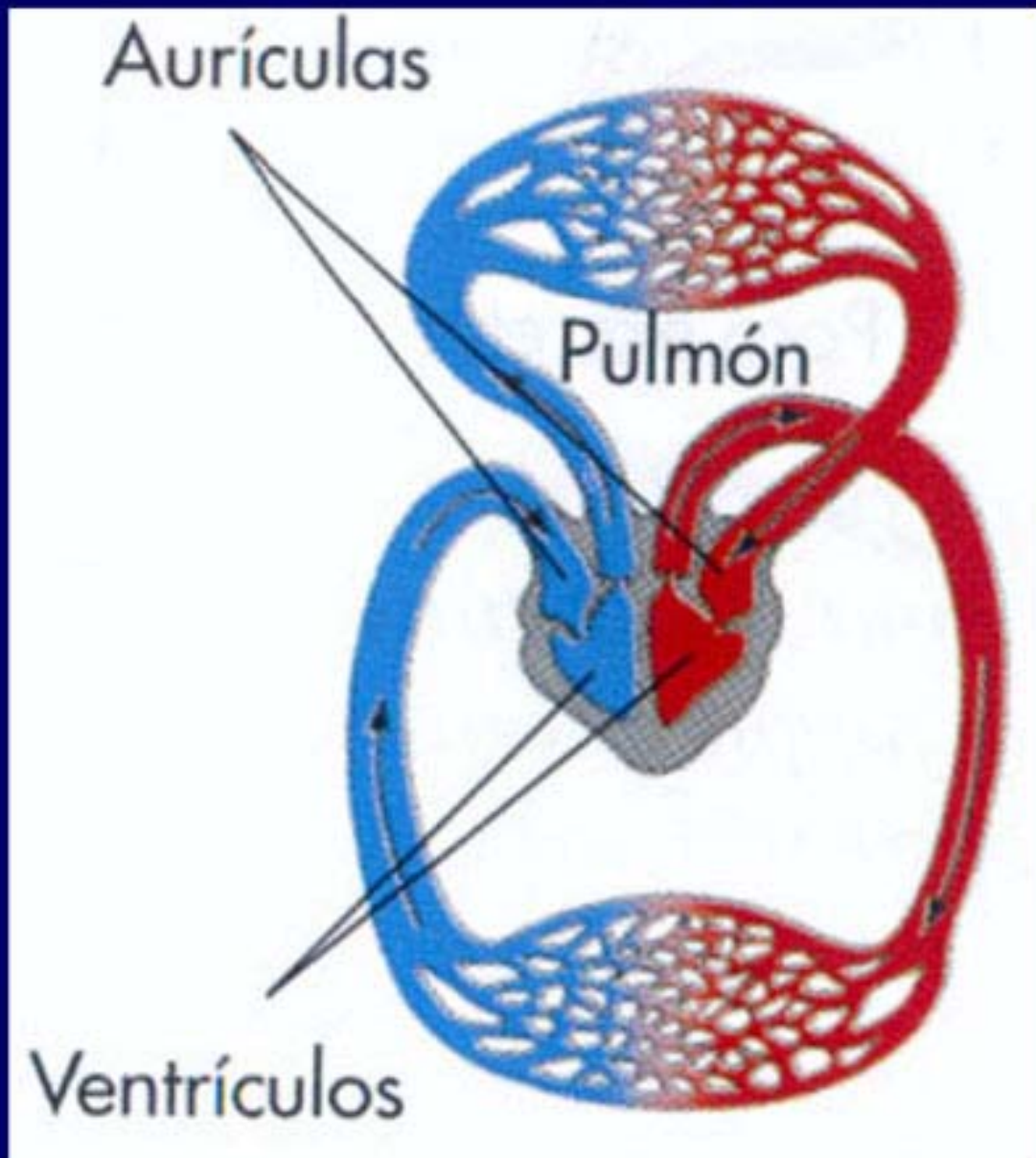
# CIRCUITOS DEL APARATO CIRCULATORIO

En aves y mamíferos el aparato circulatorio está formado por dos circuitos, en los que no existe mezcla de sangre oxigenada (rica en  $O_2$ ) con sangre carbónica (rica en  $CO_2$ ). Por esta razón se dice que la circulación en aves y mamíferos **es doble** (hay dos circuitos) y **completa** (no hay mezcla de sangre oxigenada con sangre carbónica).

**Circulación menor o pulmonar:** su finalidad es llevar la sangre a los pulmones para su oxigenación. El circuito se inicia en el **ventrículo derecho** (todo el corazón derecho lleva sangre carbónica), de él sale **la arteria pulmonar** que se ramifica en dos, una para cada pulmón. En los pulmones se capilarizan las arterias y se produce el intercambio de gases entre los alvéolos pulmonares y los capilares sanguíneos. La sangre enriquecida en  $O_2$  regresa al corazón por medio de las **cuatro venas pulmonares** que desembocan en la aurícula izquierda. Mueve de 1L a 1,5 L.

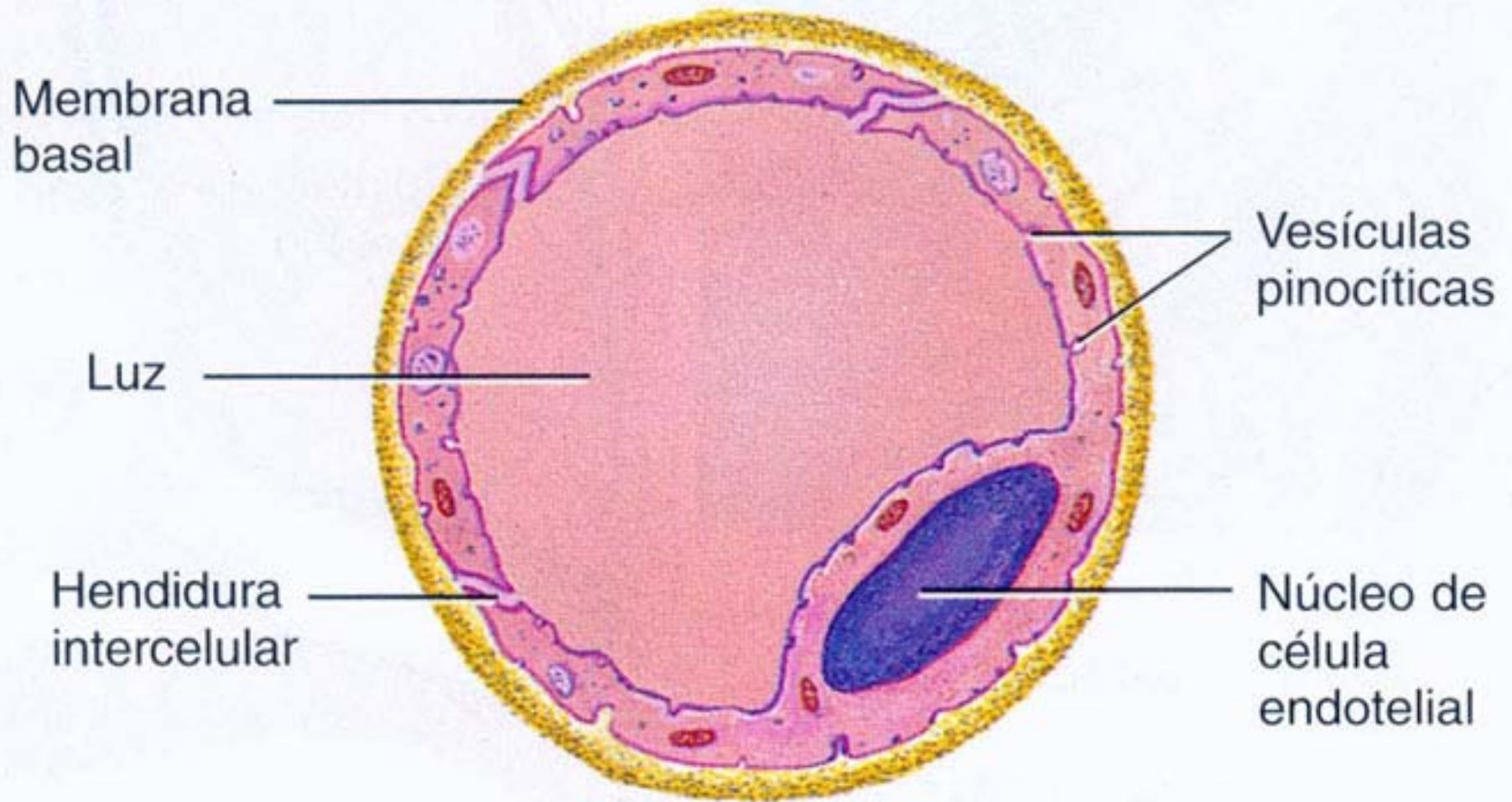
**Circulación mayor o sistémica:** se inicia en el corazón izquierdo. La sangre que ha llegado a la aurícula izquierda por las cuatro venas pulmonares, pasa al ventrículo izquierdo y de ahí es bombeada mediante la **arteria aorta** a todo el organismo. La arteria aorta da muchas ramas y finalmente las arterias se capilarizan a nivel de los tejidos. Ahí se produce el intercambio de nutrientes, gases respiratorios y productos de excreción: se ceden los nutrientes y el  $O_2$  y se recogen los productos de excreción y el  $CO_2$ . La sangre desoxigenada o carbónica regresa al corazón, a la aurícula derecha, en la que desembocan las **venas cavas superior e inferior**.

El sistema de vasos sanguíneos conforman dos **circulaciones**:



**1. Circulación pulmonar**

**2. Circulación sistémica**



(a) Capilar continuo, formado por células endoteliales

# Fisiología

# EL CORAZÓN: CICLO CARDIACO

El corazón se contrae **rítmica y automáticamente** gracias a que está constituido por músculo estriado cardiaco, capaz de autoexcitarse. Normalmente la excitación se origina en un grupo de células musculares (**nódulo sinusal o senoauricular**) y esta excitación se transmite al resto del corazón.

Se llama **sístole** a la **contracción** del corazón, que produce la expulsión de sangre de las aurículas (sístole auricular) o de los ventrículos (sístole ventricular).

Se llama **diástole** a la **relajación** o dilatación del corazón, durante el cual se llenan de sangre las aurículas (diástole auricular) o los ventrículos (diástole ventricular).

## Ciclo cardiaco

### **Vaciamiento ventricular**

Iniciamos el ciclo en la aurículas que contienen la sangre procedente de las venas (cavas y pulmonares), con la **sístole auricular** que hace que la sangre ingrese en los ventrículos. A continuación se produce la **diástole** (relajación) **auricular** y simultáneamente se produce la **sístole ventricular**: se **cierran** las válvulas aurículo ventriculares (mitral y tricúspide), se abren las válvulas semilunares (pulmonar y aórtica) y se produce **el vaciamiento ventricular**: **la sangre sale por las dos arterias** (aorta, del ventrículo izquierdo y pulmonar, del ventrículo derecho). Las válvulas semilunares evitan el retroceso de la sangre a los ventrículos una vez que la sangre está en las arterias.

## **Llenado ventricular**

Cuando termina la sístole ventricular se ha acumulado la sangre en las aurículas aumentando la presión, lo que hace que se abran las válvulas aurículo-ventriculares (mitral y tricúspide), además se cierran las válvulas semilunares (pulmonar y aórtica) y **la sangre pasa de las aurículas a los ventrículos**, que se encuentran en **diástole (relajación) ventricular**.

Al final de la diástole ventricular se produce **la sístole auricular** con lo que entra el último volumen de sangre en los ventrículos. Se cierran las válvulas aurículo-ventriculares (mitral y tricúspide) y da comienzo un nuevo ciclo cardiaco, con el llenado de sangre de las aurículas.



# FRECUENCIA Y VOLÚMENES CARDIACOS

**La frecuencia cardiaca** o sistólica es número de contracciones del corazón por minuto. En reposo es de 60-70 contracciones o latidos/minuto.

**Volumen latido o volumen sistólico:** es el volumen de sangre expulsado por cada ventrículo en cada sístole. 70 mL.

**Volumen minuto o gasto cardiaco:** cantidad de sangre bombeada por el corazón en un minuto. 4900 mL (casi 5L).

## RUIDOS CARDIACO Y PULSO

La actividad del corazón da lugar a diversos ruidos que podemos oír con un fonendoscopio. Los dos más importantes son:

**1er ruido cardiaco:** es más largo y más bajo en tono. Se produce al comienzo de la sístole ventricular. La principal causa que lo produce es el cierre de las válvulas auriculoventriculares y la apertura de las válvulas arteriales.

**2º ruido cardiaco:** es más alto en tono y más seco. Se debe exclusivamente al cierre de las válvulas arteriales, tanto aórtica como pulmonar.

El pulso se mide en la arteria radial y nos da idea de la frecuencia cardiaca. Está producido por una onda que se transmite independientemente de la sangre a lo largo de las paredes de las arterias. Es un fenómeno mecánico, producido por la salida de la sangre de los ventrículos a las arterias aorta y pulmonar. El pulso que medimos es debido a la aorta. Después del territorio capilar se pierde esa onda y **las venas ya no pulsan.**

# REGULACIÓN DEL CICLO CARDIACO

El corazón posee dos tipos de regulación: intrínseca y extrínseca. .

En la **regulación intrínseca** no participan factores extracardiacos, sino que todos se deben a las propiedades del propio corazón. Esto viene expresado por la famosísima **Ley de Starling**, que dice que “el corazón es capaz, dentro de límites fisiológicos, de bombear tanta sangre como le llega”. Es decir, a medida que aumenta el retorno de la sangre aumenta también el gasto cardiaco bien por aumento de la frecuencia cardiaca o por aumento del volumen latido.

Además el corazón **está regulado extrínsecamente**. Existen dos sustancias liberadas por fibras nerviosas que reciben el nombre de acetilcolina y adrenalina. Ambas influyen sobre la actividad del corazón.

La **acetil colina** es segregada por el nervio vago (o pneumogástrico) y provoca una **disminución de la frecuencia cardiaca**. El corazón está siempre bajo el influjo del nervio vago (el corazón por si mismo latiría más deprisa), en incluso se puede parar el corazón si se estimula el nervio vago. La acetil colina es liberada por fibras del **sistema nervioso autónomo parasimpático**.

La **adrenalina**, por el contrario, actúa **aumentando la frecuencia cardiaca** y solo se libera en momentos de ejercicio intenso, stress, miedo ansiedad, peligro etc. La adrenalina es liberada por fibras del **sistema nervioso autónomo simpático**.

# FISIOLOGÍA DEL SISTEMA ARTERIAL

Mientras que el corazón expulsa sangre intermitentemente, **por las arterias la sangre fluye de manera continua**. Esto es debido a que las paredes de las arterias contienen muchas fibras elásticas lo que hace que se distiendan cuando se abren las válvulas arteriales y entra la sangre a las arterias. Luego las paredes vuelven a su estado inicial y la sangre fluye de manera continua.

La arteria aorta tiene una presión de sangre que es máxima durante la sístole ventricular. Esta presión es aproximadamente de **120 mmHg**, lo que se conoce como **tensión arterial sistólica**. Al final de la sístole ventricular se cierra la válvula aórtica y presión cae rápidamente hasta **80 mmHg**, es lo que se conoce como **tensión arterial diastólica**.

Las presiones aumentan con la edad por endurecimiento de las arterias (**arterioesclerosis**) o por depósito materiales lipídicos y proteicos llamados **ateromas**, que disminuyen el calibre de los vasos (**ateroesclerosis**).

# FISIOLOGÍA DEL SISTEMA VENOSO

Las venas son sistemas de retorno de la sangre al corazón. Tienen válvulas que permiten el progreso de la sangre hacia el corazón e impiden su retroceso.

La sangre circula por las venas a baja presión, **12-13 mm de Hg - 0 mmHg** (en la aurícula derecha): A pesar de esta baja presión la sangre retorna al corazón por varios factores:

- **Acción propulsora del corazón** que determina un gradiente de presión desde **120 mmHg** en la arteria aorta a 0 mmHg en la aurícula derecha. Este fenómeno se llama **“vis a tergo”** o empuje por detrás.
- La columna de sangre es succionada hacia el corazón por la **presión negativa** intratorácica que se produce durante la respiración. Es el **“vis a fronte”** o efecto por delante.
- **Los músculos esqueléticos** ejercen un **bombeo** sobre las venas comprimiéndolas cuando se contraen, facilitando así el retorno venoso. Este masaje muscular es muy importante, de modo que si no se produce se detiene la sangre en las venas y disminuye el riego sanguíneo en el cerebro y se produce un colapso (desmayo), por ejemplo en ceremonias en las que hay que permanecer mucho tiempo de pie inmóviles (parada militar). Además si en 4-5 minutos el cerebro se queda sin oxígeno se produce muerte neuronal y daños irreversibles.

# CAPILARES

Están formados por una pared muy delgada (0,3 micras) formada por una capa de **células endoteliales**. En el extremo arteriolar del capilar existe un **esfínter muscular** (esfínter precapilar), que regula el paso de sangre al capilar, que se hace de forma intermitente. Si la presión de  $O_2$  es muy baja el esfínter permanece abierto por falta de energía.

# SISTEMA LINFÁTICO

El sistema linfático es otro sistema circulatorio que contiene la linfa, de **funciones inmunitarias** y de **retorno de líquido a la sangre**.

Los capilares linfáticos son **estructuras ciegas** que acaban entre las células. Son mucho más permeables que los capilares sanguíneos y permiten que el exceso de agua de los tejidos regrese a estos capilares. La presión del líquido intersticial y el bombeo de los vasos linfáticos hacen que la linfa progrese hacia las venas, y hacia el corazón. También existen válvulas en los vasos linfáticos que impiden su retorno. Si las vías linfáticas se obstruyen (a veces por parásitos, como las **filarias**, gusanos nemátodos) el agua se acumula en los tejidos, que se encharcan, a éste fenómeno se le llama **edema**.





Filariasis: obstrucción de los vasos linfáticos por filarias

# Células sanguíneas

**ERITROCITOS** (= Hematíes, =glóbulos rojos). Transportan Hemoglobina, que se une al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub>.

**LEUCOCITOS** (=glóbulos blancos)

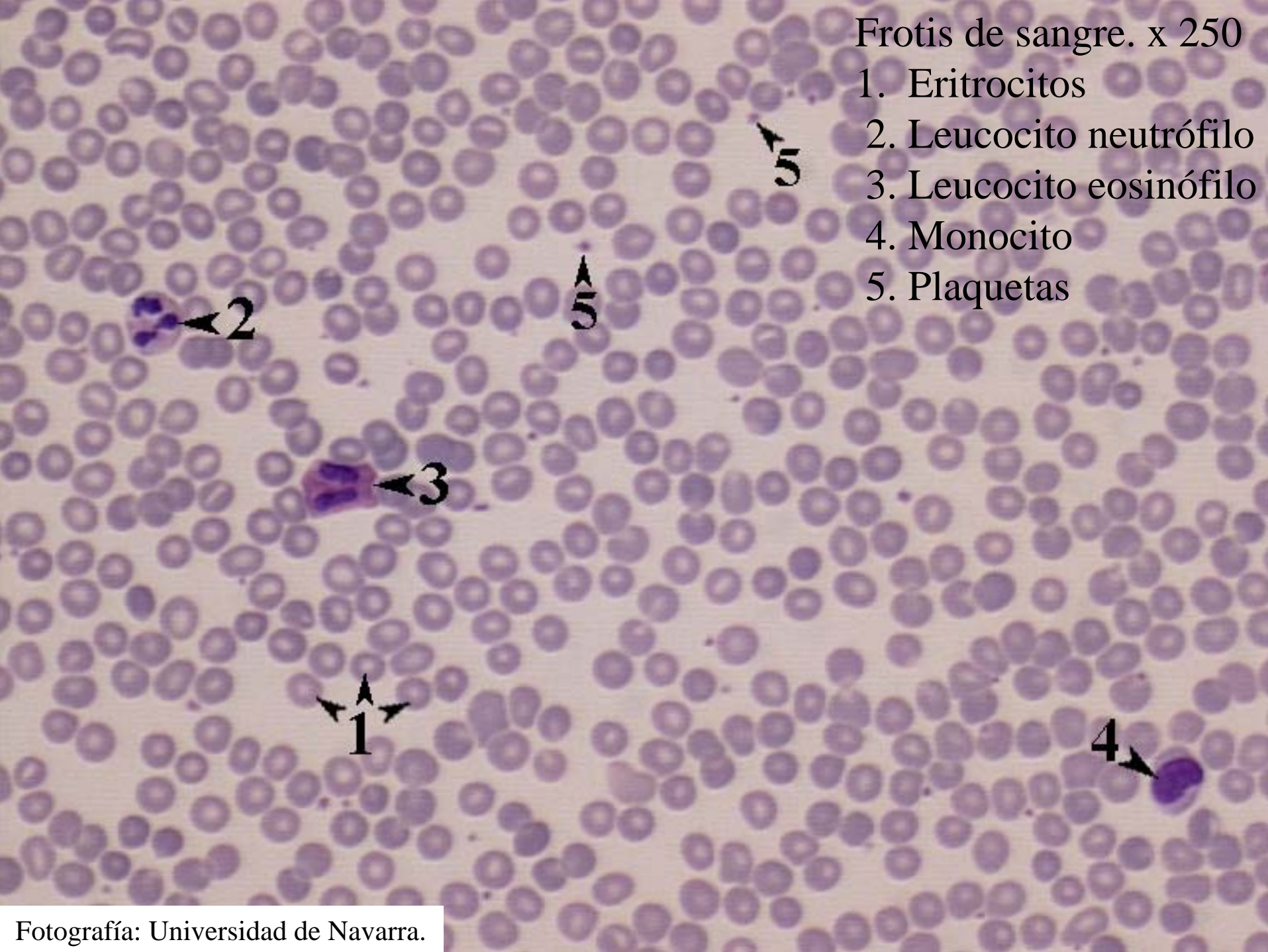
Los **granulocitos neutrófilos** (= micrófagos, =polimorfonucleares) (50-70 % del total de leucocitos) se encuentran en gran número en el torrente sanguíneo y son de vida muy corta. Son atraídos quimiotácticamente por las sustancias químicas que liberan los tejidos infectados por los microorganismos y son capaces de salir de los vasos sanguíneos (mecanismo de **diapédesis**), gracias a sus movimientos ameboides. También existen **granulocitos eosinófilos** y **basófilos**)

Los **monocitos** (2-8 % del total de leucocitos), después de permanecer varios días en el torrente sanguíneo, migran a diferentes tejidos u órganos (tejido conjuntivo, sinusoides hepáticos, bazo, pulmones, médula ósea, ganglios linfáticos) y se transforman en células más grandes y con mayor capacidad fagocítica, los **macrófagos**.

Los **linfocitos** (20-40 % del total de los leucocitos) son células que se encuentran en la sangre y en la linfa, tienen el núcleo grande y escaso citoplasma. Se denominan células **inmunocompetentes** porque son la base de la inmunidad **humoral** y **celular**. Proceden de células madre hematopoyéticas pluripotenciales (llamadas así porque originan eritrocitos, linfocitos y plaquetas), que se encuentran en la médula ósea roja de los huesos. Los linfocitos T maduran en el timo y los linfocitos B en la propia médula ósea.

Frotis de sangre. x 250

1. Eritrocitos
2. Leucocito neutrófilo
3. Leucocito eosinófilo
4. Monocito
5. Plaquetas



1

2

3

4

5

5