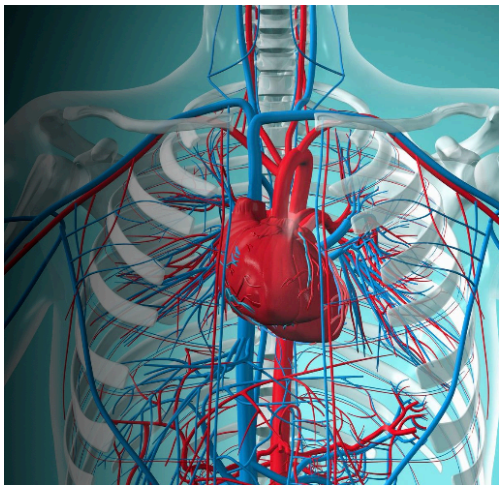
TEMA 5: SISTEMA CARDIOVASCULAR I

→ EXPLICACIÓN DESARROLLADA DEL TEMA

👉 Este tema define **el sistema fisiológico más integrador del organismo**, porque está **en relación con todos los demás**.

El **sistema cardiovascular** no "hace cosas por sí mismo": **permite que todos los demás sistemas puedan funcionar**.



Si lo resumiéramos a una idea central clásica y clara podríamos decir que: e**l sistema cardiovascular es un sistema de transporte forzado, continuo y regulado**, que mantiene la persistencia del medio interno.

Aquí es importante pararse para ver tres ideas fundamentales que deben quedar muy estables desde el inicio.

1. Es un sistema, no un órgano

No estamos estudiando:

- solo el corazón
- solo la sangre
- solo los vasos

Sino un **sistema funcional integrado**, compuesto por:

- **Bomba** → corazón
- **Conductos** → arterias, capilares y venas
- **Fluido** → sangre

👉 Si falla uno de los tres, **el sistema entero colapsa**.

2. Un sistema cerrado y circulatorio

A diferencia de otros sistemas:

- el digestivo (abierto al exterior),
- el respiratorio (intercambio con el aire),

el cardiovascular es:

- **cerrado** (la sangre no sale de los vasos),
- **circular** (no termina en un punto, vuelve siempre al corazón).

👉 Esto tiene consecuencias fisiológicas muy importantes:

- la sangre se reutiliza continuamente,
- la presión es esencial,
- el gradiente de presión (**diferencia de presión entre dos puntos)** es el motor real del flujo.

3. Función global: mantener la vida celular

Desde el punto de vista fisiológico **más clásico y honesto**, el sistema cardiovascular existe para que **cada célula del organismo**:

- reciba oxígeno,
- reciba nutrientes,
- elimine desechos,
- reciba señales químicas (hormonas),
- esté protegida frente a agresiones.

👉 Es decir, el Sistema Cardiovascular no trabaja "para el corazón", trabaja **para los tejidos**.

4. Importancia del enfoque fisiológico

En este tema no vamos a aprender:

- anatomía descriptiva sin sentido,
- ni listas de nombres.

Vamos a preguntarnos siempre:

- **por qué la sangre circula así y no de otra forma**,
- **por qué unas zonas reciben más flujo que otras**,
- **cómo se regula el gasto cardíaco**,
- **cómo se mantiene la presión**,
- **cómo se adapta el sistema al reposo y al ejercicio**.

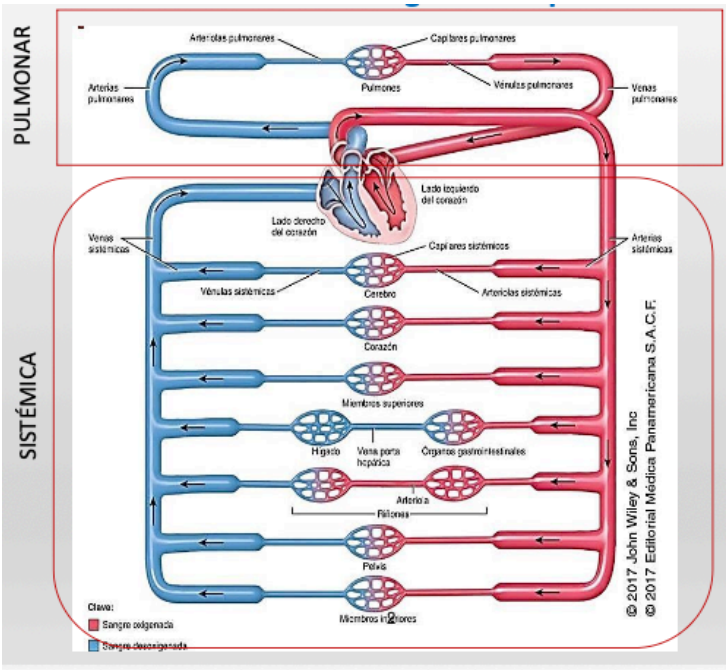
Porque en general, eso es **fisiología**, no memorística.

Así que, tengamos claro que es de suma importancia quedarse con esto:

- **El sistema cardiovascular es el gran sistema integrador del organismo, sin él, ningún otro sistema puede sostenerse en el tiempo.**

⇒ **<u>ORGANIZACIÓN DE LA CIRCULACIÓN Y FUNCIONES DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR</u>**

- **Funciones del sistema cardiovascular**:
  - **Transporte**
    - O_2 / CO_2
    - Nutrientes
    - Desechos metabólicos
  - **Regulación**
    - Hormonas ej.: **Factor Natriurético Auricular** (hormona liberada por las aurículas del corazón en respuesta al aumento de la presión arterial y el estiramiento de sus paredes, con el fin de reducir el volumen sanguíneo y la presión
    - Temperatura
  - **Defensa**
    - Coagulación
    - Inmunidad
    - Distinción visual entre: **Circulación pulmonar** y **Circulación sistémica**



1. LA CIRCULACIÓN SISTÉMICA SE ORGANIZA EN PARALELO

Esto es fundamental y no es casual.

- **¿Qué significa "en paralelo"?**

Significa que:

- Todos los órganos reciben sangre **al mismo tiempo**
- Cada órgano está conectado a la aorta de forma **independiente**
- El flujo hacia un órgano **no tiene que pasar por otro antes**

Es decir:

- Riñón, cerebro, hígado, músculo, piel…etc.

→ todos reciben sangre directamente desde la circulación arterial principal.

🔹 Por qué NO es en serie

Si la circulación sistémica fuese en serie:

- La sangre pasaría primero por un órgano, luego por otro, luego…
- El último recibiría sangre pobre en O_2 y nutrientes
- Sería inviable para tejidos muy sensibles (cerebro, corazón)

👉 **La organización en paralelo garantiza que todos los tejidos reciban sangre "fresca".**

2. CIRCULACIÓN PULMONAR "*versus*" CIRCULACIÓN SISTÉMICA

Aunque están conectadas, cumplen funciones distintas:

- **Circulación pulmonar**
  - Intercambio gaseoso
  - Oxigenar la sangre
  - Eliminar CO_2
- **Circulación sistémica**
  - Distribuir la sangre oxigenada a los tejidos
  - Recoger desechos
  - Mantener el medio interno

Ambas funcionan en **serie entre sí**:

- Corazón → pulmones → corazón → tejidos → corazón

🔹 Pero **dentro de la sistémica**, los órganos están en **paralelo**.

3. FUNCIÓN DE TRANSPORTE

Es la función más evidente, pero conviene concretarla:

🔹 Oxígeno y dióxido de carbono

- El O_2 se transporta principalmente unido a la **hemoglobina**
- El CO_2 se transporta:
  - disuelto,
  - como bicarbonato,
  - unido a proteínas

👉 Sin transporte eficaz el metabolismo celular es imposible.

🔹 Nutrientes

- Glucosa
- Aminoácidos
- Lípidos
- Iones

La sangre conecta:

- aparato digestivo,
- hígado,
- tejidos periféricos.

🔹 Desechos metabólicos

- Urea
- Creatinina
- Ácido úrico
- CO_2

El sistema cardiovascular enlaza tejidos con:

- riñón,
- pulmones,
- hígado.

4. FUNCIÓN DE REGULACIÓN

Aquí la fisiología se vuelve más fina.

Hormonas

El sistema cardiovascular:

- no produce la mayoría de las hormonas,
- pero **las distribuye** y **modula su llegada** a los órganos.

Ejemplo clave citado:

- **Factor Natriurético Auricular (ANP)**
  Es una hormona potente que el corazón segrega para ayudar a regular la presión arterial y el equilibrio de líquidos en el cuerpo. Antes se veía el corazón solo como una "bomba", pero el descubrimiento de esta hormona reveló que el corazón también funciona como un **órgano endocrino**.
  De modo que, esta hormona cardíaca regula:
  - volumen sanguíneo,
  - presión arterial,
  - equilibrio de sodio.

Regulación de la temperatura

La sangre:

- transporta calor
- redistribuye energía térmica

Ejemplos:

- Vasodilatación cutánea → pérdida de calor
- Vasoconstricción → conservación de calor

👉 Sin sistema cardiovascular no hay termorregulación eficaz.

5. FUNCIÓN DE DEFENSA

Coagulación

- Plaquetas
- Factores plasmáticos
- Reparación rápida de lesiones vasculares

Evita:

- pérdidas de sangre incompatibles con la vida.

Inmunidad

- Transporte de leucocitos
- Distribución de anticuerpos
- Movilización rápida ante infección

La sangre es el **medio que tenemos para desplegar el sistema inmune**.

Idea clave

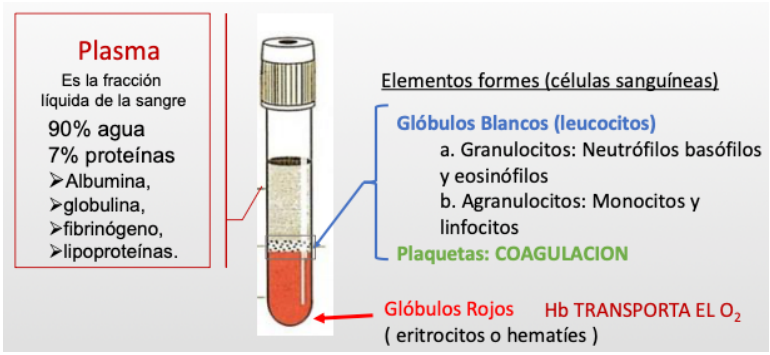
La circulación sistémica está organizada en paralelo para asegurar un suministro simultáneo, regulable y eficaz a todos los tejidos, permitiendo transporte, regulación y defensa.

Sin esta organización:

- no habría control fino del flujo,
- no habría prioridad de órganos,
- no habría adaptación al reposo, al ejercicio o a la enfermedad.

⇒ LA SANGRE: COMPOSICIÓN Y FUNCIONES

Esta tema nos va a dejar claro algo que a veces pasamos por alto, **la sangre no es solo un líquido que circula: es un tejido vivo y funcional.**



Veremos las distintas funciones de sus componentes:

- **Plasma** (fracción líquida)
- **Elementos formes o figurados (células sanguíneas)**:
  - **Glóbulos rojos (eritrocitos o hematíes)** → Hb transporta O_2
  - **Glóbulos blancos (leucocitos)**
    - *Granulocitos*: neutrófilos, eosinófilos, basófilos
    - *Agranulocitos*: monocitos y linfocitos
  - **Plaquetas** → coagulación

1. LA SANGRE COMO TEJIDO

Desde el punto de vista fisiológico:

- La sangre es un **tejido conectivo especializado**
- Circula, pero **no es pasiva**
- Interactúa continuamente con vasos y tejidos

Cumple funciones simultáneas:

- Transporte
- Defensa
- Regulación
- Reparación

2. PLASMA: EL MEDIO LÍQUIDO

El **plasma** constituye aproximadamente:

- **55 % del volumen sanguíneo**

Composición

- **90 % agua**
- **7 % proteínas plasmáticas**, entre las que destacan:
  - **Albúmina** → presión oncótica y transporte
  - **Globulinas** → transporte e inmunidad
  - **Fibrinógeno** → coagulación
  - **Lipoproteínas** → transporte de lípidos

Además:

- Iones
- Nutrientes
- Hormonas
- Desechos metabólicos

👉 El plasma es el **medio de transporte universal** del organismo.

3. GLÓBULOS ROJOS (ERITROCITOS)

Son las células más abundantes de la sangre.

Función principal

- Transporte de **oxígeno**
- En menor medida, CO_2

Lo hacen gracias a la:

- **Hemoglobina (Hb)**

Características fisiológicas clave:

- Carecen de núcleo
- Forma bicóncava
- Alta superficie de intercambio
- Flexibilidad para pasar por capilares

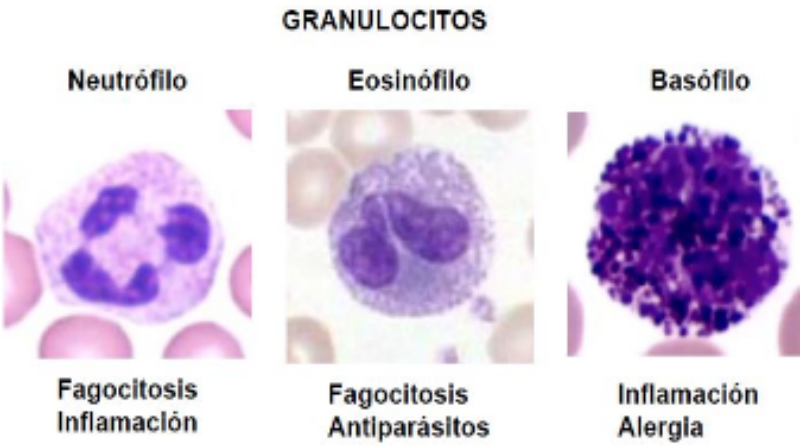
👉 Están diseñados exclusivamente para **transportar gases**.

4. GLÓBULOS BLANCOS (LEUCOCITOS)

Son las **células de defensa** del organismo.

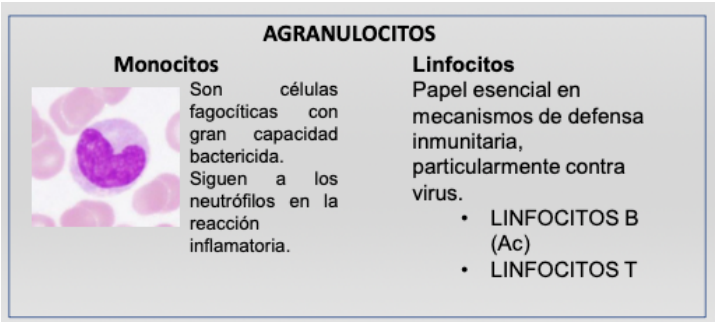
Granulocitos

- **Neutrófilos**
  - Fagocitosis (ingieren bacterias y hongos)
  - Trabajan en primera línea frente a bacterias
- **Eosinófilos**
  - Defensa frente a los parásitos
- **Basófilos**
  - Reacciones alérgicas e inflamatorias



Agranulocitos

- **Monocitos**
  - Fagocíticos
  - Precursores de macrófagos
  - Siguen a los neutrófilos en la inflamación
- **Linfocitos**
  - Defensa inmunitaria específica
  - **Linfocitos B** → anticuerpos
  - **Linfocitos T** → inmunidad celular



👉 La sangre es una **vía de despliegue del sistema inmune**.

5. PLAQUETAS

No son células completas, son fragmentos celulares.

Su función esencial:

- **Coagulación**
- Reparación de lesiones vasculares

Actúan:

- Rápidamente
- De forma localizada
- Coordinadas con factores plasmáticos

👉 Sin plaquetas, una simple herida sería potencialmente mortal.

Por todo ello, es de justicia decir que:

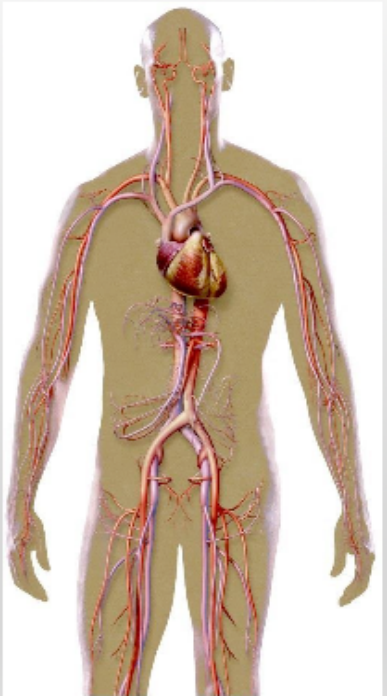
◈ **La sangre es un tejido vivo, dinámico y multifuncional, cuya composición está perfectamente adaptada al transporte, la defensa y la regulación del medio interno.**

Nada en ella es accesorio:

◈ **Cada componente cumple una función vital**
◈ **Todos trabajan de forma coordinada**

⇒ COMPONENTES FÍSICOS DE LA CIRCULACIÓN

Vamos a identificar los **componentes físicos y funcionales** del sistema cardiovascular:



◈ Elementos funcionales

a) **Sistema distribuidor**

- **Arterias** → elevada presión
- **Arteriolas** → válvulas de control de presión y flujo

b) **Sistema de intercambio**

- **Capilares** → pared delgada que permite el intercambio de líquidos y nutrientes entre sangre y tejidos

c) **Sistema colector y reservorio**

- **Vénulas** → reciben sangre de los capilares
- **Venas** → transporte de regreso al corazón

◈ Bomba: Corazón

◈ EXPLICACIÓN EN PROFUNDIDAD

Este tema es muy importante porque **traduce la anatomía en función**. No se trata de "tipos de vasos", sino de **roles fisiológicos bien diferenciados**.

1. EL SISTEMA DISTRIBUIDOR (ARTERIAS Y ARTERIOLAS)

◈ Arterias

Las arterias:

- Son las encargadas de conducir la sangre **desde el corazón**
- Para ello, trabajan a **alta presión**
- Manteniendo el flujo durante todo el ciclo cardíaco

No son simples tubos:

- Su elasticidad **amortigua la presión** generada por el latido
- Transforman un flujo pulsátil en uno más continuo

👉 Su misión es **llevar sangre rápidamente a grandes territorios**.

◈ Arteriolas: el punto clave del control

Las **arteriolas** son, desde el punto de vista fisiológico, **el vaso más importante del sistema**.

Funciones:

- Regulación del **flujo hacia los tejidos**
- Regulación de la **presión arterial**
- Distribución selectiva de la sangre

Actúan como:

👉 **válvulas dinámicas**, capaces de:

- vasoconstricción,
- vasodilatación,
- redistribución del flujo según las necesidades.

Aquí se decide:

- qué órgano recibe más sangre,
- cuál recibe menos,
- en reposo o en ejercicio.

2. SISTEMA DE INTERCAMBIO: CAPILARES

- Los **capilares** son el verdadero objetivo del sistema cardiovascular.

Características:

- Pared extremadamente delgada (una sola capa celular)
- Gran superficie total
- Flujo lento

Función:

- Intercambio de:
  - O_2 y CO_2
  - Nutrientes
  - Desechos metabólicos
  - Agua y solutos

Importante:

👉 **la sangre no "alimenta" a los tejidos en las arterias, sino en los capilares**.

3. SISTEMA COLECTOR Y RESERVORIO (VÉNULAS Y VENAS)

- **Vénulas**

- Recogen la sangre que sale de los capilares
- Inicio del sistema venoso
- Todavía participan en intercambios limitados

- **Venas**

Funciones principales:

- Retorno de la sangre al corazón
- Actúan como **reservorio de volumen**

Características fisiológicas:

- Baja presión
- Alta capacitancia
- Gran distensibilidad

👉 Dato clave: **la mayor parte de la sangre del organismo está en las venas**, no en las arterias.

Esto permite:

- Ajustar rápidamente el volumen circulante efectivo
- Regular el retorno venoso y el gasto cardíaco

4. LA BOMBA: EL CORAZÓN

- El **corazón**:

- No distribuye
- No intercambia
- No almacena

Su función es una sola, pero es esencial:

👉 **generar el gradiente de presión que mueve la sangre**.

Sin diferencia de presión:

- no hay flujo,
- no hay circulación,
- no hay vida celular.

5. VISIÓN INTEGRADA DEL SISTEMA

Cada componente tiene un papel **no intercambiable**:

- **Corazón** → crea presión
- **Arterias** → conducen a alta presión
- **Arteriolas** → regulan flujo y presión
- **Capilares** → intercambian
- **Venas** → almacenan y devuelven

El sistema funciona como una **cadena funcional**, no como piezas aisladas.

- **El sistema cardiovascular está organizado funcionalmente para distribuir, regular, intercambiar y devolver la sangre, bajo la acción de una bomba central que genera el gradiente de presión** (Recordemos que el gradiente de presión es la diferencia de presión entre dos puntos del sistema vascular, necesario para impulsar el flujo sanguíneo desde una zona de alta presión a una de baja presión)**.**

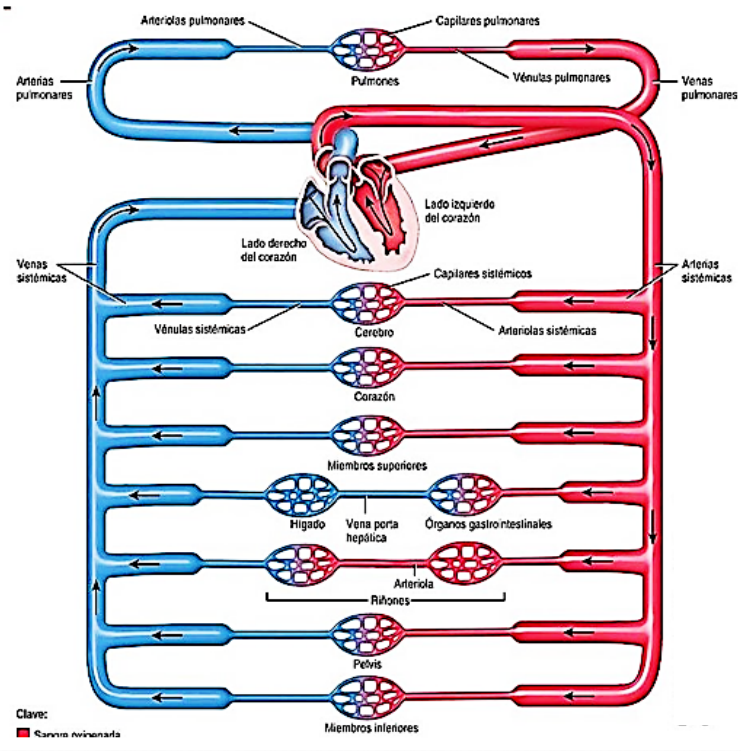
⇒ **<u>ESQUEMA GENERAL DE LA CIRCULACIÓN PULMONAR Y SISTÉMICA</u>**

Este esquema muestra un **esquema completo del recorrido de la sangre**, distinguiendo claramente:

- **Circulación pulmonar**
- **Circulación sistémica**
- Código de color:
  - **Sangre oxigenada (rojo)**
  - **Sangre desoxigenada (azul)**

Se identifican:

- Cavidades cardíacas derechas e izquierdas
- Grandes vasos
- Capilares pulmonares y sistémicos



EXPLICACIÓN EN PROFUNDIDA

1. LA CIRCULACIÓN ES ÚNICA, PERO CON DOS CIRCUITOS

Aunque hablemos de "dos circulaciones", en realidad existe **una sola circulación**, organizada en **dos circuitos conectados en serie**:

a) **Pulmonar**
b) **Sistémico**

La sangre:

- Nunca se detiene
- Nunca sale del circuito
- Nunca se mezcla entre sangre oxigenada y desoxigenada (en condiciones normales)

2. CIRCULACIÓN PULMONAR: FUNCIÓN EXCLUSIVA

Recorrido

- Ventrículo derecho → arteria pulmonar
- Pulmones → capilares pulmonares
- Venas pulmonares → aurícula izquierda

Función

- Oxigenar la sangre
- Eliminar CO_2

Características fisiológicas:

- Baja presión
- Baja resistencia
- Paredes vasculares más finas

👉 Está diseñada para **intercambiar gases**, no para soportar presión elevada.

3. CIRCULACIÓN SISTÉMICA: DISTRIBUCIÓN Y RECOGIDA

Recorrido

- Ventrículo izquierdo → aorta
- Arterias → arteriolas → capilares sistémicos
- Vénulas → venas → aurícula derecha

Función

- Distribuir O_2 y nutrientes
- Recoger desechos metabólicos
- Transportar hormonas
- Mantener el medio interno

Características:

- Alta presión
- Alta resistencia total
- Gran capacidad de regulación regional

4. IMPORTANCIA DEL CÓDIGO DE COLOR

El esquema usa colores porque ayuda a fijar una idea clave:

- **Rojo ≠ arteria**
- **Azul ≠ vena**

- Lo correcto es:
- **Arterias** → salen del corazón
- **Venas** → entran al corazón

Ejemplo fundamental:
- **Arteria pulmonar** → lleva sangre desoxigenada
- **Venas pulmonares** → llevan sangre oxigenada

👉 El criterio es **dirección del flujo**, no contenido de O_2.

5. RELACIÓN ENTRE AMBOS VENTRÍCULOS

- Ambos ventrículos:
- Expulsan **el mismo volumen de sangre por minuto**
- Funcionan en serie

- Si uno falla:
- El otro se ve afectado
- Aparecen congestiones (pulmonar o sistémica)

👉 Esto explica muchas patologías cardiovasculares.

6. VISIÓN FUNCIONAL DEL CONJUNTO

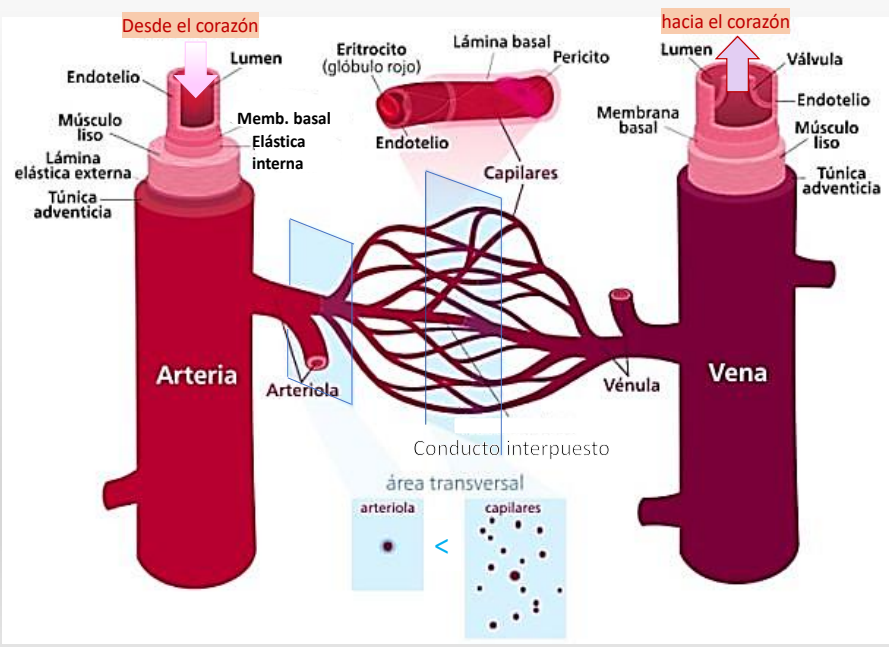
El esquema mostrado nos permite entender que:
- La sangre se oxigena en pulmones
- Se distribuye a todos los tejidos
- Regresa cargada de CO_2 y desechos
- Y vuelve a empezar

Todo ello en un circuito **cerrado, continuo y regulado**.

- **Por todo ello la circulación humana es un sistema cerrado, con dos circuitos en serie: uno pulmonar (intercambio gaseoso) y otro sistémico (distribución y recogida), impulsados por una única bomba: el corazón.**

⇒ **ESTRUCTURA DE LOS VASOS SANGUÍNEOS**

En este esquema se muestra la **estructura general de la pared vascular**, destacando:
- Organización en **capas**
- Presencia de:
  - **Endotelio**
  - **Membrana basal**
  - **Capa muscular**
  - **Lámina elástica interna**
- El sentido del flujo: **desde el corazón → hacia el corazón**



Vamos a ver **por qué cada tipo de vaso se comporta como lo hace**, y para ello debemos de tener presente que la función de un vaso **depende directamente de su estructura**.

1. PRINCIPIO GENERAL: VASOS CON LA MISMA ARQUITECTURA BÁSICA

Todos los vasos sanguíneos (arterias, venas y, con matices, capilares) comparten un **plan estructural común**, aunque con distinto desarrollo de cada capa.

De dentro hacia fuera:

1. **Endotelio**
2. **Membrana basal**
3. **Capa muscular lisa**
4. **Componentes elásticos** (especialmente en arterias)

2. ENDOTELIO: MUCHO MÁS QUE UN REVESTIMIENTO

🔹 El **endotelio**:

- Es una capa de **células vivas**
- No es pasiva ni inerte

Funciones fisiológicas clave:

- Regula el intercambio de sustancias
- Produce vasodilatadores (óxido nítrico)
- Produce vasoconstrictores
- Participa en coagulación
- Interviene en inflamación e inmunidad

👉 Hoy ya se conoce que el **endotelio** es **un órgano funcional en sí mismo**.

3. MEMBRANA BASAL

🔹 La **membrana basal**:

- Da soporte estructural
- Separa endotelio del músculo liso
- Contribuye a la integridad del vaso

Es especialmente importante en:

- Capilares
- Barreras selectivas (ej. barrera hematoencefálica)

4. CAPA MUSCULAR LISA

Esta capa:

- Determina el **diámetro del vaso**
- Es clave para la **resistencia vascular**
- Permite vasoconstricción y vasodilatación

Está muy desarrollada en:

- **Arteriolas** → control del flujo y la presión

Y poco desarrollada en:

- Capilares (prácticamente ausente)

5. COMPONENTES ELÁSTICOS

- Las **láminas elásticas**:

- Abundan en arterias grandes (aorta)
- Permiten:
  - Distensión durante la sístole
  - Retroceso durante la diástole

Esto transforma:

- El flujo pulsátil a flujo más continuo

👉 Es un mecanismo amortiguador de la presión arterial.

6. DIFERENCIAS FUNCIONALES SEGÚN EL TIPO DE VASO

Aunque la estructura básica sea común:

- **Las arterias**
  - Tienen mucha capa muscular y elástica
  - Soportan alta presión
- **Las venas**
  - Poseen menos músculo
  - Son más distensibles
  - Funcionan como reservorio
- **Capilares**
  - Solo **endotelio** (tejido formado por células aplanadas y dispuestas en una sola capa, que reviste interiormente las paredes capilares) + membrana basal
  - Están diseñados para el intercambio

7. DIRECCIÓN DEL FLUJO

- La sangre fluye **desde el corazón hacia los tejidos** y regresa **desde los tejidos al corazón**

Este flujo está gobernado por:

👉 **gradientes de presión**, no por "impulso" residual.

- **La pared de los vasos sanguíneos está diseñada de forma distinta según su función: conducción, regulación, intercambio o reserva, y esa función depende directamente de su estructura.**

Y es que nada en la arquitectura vascular es casual.

⇒ **<u>COMPARACIÓN FUNCIONAL DE LOS VASOS SANGUÍNEOS (ESQUEMA CLÁSICO)</u>**

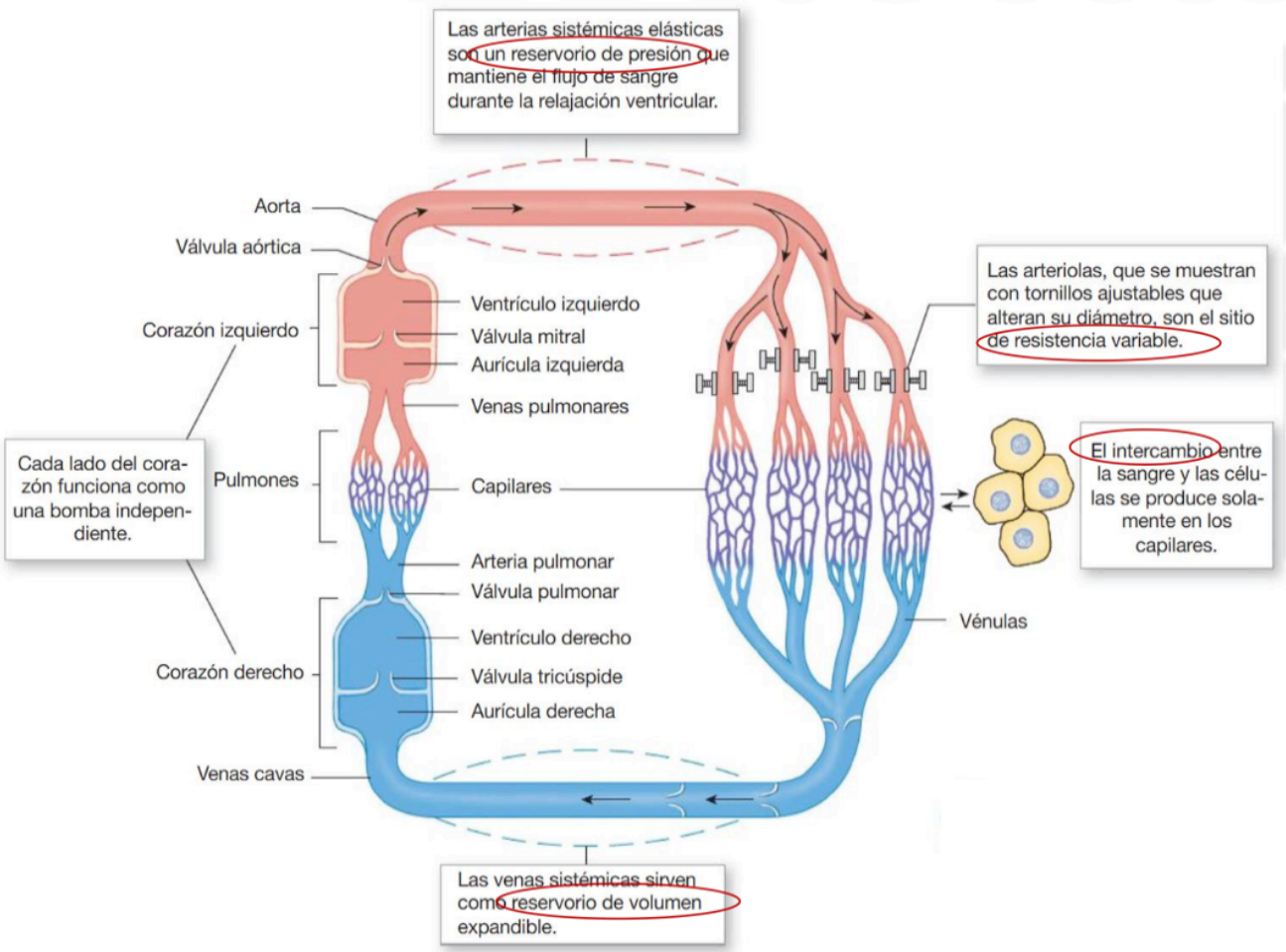
Vamos a ver, de manera integrada, las **diferencias estructurales y funcionales** entre:

- Arterias
- Arteriolas
- Capilares
- Vénulas
- Venas

En este tema, veremos con claridad algo fundamental en fisiología:

El sistema cardiovascular no es un conjunto de tubos iguales, sino una red jerarquizada, donde cada segmento cumple una función distinta e insustituible.

Vamos a recorrer el sistema **siguiendo el trayecto real de la sangre**.



1. ARTERIAS: CONDUCCIÓN A ALTA PRESIÓN

Características clave:

- Pared gruesa
- Abundante tejido elástico
- Soportan presiones elevadas

Función fisiológica:

- Conducir la sangre desde el corazón
- Amortiguar el pulso cardíaco

No regulan de forma fina el flujo:

👉 su papel es **conducción**, no distribución selectiva.

2. ARTERIOLAS: EL VERDADERO "GRIFO" DEL SISTEMA

Este es un punto muy importante.

Las **arteriolas**:

- Tienen una capa muscular muy desarrollada
- Presentan gran capacidad de vasoconstricción y vasodilatación

Funciones:

- Control del **flujo sanguíneo regional**
- Control de la **resistencia periférica total**
- Regulación directa de la **presión arterial**

Desde el punto de vista fisiológico clásico:

👉 **las arteriolas son el principal regulador del sistema cardiovascular**.

3. CAPILARES: INTERCAMBIO

Características:

- Pared de una sola capa celular (endotelio)
- Diámetro muy pequeño
- Flujo lento

Función:

- Intercambio de:
  - Gases
  - Nutrientes
  - Desechos
  - Agua y solutos

Aquí se produce la finalidad última del sistema:

👉 **servir a las células**. Ni arterias ni venas alimentan tejidos: **solo los capilares lo hacen**.

4. VÉNULAS: TRANSICIÓN

Las **vénulas**:

- Recogen la sangre de los capilares
- Aún permiten cierto intercambio
- Son zonas importantes en inflamación (salida de leucocitos)

Son el punto de enlace entre:

- Intercambio
- Retorno venoso

5. VENAS: RETORNO Y RESERVORIO

Características:

- Pared delgada
- Alta distensibilidad
- Baja presión

Funciones:

- Retorno de la sangre al corazón
- Almacenamiento de volumen sanguíneo

Dato fisiológico clave:

👉 **la mayor parte de la sangre del organismo está en el sistema venoso**.

Esto permite:

- Ajustes rápidos del retorno venoso
- Regulación del gasto cardíaco

  - El esquema deja clara una secuencia lógica:

Corazón → arterias → arteriolas → capilares → vénulas → venas → corazón

Cada segmento:

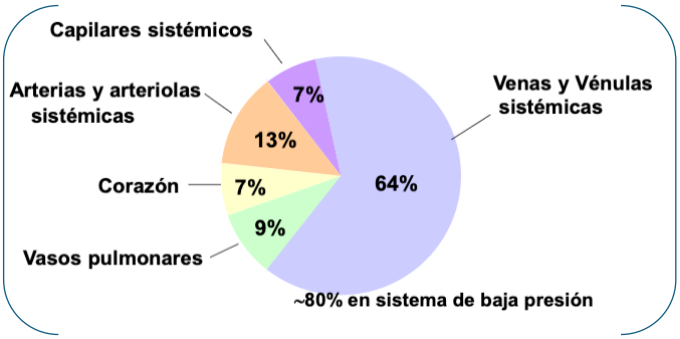
- tiene una estructura distinta,
- responde a controles distintos,
- cumple una función específica.

  - El sistema cardiovascular está funcionalmente jerarquizado: arterias conducen, arteriolas regulan, capilares intercambian y venas almacenan y devuelven la sangre.

⇒ **DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN SANGUÍNEO EN EL SISTEMA CIRCULATORIO**

Veamos **cómo se reparte el volumen sanguíneo total** (≈ **4–5 L**) entre los distintos compartimentos del sistema cardiovascular:

- **Venas y vénulas sistémicas → 64 %**
- **Capilares sistémicos → 7 %**
- **Arterias y arteriolas sistémicas → 13 %**
- **Corazón → 7 %**
- **Vasos pulmonares → 9 %**



- Alrededor del **80 %** de la sangre está en el sistema de baja presión.

👉 Esto corrige una idea muy común (pero errónea): **la mayor parte de la sangre no está en las arterias**, sino en el sistema venoso.

1. EL SISTEMA VENOSO COMO GRAN RESERVORIO

Que **≈64 %** del volumen esté en **venas y vénulas** no es casual:

- Las venas trabajan a **baja presión**
- Tienen **alta capacitancia** (capacidad de un componente) (se disminuye mucho la tensión con pequeños cambios de presión)
- Pueden almacenar o liberar volumen según las necesidades

👉 Función fisiológica clave: **regular rápidamente el retorno venoso** y, con ello, el **gasto cardíaco**.

Ejemplo:

- Vasoconstricción venosa → más sangre vuelve al corazón
- Vasodilatación venosa → más sangre queda "almacenada" en periferia

2. CAPILARES: POCO VOLUMEN, MÁXIMA IMPORTANCIA

Aunque solo contengan **≈7 %** del volumen:

- Son el **lugar del intercambio**
- Tienen una **superficie enorme**
- El flujo es lento y eficiente

👉 Esto subraya una idea clave: **la función no depende del volumen almacenado, sino del papel fisiológico**.

3. ARTERIAS Y ARTERIOLAS: VOLUMEN BAJO, PRESIÓN ALTA

Con **≈13 %** del volumen total:

- Soportan **presiones elevadas**
- No están diseñadas para almacenar sangre
- Su misión es **conducir y regular**

Especialmente las arteriolas son las que:

- Ajustan la resistencia
- Redistribuyen el flujo

4. CORAZÓN Y VASOS PULMONARES

- **Corazón (≈7 %)**:
  - Volumen contenido en cavidades
  - Cambia a lo largo del ciclo cardíaco

- **Vasos pulmonares (≈9 %)**:
  - Baja presión
  - Alta distensibilidad
  - Capacidad de acomodar cambios de flujo sin grandes aumentos de presión

Esto es esencial para proteger los pulmones.

5. SISTEMA DE BAJA PRESIÓN: EL 80 %

Que **≈80 % del volumen esté en un sistema de baja presión** implica:

- Seguridad (menor riesgo de rotura)
- Flexibilidad (ajustes rápidos)
- Capacidad de compensación

👉 Desde el punto de vista fisiológico: **la regulación del volumen circulante efectivo se hace, sobre todo, en el lado venoso**. El sistema venoso es el principal reservorio sanguíneo del organismo y desempeña un papel decisivo en la regulación del retorno venoso y del gasto cardíaco.

De modo que, no es un "retorno pasivo": es un **elemento regulador activo**.

⇒ **DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO: TEJIDOS PRIORITARIOS**

Ahora pasamos a ver **cómo se reparte el gasto cardíaco en reposo** (≈ **5 L/min**) entre distintos tejidos u órganos, porque, **no todos los tejidos reciben la misma cantidad de sangre, ni la necesitan en el mismo grado.**

El sistema cardiovascular **distribuye el flujo de forma selectiva**, en función de la importancia funcional y de la actividad metabólica de cada órgano.

1. GASTO CARDÍACO EN REPOSO

En un adulto en reposo:

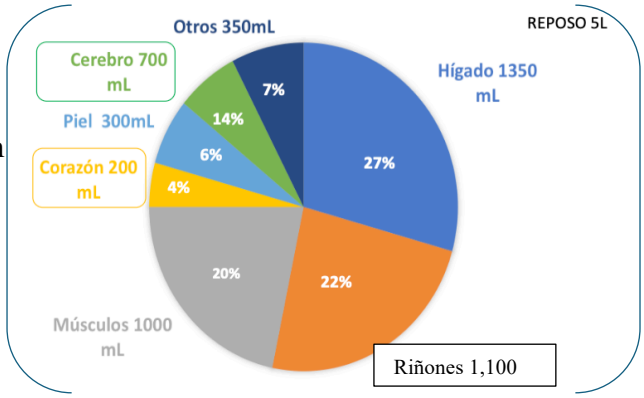
- Gasto cardíaco ≈ **5 L/min**

Ese volumen **no se reparte de forma homogénea**, sino según prioridades fisiológicas.

2. TEJIDOS PRIORITARIOS

Los **tejidos prioritarios** son aquellos que:

- Necesitan un suministro constante
- No toleran bien la isquemia (Disminución transitoria o permanente del riego sanguíneo)
- Mantienen funciones vitales



De manera convencional incluyen:

a) Cerebro

- Alto consumo de O_2
- Dependencia casi exclusiva de glucosa
- Sin reservas energéticas significativas

👉 Cualquier interrupción breve del flujo produce pérdida de conciencia o daño.

b) Corazón (circulación coronaria)

El propio corazón:

- Consume mucho oxígeno
- Extrae ya en reposo gran parte del O_2 de la sangre

Por eso:

👉 **cuando necesita más O_2, solo puede lograrlo aumentando el flujo**, no la extracción.

c) Riñón

Aunque su consumo metabólico no sea tan alto:

- Recibe gran cantidad de sangre

¿Por qué?

- Filtración del plasma
- Regulación de volumen y electrolitos
- Control de la presión arterial

👉 El flujo renal es clave para la homeostasis.

3. Otros tejidos:

- **Hígado y tubo digestivo**

- Importantes en reposo
- Especialmente tras las comidas
- Gran capacidad de variación del flujo

- **Músculo esquelético**

- En reposo recibe un flujo moderado
- Puede multiplicarlo varias veces durante el ejercicio

Esto muestra la **capacidad de redistribución** del sistema.

- **Piel**

- Flujo muy variable
- Depende mucho de la termorregulación

4. SIGNIFICADO FISIOLÓGICO DEL REPARTO

Este reparto demuestra que:

- El sistema cardiovascular **no reparte sangre "a partes iguales"**
- Prioriza órganos clave para la supervivencia
- Ajusta el flujo según el estado funcional (reposo, ejercicio, estrés)

👉 La clave está en: **la regulación arteriolar local**.

- **Muy importante**:

- Este esquema expuesto es **en reposo**
- Durante el ejercicio, el reparto cambia radicalmente:
  - Aumenta músculo
  - Disminuye tubo digestivo
  - Cerebro y corazón se mantienen

Esto lo vamos a tratar más adelante, pero la base conceptual está aquí.

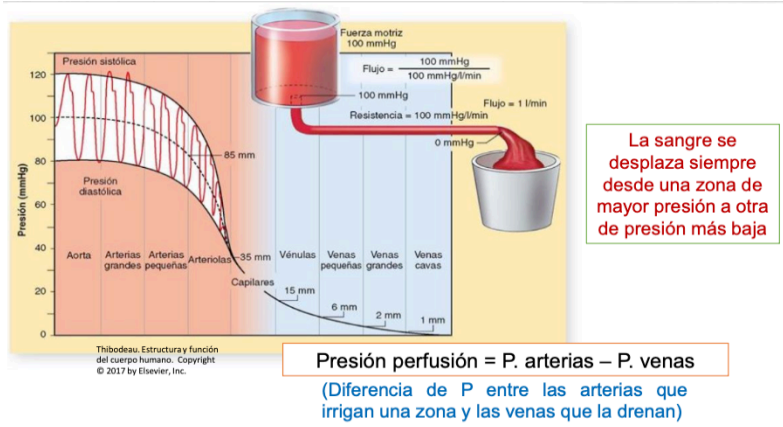
- El gasto cardíaco se distribuye de forma selectiva, priorizando órganos vitales, y puede redistribuirse dinámicamente según las necesidades del organismo.

Aquí empieza a verse el sistema cardiovascular como lo que realmente es: **un sistema regulador fino, no un simple circuito de bombeo**.

⇒ PRIMERA LEY DE LA CIRCULACIÓN DE LA SANGRE: EL PAPEL DE LA PRESIÓN

- **Primera ley de la circulación de la sangre**:
  La sangre se desplaza siempre desde una zona de mayor presión a otra de presión más baja.
- **Presión de perfusión = Presión arterial – Presión venosa**
  (diferencia de presión entre las arterias que irrigan un territorio y las venas que lo drenan).

◈ Es fundamental conocer esta **ley física** que gobierna toda la circulación, sin entenderla bien, el resto del tema (flujo, resistencia, gasto cardíaco) quedará cojo.



1. LA SANGRE SE MUEVE POR GRADIENTES DE PRESIÓN

La sangre **no se mueve porque el corazón "empuje" sin más**. Se mueve porque:

- Existe una **diferencia de presión** entre dos puntos del sistema.
- El flujo siempre va **a favor del gradiente**: de más presión a menos presión.

◈ Esto es una ley física general (aplicable a fluidos), no una peculiaridad biológica.

👉 **Si no hay diferencia de presión, no hay flujo**, aunque el corazón esté latiendo.

2. PRESIÓN ARTERIAL Y PRESIÓN VENOSA: NO SON EQUIVALENTES

- **Presión arterial**:
  - Alta
  - Generada por la eyección ventricular
  - Variable según el territorio y el momento del ciclo cardíaco
- **Presión venosa**:
  - Mucho más baja
  - Relativamente estable
  - Cercana a cero en la aurícula derecha

◈ La gran diferencia entre ambas es lo que **impulsa la sangre a través de los tejidos**.

3. PRESIÓN DE PERFUSIÓN: CONCEPTO CLAVE

La **presión de perfusión** es el **motor real del flujo tisular**.
{Presión de perfusión} = Presión arterial – Presión venosa}

Interpretación fisiológica:

- Si aumenta la presión arterial → aumenta la perfusión
- Si aumenta la presión venosa → disminuye la perfusión
- Si ambas cambian en el mismo sentido, el efecto puede anularse

👉 **No basta con mirar la presión arterial: hay que pensar siempre en la diferencia de presiones.**

4. IMPORTANCIA CLÍNICA Y FISIOLÓGICA

Este concepto explica fenómenos muy relevantes:

- **Hipotensión** → disminuye la **perfusión tisular** (proceso fisiológico de suministro de sangre oxigenada y nutrientes a través de la microcirculación hacia los tejidos y células)
- **Insuficiencia cardíaca** → aumenta la presión venosa → empeora la **perfusión** (paso o circulación de un fluido)
- **Edemas** → relacionados con aumento de presión venosa capilar (vasos sanguíneos más pequeños y finos del cuerpo, con un diámetro de apenas 5 a 10 μm (1000 micras=1 milímetro)
- **Shock** → colapso del gradiente de presión

Todo se entiende mejor si se piensa en **gradientes** (diferencia de concentración de una sustancia entre dos puntos), en lugar de hacerlo en valores aislados.

5. EL CORAZÓN COMO GENERADOR DEL GRADIENTE

El corazón:

- No "arrastra" la sangre por todo el sistema
- **Mantiene el gradiente de presión** entre el inicio y el final del circuito

Las arterias altas en presión y las venas bajas en presión **son consecuencia directa del trabajo cardíaco**.

- La circulación sanguínea existe porque hay una diferencia de presión entre arterias y venas; esa diferencia (presión de perfusión) es la causa directa del flujo**.**

Todo lo que ahora vamos a ver (resistencia, flujo, redistribución) es una **consecuencia de esta ley básica**

⇒ RELACIÓN ENTRE FLUJO SANGUÍNEO, PRESIÓN Y RESISTENCIA

La relación fundamental del sistema circulatorio **s**e define cuantitativamente:

- **Flujo sanguíneo (Q)**: volumen de sangre que pasa por un punto por unidad de tiempo (ml/min).
- **Relación básica**:

donde:

  - Delta P = diferencia de presión o presión de perfusión
  - R = resistencia vascular

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

Q= Flujo (ml/min)
P = Presión (mm Hg)
R= Resistencia (mm Hg/ml/min)

Esta fórmula es **el corazón conceptual de la fisiología cardiovascular**. Aquí se vinculan física y biología con una ley simple, pero poderosa.

1. QUÉ ES EL FLUJO (Q)

El **flujo sanguíneo** es:

- La **cantidad de sangre** que atraviesa un punto del sistema por minuto.
- Se expresa en **ml/min** o **L/min**.

Ejemplos:

- Gasto cardíaco total ≈ 5 L/min (en reposo).
- Flujo coronario, renal o cerebral: fracciones específicas de ese total.

👉 Importante: **flujo no es velocidad**. El flujo puede ser el mismo con velocidades distintas según el área del vaso.

2. LA ECUACIÓN Q = ΔP / R

Esta relación resume todo el comportamiento del sistema:

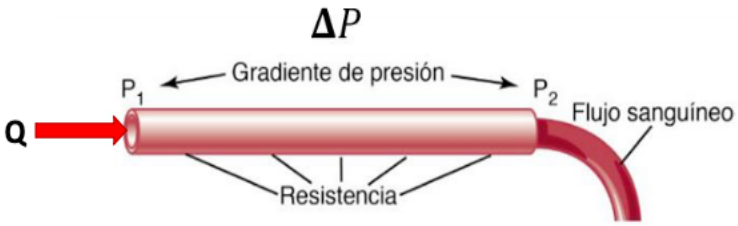
- **Si aumenta la diferencia de presión**, el flujo aumenta (si R es constante).
- **Si aumenta la resistencia**, el flujo disminuye (si ΔP es constante).

Esto análogo a la ley de Ohm en electricidad:

- Flujo ↔ corriente
- Presión ↔ voltaje
- Resistencia ↔ resistencia

3. PRESIÓN (ΔP): EL MOTOR

Ya lo vimos en la diapositiva anterior: ΔP = presión arterial − presión venosa.



Consecuencias fisiológicas:

- Subir la presión arterial **no siempre** aumenta el flujo si la resistencia también aumenta.
- Bajar la presión venosa (mejor retorno venoso) **mejora la perfusión**.

👉 El sistema regula el flujo **más por R** (resistencia) **que por ΔP** en condiciones normales.

4. RESISTENCIA (R): EL GRAN REGULADOR

La **resistencia vascular** depende de varios factores (que se desarrollarán después), pero ahora se adelanta lo esencial:

- Longitud del vaso
- Viscosidad de la sangre
- **Radio del vaso (factor dominante)**

👉 Desde el punto de vista fisiológico: **las arteriolas son el principal determinante de la resistencia**.

Pequeños cambios en su diámetro producen **grandes cambios en el flujo**.

5. IMPLICACIONES FUNCIONALES

Esta ecuación explica fenómenos cotidianos del organismo:

- Durante el ejercicio:
  - Vasodilatación muscular → ↓R → ↑Q muscular
- En piel con frío:
  - Vasoconstricción → ↑R → ↓Q cutáneo
- En shock:
  - Caída de ΔP y/o aumento de R → colapso del flujo tisular

🔹 Todo se entiende sin "memorizar": **sale de la ecuación**.

6. IDEA CLAVE A CONSIDERAR

Nunca hay que pensar:

- "El corazón manda sangre a los tejidos".

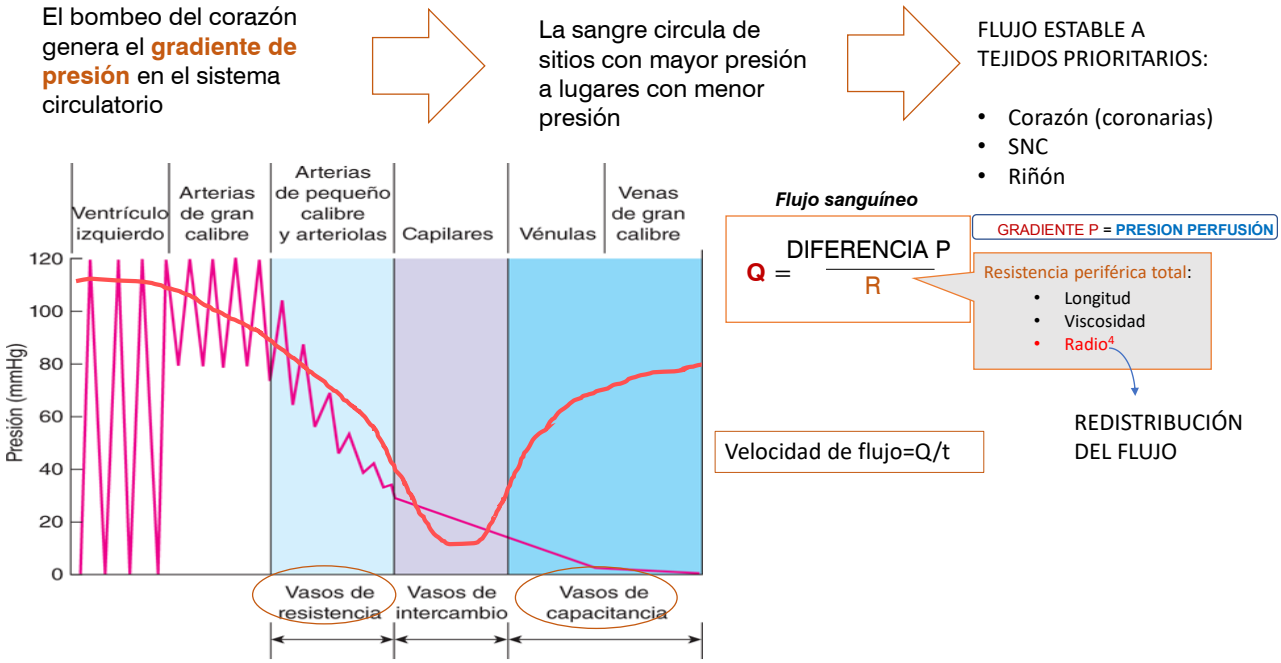
👉 Lo que hay que pensar es: **el corazón genera presión, las arteriolas regulan la resistencia y el flujo es el resultado de ambos**.

🔹 El flujo sanguíneo es directamente proporcional a la presión de perfusión e inversamente proporcional a la resistencia vascular; la regulación fisiológica del flujo se hace principalmente modificando la resistencia.

⇒ GRADIENTE DE PRESIÓN, RESISTENCIA PERIFÉRICA Y REDISTRIBUCIÓN DEL FLUJO

En esta diapositiva se integran varios conceptos clave:

- El **bombeo del corazón** genera el **gradiente de presión** del sistema.
- La sangre circula **de mayor a menor presión**.
- Se recuerdan **tejidos prioritarios**:
  - Corazón (coronarias)
  - SNC
  - Riñón
- Se redefine el flujo:
  Q=\frac {\Delta P} {R}
- Se introduce la **resistencia periférica total**, dependiente de:
  - Longitud del vaso
  - Viscosidad de la sangre
  - **Radio del vaso⁴**
- Aparece explícitamente el concepto de **redistribución del flujo**.



De modo que, aquí se **une todo lo anterior** y da un salto cualitativo: se explica **cómo el sistema cardiovascular decide a dónde va la sangre en cada momento**.

1. EL CORAZÓN CREA EL GRADIENTE, PERO NO DECIDE EL REPARTO

El corazón:

- Genera presión
- Mantiene el gradiente entre arterias y venas

Pero **no controla directamente**:

- qué órgano recibe más sangre,
- ni cuándo.

Eso depende, sobre todo, de la **resistencia periférica**.

👉 El corazón empuja; **las arteriolas deciden**.

2. RESISTENCIA PERIFÉRICA TOTAL (RPT)

La **resistencia periférica total** es la oposición global al flujo que ofrece el sistema vascular sistémico.

Depende de tres factores físicos:

a) Longitud del vaso

- Prácticamente constante en el adulto
- Poco relevante para la regulación aguda

b) Viscosidad de la sangre

- Depende del hematocrito
- Aumenta en deshidratación o policitemia
- Importante, pero de regulación lenta

c) Radio del vaso (factor clave)

Aquí está el núcleo de la fisiología:

R \propto \frac {1} {r^4}

👉 **Pequeños cambios en el radio producen enormes cambios en la resistencia**.

Por eso:

- La vasoconstricción de las arteriolas aumenta mucho R
- La vasodilatación la reduce drásticamente

3. TEJIDOS PRIORITARIOS: PROTECCIÓN FISIOLÓGICA

Aunque el flujo total cambie, hay órganos que el organismo **protege siempre**:

- **Cerebro** → conciencia y control central
- **Corazón** → bomba imprescindible
- **Riñón** → regulación de volumen y presión

Mecanismos:

- Autorregulación local
- Preferencia de perfusión incluso en situaciones adversas

👉 El sistema cardiovascular **no reparte de forma "democrática"**, reparte de forma **adaptativa**.

4. REDISTRIBUCIÓN DEL FLUJO: EL CONCEPTO CLAVE

La **redistribución del flujo** significa que:

- El gasto cardíaco puede mantenerse constante
- Pero el reparto entre órganos cambia

Ejemplos fisiológicos clásicos:

- **Ejercicio** → ↑ flujo muscular, ↓ flujo digestivo
- **Frío** → ↓ flujo cutáneo
- **Hemorragia** → prioridad a corazón y cerebro

> 🔹 Todo esto se logra **sin cambiar necesariamente el gasto cardíaco**, solo modificando resistencias locales.

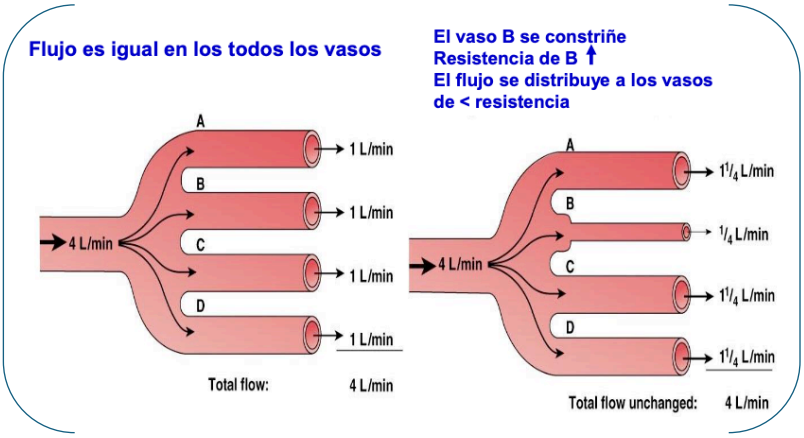
5. GRADIENTE DE PRESIÓN = PRESIÓN DE PERFUSIÓN

- El flujo depende del **gradiente de presión**
- Ese gradiente es la **presión de perfusión**

👉 Importante recordar:

- Aumentar presión arterial **no garantiza** mejor perfusión si la resistencia también aumenta.
- Reducir resistencia puede aumentar flujo incluso con presión moderada.
- El corazón genera el gradiente de presión, pero la distribución del flujo sanguíneo a los distintos órganos depende fundamentalmente de la resistencia periférica, controlada sobre todo por el radio arteriolar.

⇒ REDISTRIBUCIÓN DEL FLUJO: EFECTO DE LA RESISTENCIA VASCULAR



Aquí se muestra un **esquema sencillo pero muy ilustrativo**:

- Dos vasos (A y B) con **igual flujo inicial**.
- El **vaso B se constriñe**.
- Aumenta la **resistencia del vaso B**.
- El flujo se **redistribuye** hacia los vasos de **menor resistencia**.

Esta diapositiva es la **traducción gráfica** de la ecuación que hemos visto más arriba:

Q=\frac {\Delta P} {R}

Aquí se demuestra visualmente **cómo funciona de verdad la redistribución del flujo**.

1. SITUACIÓN INICIAL: RESISTENCIAS IGUALES

Al inicio:

- Ambos vasos tienen **resistencias similares**
- La diferencia de presión es la misma para los dos
- El flujo se reparte de forma equivalente

👉 Esto es importante porque: **el sistema no "elige" tejidos**, responde a resistencias.

2. VASOCONSTRICCIÓN DEL VASO B

Cuando el vaso B se constriñe:

- Disminuye su radio
- Aumenta mucho su resistencia (recuerda: R \propto 1/r^4)
- El flujo a través de B disminuye

Nada más ha cambiado:

- ni el corazón,
- ni la presión global,
- ni el volumen total.

👉 Solo ha cambiado: **el radio de un vaso**.

3. REDISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICA DEL FLUJO

La sangre que ya no puede pasar fácilmente por B:

- No desaparece
- No "se acumula"

Se dirige hacia:

- El vaso A
- Que mantiene menor resistencia

👉 Resultado: **el flujo aumenta en A sin que nadie lo "ordene"**.

Este punto es clave:

- No hace falta control central directo
- Es una consecuencia física del sistema

4. APLICACIÓN FISIOLÓGICA REAL

Este mecanismo explica situaciones reales:

- Durante el ejercicio:
  - Vasoconstricción en tubo digestivo
  - Vasodilatación en músculo
  - → el flujo va al músculo
- En frío:
  - Vasoconstricción cutánea
  - → se reduce pérdida de calor
- En hemorragia:
  - Vasoconstricción periférica
  - → se mantiene perfusión cerebral y coronaria

👉 Todo se logra: **modificando resistencias locales**, no "repartiendo sangre a mano".

5. PAPEL CENTRAL DE LAS ARTERIOLAS

Es importar reforzar una idea que ya debe quedar muy clara: **Las arteriolas son el elemento clave de la redistribución del flujo sanguíneo.**

Son:

- Altamente musculares
- Rápidas en su respuesta
- Controladas por:
  - factores locales,
  - sistema nervioso autónomo,
  - hormonas.

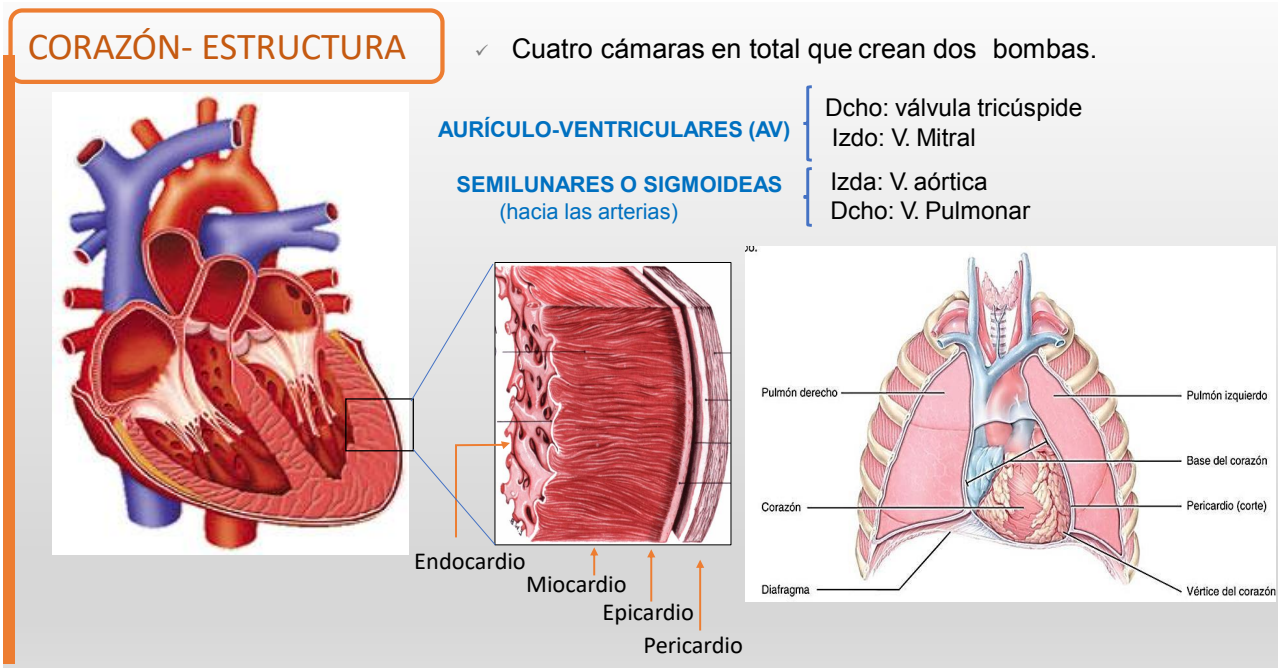
🔹 La redistribución del flujo sanguíneo es una consecuencia directa de los cambios en la resistencia vascular: la sangre fluye preferentemente hacia los territorios con menor resistencia.

⇒ **<u>CORAZÓN: ESTRUCTURA GENERAL</u>**

Vamos a ver la **estructura anatómica básica del corazón**, en la diapositiva siguiente se destaca:

- **Cuatro cámaras**, organizadas como **dos bombas**:
  - Lado derecho
  - Lado izquierdo
- **Válvulas cardíacas**:
  - **Auriculoventriculares (AV)**
    - Derecha: **tricúspide**
    - Izquierda: **mitral (o bicúspide)**
  - **Semilunares (sigmoideas)**, orientadas hacia las arterias:
    - **Pulmonar** (lado derecho)
    - **Aórtica** (lado izquierdo)
- **Capas de la pared cardíaca**:
  - **Endocardio**
  - **Miocardio**
  - **Epicardio**
- **Pericardio** como envoltura externa.

Algo importante, no veamos el corazón **como un "órgano único"**, sino como una **máquina fisiológica perfectamente organizada** para mover sangre en un sistema de doble circuito.



1. CUATRO CÁMARAS, DOS BOMBAS

El corazón humano está dividido funcionalmente en **dos bombas que trabajan en serie**:

Bomba derecha

- Aurícula derecha + ventrículo derecho
- Recibe sangre desoxigenada
- La envía a la **circulación pulmonar**

Bomba izquierda

- Aurícula izquierda + ventrículo izquierdo
- Recibe sangre oxigenada
- La envía a la **circulación sistémica**

Ambas bombas:

- Expulsan **el mismo volumen de sangre por minuto**
- Están sincronizadas
- No pueden funcionar de manera independiente

👉 Si una falla, la otra también se ve afectada.

2. FUNCIÓN DE LAS AURÍCULAS Y LOS VENTRÍCULOS

- **Aurículas**:
  - Cámaras de recepción
  - Facilitan el llenado ventricular
  - No generan grandes presiones
- **Ventrículos**:
  - Cámaras de bombeo
  - Generan la presión necesaria para mover la sangre
  - El ventrículo izquierdo tiene una pared mucho más gruesa

Esto refleja una adaptación funcional:

👉 **bombear a pulmón no es lo mismo que bombear a todo el cuerpo**.

3. VÁLVULAS CARDÍACAS: FLUJO UNIDIRECCIONAL

Las válvulas:

- No bombean
- No regulan el flujo fino
- **Aseguran que la sangre no retroceda**

→ **Válvulas auriculoventriculares**

- Se abren durante el llenado ventricular
- Se cierran durante la sístole
- Evitan el reflujo hacia las aurículas

→ **Válvulas semilunares**

- Se abren durante la eyección ventricular
- Se cierran cuando la presión arterial supera a la ventricular
- Evitan el reflujo desde las arterias

👉 El corazón es una **bomba con válvulas pasivas**, que responden a diferencias de presión.

4. CAPAS DE LA PARED CARDÍACA

→ **Endocardio**

- Revestimiento interno
- En contacto directo con la sangre
- Continuo con el endotelio vascular

→ **Miocardio**

- Tejido muscular cardíaco
- Responsable de la contracción
- Espesor variable según la cámara

👉 Es la **parte funcionalmente más importante**.

→ **Epicardio**

- Capa externa del corazón
- Parte del pericardio

5. PERICARDIO: PROTECCIÓN Y LIMITACIÓN

→ El **pericardio**:

- Envuelve al corazón
- Lo fija en el mediastino
- Reduce la fricción durante el latido
- Limita la distensión excesiva

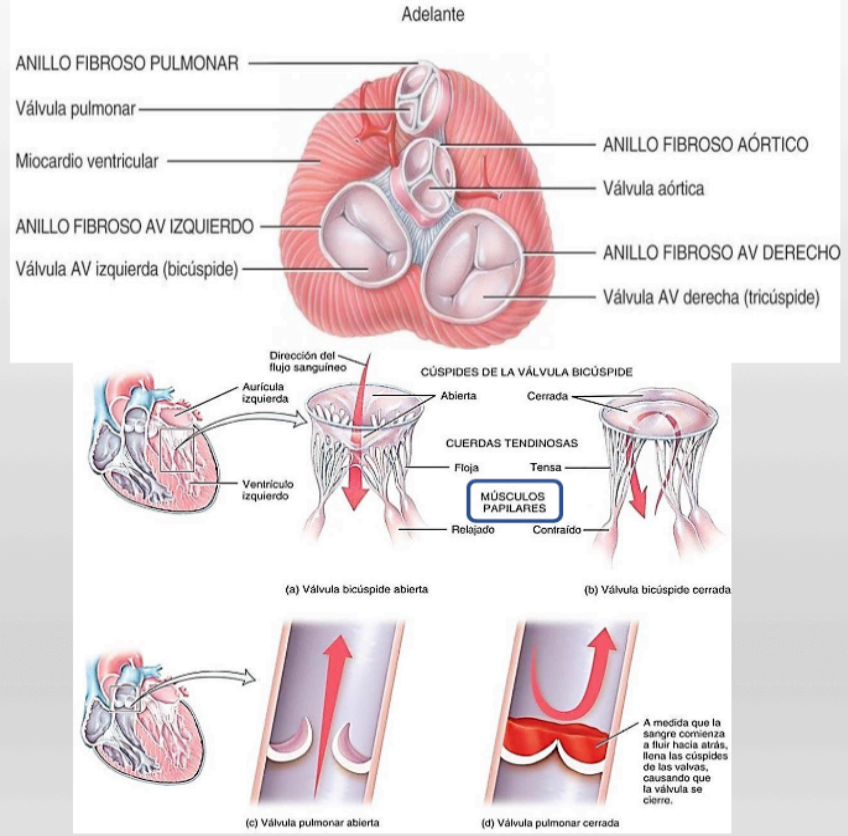
👉 No participa en el bombeo, pero: **protege y estabiliza el órgano**.

- El corazón está organizado como dos bombas sincronizadas, dotadas de válvulas que aseguran un flujo unidireccional, y formadas por capas especializadas, siendo el miocardio el elemento activo del bombeo.

⇒ VÁLVULAS CARDÍACAS: FUNCIÓN FISIOLÓGICA

En este esquema se detallan las **válvulas del corazón** y su misión:

- **Función general**: asegurar el **flujo unidireccional** de la sangre.
- **Lado derecho**:
  - Válvula **auriculoventricular tricúspide**
  - Válvula **semilunar pulmonar**
- **Lado izquierdo**:
  - Válvula **auriculoventricular mitral o bicúspide**
  - Válvula **semilunar aórtica**
- Se indica que las válvulas poseen un **esqueleto fibroso**, cuya función es **impedir el estiramiento**.



Aquí se aclara un punto esencial:

👉 **las válvulas no impulsan la sangre; solo impiden que retroceda**.

1. PRINCIPIO BÁSICO: VÁLVULAS PASIVAS

Las válvulas cardíacas:

- **No se contraen**
- **No se abren "por orden nerviosa"**
- Funcionan **pasivamente**, respondiendo a:
  - diferencias de presión entre cámaras

  ◈ Se abren o se cierran **automáticamente** según cambian las presiones durante el ciclo cardíaco.

2. VÁLVULAS AURICULOVENTRICULARES (AV)

→ **Tricúspide (derecha)**

- Entre aurícula y ventrículo derechos
- Permite el paso de sangre durante la diástole ventricular
- Se cierra al inicio de la sístole

→ **Mitral o bicúspide (izquierda)**

- Entre aurícula y ventrículo izquierdos
- Cumple la misma función, pero en el circuito sistémico

Función común:

👉 **evitar que la sangre vuelva a las aurículas cuando el ventrículo se contrae**.

3. VÁLVULAS SEMILUNARES

→ **Pulmonar**

- Entre ventrículo derecho y arteria pulmonar

→ **Aórtica**

- Entre ventrículo izquierdo y aorta
  - Se abren: Durante la sístole ventricular
  - Se cierran: Cuando la presión arterial supera a la ventricular, al inicio de la diástole

Función:
👉 **evitar el reflujo desde las arterias hacia los ventrículos**.

4. ESQUELETO FIBROSO: ESTABILIDAD MECÁNICA
El **esqueleto fibroso**:

- Da soporte a las válvulas
- Mantiene la forma de los orificios valvulares
- Evita el estiramiento excesivo durante la contracción

→ **Importancia fisiológica**:

- Garantiza un cierre eficaz
- Permite soportar presiones elevadas (especialmente en el lado izquierdo)

Sin este soporte:
👉 las válvulas perderían competencia.

5. IMPORTANCIA FUNCIONAL GLOBAL
→ Las válvulas:

- Permiten que el corazón funcione como una **bomba eficaz**
- Mantienen la dirección del flujo
- Hacen posible el ciclo cardíaco ordenado

→ Cuando fallan:

- Aparecen soplos
- Disminuye el gasto cardíaco
- Se altera la perfusión tisular

🔹 Las válvulas cardíacas son estructuras pasivas que aseguran el flujo unidireccional de la sangre, funcionando exclusivamente por diferencias de presión y apoyadas en un esqueleto fibroso que garantiza su eficacia mecánica.

⇒ **<u>TEJIDO MUSCULAR CARDÍACO Y DISCOS INTERCALARES</u>**

Veamos las **características del tejido muscular cardíaco**:

- **Tipos de músculo cardíaco**:
  - Auricular
  - Ventricular
  - Fibras musculares especializadas de excitación
- **Ley del todo o nada**
- **Discos intercalares**, con:
  - **Uniones gap**
  - **Uniones adherentes**
- El miocardio actúa como un **sincitio funcional**
- La contracción cardíaca es más **prolongada** que la del músculo esquelético

→ **Explicación en profundidad**
¿Por qué el corazón se comporta de manera distinta a cualquier otro músculo del organismo?

1. EL MIOCARDIO COMO TEJIDO MUSCULAR ESPECIAL

El **tejido muscular cardíaco** comparte rasgos con:

- el músculo esquelético (estriado),
- y con el músculo liso (automatismo parcial),
  → pero constituye un **tipo propio**, con propiedades exclusivas.

Características generales:

- Estriado
- Involuntario
- Altamente especializado para la contracción rítmica y coordinada

2. TIPOS DE FIBRAS CARDÍACAS

a) Músculo auricular y ventricular

- Son las fibras **contráctiles**
- Generan la fuerza que impulsa la sangre
- Se contraen de forma similar al músculo esquelético, pero:
  - con una **duración de contracción mayor**
  - con un período refractario prolongado

👉 Esto impide la tetanización del corazón, algo vital.

b) Fibras musculares especializadas de excitación

- Forman el **sistema de conducción**
- Son **autoexcitables**
- Apenas se contraen
- Generan y transmiten potenciales de acción rítmicos

👉 Su función no es bombear, sino **coordinar el latido**.

3. DISCOS INTERCALARES: LA CLAVE DEL SINCITIO

Las células musculares cardíacas **no funcionan de forma aislada**. Están unidas por los **discos intercalares**, que contienen:

a) Uniones gap

- Permiten el paso directo de iones
- Transmiten el potencial de acción de una célula a otra
- Garantizan la **propagación rápida de la despolarización**

b) Uniones adherentes

- Proporcionan cohesión mecánica
- Evitan que las células se separen durante la contracción

Gracias a estas uniones:

👉 el miocardio se comporta como un **sincitio funcional** (llamado así al grupo de células que, aunque estructuralmente separadas, actúan como una única unidad coordinada debido a conexiones que permiten el rápido paso de impulsos eléctricos y moléculas):

- Posee muchas células,
- pero una sola contracción coordinada.

4. LEY DEL TODO O NADA EN EL CORAZÓN

En el miocardio:

- **si una fibra se despolariza, lo hace completamente**

- la contracción no es graduable fibra a fibra

La fuerza del latido:
- no se regula reclutando más fibras (como en el músculo esquelético),
- sino modificando:
  - la frecuencia,
  - la contractilidad,
  - el llenado ventricular.

5. IMPORTANCIA DEL PERÍODO REFRACTARIO LARGO

La duración prolongada del potencial de acción y del período refractario:
- Impide contracciones sostenidas
- Obliga a una secuencia:
  - contracción → relajación → llenado

👉 Esto asegura: **un latido rítmico y eficaz**, compatible con la vida.

🔹 El miocardio es un tejido muscular especializado que, gracias a los discos intercalares y a las uniones gap, actúa como un **sincitio funcional**, permitiendo una contracción coordinada y rítmica no sostenida.

⇒ **<u>PROPIEDADES DEL MIOCARDIO</u>**

Veamos las **propiedades fisiológicas fundamentales del miocardio**:
1. **Automatismo**
2. **Conducción – excitabilidad**
3. **Latido ordenado** (válvulas y ciclo cardíaco)
4. **Regulación de la actividad cardíaca** por:
   - Nervios eferentes (SNA)
   - Adrenalina circulante

Además, tiene tres conceptos clásicos de regulación:
- **Cronotropismo** → frecuencia
- **Inotropismo** → fuerza de contracción
- **Dromotropismo** → velocidad de conducción

1. AUTOMATISMO CARDÍACO

El **automatismo** significa que:

El corazón presenta actividad eléctrica intrínseca y rítmica, sin necesidad de estímulo nervioso externo.

→ Esto es una propiedad exclusiva del tejido cardíaco.
- Existen células **autoexcitables**
- Generan potenciales de acción de forma espontánea
- Determinan el ritmo básico del corazón

👉 Consecuencia fundamental: **el corazón late incluso aislado del sistema nervioso** (mientras tenga oxígeno y nutrientes).

El sistema nervioso **no inicia** el latido: solo lo **modula**.

2. CONDUCCIÓN Y EXCITABILIDAD
Estas dos propiedades están estrechamente ligadas.

→ **Conducción**
Capacidad de:
- transmitir ese potencial de acción
- a lo largo del miocardio

→ **Excitabilidad**
Capacidad del tejido cardíaco para:
- responder a un estímulo eléctrico
- generar un potencial de acción

Esto se logra gracias a:
- fibras especializadas,
- uniones gap,
- organización anatómica precisa,

👉 **La despolarización**: se propaga de forma rápida y ordenada por todo el corazón.

3. LATIDO ORDENADO
El corazón **no se contrae al azar**.

→ El latido ordenado implica:
- Secuencia correcta:
  - aurículas → ventrículos
- Apertura y cierre coordinados de válvulas
- Alternancia rítmica de:
  - **sístole**
  - **diástole**

→ Esto permite:
- Llenado eficaz
- Eyección eficiente
- Flujo unidireccional

👉 Un latido sin orden **no sería funcional**.

4. REGULACIÓN DE LA ACTIVIDAD CARDÍACA
Aunque el corazón es automático, **no es rígido**.
Su actividad se ajusta mediante:
- **Sistema nervioso autónomo**
- **Hormonas circulantes** (adrenalina)

→ **Actividades**:
a) Cronotropismo
Se refiere a la:
- **frecuencia de formación del impulso**
- Cronotropismo positivo → aumenta la frecuencia
- Cronotropismo negativo → disminuye la frecuencia

Regulado principalmente en:
- el **nodo sinoauricular**

b) Inotropismo

Se refiere a la:

- **fuerza de contracción**
- Inotropismo positivo → contracción más potente
- Inotropismo negativo → contracción más débil

Clave para:

- Ajustar el volumen sistólico
- Adaptarse a ejercicio o estrés

c) Dromotropismo

Se refiere a la:

- **velocidad de conducción del impulso**

Especialmente importante en:

- nodo auriculoventricular

Permite:

- sincronizar aurículas y ventrículos
- evitar contracciones simultáneas ineficaces

5. VISIÓN INTEGRADA

- El corazón genera su propio ritmo, pero la intensidad, frecuencia y coordinación del latido se ajustan continuamente a las necesidades del organismo.
- Ni es una bomba rígida, ni depende totalmente del sistema nervioso.
- Es un sistema **autónomo pero regulable**.

- El miocardio posee automatismo, excitabilidad y capacidad de conducción que permiten un latido ordenado, cuya frecuencia, fuerza y velocidad pueden ser moduladas por el sistema nervioso autónomo y las hormonas.

⇒ **AUTOMATISMO CARDÍACO Y SISTEMA DE CONDUCCIÓN**

Vamos a ver cómo se desarrolla la **propiedad de automatismo** del corazón y de qué manera se produce el **sistema de conducción cardíaco**. Para ello, identificaremos:

1. **Nodo sinoauricular (SA)**
2. **Vías internodales**
3. **Nodo auriculoventricular (AV)**
4. **Haz de His**
5. **Ramas derecha e izquierda del Haz de His**
6. **Fibras de Purkinje**

Además, veremos como:

- Estas fibras forman una **red de células musculares automáticas**
- Son **autoexcitables**
- Apenas se contraen
- Generan **potenciales de acción rítmicos**
- Constituyen el **marcapasos cardíaco**
- Se muestra el **potencial de acción del nodo SA** (Na^+, Ca^{2+}, K^+)

Todo esto es **clave**, porque se explica **por qué el corazón late solo y cómo ese latido se ordena en el tiempo y el espacio**.

1. AUTOMATISMO: EL CORAZÓN NO NECESITA ÓRDENES EXTERNAS

El **automatismo cardíaco** significa que:

- **Existen células capaces de generar potenciales de acción espontáneamente, de forma rítmica y continua.**

Estas células:

- No requieren estimulación nerviosa
- No esperan una señal externa
- Se despolarizan solas

👉 Esto es fisiológicamente decisivo: el sistema nervioso **no inicia** el latido; solo lo **modula**.

2. EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN: UNA RED ESPECIALIZADA

El corazón contiene una **red organizada de fibras musculares especiales**, distintas de las contráctiles.

Características de estas fibras:

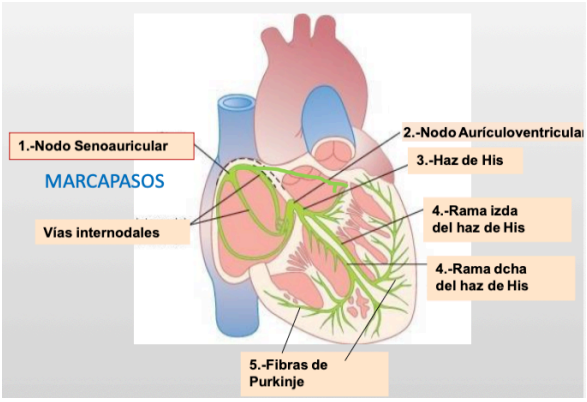
- Son musculares (no nerviosas)
- Tienen automatismo
- Conducen rápidamente el impulso
- Generan muy poca fuerza contráctil

👉 Su función es: **coordinar el latido**, no producir presión.

3. NODO SINOAURICULAR (SA): EL MARCAPASOS

El **nodo SA**:

- Se localiza en la aurícula derecha
- Es la estructura con:
  - mayor frecuencia de descarga espontánea



👉 Por eso: **impone su ritmo al resto del corazón**.

Aunque otras zonas puedan generar impulsos:

- El nodo SA descarga más rápido
- Las demás quedan "silenciadas"

👉 Este fenómeno se llama: **dominancia del marcapasos sinusal**.

4. RECORRIDO ORDENADO DEL IMPULSO

El potencial de acción sigue un trayecto preciso:

1. Nodo SA → despolariza las aurículas
2. Vías internodales → conducen hacia el nodo AV
3. Nodo AV → introduce un **retardo fisiológico**
4. Haz de His → conduce a los ventrículos
5. Ramas derecha e izquierda
6. Fibras de Purkinje → despolarización rápida y simultánea del miocardio ventricular

Este orden asegura:

- Primero contracción auricular (llenado)
- Después contracción ventricular (eyección)

5. EL RETARDO DEL NODO AV: DETALLE CRUCIAL

El **nodo AV**:

- Conduce lentamente
- Retrasa el impulso unos milisegundos

👉 Esto permite: que las aurículas se vacíen **antes** de que se contraigan los ventrículos.

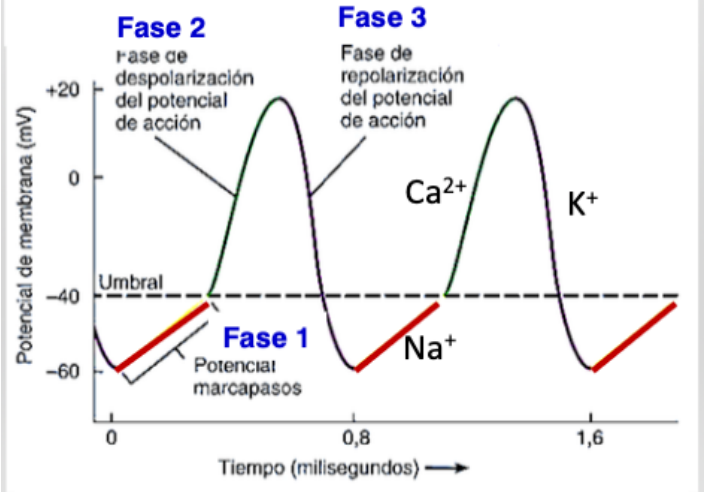
Sin este retardo:

- El latido sería desorganizado
- El llenado ventricular sería ineficaz

6. POTENCIAL DE ACCIÓN DEL NODO SA

El potencial de acción del nodo SA es **distinto** al de las fibras contráctiles:

- No existe un potencial de reposo estable
- Hay una **despolarización lenta espontánea**
- Intervienen:
  - Canales de Na^+ (corriente lenta)
  - Canales de Ca^{2+}
  - Canales de K^+



Este diseño explica:

- El automatismo
- La frecuencia cardíaca basal
- La posibilidad de modulación por el SNA

7. CONCEPTO DE MARCAPASOS

El término **marcapasos** no es solo un aparato artificial: **El corazón posee un marcapasos natural: el nodo sinoauricular.**

Los dispositivos artificiales **imitan** este sistema fisiológico cuando falla.

🔹 IDEA CLAVE

El latido cardíaco se origina de forma espontánea en el nodo sinoauricular y se propaga de manera ordenada por un sistema de conducción especializado, asegurando una contracción secuencial y eficaz del corazón.

⇒ <u>CONDUCCIÓN, EXCITABILIDAD Y POTENCIAL DE ACCIÓN DEL MIOCARDIO CONTRÁCTIL</u>

Aquí desarrollamos las propiedades de **conducción y excitabilidad** del miocardio, destacando:

- Iones implicados en el potencial de acción: **Na^+, Ca^{2+}, K^+**
- **Período refractario absoluto (PRA)**
- **Período refractario relativo (PRR)**
- Diferencia entre:
  - **Células autorítmicas** (nodales)
  - **Células miocárdicas contráctiles**

Este tema es crucial porque explica **cómo el impulso eléctrico se traduce en contracción eficaz**, y por qué el corazón **no puede tetanizarse** como el músculo esquelético.

1. CÉLULAS CONTRÁCTILES VS CÉLULAS NODALES

Conviene separar claramente ambos tipos:

Células autorítmicas (nodales)

- Generan el impulso
- Se despolarizan espontáneamente
- Apenas producen fuerza

Células miocárdicas contráctiles

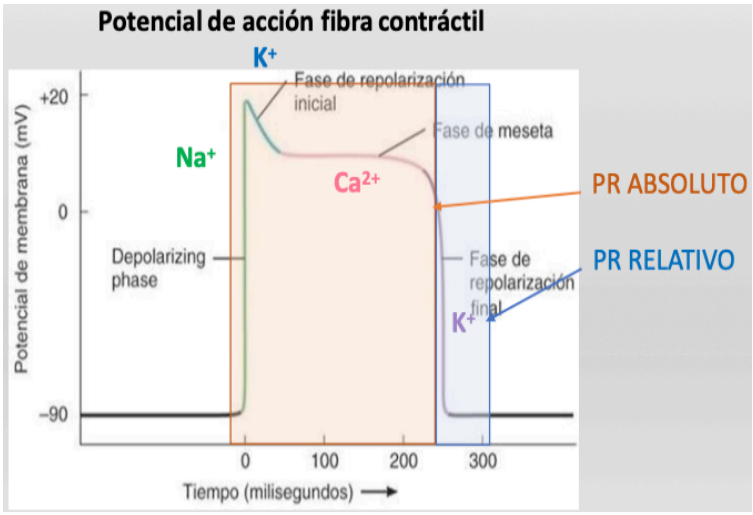
- **No tienen automatismo**
- **No se despolarizan solas**
- Solo generan potenciales de acción cuando reciben un estímulo del sistema de conducción
- Su función es **producir fuerza**

👉 Esta separación de funciones es fundamental para un latido ordenado.

2. POTENCIAL DE ACCIÓN DEL MIOCARDIO CONTRÁCTIL

El potencial de acción ventricular es **largo y complejo**, y consta de varias fases bien definidas:

- **Fase 0 (despolarización rápida)**
  Entrada masiva de **Na^+**
- **Fase 1 (repolarización inicial)**
  Salida transitoria de K^+
- **Fase 2 (meseta)**
  Entrada sostenida de **Ca^{2+}**
  (fase característica del corazón)
- **Fase 3 (repolarización)**
  Salida de **K^+**
- **Fase 4 (reposo estable)**
  Potencial de membrana estable



La **fase de meseta** es el rasgo distintivo del músculo cardíaco.

3. SIGNIFICADO DE LA MESETA (CA^{2+})

La entrada prolongada de **Ca^{2+}**:

- Mantiene la despolarización
- Permite una contracción larga y potente
- Acopla electricidad y mecánica (acoplamiento excitación–contracción)

👉 Además: es la base del **período refractario prolongado**.

4. PERÍODOS REFRACTARIOS

🔹 Período refractario absoluto (PRA)

Durante este período:

- **No puede generarse otro potencial de acción**
- Aunque el estímulo sea muy intenso

Coincide prácticamente con la **sístole ventricular**.

👉 Consecuencia vital: **el corazón no puede tetanizarse** (provocar estado tetánico, o contracciones o espasmos continuos).

- **Período refractario relativo (PRR)**

En esta fase:

- Puede generarse un potencial de acción
- Solo con estímulos más intensos
- La respuesta es anómala o incompleta

Tiene importancia clínica en:

- Arritmias
- Extrasístoles

5. RELACIÓN ENTRE ELECTRICIDAD Y MECÁNICA

El esquema deja claro que:

- **La contracción sigue al potencial de acción**
- El corazón solo es excitable:
  - al final de la diástole
- Durante la sístole:
  - el miocardio es eléctricamente inexitable

Esto asegura:

- Ritmo estable
- Alternancia contracción–relajación
- Llenado ventricular eficaz

6. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA Y CLÍNICA

Todo esto explica:

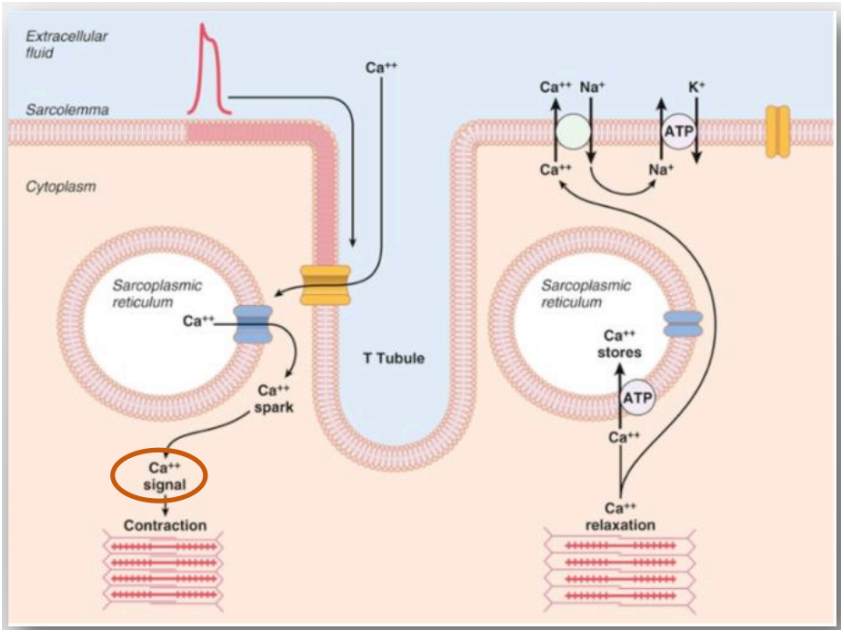
- Por qué el corazón no entra en contracción sostenida
- Por qué ciertos fármacos (bloqueadores de Ca^{2+}) afectan a la contractilidad
- Por qué las alteraciones iónicas producen arritmias

- Las células miocárdicas contráctiles solo responden a estímulos del sistema de conducción y presentan un potencial de acción largo, con un período refractario prolongado que impide la tetanización y garantiza un latido rítmico y eficaz.

⇒ **<u>LATIDO ORDENADO: RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD ELÉCTRICA Y CICLO CARDÍACO</u>**

Veamos de qué manera se vinculan directamente las **propiedades eléctricas del miocardio** con el **ciclo mecánico del corazón**, destacando:

- **La contracción sigue al potencial de acción**
- **La sístole coincide con el período refractario absoluto**
- **Inexcitabilidad sistólica**
- **Recuperación de la excitabilidad al final de la diástole**



Esta diapositiva es esencial porque explica **por qué el corazón late de forma ordenada y no caótica**, y cómo se sincronizan electricidad y mecánica.

1. PRINCIPIO CLAVE: LA ELECTRICIDAD MANDA

En el corazón se cumple rigurosamente:
No hay contracción sin despolarización previa.

Es decir:

- Primero ocurre el **potencial de acción**
- Después se inicia la **contracción mecánica**

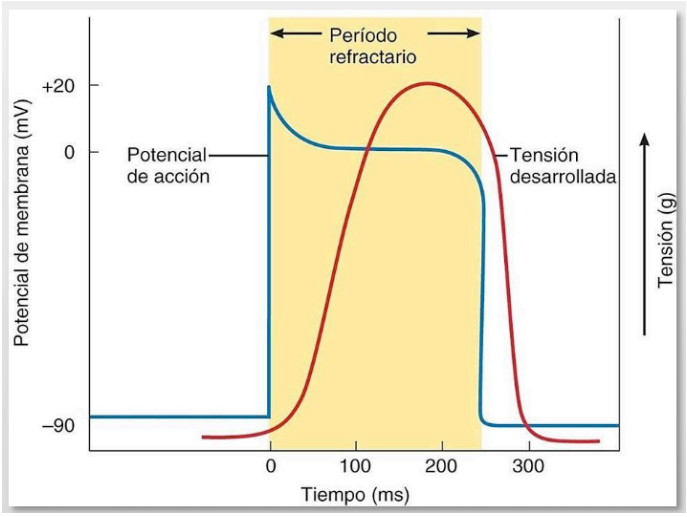
Esto garantiza que:

- la contracción esté sincronizada,
- no sea errática,
- afecte a todo el miocardio de forma coordinada.

2. SÍSTOLE Y PERÍODO REFRACTARIO ABSOLUTO

Durante la **sístole ventricular**:

- El miocardio está en **período refractario absoluto**
- Las células **no pueden excitarse de nuevo**
- No importa la intensidad del estímulo



👉 Este hecho es fisiológicamente decisivo ya que **impide contracciones superpuestas**.

Si el corazón pudiera reexcitarse durante la sístole:

- Entraría en tetania
- No habría fase de llenado
- El bombeo sería ineficaz y letal

3. INEXCITABILIDAD SISTÓLICA

La **inexcitabilidad sistólica** significa que:

- Durante la contracción,
- el miocardio no responde a nuevos estímulos eléctricos.

Esto asegura:

- Una sola contracción por latido
- Eyección eficaz de la sangre
- Respeto del orden aurícula → ventrículo

4. DIÁSTOLE: RECUPERACIÓN Y PREPARACIÓN

Durante la **diástole**:

- El miocardio se relaja
- Se restablecen los gradientes iónicos
- Se recupera la **excitabilidad**

Al final de la diástole:

- El corazón **vuelve a ser excitable**
- Puede iniciarse un nuevo potencial de acción
- Se prepara el siguiente latido

👉 La diástole no es un “descanso pasivo”, es una **fase activa de recuperación funcional**.

5. CONSECUENCIA FISIOLÓGICA GLOBAL

Este acoplamiento entre:

- potencial de acción largo,
- período refractario prolongado,
- contracción mecánica,

permite:

- Ritmo estable
- Frecuencia regulable
- Bombeo continuo y eficaz

👉 Es una adaptación **imprescindible para la vida**.

La sístole ventricular coincide con el período refractario absoluto del miocardio, lo que hace al corazón inexitable durante la contracción y garantiza un latido único, ordenado y eficaz en cada ciclo cardíaco.

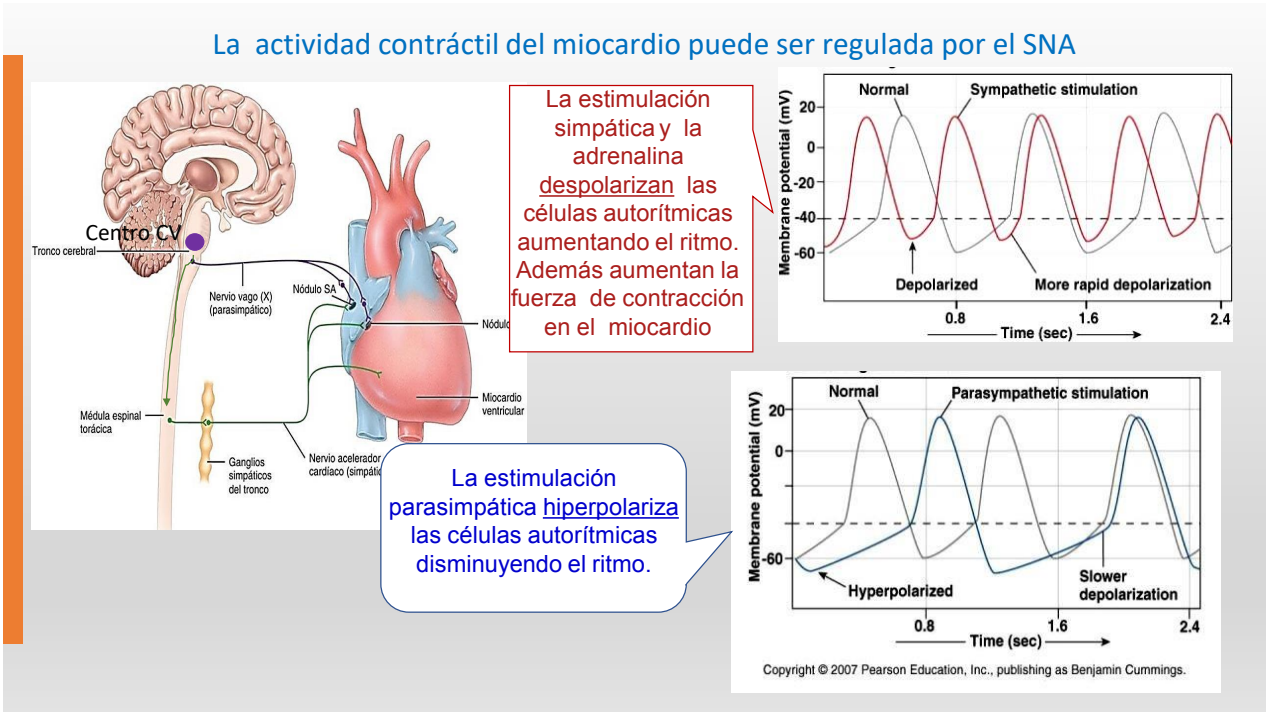
⇒ REGULACIÓN DE LA ACTIVIDAD CARDÍACA POR EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

Veamos cómo la **actividad contráctil del miocardio** es modulada por el **Sistema Nervioso Autónomo (SNA)**:

- **Estimulación simpática** y **adrenalina circulante**:
  - Despolarizan las células autorítmicas
  - **Aumentan el ritmo cardíaco**
  - **Aumentan la fuerza de contracción**
- **Estimulación parasimpática**:
  - Hiperpolariza las células autorítmicas
  - **Disminuye el ritmo cardíaco**
- Intervención del **centro cardiovascular (CV)**

→ **El corazón es automático, pero no independiente del sistema nervioso.**

El SNA **no inicia el latido**, pero **ajusta finamente su comportamiento** para adaptarlo a las necesidades del organismo.



1. SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO Y CORAZÓN

El corazón recibe inervación de:

- **Sistema simpático**
- **Sistema parasimpático**

Ambos actúan principalmente sobre:

- **Células autorítmicas** (nodo SA y nodo AV)
- **Miocardio contráctil** (sobre todo el simpático)

El resultado es un control dinámico y continuo del latido.

2. ESTIMULACIÓN SIMPÁTICA

La **estimulación simpática** (y la adrenalina de la médula suprarrenal):

a) Efecto sobre la frecuencia (cronotropismo +)

- Aumenta la pendiente de la despolarización espontánea del nodo SA
- El umbral se alcanza antes
- El corazón late más rápido

b) Efecto sobre la fuerza (inotropismo +)

- Aumenta la entrada de Ca^{2+} en las fibras contráctiles
- La contracción es más potente
- Se incrementa el volumen sistólico

c) Efecto sobre la conducción (dromotropismo +)

- Aumenta la velocidad de conducción, especialmente en el nodo AV
- Se acorta el retraso auriculoventricular

👉 Todo esto prepara al organismo para **situaciones de actividad, estrés o ejercicio**.

3. ESTIMULACIÓN PARASIMPÁTICA

El **parasimpático** produce (principalmente a través del nervio vago):

a) Efecto sobre la frecuencia (cronotropismo −)

- Hiperpolariza las células del nodo SA
- Disminuye la pendiente de despolarización espontánea
- El umbral tarda más en alcanzarse

Resultado:

👉 **disminuye la frecuencia cardíaca**

b) Efecto sobre la conducción (dromotropismo −)

- Disminuye la velocidad de conducción en el nodo AV
- Aumenta el retraso AV

c) Efecto limitado sobre la fuerza

- Escasa inervación parasimpática ventricular
- El efecto inotrópico negativo es pequeño

El parasimpático predomina:

👉 **en reposo**, manteniendo la frecuencia cardíaca basal baja.

4. CENTRO CARDIOVASCULAR (CV)

El **centro cardiovascular**, situado en el tronco del encéfalo:

- Integra información de:
  - Barorreceptores
  - Quimiorreceptores
  - Centros superiores
- Ajusta la actividad simpática y parasimpática

Gracias a este centro:

- El corazón responde en segundos a cambios de presión, postura o esfuerzo

5. EQUILIBRIO FUNCIONAL

En condiciones normales:

- Existe un **tono parasimpático basal**
- El corazón late más lento de lo que lo haría por su automatismo puro

Este equilibrio permite:

- Ahorro energético
- Capacidad de respuesta rápida ante demanda

👉 **IDEA CLAVE**

El sistema nervioso autónomo regula la frecuencia, la fuerza y la velocidad de conducción del corazón, modulando un órgano que es automático por naturaleza para adaptarlo continuamente a las necesidades del organismo.

⇒ EFECTOS DEL SNA SOBRE EL CORAZÓN Y "ESCAPE DEL VAGO"

Estos son los **efectos específicos** del **Sistema Nervioso Autónomo** sobre el corazón:

- **Estimulación simpática**:
  1. ↑ tasa de descarga del **nodo sinoauricular (SA)**
  2. ↑ **velocidad de conducción**
  3. ↑ **fuerza de contracción** del miocardio
- **Estimulación parasimpática**:
  - ↓ frecuencia de excitación del nodo SA
  - ↓ excitabilidad del **nodo auriculoventricular (AV)**
  - **Enlentecimiento** de la transmisión del estímulo a los ventrículos

1. EFECTOS DEL SIMPÁTICO: RESPUESTA DE ACTIVACIÓN

La **estimulación simpática** actúa sobre receptores β_1-adrenérgicos y produce una respuesta global de **activación**:

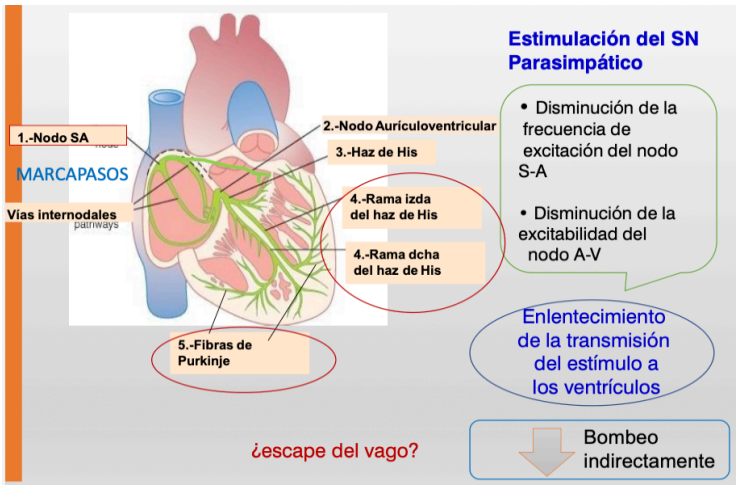
- **Cronotropismo positivo**:
  el nodo SA alcanza antes el umbral → **aumenta la frecuencia**.
- **Dromotropismo positivo**:
  la conducción (especialmente en el nodo AV) es más rápida → **mejor sincronía a altas frecuencias**.
- **Inotropismo positivo**:
  mayor entrada de Ca^{2+} en el miocardio → **contracción más potente**.

👉 Resultado funcional: aumento del **gasto cardíaco** para cubrir demandas elevadas (ejercicio, estrés).

2. EFECTOS DEL PARASIMPÁTICO: FRENO FISIOLÓGICO

El **parasimpático** (vagal) ejerce un **control inhibidor** predominante en reposo:

- **Cronotropismo negativo**:
  - Hiperpolariza el nodo SA
  - Disminuye la pendiente de despolarización espontánea
  - ↓ frecuencia cardíaca
- **Dromotropismo negativo**:
  - ↓ excitabilidad del nodo AV
  - ↑ retraso AV
- **Efecto inotrópico**:
  - Muy limitado en ventrículos
  - Más evidente en aurículas



Resultado funcional:

👉 **economía energética** y estabilidad del ritmo en reposo.

3. ¿QUÉ ES EL "ESCAPE DEL VAGO"?

Aquí está el concepto clave de esta diapositiva.

→ El **escape del vago** se refiere a que: **Aunque la estimulación parasimpática sea intensa, el corazón no se detiene indefinidamente.**

→ **Mecanismo**

- El vago puede:
  - frenar el nodo SA,
  - enlentecer el nodo AV,
- pero **no bloquea completamente** el sistema de conducción ventricular.

Si el nodo SA queda muy inhibido:

- **otros marcapasos latentes** (nodo AV o His–Purkinje) **asumen el ritmo**, aunque más lento.

👉 Esto garantiza: **seguridad eléctrica** del corazón.

4. MARCAPASOS JERÁRQUICOS

El corazón tiene una **jerarquía de marcapasos**:

1. **Nodo SA** → mayor frecuencia (normal)
2. **Nodo AV** → frecuencia menor
3. **Sistema His–Purkinje** → frecuencia aún menor

🔷 Regla fisiológica: **El marcapasos más rápido domina**; si falla, el siguiente toma el control.

5. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA Y CLÍNICA

Esta manera de funcionar explica:

- Por qué no "se para" el corazón con estímulos vagales intensos
- Por qué existen ritmos de escape en bloqueos
- La lógica de los marcapasos artificiales

Es un sistema:

- redundante,
- jerárquico,
- extraordinariamente seguro.

Y es que: El sistema nervioso autónomo modula el ritmo, la conducción y la fuerza del corazón, pero la existencia de marcapasos jerárquicos permite el "escape del vago" y asegura la continuidad del latido incluso ante inhibición intensa del nodo sinusal.

⇒ CICLO CARDÍACO: INTEGRACIÓN MECÁNICA, ELÉCTRICA Y ACÚSTICA

Esta es la definición final del **ciclo cardíaco** como la **unidad repetitiva** de la actividad del corazón, incluidos **todos los fenómenos asociados a un latido**:

- **Mecánicos**
  - Sístole y diástole **auricular**
  - Sístole y diástole **ventricular**
- **Acústicos**
  - Ruidos cardíacos
- **Cambios de presión y volumen**
  - En cámaras cardíacas y grandes vasos (curvas P–V)
- **Eléctricos**
  - Registro en el **ECG**

→ Principio rector: La sangre se desplaza siempre **de zonas de mayor presión a zonas de menor presión**.

1. QUÉ ES REALMENTE EL CICLO CARDÍACO

El **ciclo cardíaco** es: el conjunto ordenado de eventos que se repiten en **cada latido**, permitiendo el llenado y la eyección de la sangre.

No es solo "contracción y relajación", sino una **secuencia coordinada** en el tiempo.

🔹 FENÓMENOS MECÁNICOS

→ **Sístole**

- Fase de **contracción**
- Aumenta la presión en la cavidad
- Permite la eyección de la sangre
- **Diástole**
- Fase de **relajación**
- Disminuye la presión
- Permite el llenado de las cavidades

→ **Orden fisiológico**:

1. **Sístole auricular** → completa el llenado ventricular
2. **Sístole ventricular** → expulsa la sangre a pulmones y sistema
3. **Diástole ventricular** → llenado pasivo

👉 El orden aurícula → ventrículo es imprescindible para la eficacia del bombeo.

🔹 FENÓMENOS ELÉCTRICOS (ECG)

El **ECG** refleja la actividad eléctrica que **precede y dirige** la mecánica:

- Despolarización auricular → contracción auricular
- Despolarización ventricular → contracción ventricular
- Repolarización → relajación

Regla de oro: **No hay evento mecánico sin evento eléctrico previo.**

🔹 CAMBIOS DE PRESIÓN Y VOLUMEN

Durante el ciclo:

- Cambian las **presiones** en aurículas, ventrículos y arterias
- Cambia el **volumen ventricular**:
  - Llenado (diástole)
  - Eyección (sístole)

Las **curvas presión–volumen** permiten entender:

- trabajo cardíaco,
- volumen sistólico,
- rendimiento del corazón.

→ FENÓMENOS ACÚSTICOS (RUIDOS CARDÍACOS)

Los **ruidos cardíacos** se deben principalmente a:

- **Cierre de válvulas**, no a la contracción muscular
- **Primer ruido (S1)**:
  - Cierre de válvulas AV
  - Inicio de la sístole ventricular
- **Segundo ruido (S2)**:
  - Cierre de válvulas semilunares
  - Inicio de la diástole ventricular

👉 Son manifestaciones audibles de: **eventos mecánicos bien definidos**.

→ EL CICLO COMO FENÓMENO INTEGRADO

Nada ocurre de forma aislada:

- La electricidad marca el ritmo
- La mecánica mueve la sangre
- Las válvulas ordenan el flujo
- Las presiones dirigen el sentido
- Los ruidos reflejan los cierres valvulares

→ Todo está **finamente sincronizado**.

- A modo de resumen: El ciclo cardíaco es la integración ordenada de fenómenos eléctricos, mecánicos, hemodinámicos y acústicos que, en cada latido, permiten el desplazamiento eficaz de la sangre desde zonas de mayor presión a zonas de menor presión.
