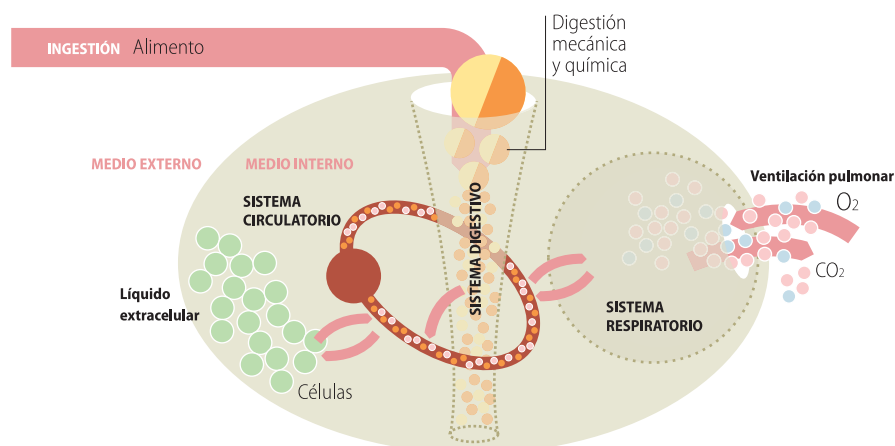


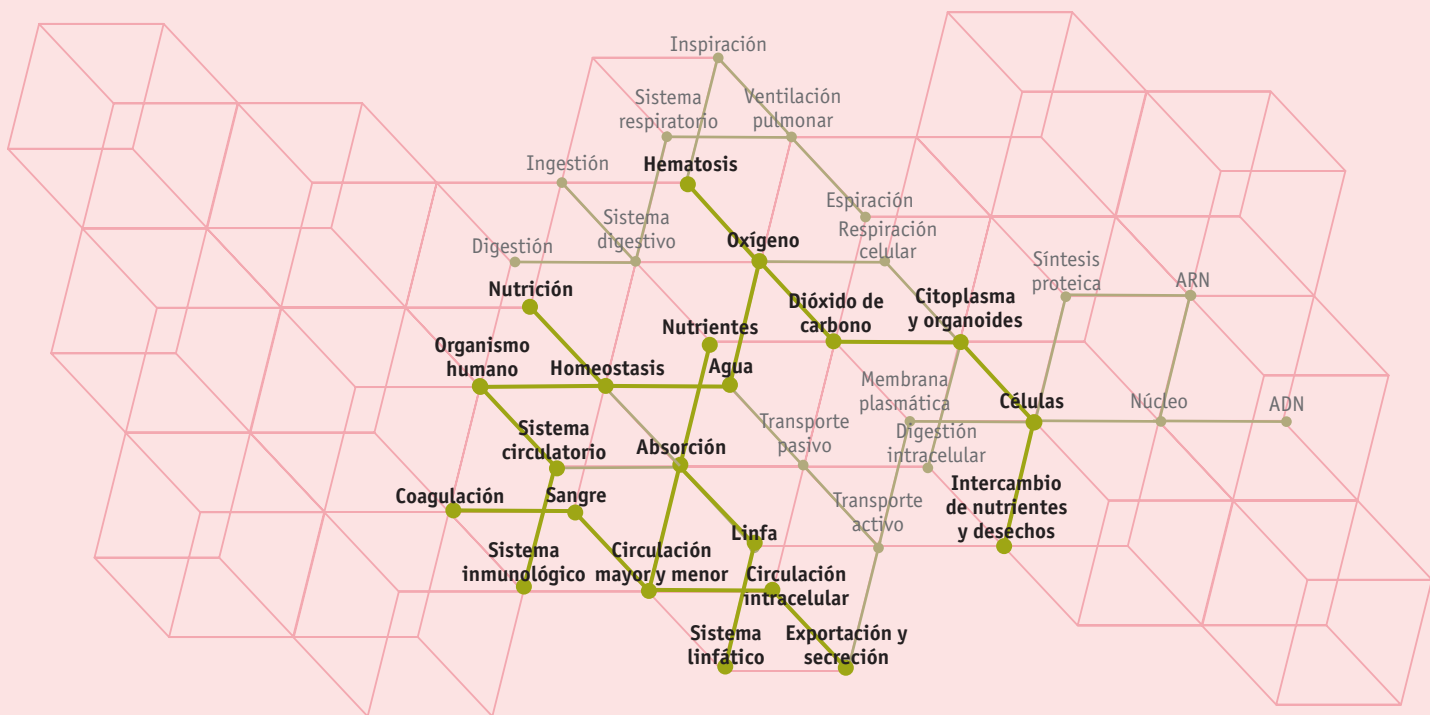
3

CIRCULACIÓN DE LOS NUTRIENTES

Sistemas de circulación de nutrientes y otros materiales

Como se explicó en los capítulos anteriores, el nutriente **oxígeno**, contenido en el volumen de aire inspirado, ingresa en el sistema respiratorio a través de la **ventilación pulmonar**. En los alvéolos se produce la **hematosis**, proceso por el cual el oxígeno deja el **sistema respiratorio** e ingresa en un sistema de circulación que lo distribuye por todo el organismo.





Los demás **nutrientes** se extraen de los alimentos que ingresan en el **sistema digestivo**. La **digestión** consiste en la extracción de los nutrientes contenidos en los alimentos. En las microvellosidades intestinales se produce su **absorción**, proceso por el cual los nutrientes dejan el sistema digestivo e ingresan en un sistema de circulación que los distribuye por todo el organismo.

Por el **sistema circulatorio** o **cardiovascular** circulan nutrientes hacia todas las células del cuerpo. Por este sistema también circulan desechos celulares hacia los órganos que los liberan hacia el medio exterior.

El sistema circulatorio participa en las siguientes actividades:

- transporte de nutrientes, desechos y sustancias que intervienen en el crecimiento y desarrollo del organismo;
- transporte de componentes sanguíneos específicos que intervienen en la coagulación de la sangre y en la defensa del cuerpo frente a una invasión de microorganismos; y
- regulación de la temperatura corporal.

El organismo también tiene otro sistema de circulación de materiales, complementario al sistema cardiovascular, el **sistema linfático**.

Por el sistema linfático circula la **linfa**, fluido con nutrientes que provienen de la digestión de los lípidos y células específicas del sistema de defensa (**sistema inmunológico**) del organismo.

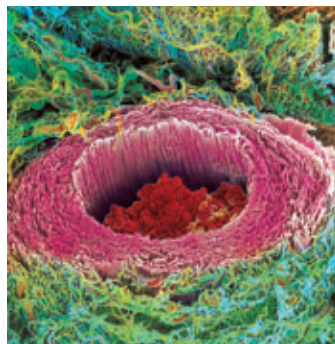
Luego de la circulación por el sistema linfático, la linfa se mezcla con la sangre y continúa su tránsito por el sistema circulatorio.

■ Si se pudieran colocar los capilares de un organismo adulto, uno detrás del otro formando una fila, el fino conducto resultante mediría aproximadamente 60 000 km.

■ Si se pudieran extender las paredes de todos los capilares que tiene un organismo adulto, se podrían “alfombrar” casi 4 canchas de tenis (750 m²).

■ Del porcentaje total de sangre que circula en un organismo en reposo, el 17% se encuentra en las arterias; el 6% en las arteriolas y los capilares; el 70% en las venas; y el 7% restante en el corazón.

Vasos sanguíneos	Diámetro	Velocidad del flujo sanguíneo
arterias	0,5-25 mm	50 cm/s
arteriolas	40-50 μ m	variable
capilares	7-10 μ m	0,7 mm/s
venas	0,5-20 mm	50 cm/s



Fotomicrografía en MEB del corte de una arteriola

Si las venas y las vénulas no contienen sangre, se colapsan o “aplastan”. En cambio, aun sin sangre, las arterias y arteriolas mantienen su diámetro debido a las fibras elásticas que conforman sus paredes.

En la unión entre las arteriolas y los capilares hay pequeños anillos de fibras musculares, los **esfínteres precapilares**. Durante el ejercicio intenso, la capa muscular de las arteriolas y los esfínteres se relajan o “aflojan” (**vasodilatación**) y aumenta el flujo sanguíneo al tejido muscular.

Estructura y dinámica del sistema circulatorio

El sistema circulatorio está formado por la **sangre**, tejido que transporta los nutrientes y otros materiales; y el **corazón**, órgano que propulsa la sangre a través de una compleja red de conductos, los **vasos sanguíneos**.

Los vasos sanguíneos

La sangre circula principalmente por tres tipos de **vasos sanguíneos**. Según su estructura y el sentido que lleva la sangre en su interior, se clasifican en arterias, venas y capilares.

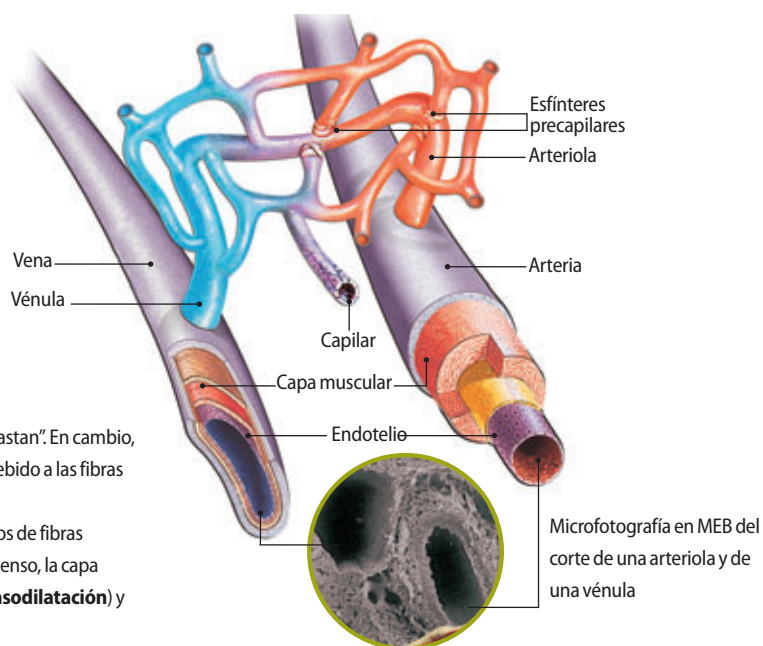
El corazón propulsa la sangre a través de las **arterias** hacia todos los tejidos del cuerpo. Las paredes de estos vasos son gruesas y con muchas fibras elásticas que les permiten soportar la presión que ejerce la sangre en su interior. Por la mayoría de las arterias circula sangre rica en oxígeno y, según la forma que adopten, o el hueso u órgano junto al que se encuentren, tienen variadas denominaciones: arteria humeral, arteria renal, arterias coronarias, entre otras.

Las arterias están ramificadas en otro tipo de vasos de menor diámetro, las **arteriolas**. Las paredes de esos conductos están formadas por una capa muscular que puede dilatar o contraer la luz de las arteriolas. La **vasoconstricción** y **vasodilatación** de las arteriolas regulan el flujo de sangre en los distintos órganos del cuerpo, según sus requerimientos de oxígeno y otros nutrientes.

Las arteriolas también se ramifican en finos vasos o **capilares sanguíneos**. El espesor de las paredes de esos conductos están conformadas por una sola capa de células.

Los capilares sanguíneos conforman un delicado entramado en íntimo contacto con todas las células que componen los tejidos y órganos del cuerpo. A través de esta red se produce el **intercambio de nutrientes** y otros materiales entre la sangre y las células corporales.

Los capilares se reúnen en vasos de mayor calibre, las **vénulas**, y éstas en conductos de mayor diámetro, las **venas**. Por estos vasos la sangre circula desde los tejidos hacia el corazón. Las paredes de las venas son más delgadas y menos elásticas que las de las arterias y tienen **válvulas** que impiden la circulación de la sangre en sentido contrario.



El corazón

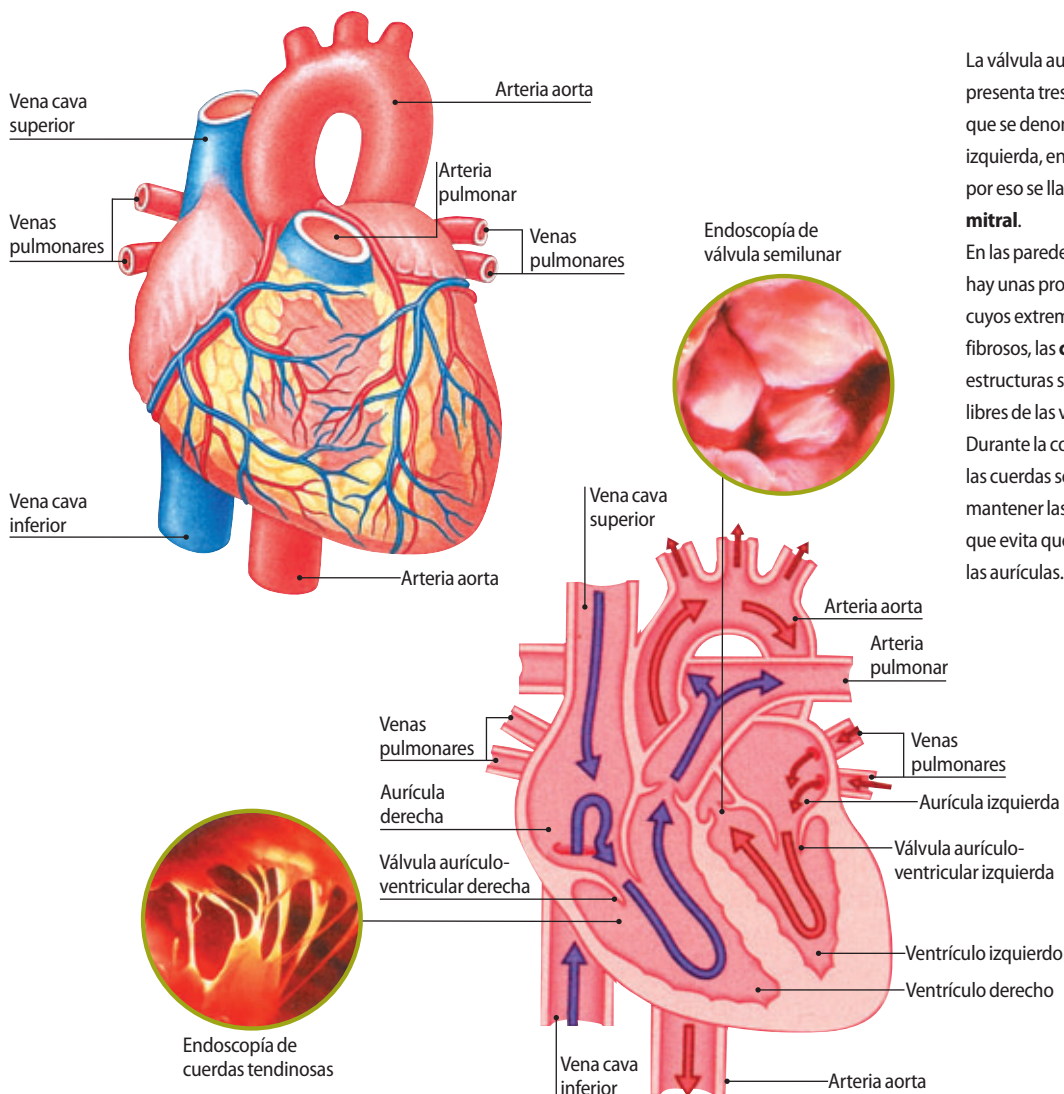
El **corazón** es un órgano muscular hueco situado entre los pulmones. En su interior se observan cuatro cavidades: la **aurícula derecha**, el **ventrículo derecho**, la **aurícula izquierda** y el **ventrículo izquierdo**.

Entre las aurículas y los ventrículos hay **válvulas auriculoventriculares** que permiten el paso de la sangre desde las aurículas a los ventrículos, pero no en sentido opuesto.

El corazón está conformado por un tipo especial de tejido muscular denominado **miocardio**. Las paredes que rodean los ventrículos tienen mayor espesor que las que rodean las aurículas.

Externamente al miocardio, el corazón está envuelto por dos membranas. Una de ellas, el **epicardio**, conforma la superficie del órgano. La otra, llamada **pericardio**, lo envuelve como un saco. Entre ambas membranas hay un espacio lleno de un fluido que lubrica constantemente las superficies y facilita los movimientos del corazón.

La **arteria pulmonar** y la **arteria aorta** tienen su origen en los ventrículos derecho e izquierdo, respectivamente. La sangre que circula desde el corazón hacia estos vasos sanguíneos, atraviesa las **válvulas semilunares**, estructuras que impiden el retroceso de la sangre a los ventrículos.



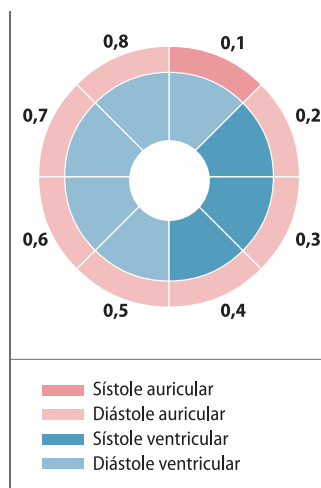
CONCIENCIA EN LOS DATOS

En una persona adulta, su corazón pesa entre 300 g y 400 g y tiene el tamaño de su puño: 6 cm de profundidad, 9 cm de ancho y 12 cm de largo.

El corazón puede bombear 5 litros de sangre por minuto. Esto significa que por el corazón de un adolescente de 16 años pasaron aproximadamente 42048 millones de litros de sangre.

La válvula auriculoventricular derecha presenta tres "lengüetas" o valvas, por lo que se denomina **válvula tricúspide**. La izquierda, en cambio, posee dos valvas, por eso se llama **válvula bicúspide o mitral**.

En las paredes internas de los ventrículos hay unas prolongaciones musculares de cuyos extremos se prolongan filamentos fibrosos, las **cuerdas tendinosas**. Estas estructuras se insertan sobre los bordes libres de las válvulas auriculoventriculares. Durante la contracción del ventrículo, las cuerdas se tensan y contribuyen a mantener las válvulas bien cerradas, lo que evita que las valvas se doblen hacia las aurículas.



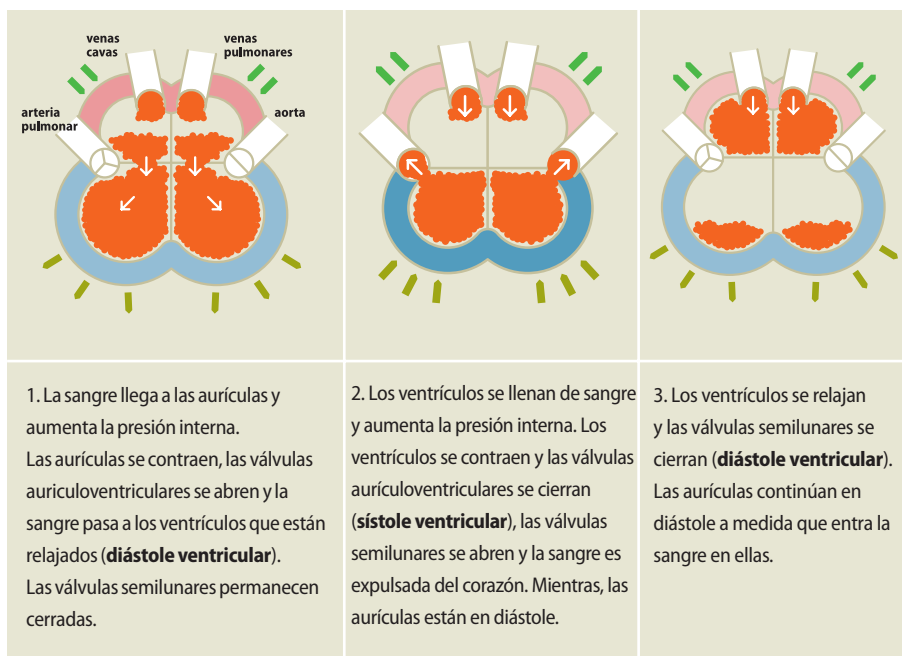
Para analizar el ciclo cardíaco es conveniente dividirlo en 8 segmentos que corresponden a 0,1 segundo cada uno. La parte externa del círculo representa la sístole y la diástole auricular. La parte interna del círculo representa la sístole y la diástole ventricular.

1. La sístole auricular dura 0,1 segundo y la diástole auricular 0,7 segundos.
2. Luego de la contracción auricular, los ventrículos se contraen durante 0,3 segundos y se relajan a continuación durante los 0,5 segundos restantes.
3. Aurículas y ventrículos permanecen simultáneamente en diástole 0,4 segundos.

CICLO CARDÍACO

La contracción y relajación alternada del corazón recibe el nombre de **ciclo cardíaco**. Una persona en reposo con una frecuencia de pulso de 70, produce 70 ciclos cardíacos por minuto. Normalmente, cada ciclo tiene una duración de 0,8 segundos y presenta dos fases: una de relajación o **diástole**; y una de contracción o **sístole**.

El ciclo cardíaco se produce en forma simultánea en ambas partes del corazón. La sístole del ventrículo izquierdo propulsa por la aorta sangre oxigenada hacia todo el organismo, mientras la sístole del ventrículo derecho impulsa por la arteria pulmonar sangre carboxigenada hacia los pulmones. Entre fase y fase, el corazón nunca queda sin sangre, ya que la entrada y el bombeo de sangre es permanente.



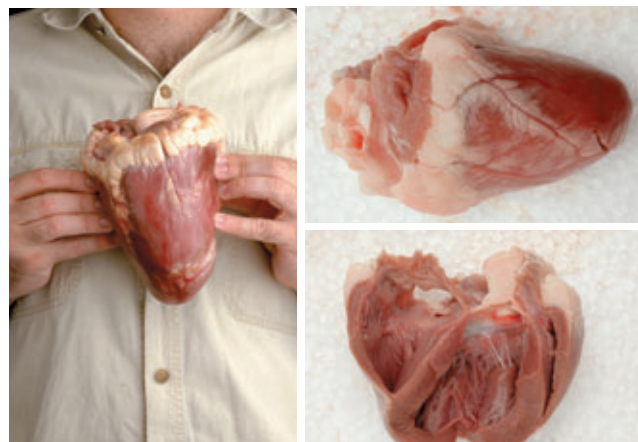
¿Qué características comparte el corazón humano con el de una vaca?

Para responder esta pregunta necesitan un corazón de vaca, un cuchillo, una bandeja y algunas pajitas o palillos.

1. Tomen el corazón de vaca, supongan que es de ustedes y traten de ubicarlo en el lugar que ocuparía en sus cuerpos.
2. Observen su aspecto y forma externa.
3. Localicen las aurículas y los ventrículos.
4. Busquen los grandes vasos sanguíneos y observen sus extremos cortados. Determinen si se trata de arterias o de venas.
5. Observen las arterias y las venas coronarias.
6. Apoyen el cuchillo sobre el vértice del corazón y realicen un corte desde éste hasta el extremo opuesto.
7. Abran el corazón y observen el tabique que lo separa en una mitad derecha y otra izquierda.
8. Comparen el grosor de las paredes musculares de las aurículas y los ventrículos.
9. Localicen las válvulas auriculoventriculares, las cuerdas

tendinosas y las válvulas semilunares.

10. Inserten una pajita por la abertura de cada vaso y observen con qué cavidad se comunica. Usen ese dato para reconocer y nombrar cada uno de los vasos sanguíneos.



RITMO DEL CICLO CARDÍACO

El ritmo de los ciclos cardíacos está coordinado por un sistema especial, el **sistema de conducción intrínseca** del corazón. Este sistema está conformado por grupos especializados de células del miocardio que producen “automáticamente” señales eléctricas de manera espontánea y a frecuencia regular.

El ciclo cardíaco se inicia en un primer conjunto de células que constituye el marcapasos natural o **nódulo senoauricular**, que establece y controla el ritmo de la contracción del corazón. Está ubicado en la aurícula derecha, cerca de la desembocadura de la vena cava superior.

Las señales eléctricas producidas por el nódulo senoauricular se propagan por las paredes de las aurículas y provocan su contracción (**sístole auricular**). A su vez, la onda de excitación estimula un segundo nódulo, el **auriculoventricular**, ubicado en la base de la aurícula derecha. Desde allí, la onda de excitación se propaga a un tercer grupo de células especializadas, el **haz de His**, ubicado en el tabique que separa los ventrículos.

El haz de His continúa con las ramas de una red formada por las **fibras de Purkinje**, dentro de las paredes de los ventrículos. La onda de excitación que recorre esas fibras origina la contracción de los ventrículos (**sístole ventricular**).

En síntesis, la transmisión de los impulsos eléctricos que se propagan por el sistema de conducción intrínseca provoca la excitación y la contracción del corazón.

El ritmo del ciclo cardíaco también está influido por el sistema nervioso. Por ejemplo, durante el ejercicio físico intenso o ante una situación de estrés, el sistema nervioso aumenta la frecuencia de excitación del nódulo senoauricular y, en consecuencia, se incrementa la frecuencia cardíaca. Esta situación provoca el aumento del flujo de sangre a los músculos.

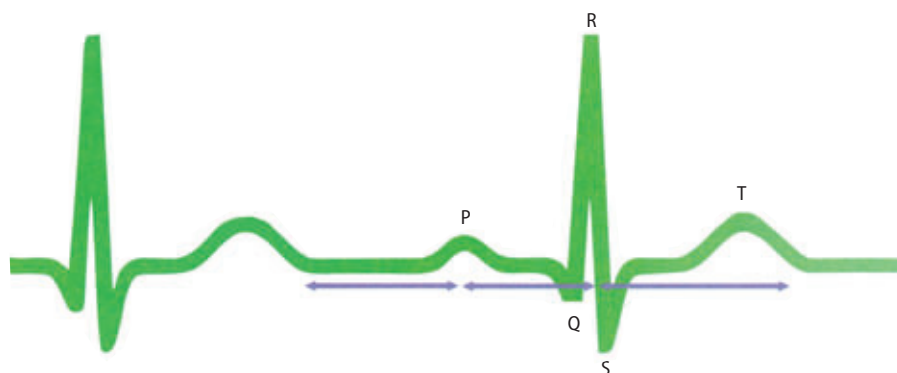
Por el contrario, durante el estado de reposo o cuando desciende la temperatura del cuerpo, el sistema nervioso provoca la disminución de cantidad de ciclos cardíacos por minuto.

Estudios de la actividad del corazón

En medicina se aplican numerosas técnicas para estudiar la actividad cardíaca sin acceder en forma directa al corazón. Esto puede realizarse porque la actividad del corazón produce manifestaciones externas que pueden ser registradas en otros lugares del organismo.

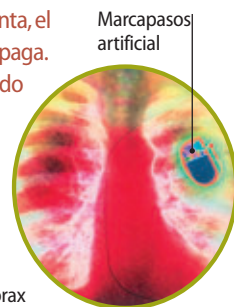
Todos los valores obtenidos de las manifestaciones externas de la actividad cardíaca son índices que permiten evaluar la actividad del corazón y constituyen el primer paso en el diagnóstico de desequilibrios en el sistema cardiovascular.

ELECTROCARDIOGRAMA Los impulsos eléctricos generados por el sistema de conducción intrínseca pueden registrarse a través del **electrocardiógrafo**. Para realizar este estudio, se colocan electrodos sobre la superficie de determinadas regiones del tórax. El **electrocardiograma (ECG)** es el registro de los impulsos de los nódulos, que quedan registrados en un papel especial.

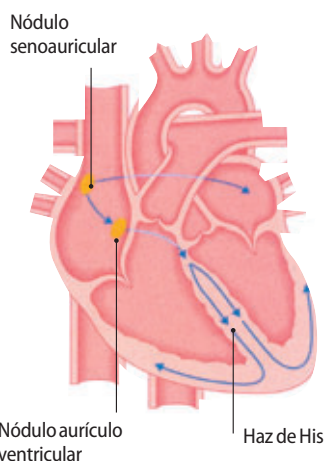


Marcapasos artificial

Cuando el nódulo senoauricular no funciona a una frecuencia regular y se pierde el control del ritmo cardíaco, se implanta un **marcapasos artificial** debajo de la piel. Este dispositivo es un pequeño aparato que funciona con baterías. Unos finos cables se conectan al corazón y por allí se transmiten impulsos eléctricos. El marcapasos posee un sistema automático que detecta irregularidades en la frecuencia cardíaca natural. Por ejemplo, cuando la frecuencia de los latidos aumenta, el marcapasos se apaga. En cambio, cuando los latidos son muy lentos, se enciende.



Radiografía de tórax



El **sistema de conducción intrínseca** del corazón provoca la contracción automática del corazón dentro o fuera del organismo.

Las desviaciones de la aguja que traza el registro de la actividad eléctrica del corazón se designan con las letras P, Q, R, S y T. En un ciclo cardíaco normal la onda P representa la propagación del impulso eléctrico a través de las aurículas; la onda QRS cuando se transmite por los ventrículos y la onda T cuando los ventrículos se relajan.



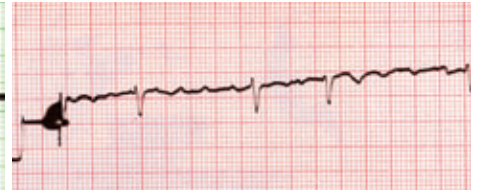
El médico francés René T. H. Laennec inventó el estetoscopio en 1816. Cuenta la historia que el inventor, médico de carácter retraído, no se animaba a colocar su oreja sobre el pecho de las pacientes para escuchar los latidos del corazón. Una vez, enrolló un papel para formar un tubo. Apoyó uno de sus extremos sobre el pecho de la paciente y en el otro colocó una de sus orejas. Con sorpresa, el médico se percató que el tubo amplificaba los sonidos cardíacos. Con el tiempo, Laennec mejoró el instrumento con un diseño similar al actual.



Cada vez que el corazón entra en sístole ventricular, se inicia una onda de expansión y por eso el número de pulsaciones por minuto es igual al número de latidos que el corazón realiza en ese lapso.



Cuando se produce una insuficiencia en el flujo de sangre que llega al corazón y posteriormente la muerte de un sector de miocardio, la onda T se invierte, la Q aumenta su tamaño y puede desaparecer la onda R. Esta situación se denomina **infarto**.



Cuando falla el marcapasos natural puede producirse una **fibrilación ventricular**, que en el registro se observa como un zigzag continuo. En este caso, las células del miocardio de los ventrículos se contraen en forma desorganizada y la sangre no es bombeada fuera del corazón. Puede derivar en un paro cardíaco que se registra como una línea horizontal.

RUIDOS CARDÍACOS

Los médicos usan el **estetoscopio** para amplificar los sonidos producidos por el corazón en un procedimiento de rutina llamado **auscultación**. Los sonidos que se escuchan a través del estetoscopio son las manifestaciones audibles de la actividad de las válvulas del corazón, los dos **ruidos cardíacos**.

La onomatopeya para explicar estos ruidos se escribe *lub-DUP*, para el primer y segundo sonido respectivamente. En una secuencia de estos sonidos se escucha: *lub-DUP, lub-DUP, lub-DUP*.

El primer ruido (*lub*) es más duradero, grave y de tono bajo. Corresponde al cierre de las **válvulas auriculoventriculares**.

El segundo ruido (*DUP*) es agudo, de tono alto y más corto. Lo origina el cierre de las **válvulas semilunares**.

Otra forma de evaluar la actividad cardíaca es a través del **pulso arterial**. La propulsión de la sangre desde el ventrículo izquierdo hacia la aorta, provoca la dilatación de este vaso. Esta expansión en la aorta se propaga como una onda por todas las arterias del cuerpo y se puede palpar como un pulso. Apenas pasa la onda, las arterias recuperan su diámetro debido a su gran elasticidad.

El pulso arterial puede percibirse colocando uno o dos dedos sobre una arteria superficial. El registro de las pulsaciones producidas en un minuto indican la cantidad de latidos en ese lapso o la **frecuencia cardíaca**.

PRESIÓN SANGUÍNEA

El estudio de medición de la **presión sanguínea** registra la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias de la circulación sistémica. La presión arterial se registra con dos números. Por ejemplo, los valores normales son de 120/70. El primer número corresponde a la presión provocada en las arterias durante la contracción de los ventrículos. El segundo número es la presión de las arterias cuando los ventrículos están relajados.

Habitualmente la presión sanguínea se mide con el **esfigmomanómetro** y un **estetoscopio**. El primer aparato registra la presión, mientras con el segundo se escucha el flujo sanguíneo.



Circulación pulmonar y sistémica

Si se estudia al corazón como dos bombas independientes, una derecha y otra izquierda, cada una propulsa la sangre en dos circuitos diferentes entre sí, pero interconectados.

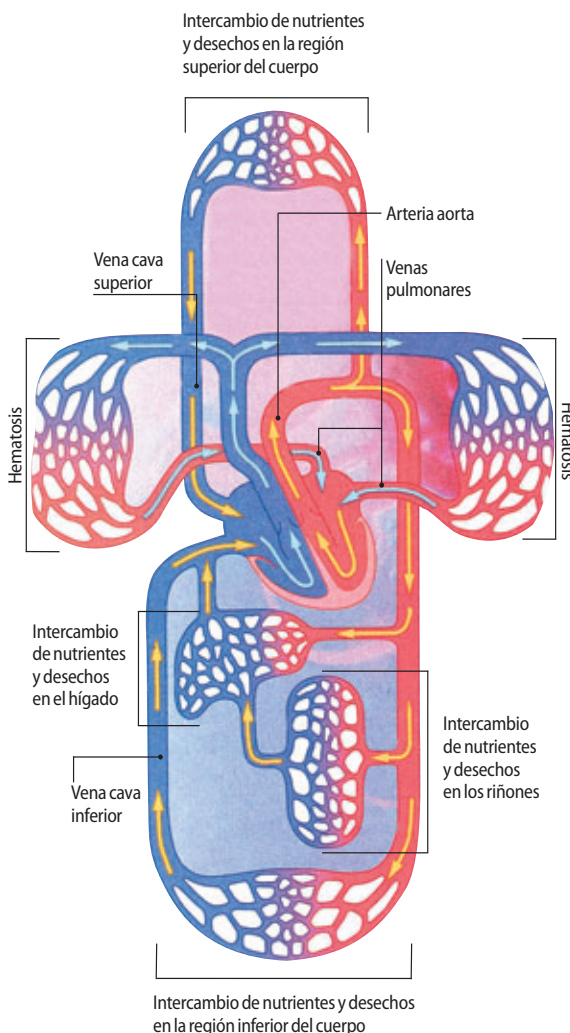
La sangre que proviene del cuerpo con mayor concentración de dióxido de carbono es propulsada desde el ventrículo derecho hacia los pulmones a través de la **arteria pulmonar**. Este vaso se ramifica en capilares sanguíneos alrededor de los alvéolos. Allí, ocurre el intercambio gaseoso o **hematosis**, proceso mediante el cual la sangre libera el dióxido de carbono que transporta y se satura con oxígeno contenido en los alvéolos. Una vez oxigenada, la sangre retorna por las **venas pulmonares** hasta la aurícula izquierda del corazón.

En síntesis, la sangre circula desde la bomba derecha del corazón hacia los pulmones, y de éstos hacia la bomba izquierda del órgano. Este recorrido que realiza la sangre se denomina **circuito menor o circulación pulmonar**.

Una vez en el corazón, la sangre oxigenada pasa de la aurícula izquierda al ventrículo izquierdo, desde donde es propulsada hacia todo el organismo a través de la **arteria aorta**. Este vaso se ramifica en arterias más pequeñas, arteriolas y capilares, que se extienden por todo el organismo. Entre los capilares y las células se produce el **intercambio de nutrientes y desechos**. El dióxido de carbono producido durante la respiración celular difunde a través de las membranas hacia la sangre de los capilares. Entonces, la sangre carboxigenada circula por los capilares hacia las vénulas y luego por las venas de mayor calibre, hasta que regresa a la aurícula derecha del corazón a través de la **vena cava inferior y superior**.

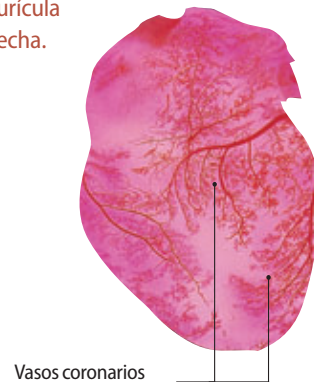
En síntesis, la sangre circula desde la bomba izquierda del corazón hacia todo el cuerpo, y de éste hacia la bomba derecha del órgano. Este recorrido que realiza la sangre se denomina **circuito mayor o circulación sistémica**.

La sangre circula en un circuito cerrado, por eso resulta difícil determinar dónde comienza y dónde finaliza su recorrido. Sin embargo, es posible establecer un lugar y reconocerlo como inicio para poder comprender el circuito. Si se supone el comienzo en la arteria aorta, por este vaso circula la sangre oxigenada hacia las demás arterias.



Circulación coronaria

El músculo cardíaco, como todo tejido del organismo, recibe sangre rica en oxígeno y nutrientes a través de un complejo sistema denominado **circulación coronaria**. De la aorta se ramifican dos pequeños vasos: las **arterias coronarias** derecha e izquierda. Cada arteria se ramifica y termina en numerosos capilares responsables de suministrar sangre a un área del corazón. La **arteria coronaria derecha** irriga la mayor parte del lado derecho del corazón y la **arteria coronaria izquierda** suministra sangre al sector izquierdo. A nivel de los capilares se realiza el intercambio de nutrientes con las células del miocardio. El dióxido de carbono y otros desechos circulan por las vénulas que se reúnen en las venas coronarias que, a su vez, vierten la sangre en la aurícula derecha.



1. Lean el texto de esta página y de la siguiente.

2. Identifiquen en la ilustración los vasos sanguíneos mencionados en los textos.

3. Señalen el recorrido de la sangre por el circuito arterial y el venoso.



Un ventrículo imaginario

La propulsión de la sangre por las venas es producida por numerosos procesos que forman una bomba distribuida en todo el cuerpo.

El primer impulso es provocado por la contracción de las vénulas. Sin embargo, la contracción de los músculos del cuerpo constituye el principal impulso de la sangre hacia el corazón. La contracción muscular comprime las venas y produce el movimiento de la sangre de su interior. La presencia de las válvulas venosas dirige el sentido de la circulación en dirección al corazón. Además, durante la inspiración, la presión en la cavidad torácica desciende y se vuelve “negativa”, es decir, inferior a la presión atmosférica y a la de la sangre venosa. Este fenómeno influye sobre las venas del tórax y entonces ingresa con mayor presión la sangre que proviene de las venas, desde el resto del cuerpo se transmite a las venas del tórax, en consecuencia, la sangre proveniente de otras venas ingresa al corazón con mayor presión sanguínea.

La circulación de la sangre oxigenada por las arterias y capilares de todo el organismo es provocada por la sístole del ventrículo izquierdo. La contracción ventricular provoca la circulación de la sangre por la arteria **aorta**, vaso que origina todas las demás arterias del cuerpo. Dos **arterias coronarias** se originan en su comienzo e irrigan las paredes del corazón.

En su comienzo, la aorta forma un arco denominado **cayado de la aorta**. De éste se desprenden arterias que irrigan la parte superior del cuerpo.

Las **arterias subclavias** irrigan los miembros superiores y por las **arterias carótidas** circula la sangre hacia el cuello y la cabeza.

De la porción de aorta situada en el tórax se desprenden las arterias que irrigan las paredes del tórax, del abdomen y parte de los pulmones.

El sector de la aorta por debajo del diafragma se denomina **aorta abdominal**. Este vaso se ramifica en arterias que irrigan el sistema digestivo, los riñones, los órganos sexuales y la pared posterior del abdomen.

A la altura de la cadera, la aorta está dividida en dos vasos de menor diámetro, las **arterias ilíacas**, que se ramifican en cada extremidad inferior.

Las venas pueden encontrarse cerca de la superficie o a un nivel más profundo. En general, las venas profundas están localizadas al lado de las arterias y tienen el mismo nombre que la arteria cercana. En cambio, las venas superficiales no se encuentran acompañadas de arterias y forman una red abundante en las extremidades.

La sangre carboxigenada circula por los capilares sanguíneos desde la cabeza hacia dos grandes **venas yugulares**, las que se unen con las dos **venas subclavias** procedentes de los miembros superiores. La unión de las venas yugulares con las venas subclavias derecha e izquierda forman dos grandes vasos que se unen y conforman la **vena cava superior**, que desemboca en la aurícula derecha del corazón. Las **venas coronarias** que provienen del corazón también se conectan con esta aurícula.

En la aurícula derecha desemboca la **vena cava inferior**, por la que circula sangre procedente de la porción inferior del cuerpo. Esta vena resulta de la unión de las dos **venas ilíacas** que reciben la sangre de los miembros inferiores.

La sangre venosa de la parte media del cuerpo circula hacia la vena cava inferior a través de venas que provienen del hígado, los riñones, los órganos sexuales y la pared abdominal.

El sistema linfático

En el organismo hay otro sistema de circulación complementario del cardiovascular, el **sistema linfático**. Este sistema está constituido por una red de vasos, capilares y ganglios linfáticos. El **timo** y el **bazo** son dos órganos también relacionados con esas estructuras linfáticas.

A diferencia del circuito sanguíneo, los vasos y capilares linfáticos tienen uno de sus extremos cerrados y se distribuyen en el organismo como las ramificaciones de un árbol. Las ramas más pequeñas son los **capilares linfáticos** y sus terminaciones cerradas están en contacto con el fluido que rodea las células. El exceso de este líquido extracelular ingresa en los capilares linfáticos y conforma la **linfa**, fluido que circula por el interior de estos vasos.

Los capilares linfáticos se reúnen en vasos de mayor calibre, que desembocan en dos conductos de mayor diámetro: el **conducto torácico** y el **conducto linfático**, que vierten su contenido en la vena cava superior.

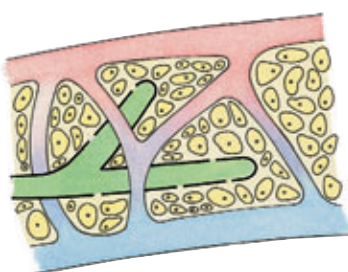
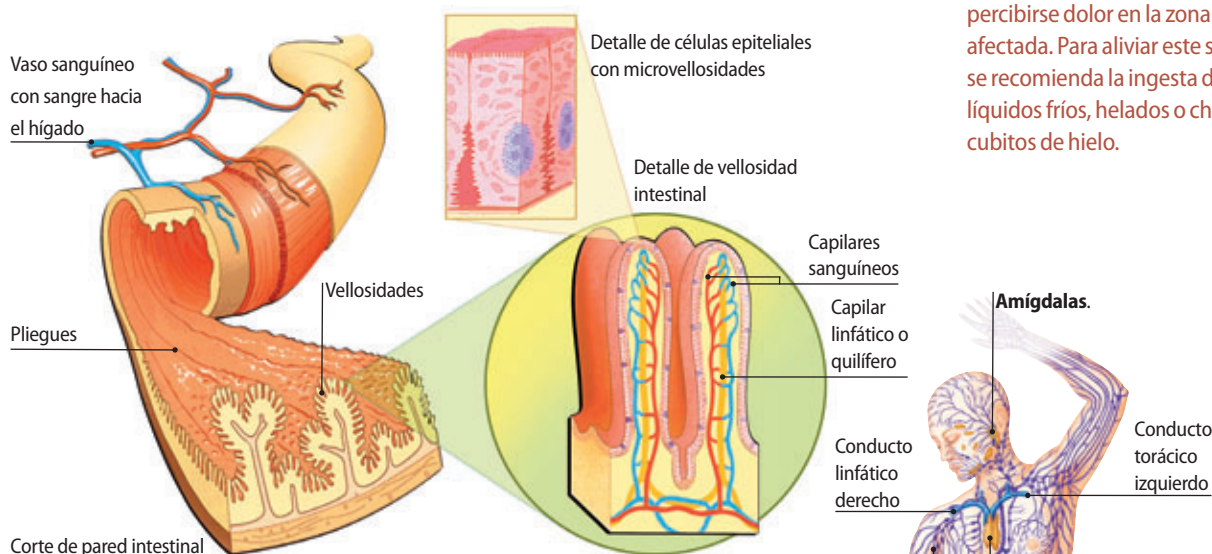


1. Relean la página 53 para recordar qué ocurre con los nutrientes que provienen de las grasas.
2. Describan en un breve texto el recorrido de una molécula de triglicérido desde el intestino delgado hasta el corazón.

Los vasos y capilares linfáticos son similares a los sanguíneos y, como las venas, en su interior tienen válvulas que permiten la circulación de la linfa en un solo sentido. La linfa es impulsada a través de las contracciones de los propios vasos y por la presión externa ejercida por los músculos del cuerpo.

El líquido linfático circula desde los capilares hacia vasos de mayor diámetro, hasta llegar a dos conductos que desembocan en la vena cava superior. En consecuencia, por esta gran vena regresa a la sangre el exceso de fluido eliminado por los capilares y acumulado en el espacio intercelular.

Como se explicó en el Capítulo 2, las vellosidades intestinales contienen **capilares linfáticos o quilíferos** por donde penetran ácidos grasos y glicerol provenientes de la degradación de los lípidos. La linfa de estos capilares tiene aspecto lechoso y fluye por los vasos linfáticos hacia el conducto torácico. Finalmente, penetra en la circulación sanguínea y es distribuida por todo el cuerpo. Sin embargo, antes de que la linfa forme parte de la sangre, pasa por los **ganglios linfáticos**, estructuras presentes en el trayecto de los vasos de este sistema. Los ganglios linfáticos producen y concentran gran cantidad de células que eliminan de la linfa la mayor cantidad de bacterias, virus, células muertas y partículas extrañas.



Los capilares linfáticos no forman una red continua como los capilares sanguíneos porque uno de sus extremos está libre y cerrado. A través de sus paredes ingresa agua y otros materiales presentes en el medio extracelular.

Ganglios linfáticos: se encuentran distribuidos en el trayecto de los vasos linfáticos de todo el organismo. Sin embargo, la mayoría se concentra en las axilas, el cuello y las ingles.

Timo: se encuentra en la parte superior de la cavidad torácica por detrás del esternón. Durante la infancia y la niñez, produce gran cantidad de linfocitos. En la pubertad, disminuye su actividad y finalmente se atrofia.

Bazo: es un órgano situado en la parte superior izquierda de la cavidad abdominal por debajo del diafragma. Entre sus actividades, produce linfocitos y destruye los componentes celulares de la sangre.

Las amígdalas y el helado

Las **amígdalas** son dos masas de tejido con numerosos linfocitos, situadas en la parte posterior de la boca por arriba de la faringe. Eliminan bacterias, virus y otros microorganismos que ingresan al organismo por la boca. Cuando las amígdalas se infectan, pueden inflamarse y causar **amigdalitis**. Si la infección es producida por bacterias, puede ser tratada con antibióticos específicos recetados por el médico. Pero, cuando la inflamación de las amígdalas es recurrente, el médico puede determinar su extirpación en forma quirúrgica. Después de la cirugía, puede percibirse dolor en la zona afectada. Para aliviar este síntoma se recomienda la ingesta de líquidos fríos, helados o chupar cubitos de hielo.

La **linfa** que circula por el lado derecho del cuerpo es recogida por el **conducto linfático derecho**. En cambio, el líquido linfático que fluye por el lado izquierdo del cuerpo, junto con la linfa proveniente del intestino, es drenado al **conducto torácico**. Ambos conductos conectan con venas que desembocan en la **vena cava superior**.

Gigantes detrás de la circulación sanguínea

SOMOS COMO ENANOS SENTADOS EN LOS HOMBROS DE LOS GIGANTES. VEMOS MÁS COSAS QUE LOS ANTIGUOS, Y COSAS MÁS DISTANTES, PERO ESTO NO SE DEBE A LA AGUDEZA DE NUESTRA VISIÓN NI A LA GRANDEZA DE NUESTRO ESTADO, SINO A QUE ELLOS NOS PRESTARON LO QUE POSEÍAN. (BERNARD DE CHARTRES)

La metáfora que De Chartres elaboró en el siglo XII revela la importancia que posee la historia del conocimiento en la construcción de nuevas teorías y modelos científicos.

En ciencias se interpreta y explica sobre la base de ideas preexistentes. Por eso, para comprender las teorías actuales es fundamental conocer a los

gigantes que pensaron las ideas

precursoras. Los *enanos* que hoy generan teorías científicas, mañana serán *gigantes*.

Sobre la circulación sanguínea, muchos y variados han sido los modelos ideados y transformados por las sucesivas generaciones de investigadores de distintas épocas.

Los conocimientos actuales sobre el sistema circulatorio son producto de enfrentamientos, avances y retrocesos conceptuales y experimentales a lo largo de la historia. El camino recorrido por los *gigantes* contribuyó a la formación del conocimiento científico actual de la fisiología cardiovascular moderna.

Primer gigante: Erasístrato de Ceos (304-250 a.C.)

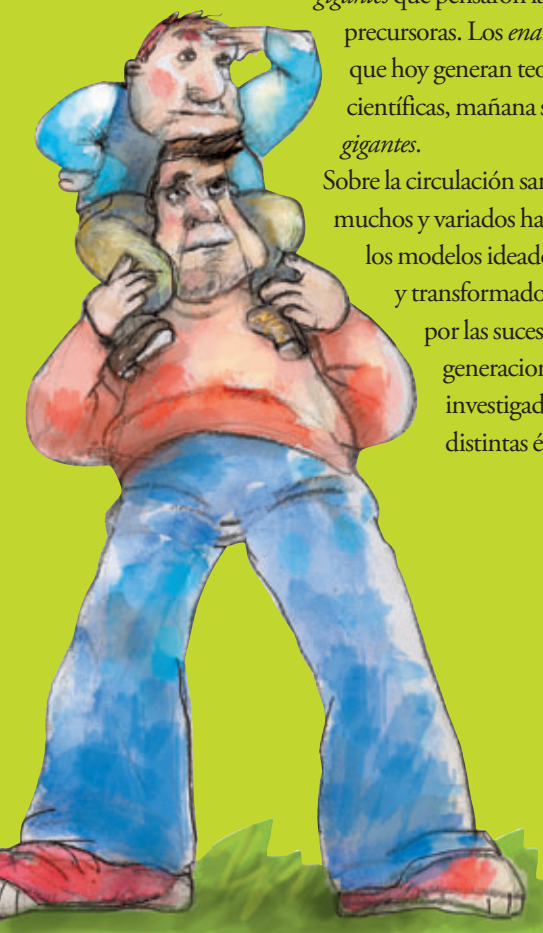
En el siglo III a.C., en Alejandría se destacó Erasístrato de Ceos por sus trabajos sobre el funcionamiento del sistema cardiovascular. Sus obras se perdieron cuando en el año 391 un grupo cristiano saqueó y quemó la biblioteca y el museo de Alejandría y convirtió los restos en una iglesia. Sus ideas se conocen por Galeno, quien escribió dos libros con ideas opuestas a las de Erasístrato. El pensador griego creía que por el cuerpo circulaban tres fluidos: la *sangre*, el *pneuma* o *espíritu vital* y el *espíritu animal*. La *sangre* es el producto de la transformación de los alimentos en el hígado que fluye por las venas hacia todo el cuerpo, impulsada por el ventrículo derecho del corazón.

El *pneuma* es un gas del ambiente, que entra por los pulmones e ingresa en el ventrículo izquierdo del corazón. Allí el *pneuma* se transforma en *espíritu vital*. El *espíritu vital* circula por todo el organismo a través de las arterias y, al llegar al cerebro, se transforma en *espíritu animal*, que se propaga por los nervios y provoca los movimientos del cuerpo.

Para algunos historiadores, Erasístrato estuvo a punto de descubrir la circulación sanguínea, hecho que no ocurrió hasta 1628.

Segundo gigante: Claudio Galeno (130-200)

Galeno fue el médico más famoso de su época y sus obras dominaron la historia de la medicina hasta el siglo XVI. Nació en la ciudad griega de Pérgamo, tres años después de haber sido conquistada por los romanos. Después de finalizar sus estudios en Medicina, fue contratado como el cirujano de los gladiadores en esa ciudad. Pero pasó la mayor parte de su vida en Roma, donde tuvo gran éxito como investigador y médico.



Sus obras son las más grandes de toda la historia de la ciencia. Hoy se conocen 22 gruesos volúmenes, que solo conforman la tercera parte de su obra total; el resto se perdió. Sus escritos se caracterizan por ciertos aspectos comunes: primero identifica a quien tiene ideas opuestas a las suyas; sintetiza la opinión que destruirá; acusa a su adversario de débil mental, ignorante o estúpido e, invocando a Hipócrates, detalla su verdad acerca de esas ideas.

Uno de esos adversarios fue Erasístrato. Sin embargo, acordó en algunas de sus opiniones. En oposición a Erasístrato, Galeno creía que por las arterias circula sangre. Sin embargo, en acuerdo, propuso que la sangre se genera en el hígado, a partir de los alimentos.

Galeno pensó que parte de la *sangre* elaborada en el hígado pasa del lado derecho al lado izquierdo del corazón a través de poros del tabique interventricular, y allí se mezcla con el *espíritu vital*.

Imaginó dos circuitos: uno venoso que transporta *sangre* nutritiva proveniente del hígado a todo el cuerpo; y un circuito arterial que distribuye sangre mezclada con el *espíritu vital* hacia todo el organismo. También, consideró al corazón como el órgano generador del calor corporal.

Como muchos otros



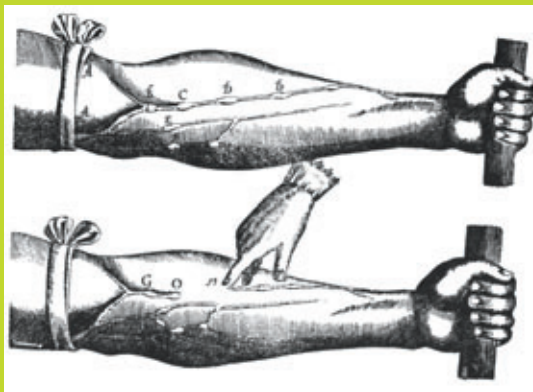
investigadores, Galeno sostuvo que la sangre fluye hacia cualquier sector del organismo y vuelve por los mismos vasos pero en sentido contrario, como un movimiento de ida y vuelta similar a las mareas.

Tres gigantes y una misma idea

El médico inglés William Harvey (1578-1657) revolucionó la ciencia del siglo XVII al contradecir los textos de Galeno en su libro *De motu cordis* (*Sobre los movimientos del corazón y de la sangre*, 1628).

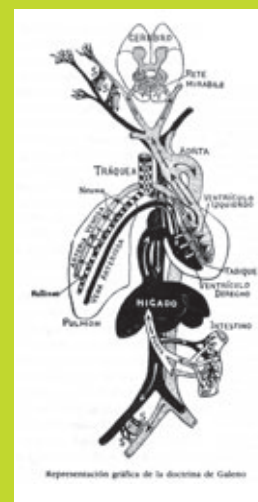
Para cuando Harvey propuso su modelo de circulación sanguínea, tanto Miguel Servet (1511-1551) como Realdo Colombo (1516-1559) habían descubierto que la sangre pasa de uno a otro ventrículo, haciéndolo primero por los pulmones.

Harvey conocía el libro de Colombo (escrito en 1559); de hecho lo menciona en reiteradas ocasiones en su propia obra. Sin embargo, se desconoce si Colombo leyó los escritos del médico y teólogo Servet, porque fue quemado vivo en 1553 junto con sus obras, por orden de Juan Calvino.



Harvey describió la estructura y actividad del corazón; y también la circulación mayor y menor de la sangre, como hoy se conoce. Propuso que la sangre recorre un circuito cerrado dentro de los vasos sanguíneos, provocado por las contracciones del corazón. En este momento se desconocían los capilares sanguíneos, por eso sostuvo que las arterias y las venas estarían conectadas.

A través de ingeniosos experimentos comprobó que la sangre circula por las arterias desde el corazón hacia los tejidos, y que la vuelta a este órgano se produce por las venas.

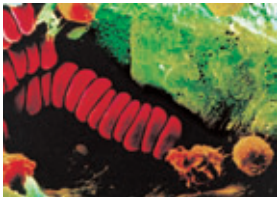
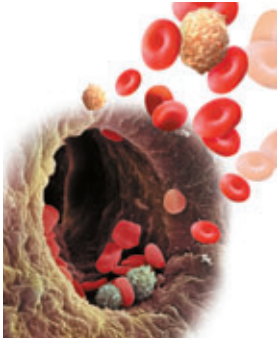


Representación gráfica de la doctrina de Galeno

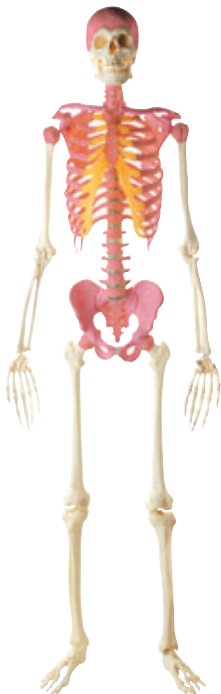
1. Elaboren una tabla en la que describan los aportes de cada uno de los gigantes sobre la circulación sanguínea.
2. Ubiquen el momento histórico en el que hicieron sus aportes en una línea de tiempo.
3. Observen el modelo de sistema circulatorio de Galeno y establezcan similitudes y diferencias con el representado en las páginas desplegadas.
4. Busquen información sobre los experimentos que realizó Harvey en las venas de un brazo con torniquete.



Si se somete una muestra de sangre a un proceso de centrifugación, previo agregado de anticoagulante, el plasma se separa de los componentes celulares sanguíneos.



La forma de los eritrocitos permite que se curven y se plieguen. De esta manera pueden desplazarse por los capilares sanguíneos de 5 μm de diámetro.



Estructura y dinámica sanguínea

La **sangre** es un tejido líquido porque está compuesto por células, derivados de éstas y abundante cantidad de una sustancia intercelular líquida, el **plasma**. El plasma representa el 55% de la sangre de la muestra y los componentes celulares equivalen al 45%.

Los componentes celulares incluyen:

- **glóbulos rojos** o **eritrocitos**: transportan oxígeno y dióxido de carbono;
- **glóbulos blancos** o **leucocitos**: participan en el sistema de defensa del organismo; y
- **plaquetas**: intervienen en la formación de coágulos sanguíneos.

GLÓBULOS ROJOS O ERITROCITOS

Los **glóbulos rojos** transportan casi el total de los gases que circulan por la sangre. Del 45% de los componentes celulares de la sangre, los eritrocitos constituyen el 99%.

Por cada mm^3 de sangre hay unos 5 400 000 eritrocitos en el hombre y 4 700 000 en la mujer, aproximadamente.

Los glóbulos rojos son muy pequeños; miden alrededor de 7 μm de diámetro. Debido a sus dimensiones, por los capilares sanguíneos circulan en fila, uno detrás del otro.

Cada eritrocito tiene forma de disco, con una depresión central en ambas caras. Esta forma de disco bicóncavo proporciona una mayor superficie y, por lo tanto, le permite captar un 30% más de oxígeno en relación con una célula esférica del mismo volumen.

Durante su formación, los eritrocitos maduros pierden su núcleo. La tercera parte de su contenido celular está formado por millones de moléculas de una proteína compleja que contiene hierro y le confiere su color característico, la **hemoglobina**.

Cuando los glóbulos rojos circulan por los capilares sanguíneos de los pulmones, las moléculas de oxígeno que difunden desde los alvéolos se unen a la hemoglobina. Esta proteína los transporta y libera en los tejidos.

PLASMA

El plasma está compuesto por un 90% de agua. El 10% restante lo constituyen otros materiales, como gases, nutrientes, sales, hormonas, proteínas plasmáticas y desechos celulares.

Las proteínas del plasma son muy importantes porque intervienen en varios procesos. Las **globulinas** contribuyen al transporte de ciertos nutrientes e intervienen en el sistema de defensa del organismo. El **fibrinógeno** interviene en la coagulación de la sangre. La **albúmina** retiene el agua, evitando su pérdida a través de los capilares sanguíneos.

Los glóbulos rojos, plaquetas y algunos glóbulos blancos se producen en la **médula ósea**, tejido del interior de ciertos huesos. Estos componentes celulares son destruidos en el **bazo**, órgano situado en la parte izquierda de la cavidad abdominal, por debajo del diafragma. También en otros tejidos especiales de ciertos órganos, como el **hígado**.

Como el ritmo de producción está en equilibrio con el de destrucción, normalmente se mantiene constante el número de los componentes celulares. Así por ejemplo, cada segundo son destruidos 2 millones de eritrocitos y, a su vez, la misma cantidad es producida en la médula ósea.

En este esqueleto, el coloreado representa los principales huesos productores de glóbulos y plaquetas

Las membranas plasmáticas de los glóbulos rojos pueden contener ciertas sustancias llamadas **antígenos**, como el **A**, el **B** y el **factor Rh**. Éstos permiten clasificar la sangre de los humanos en distintos grupos.

En el plasma sanguíneo hay **anticuerpos**, sustancias que reaccionan contra determinados antígenos. Una persona con grupo sanguíneo O Rh positivo, no presenta antígenos A y B y contiene antígenos Rh en sus glóbulos rojos.

La clasificación y la identificación de los distintos grupos sanguíneos en el laboratorio permiten realizar transfusiones compatibles. Una persona siempre puede ser transfundida con sangre de su mismo tipo. En caso contrario, pueden producirse reacciones adversas. Por ejemplo, si una persona del grupo A recibe sangre del tipo B, los anticuerpos anti-B del receptor provocan la agrupación y destrucción de los eritrocitos del donante (que poseen antígeno B).

Cuando una persona del grupo O dona sangre a un receptor del grupo A, los anticuerpos del plasma del receptor no tienen efecto porque los eritrocitos del donante no tienen antígenos.

Si, en cambio, el donador tiene en su plasma anticuerpos anti-A, éstos no causan la aglutinación de los eritrocitos del receptor porque el plasma del primero se diluye completamente en la sangre del segundo. Ante una transfusión, alrededor de 0,5 litros de sangre donada es diluida gota a gota en los 5 litros de sangre del receptor.

La misma explicación es válida para la donación de sangre O a los demás tipos sanguíneos, o la administración de cualquier tipo sanguíneo a las personas del tipo AB.

Grupo y factor sanguíneo	Porcentaje aproximado de la población mundial	Antígeno de los glóbulos rojos	Anticuerpos del plasma
O	45%	Ausentes	Anti-A y Anti-B
A	41%	A	Anti B
B	10%	B	Anti A
AB	4%	A y B	Ausentes
Rh +	85%	Rh	Ausentes
Rh -	15%	Ausentes	Si hubo sensibilización está presente el Anti Rh.

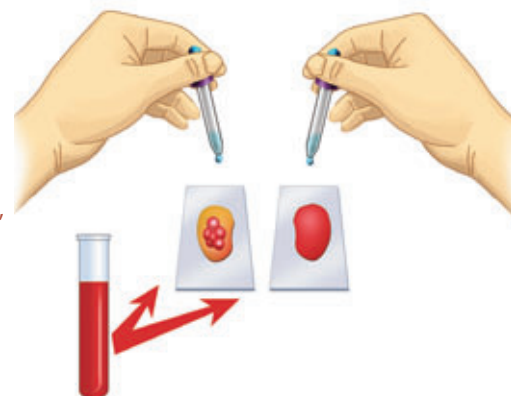
Un individuo del grupo A posee anticuerpos anti B en su plasma; los del grupo B, poseen anti A; los del grupo AB no desarrollan anticuerpos y los del tipo O tienen anti A y anti B. Las personas Rh positivo no tienen anticuerpos para ese factor en el plasma; y los del tipo Rh negativo poseen anti Rh.

Tipificación de la sangre

La tipificación de la sangre constituye un método de laboratorio para determinar el grupo sanguíneo de una persona. Esta es una de las pruebas indispensables antes de realizar una transfusión sanguínea.

En el ejemplo se vierten dos gotas de sangre

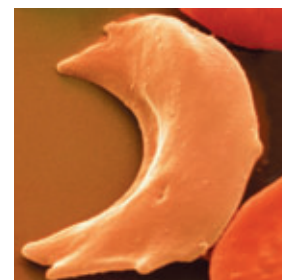
cuyo grupo se quiere determinar en dos portaobjetos. En uno se añade plasma anti B y en el otro plasma anti A. Si se produce aglutinación en la muestra con plasma anti A, la sangre pertenece al grupo A.



Anemia

Se llama **anemia** a un grupo de desequilibrios caracterizados por la disminución de la cantidad de hemoglobina. Existen distintos tipos de anemia provocadas por diversas causas, como carencias nutricionales, disminución de glóbulos rojos o fallas en su producción, pérdidas de sangre, aumento en la destrucción de eritrocitos, etcétera. La anemia más común se debe a una deficiencia del hierro, componente principal de la hemoglobina.

También existe un tipo de anemia hereditaria en la que los eritrocitos adquieren forma semilunar, la **anemia falciforme**. Estos glóbulos circulan con dificultad y pueden provocar obstrucciones en el flujo sanguíneo. De esta forma, provocan dolores agudos en la zona que carece de irrigación sanguínea. A su vez, son destruidos más fácilmente y por lo tanto, disminuye la cantidad de hemoglobina disponible para el transporte de oxígeno.



GLÓBULOS BLANCOS O LEUCOCITOS

Los **glóbulos blancos** representan menos del 1% de los componentes celulares de la sangre. En promedio, por cada 1000 glóbulos rojos hay 1 o 2 leucocitos. Son las únicas células de la sangre, ya que presentan núcleo. Son prácticamente incoloras y más grandes que los glóbulos rojos. Se clasifican en distintos tipos según su tamaño, función, forma del núcleo y el color que adquieren cuando se los tiñe para observarlos a través del microscopio.

Intervienen en la defensa del organismo contra microorganismos, virus, células cancerosas y partículas extrañas. Algunos leucocitos emiten prolongaciones citoplasmáticas o **pseudópodos** y abandonan los vasos sanguíneos para penetrar en los espacios intercelulares.

En un análisis de sangre o **hemograma**, es importante conocer no solo la concentración de leucocitos, sino también el porcentaje de cada tipo. El análisis de estos porcentajes se denomina **fórmula leucocitaria relativa**.

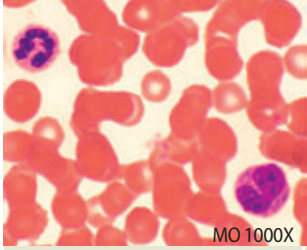
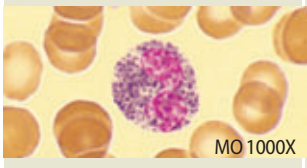
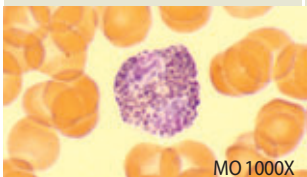
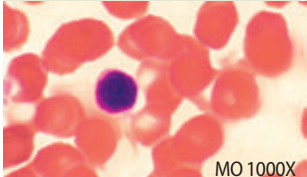
Fórmula leucocitaria relativa

De cada 100 leucocitos de una persona, alrededor de 55 podrían ser neutrófilos; 3 eosinófilos; 7 monocitos y 35 linfocitos. En cuanto a los basófilos, en este ejemplo deberían contarse 200 leucocitos para encontrar un basófilo.

Grupo	Leucocitos	Valores normales
Granulocitos	Neutrófilos	55-70%
	Eosinófilos	1-4%
	Basófilos	0-1%
Agranulocitos	Linfocitos	20-40%
	Monocitos	4-8%

Sangre blanca

Se llama **leucemia** a un grupo de enfermedades que se caracteriza por la presencia de grandes cantidades de glóbulos blancos inmaduros en la sangre y en otros órganos del cuerpo. Este fenómeno se debe a que las células de la médula ósea se alteran y comienzan a multiplicarse rápidamente. La multiplicación excesiva de estas células impide que los leucocitos maduren y realicen sus actividades. Así, los glóbulos blancos normales se vuelven escasos y los leucocitos inmaduros proliferan en la sangre. Por eso la sangre puede volverse de color blanquecino. Además, las células malignas reemplazan las células normales de la médula ósea y, por consiguiente, se reduce la cantidad de glóbulos rojos y plaquetas circulantes.

Leucocitos	Actividades en las que intervienen
Neutrófilos y monocitos 	Migran a los espacios intercelulares, fagocitan bacterias, restos de células muertas y otras partículas extrañas, y las destruyen mediante enzimas específicas. Cuando los monocitos dejan los capilares sanguíneos se transforman en macrófagos y cada uno puede destruir alrededor de 100 bacterias. El pus está constituido principalmente por restos de estos leucocitos. Los neutrófilos intervienen principalmente en infecciones agudas y los monocitos en infecciones crónicas.
Eosinófilos 	Participan en las infecciones producidas por parásitos y disminuyen la intensidad de los procesos alérgicos.
Basófilos 	Liberan sustancias anticoagulantes e intervienen en los procesos inflamatorios.
Linfocitos A y B 	Producen proteínas llamadas anticuerpos que reaccionan contra los agentes extraños que ingresan en el organismo. Se producen en la médula ósea, los ganglios linfáticos, el bazo y el timo. Son las células claves del sistema inmunológico o de defensa. Los linfocitos T destruyen células extrañas como las cancerosas y ciertas bacterias y virus. Los del tipo B son los principales productores de anticuerpos contra las infecciones bacterianas.

PLAQUETAS

Las **plaquetas** son pequeños fragmentos de células de 3 μm de diámetro. Son producidas por células especiales los **megacariocitos**, que están en la médula ósea de algunos huesos. Estos fragmentos celulares intervienen en la **hemostasia**, es decir, en la detención de la pérdida de sangre cuando se lesionan vasos sanguíneos.

Existen **métodos hemostáticos artificiales** de aplicación externa, como la compresión en el lugar dañado o las ligaduras, usados en procedimientos de emergencia y quirúrgicos. Sin embargo, habitualmente en el organismo se produce una serie de complejos procesos hemostáticos que detienen la pérdida de sangre o **hemorragia**.

Cuando se lesiona un pequeño vaso sanguíneo se produce la **vasoconstricción** del mismo. Luego, las plaquetas circulantes de la sangre se adhieren a la superficie irregular de la lesión del endotelio del vaso sanguíneo y forman un tapón de plaquetas. Si la lesión no es muy grande, el tapón la cierra completamente.

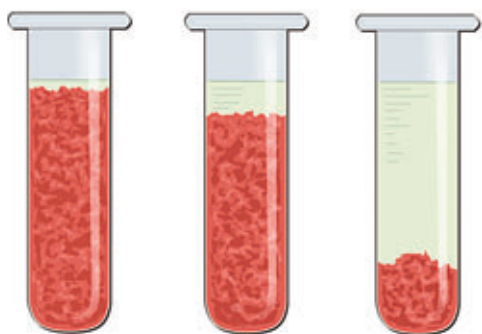
Cuando el daño producido es mayor, se inicia un tercer proceso: la **coagulación sanguínea**. El resultado de este proceso es un tapón o **coágulo** que impide la pérdida de sangre, así como la entrada de microorganismos invasores.

El proceso de coagulación de la sangre incluye a las plaquetas y una cadena de reacciones químicas en las que intervienen alrededor de 15 sustancias diferentes que contienen la sangre.

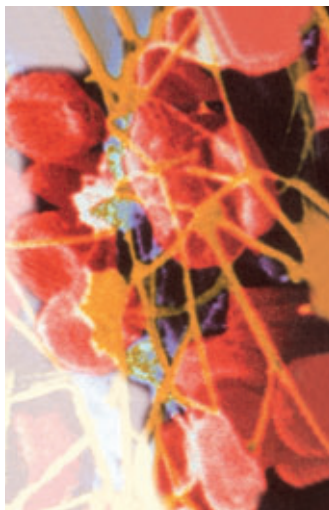
El proceso se inicia cuando una enzima que circula inactiva por el plasma sanguíneo, la **protrombina**, se hace activa transformándose en **trombina**. Esta última enzima transforma el **fibrinógeno** disuelto en el plasma, en hebras o filamentos de **fibrina**.

Las moléculas de fibrina forman una *tela de araña* que se adhiere a los extremos de la herida. Se forma entonces una red de fibras donde quedan atrapados glóbulos rojos, leucocitos, plaquetas y otros componentes sanguíneos. Así, el coágulo formado aumenta su tamaño y densidad.

Por último, se elimina la porción de líquido contenida en el coágulo. Ésta retracción del coágulo aumenta su densidad y resistencia y hace que se acerquen los bordes de la herida para su cicatrización. Así, cuando la parte visible del coágulo sanguíneo se seca sobre la piel, se forma una *cascarita* o **costra**.



Si se vierte sangre en un tubo de ensayo, al cabo de 10 minutos se observa la formación de un coágulo sanguíneo. Después, se observa la disminución del tamaño del coágulo (**retracción**). El líquido que se elimina del coágulo es similar al plasma, pero sin fibrinógeno y recibe el nombre de **suero sanguíneo**.



CONCIENCIA EN LOS DATOS

Los glóbulos rojos funcionan activamente durante 90 a 120 días. En cambio, algunos leucocitos y las plaquetas viven una semana aproximadamente. Un 1 mm³ de sangre puede contener 5 millones de eritrocitos; 7 mil leucocitos; y 300 mil plaquetas.

Si se pudieran extender las membranas plasmáticas de todos los glóbulos rojos de un organismo adulto, se podría "alfombrar" media cancha de fútbol (3600m²).

1. Busquen los resultados de un análisis de sangre.
2. Observen los valores normales de los componentes sanguíneos.
3. Comparen esos datos con la información de estas páginas.
4. Elaboren un cuadro para comparar la forma, las dimensiones y las actividades en las que intervienen los glóbulos rojos, los blancos y las plaquetas.
5. Describan en un texto breve el recorrido de un glóbulo rojo desde que se origina en la médula ósea hasta que llega por primera vez al pulmón.



Cuando se observa un coágulo sanguíneo a través de un MEB, se pueden distinguir los filamentos de fibrina agrupando glóbulos rojos.

Intercambio de nutrientes y desechos en los tejidos

La cantidad de sangre que expulsa cada ventrículo del corazón en un minuto es de aproximadamente 5 litros. Sin embargo, durante el ejercicio intenso puede aumentar 5 o 6 veces. El volumen de sangre que recorre el organismo abastece de nutrientes a todas las células y recoge los desechos de su actividad.

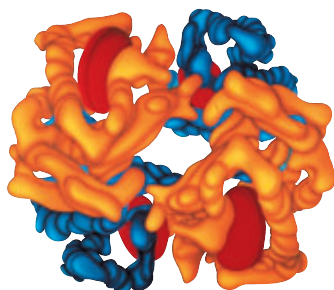
El **intercambio de nutrientes y de desechos** se realiza a nivel de los capilares sanguíneos con el líquido que rodea a las células, llamado **líquido intersticial**.

La presión de la sangre en las arteriolas es alta y disminuye a medida que la sangre recorre los capilares sanguíneos. Esta presión provoca la salida del agua del interior de los capilares al líquido intersticial, junto con los nutrientes. No obstante, las proteínas plasmáticas no atraviesan los capilares.

Por otra parte, las concentraciones de oxígeno y otros nutrientes son bajas en el líquido que rodea las células. Entonces, los nutrientes se difunden al líquido intersticial.

El dióxido de carbono y otros desechos, en cambio, se hallan en concentraciones mayores en este líquido intersticial y difunden hacia la sangre de los capilares. A medida que en la sangre se debilita la fuerza impulsora del corazón, la presión sanguínea es menor y la concentración de proteínas como la albúmina está aumentada. Entonces, el agua del líquido intersticial regresa por ósmosis a los capilares, junto con otras sustancias.

En síntesis, cada célula del organismo incorpora nutrientes del líquido intersticial y libera desechos hacia él. La composición del líquido intersticial también es producto del intercambio realizado entre éste y la sangre de los capilares sanguíneos.



Modelo de la estructura cuaternaria de la Hemoglobina

HEMOGLOBINA

En el intercambio y transporte del oxígeno y del dióxido de carbono, interviene la **hemoglobina** de los glóbulos rojos.

La hemoglobina es una proteína de gran peso molecular, formada por cuatro subunidades. Cada una de ellas está compuesta por un polipéptido y un conjunto de átomos que contiene un ión hierro, llamado **grupo hemo**. En síntesis, cada molécula de hemoglobina está constituida por cuatro polipéptidos, cada uno con su grupo hemo. Los polipéptidos se denominan en conjunto **globina**.

El hierro de cada grupo hemo puede combinarse en forma débil y reversible con una molécula de oxígeno. Cuando se combina el primer grupo hemo con una molécula de O_2 , se incrementa la afinidad del segundo grupo hemo por el oxígeno y así sucesivamente.

El 97% del oxígeno que proviene del aire de los alvéolos pulmonares se une a la hemoglobina de los eritrocitos y se forma **oxihemoglobina**. El resto del oxígeno es transportado disuelto en el plasma sanguíneo.

Una pequeña fracción del dióxido de carbono procedente de los tejidos, también es transportada por la hemoglobina (5-30%) o disuelta en el plasma (10%). La mayor parte del dióxido de carbono ingresa en los eritrocitos e interviene en una serie de reacciones químicas que lo convierten en otros compuestos, los cuales difunden inmediatamente al plasma sanguíneo. En los pulmones, estas reacciones químicas se revierten y el dióxido de carbono es liberado.



1. Modelicen con botones, bolitas de plastina o clips la reacción en la que se produce la oxihemoglobina.
2. ¿Qué representa cada uno de los objetos que usaron en la modelización anterior?

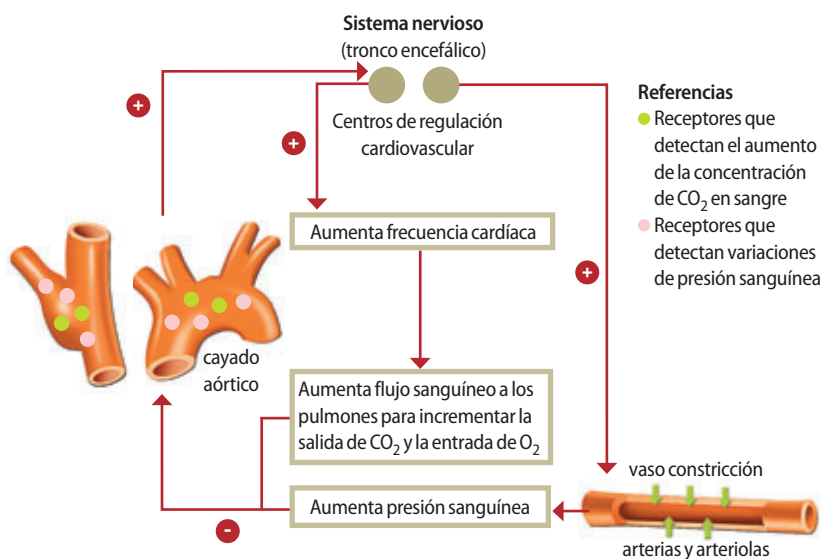
Homeostasis en la circulación de nutrientes

La circulación del oxígeno y los demás nutrientes depende de la constancia de ciertas condiciones en el sistema cardiovascular, como conservar una presión sanguínea adecuada, modificar el ritmo cardíaco según las demandas de nutrientes, distribuir nutrientes en forma selectiva a determinados órganos del cuerpo, mantener el número constante de eritrocitos, etcétera.

El equilibrio de la actividad del corazón y de los vasos sanguíneos depende de la acción reguladora del sistema nervioso y de algunas hormonas y otras sustancias. Esta regulación permite aumentar o disminuir la frecuencia cardíaca; y también adecuar el diámetro de los vasos sanguíneos, en especial el de las arteriolas, para regular la presión sanguínea y, en ciertas ocasiones, derivar sangre a determinados órganos.

En el cayado de la aorta y en las arterias carótidas hay receptores de estiramiento o **presorreceptores** que funcionan como resortes que registran la distensión de esos vasos y por lo tanto, los cambios en la presión sanguínea. En estos lugares, también hay **quimiorreceptores** que controlan la concentración del dióxido de carbono y oxígeno en la sangre. La excitación de dichos receptores genera señales captadas por centros nerviosos de regulación cardiovascular ubicados en el tronco encefálico, una parte del sistema nervioso central. Un centro regula la frecuencia cardíaca y el otro controla el diámetro de los vasos sanguíneos.

En la sangre, el número de eritrocitos se mantiene constante por un proceso de **retroalimentación negativa**. La concentración de oxígeno en la sangre puede disminuir por una hemorragia o en altitudes elevadas donde es menor la disponibilidad de oxígeno. En consecuencia, los riñones producen una hormona, la **eritropoyetina**, que estimula la producción de glóbulos rojos en la médula ósea. Cuando se reestablece la concentración de oxígeno, se inhibe la hormona eritropoyetina y, por lo tanto, disminuye la producción de glóbulos rojos.

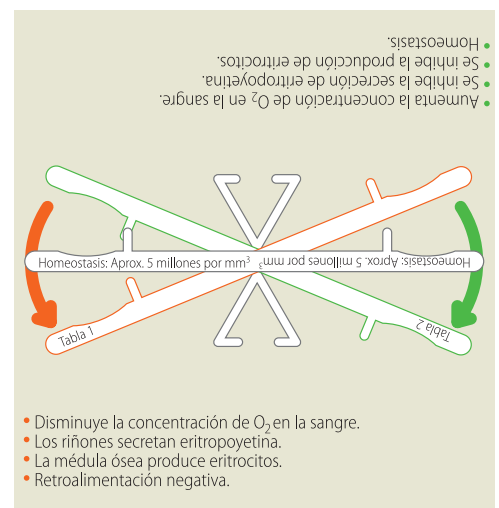


Cuando aumenta la concentración de dióxido de carbono en la sangre y disminuye la presión sanguínea, los receptores envían señales a los centros nerviosos. En consecuencia, un centro nervioso envía impulsos que aumentan la frecuencia cardíaca (**taquicardia**). Otro centro nervioso origina la **vasoconstricción** de las arterias y arteriolas. De esta forma se reestablece la presión sanguínea.

El desmayo: mecanismo homeostático

Cuando un individuo acostado se incorpora bruscamente o está mucho tiempo de pie, se origina momentáneamente una reducción del flujo de sangre en el cerebro. En esta situación puede producirse un **desmayo**. La persona se marea y desvanece o pierde el conocimiento.

El desmayo constituye un mecanismo homeostático que disminuye el daño de las células cerebrales. Por eso, mantener de pie o sentada a una persona desmayada puede interferir en su recuperación. En estas circunstancias, la medida adecuada consiste en acostar a la persona y elevar sus piernas, para reestablecer el flujo sanguíneo en la región cefálica.



Este sube y baja representa el proceso de retroalimentación negativa que regula la cantidad de eritrocitos en la sangre. Para comprenderlo, primero observen la situación de la Tabla 1 y lean el texto del color correspondiente. Después giren el libro, observen la situación de la Tabla 2 y lean el texto del color correspondiente.

Desequilibrios en la circulación de los nutrientes

HIPERTENSIÓN

Y ARTERIOESCLEROSIS

La reducción del diámetro de las arteriolas puede provocar **hipertensión**, es decir, aumento de la presión sanguínea en forma constante.

Los factores hereditarios, el estrés, la ingesta excesiva de sal en la dieta y la obesidad son las principales causas de esta alteración del sistema cardiovascular.

La hipertensión somete al corazón a un gran esfuerzo, debido a la resistencia que ofrece la circulación de la sangre al atravesar vasos con el diámetro reducido.

La hipertensión también contribuye al endurecimiento de las paredes de las arterias, o **arterioesclerosis**. En especial, cuando las arterias coronarias pierden su elasticidad, se reduce el flujo sanguíneo al miocardio y se puede originar un dolor agudo en el tórax, conocido como **angina de pecho**. Asimismo, estas dos disfunciones pueden provocar eventualmente la ruptura de una arteria. Si se rompe una arteria del cerebro se produce un **accidente cerebro vascular (ACV)** y con éste la pérdida de la actividad cerebral en la zona afectada, por la falta de oxígeno y nutrientes.

ARTERIOESCLEROSIS

E INFARTO CARDÍACO

La **arterioesclerosis** implica el engrosamiento de las paredes arteriales debido a depósitos de colesterol, calcio y fibrina, que forman **placas de ateroma** en el interior de las arterias. La arterioesclerosis está íntimamente vinculada con la arterioesclerosis.

En ciertas ocasiones, una placa se puede desprender o romper y las plaquetas inician la formación de un coágulo. Éste puede formarse en el mismo lugar de la placa o puede migrar en forma de **émbolo** o **trombo**. Si un émbolo llega al cerebro puede provocar un ACV y originar un cuadro similar al producido cuando se rompe una arteria cerebral.

También, el trombo puede obstruir una arteria que irriga al corazón. La obstrucción parcial de una arteria coronaria puede causar un **infarto del miocardio**, es decir, la disfunción permanente del área que irriga esa arteria. Si el área dañada es pequeña, la persona puede recuperarse, pero la eficacia de la contracción cardíaca disminuye en forma permanente. En cambio, si la obstrucción de una arteria coronaria es total, puede producirse un **paro cardíaco** y en consecuencia, la muerte del individuo.

El tratamiento para estas disfunciones cardiovasculares incluye la administración de medicamentos que disminuyen la presión arterial, dilatan los vasos sanguíneos y reducen las concentraciones de colesterol. Los casos más graves de obstrucción coronaria, pueden requerir operaciones quirúrgicas, como la **angioplastia**, técnicas de **bypass cardíaco** y eventualmente, el **transplante de corazón**.

Estas enfermedades cardiovasculares pueden prevenirse con una dieta equilibrada pobre en sal y en grasas, ejercicio físico regular, evitar el consumo de cigarrillo y alcohol, entre otros.

SOPLO CARDÍACO

Los **soplos** son sonidos anormales de la actividad del corazón. Por ejemplo, cuando una válvula cardíaca se estrecha, el flujo sanguíneo al pasar por ésta produce torbellinos que generan ruidos que no corresponden a los ruidos normales *lub-DUP*.

Existen diferentes tipos de soplos: algunos son muy comunes en los primeros años de vida y desaparecen en la etapa adulta. Otros pueden ser provocados por anemias, infección de las válvulas cardíacas y son tratados con medicamentos para reestablecer el flujo sanguíneo normal. En cambio, si el soplo es causado por una falla en la estructura de las válvulas, puede ser recomendable la intervención quirúrgica para reemplazarlas por válvulas artificiales.



1. Busquen información sobre nuevos tratamientos y técnicas quirúrgicas para desequilibrios en la circulación de los nutrientes.

2. ¿Por qué la formación de várices puede considerarse como un desequilibrio en la circulación de los nutrientes? Busquen información sobre las causas y las consecuencias de esta afección y respondan la pregunta.

3. Lean el artículo de la página siguiente y elaboren una lista de las ventajas del tratamiento diseñado por el científico argentino sobre las prácticas cardiológicas vigentes.

LIDERÓ UN ESTUDIO DISTINGUIDO EN UN CONGRESO DE LA SOCIEDAD EUROPEA DE CARDIOLOGÍA REALIZADO EN SUECIA

Premian a un argentino que probó la eficacia de una técnica cardiológica

Es la angioplastia con stent y drogas vía oral, usada para desobstruir arterias coronarias.

Oscar Angel Spinelli

“Un estudio del cardiólogo argentino logró demostrar que un tratamiento de drogas por vía oral asociado a la angioplastia con stent puede disminuir, en ciertos pacientes, el riesgo de un nuevo bloqueo de las arterias coronarias en más de un 70%.

El investigador principal del estudio es el doctor Alfredo Rodríguez, director del Centro de Estudios de Cardiología Intervencionista (CECI). La investigación recibió el Premio al Mejor Trabajo Libre de Cardiología Intervencionista en el Congreso Anual de la Sociedad Europea de Cardiología.

Entre más de 20 000 especialistas de todo el mundo, el trabajo realizado en la Argentina y monitoreado por varios centros de los Estados Unidos superó diversas instancias de análisis hasta ser elegido como el más destacado en una de las ramas de la cardiología.

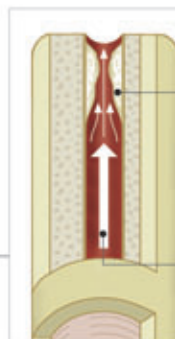
La angioplastia con stent es un tratamiento que se usa para desobstruir las arterias coronarias. Consiste en la introducción de un catéter que es llevado hasta la arteria del corazón “tapada”. En el extremo del catéter se inserta un balón, que al llegar a la obstrucción se “infla” para dilatar la arteria. Luego, se coloca en la zona afectada una malla metálica que sirve para mantener la arteria abierta. Un procedimiento más avanzado que el anterior es el llamado “stent con droga”. En este caso, a la malla se le incorporan medicamentos para contrarrestar la posibilidad de una nueva obstrucción. El método aplicado por el doctor Rodríguez es una variante de este último, ya que la droga —en este caso, rapamicina— se medica por vía oral.

LA ENFERMEDAD CORONARIA



Se produce en los vasos sanguíneos originados en la arteria aorta, llamados **arterias coronarias**.

DETALLE DE UNA ARTERIA CORONARIA



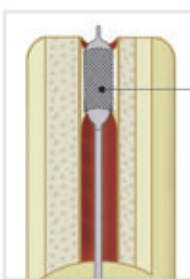
Es una obstrucción en las arterias debido a la acumulación de **“placas”** (colesterol elevado, calcio, células, etc.)

Cuando la obstrucción es muy grande, impide el flujo fácil de **sangre** al corazón; cuando es total, produce un infarto agudo de miocardio.

ANGIOPLASTIA CON STENT

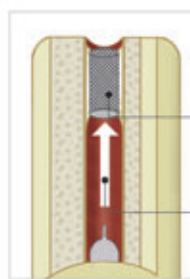
Es uno de los tratamientos para la enfermedad.

Se introduce un catéter que viaja por la arteria hasta el lugar donde está la obstrucción.



1

Una vez allí, se infla un **balón** que lleva el catéter en su extremo y se abre la obstrucción de la arteria. El balón está recubierto por una malla metálica expandible llamada **stent**.



2

Se retira el catéter y se deja el **stent** para que reemplace la parte de la arteria dañada. **La sangre** vuelve a circular a través del stent.

“Este tratamiento **no reemplaza al del stent con droga** —aclaró el doctor Rodríguez—. Y, aunque es un estudio reducido, demuestra que esta nueva estrategia puede ser una alternativa en aquellos pacientes con arterias de mediano tamaño y en los **no diabéticos**; también, para aquellos que **no pueden tomar drogas antiplaquetarias** o que presenten **obstrucciones coronarias de varias arterias**”.

En el trabajo se analizó la evolución de 100 pacientes con obstrucción coronaria y una edad promedio de 62 años. Se los dividió en dos grupos: uno recibió 6 mg de rapamicina por vía oral dos horas antes de la angioplastia, seguido de 3 mg/día

durante 14 días. Otro grupo continuó con el tratamiento médico convencional.

De acuerdo con el estudio, al año de seguimiento solamente el **12% de los pacientes del primer grupo registró un nuevo bloqueo de las arterias**, mientras que en el segundo grupo el índice de restenosis alcanzó al 42%.

Además de que el tratamiento combinado previene las nuevas intervenciones (habría menos posibilidades de que las arterias vuelvan a bloquearse) la rapamicina, “utilizada durante un corto tiempo en el estudio—aclaró el doctor Rodríguez—, demostró no producir efectos colaterales importantes”.

Circulación celular

En el interior de las células, los materiales circulan en variadas direcciones: a veces sin dejar el citoplasma; otras desde la membrana hacia el interior; y otras en sentido contrario.

Muchos materiales de estructura sencilla difunden por el citoplasma según su gradiente de concentración. Muchas macromoléculas, en cambio, son transportadas por organelas y estructuras específicas.

Así como en el Capítulo 1 se explicó el ingreso de los nutrientes en la célula y en el Capítulo 2 su transformación; en éste se explicará su circulación dentro del citoplasma y las vías de egreso desde el medio intracelular hacia el extracelular.

Vías de circulación celular

En una de las vías de síntesis, circulación y llegada a destino de las macromoléculas, participa el **sistema de endomembranas**. Dicha vía se inicia en el **retículo endoplasmático (RE)**. Esa estructura celular está compuesta por una red de bolsas o cisternas aplanadas que se conectan entre sí mediante gran cantidad de conductos.

En el RE se pueden diferenciar dos porciones: el **retículo endoplasmático granular o rugoso (REG)** y el **retículo endoplasmático liso o agranular (REL)**.

El REG se caracteriza por sus amplias cisternas, sobre cuyas membranas se adosan los ribosomas que le otorgan el aspecto granular, en la cara orientada al citoplasma. El REL, en cambio, se parece más a un sistema de tuberías y carece de ribosomas.

Los ribosomas asociados al REG no son siempre los mismos. Por el contrario, forman parte de una única población de ribosomas que pueden encontrarse tanto en el REG como libres en el citoplasma.

Los ribosomas se adhieren a las membranas del REG cuando comienza la **síntesis de proteínas** y se separan de ellas una vez que la proteína ha sido completamente ensamblada.

TRANSPORTE VESICULAR

A medida que el **ribosoma** elabora la proteína, ésta se abre paso a través de la membrana e ingresa a la luz del retículo. Algunas proteínas, debido a su composición química, quedan ancladas en la membrana, integrándose a ella. Otras son volcadas a la cavidad de la cisterna. A la mayoría de las proteínas se les añaden glúcidos de cadenas cortas (oligosacáridos) a medida que ingresan en el interior de la cisterna.

El REL está especializado en la **síntesis de lípidos**, como fosfolípidos y colesterol, que se construyen en sus membranas.

No todas las moléculas sintetizadas en el RE permanecen allí. Muchas de ellas inician un tránsito hacia otros destinos, dentro o fuera de la célula.

Las sustancias originadas en el RE se movilizan por la luz de los conductos y en **vesículas de transporte** que brotan de sus membranas. La brotación consiste en una elevación de la membrana, que se proyecta hasta formar una vesícula, la cual finalmente es liberada hacia el citoplasma. Las vesículas son “vehículos” que se desplazan por el citoplasma transportando materiales.



Si quieren recordar las características de los retículos endoplasmáticos y del aparato de Golgi, lean las páginas 31 y 68.

1. Elaboren un esquema conceptual para sistematizar la información sobre las vías de circulación celular.

2. Describan el recorrido que realiza la insulina desde que es originada hasta su secreción.

3. Describan los procesos por los cuales las células reciclan su sistema de endomembranas.



TRANSPORTE POR EL APARATO DE GOLGI Las vesículas de transporte que brotan del RE migran hacia la siguiente “estación”, el **aparato de Golgi**. Las cisternas que integran el aparato de Golgi tienen forma discoidal y se presentan apiladas unas sobre otras.

Las vesículas de transporte se fusionan con el aparato de Golgi y se producen dos transferencias simultáneas. Por un lado, el contenido de la vesícula se transfiere al interior de la cisterna. Por otra parte, la membrana de la vesícula se incorpora a la membrana de la cisterna. Ese “flujo de membrana” permite a la célula transportar nuevos componentes a las membranas existentes, o bien expandirlas. Otras veces, la vesícula sin contenido vuelve a brotar desde la cisterna receptora y regresa a su compartimiento de origen, fenómeno que recibe el nombre de **reciclaje de membrana**.

Los materiales que llegan al aparato de Golgi provenientes de RE recorren sus cisternas en forma secuencial, por medio de vesículas. A medida que lo hacen, son transformados químicamente.

El aparato de Golgi también sintetiza ciertos tipos de polisacáridos y otras macromoléculas complejas. Los productos terminados son finalmente “embalados” de manera selectiva en vesículas que brotan del aparato de Golgi.

La composición química de las moléculas que circulan por el sistema de endomembranas funciona como “señal” o “estampilla postal” que determinan su destino final.

SECRECIÓN O EXPORTACIÓN La **vía secretoria** completa la ruta hacia el medio extracelular de las macromoléculas sintetizadas en el sistema de endomembranas.

La **secreción o exportación** comprende dos vías bien diferenciadas: la secreción constitutiva, no regulada o continua; y la de secreción regulada o discontinua.

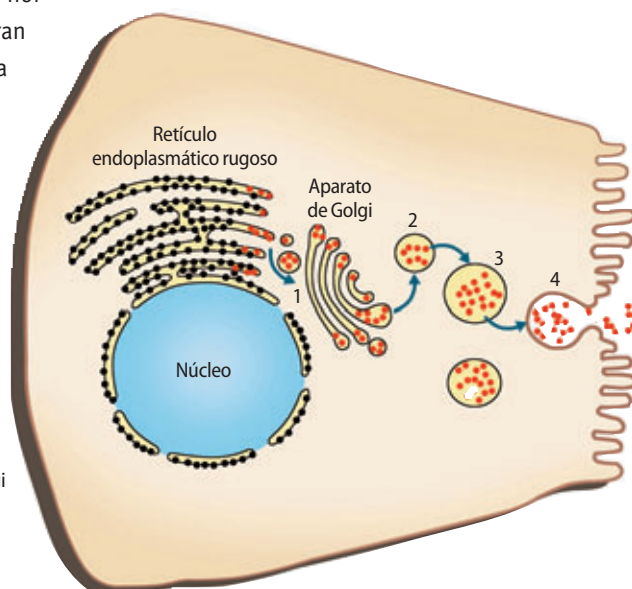
La **secreción constitutiva** es un fenómeno común a todas las células que transportan diversos productos al medio extracelular, a medida que son sintetizados.

Las secreciones se empaquetan en las **vesículas secretoras** que luego se acercan a la membrana y liberan su contenido por **exocitosis**. La producción del mucus que liberan las células de las paredes internas del tubo digestivo, es un ejemplo de secreción constitutiva.

La **secreción regulada** es un proceso menos frecuente, que tiene lugar en células secretoras más especializadas, como las que sintetizan hormonas o enzimas digestivas. Los productos de secreción se encierran en los **gránulos secretorios**, los que se acumulan en el citoplasma hasta el momento de ser liberados. La secreción de las hormonas o las enzimas solo tiene lugar cuando la célula secretora recibe señales específicas. Por ejemplo, la hormona insulina fabricada en el páncreas se libera ante un incremento de la glucosa sanguínea. Este tipo de regulación garantiza una respuesta de la célula secretora a los cambios en su entorno a la vez que rápida, oportuna.

Modelo de circulación celular.

1. Circulación de proteínas en vesículas
2. Recepción, transformación y brotación en el Aparato de Golgi
3. Vesícula secretora
4. Secreción por exocitosis



1. Copien la trama conceptual de la página 73 y agréguele los conectores adecuados para relacionar los conceptos.

HABLAR Y ESCRIBIR EN CIENCIAS

Al buscar información para resolver un problema de la vida diaria o para responder una actividad escolar, generalmente se requiere que ésta sea confiable y objetiva. Entre los especialistas que aportan la información buscada, se elige aquel reconocido como una autoridad para explicar el tema de manera adecuada y comprensible.

Los científicos comunican y comparten sus hallazgos mediante explicaciones.

Además de definir, explicar es otra de las habilidades lingüísticas muy usada tanto en nuestra comunicación diaria como en la que desarrollan los científicos entre sí.

La explicación y los textos explicativos

Explicar es organizar y relacionar causalmente un conjunto de ideas o razonamientos, con el objetivo de hacer comprensible un fenómeno, proceso, resultado, comportamiento, etcétera. A través de las explicaciones, el emisor tiene la intención deliberada de que el receptor pueda comprender su razonamiento. Es decir, pretende que el receptor otorgue sentido y comprenda hechos, procesos, fenómenos, acontecimientos, etcétera. Entonces, una explicación incluye un agente poseedor de un determinado saber (el experto) y un receptor dispuesto a interpretarlo a partir de su conocimiento previo (el lego). Con una explicación no se pretende convencer ni influir en el receptor, solo cambiar su estado de menor a uno de mayor conocimiento.

Una explicación puede ser adecuada o satisfactoria para un receptor y no para otro. Este tipo de valoración sobre una explicación determinada es subjetiva porque depende de las relaciones que pueda establecer el receptor con los conocimientos previos que dispone.



Si quieren recordar qué son los conectores aditivos, temporales, espaciales y contrastivos, lean las páginas 42 y 43.

¿Dónde hay explicaciones?

Se pueden detectar explicaciones en las clases, conferencias, entrevistas, debates, consultas y conversaciones informales con expertos.

Los textos explicativos abundan en tratados, manuales, ensayos, libros de estudio, obras de divulgación científica, artículos periodísticos y enciclopedias. Suelen estar acompañadas de material gráfico, como ilustraciones, mapas, esquemas, etcétera.

En las clases de Biología, y también de las demás ciencias experimentales, las explicaciones son muy frecuentes: los docentes las usan para desarrollar cómo o por qué ocurre un proceso, y los estudiantes para demostrar que lo conocen.

EXPLICACIÓN			
PROPÓSITO	ORIGEN	RESPONDE A	CARACTERÍSTICAS
Hacer comprender procesos, fenómenos, acontecimientos, comportamientos, a través de la exposición de las causas por las cuales se producen y el modo en que se desarrollan.	Producir ideas de manera ordenada, relacionadas causalmente.	¿Por qué? ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none">■ Verbos en presente del modo indicativo y en tercera persona del plural o singular;■ conceptos teóricos específicos y generales;■ conectores contrastivos, temporales, espaciales y de base causal;■ negritas o subrayados;■ puede contener descripciones, definiciones, datos numéricos, clasificaciones, ejemplificaciones, reformulaciones, analogías (comparaciones, metáforas y metonimias) y citas.

¿Cómo reconocer un texto explicativo?

Generalmente, en los textos explicativos se evitan las opiniones, son **impersonales**.

Suelen comenzar con la descripción de un proceso, y luego se exponen sus causas y consecuencias. También pueden originarse del planteo de un problema o una pregunta (presente o no en el texto), y seguidamente presentar la explicación de las causas.

En la página 60 de este libro se puede leer:

Las **enzimas** son catalizadores que **aceleran** la **velocidad** de una **reacción química** con un bajo aporte de **energía de activación**. Las **enzimas** **se unen** temporalmente a las **moléculas** de los **sustratos reaccionantes** en una **región** específica de su **molécula**, llamada **sitio activo**. Finalizada la **reacción**, el producto **se disocia** de la **enzima**. **Entonces, como** la **enzima** **no se altera** durante la **reacción**, **puede ser reutilizada** en otras **reacciones** en las que **participe** el mismo tipo de **sustrato**.

Parte de este texto es explicativo porque responde a ¿**cómo** se produce la relación enzima-sustrato? Se pueden encontrar también otras características propias de este tipo de texto:

- **verbos en presente del modo indicativo y en tercera persona del plural o singular** (son, aceleran, se unen, se disocia, se altera, puede ser reutilizada, participe);
- **conceptos teóricos específicos y generales** (enzimas, catalizadores, velocidad, reacción química, energía de activación, molécula, sustratos reaccionantes, sitio activo, sustrato);
- **conectores de base causal** (entonces, como);
- **conectores temporales** (temporalmente, Finalizada);
- **definiciones** (Las enzimas **son** catalizadores que **aceleran** la velocidad...; región específica de su molécula, llamada sitio activo)

El siguiente es un texto extraído de una revista de divulgación científica que explica la causa de las heridas que producen las agua-vivas:

Las lesiones ocasionadas por las **medusas** (agua-vivas) **son producidas por** unas células de la **epidermis** llamadas **cnidocitos**. Estas células **poseen** unas **organelas urticantes**, denominadas **nematocistos**, que **se pueden describir** como dardos disparados por presión de agua. **Cada dardo se fija** a la víctima y **se prolonga** en un filamento hueco que **inyecta** veneno paralizante. Este mecanismo es exclusivo de los **celenterados**, un **phylum zoológico** que, **además** de las medusas, **incluye** algunos grupos de seres gelatinosos del **plancton**, **como los sifonóforos**, o del fondo marino, **como las actinias o anémonas de mar**. El disparo de dardos venenosos **es** una forma de caza que **resulta** desencadenado por el contacto con el ser u objeto que lo embiste, **pero no se puede descartar** que también **sea consecuencia** de un estímulo químico proveniente de la víctima. Los **cnidocitos** con sus **nematocistos** **se hallan** principalmente concentrados en algunos engrosamientos de los **tentáculos** o en los **bordes del cuerpo**, de donde **parten** en forma masiva, **como esas lluvias de flechas que, en antiguos grabados, eran disparadas por máquinas de guerra sobre los enemigos**.

Revista *Ciencia Hoy*, Volumen 15, N° 86, abril/mayo 2005.

Es un texto explicativo porque responde a ¿**por qué** y cómo producen heridas las agua-vivas? Otras características que permiten clasificarlo como un texto explicativo son:

- **verbos en presente del modo indicativo y en tercera persona del plural o singular** (poseen, se pueden describir, se fija, se prolonga, inyecta, incluye, resulta, se puede descartar, se hallan, parten);
- **conceptos teóricos específicos y generales** (medusas, epidermis, cnidocitos, células, organelas, nematocistos, celenterados, phylum zoológico, etcétera);
- **conectores contrastivos** (pero);
- **conectores de base causal** (son producidas por, sea consecuencia);
- **conectores aditivos** (además);
- **ejemplificaciones** (como los sifonóforos, como las actinias o anémonas de mar)
- **comparaciones y metáforas** (como dardos disparados por presión de agua; como esas lluvias de flechas que, en antiguos grabados, eran disparadas por máquinas de guerra sobre los enemigos)
- **definiciones** (unas células de la epidermis llamadas cnidocitos, organelas urticantes, denominadas nematocistos)
- **descripciones** (Cada dardo se fija...; se hallan principalmente concentrados...)

Los conectores de base causal

■ **causativos**: son los conectores que introducen relación de causa entre segmentos del texto. *A causa de ello, por eso, porque, pues, puesto que, ya que, dado que, por el hecho de que, en virtud de, gracias a*; son conectores causativos;

■ **consecutivos**: son los conectores que introducen consecuencia entre segmentos del texto. *De ahí que, pues, luego, por eso, de modo que, de ello resulta que, así que, de donde se sigue, así pues, por lo tanto, de suerte que, por consiguiente, en consecuencia, en efecto, entonces*; son conectores consecutivos;

■ **condicionales**: son los conectores que introducen la causa hipotética en el primer segmento del texto, y en el segundo se agrega un conector consecutivo. *Si, con tal que, cuando, en el caso de que, según, a menos que, siempre, mientras, a no ser que, siempre y cuando, solo que, de tal modo que*; son todos conectores condicionales.

■ **finales**: son los conectores que introducen la meta o el propósito que se persigue. *Para que, a fin de que, con el propósito de, con el objeto de, de tal modo que*; son todos conectores finales.

1. Identifiquen y escriban la pregunta, las causas y las consecuencias en el texto explicativo transcripto de la revista *Ciencia Hoy*.
2. Busquen 3 textos explicativos en este capítulo e identifiquen sus características, como se procedió en estas páginas.
3. Teniendo en cuenta las características propias de los textos explicativos, elaboren y escriban una explicación a partir de los resultados obtenidos de la actividad experimental de la página 68 de este libro.
4. Busquen 3 textos explicativos contenidos en artículos periodísticos.

