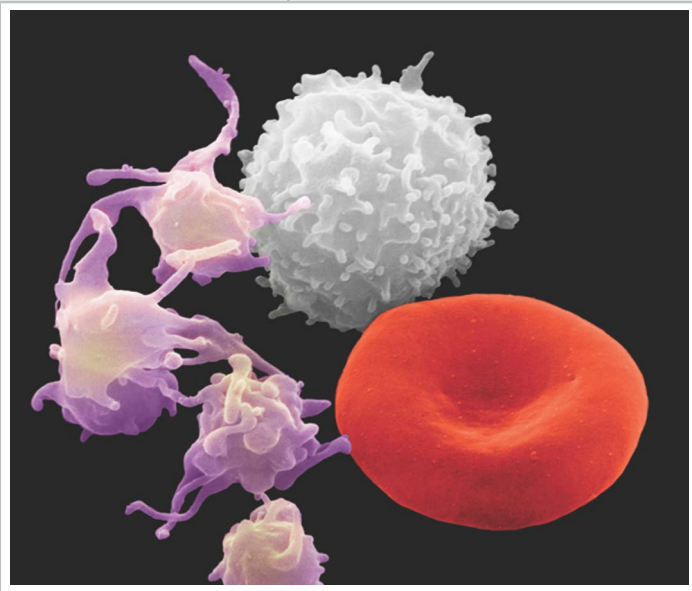


# 19

## APARATO CARDIOVASCULAR: LA SANGRE

**SANGRE Y HOMEOSTASIS** *La sangre contribuye con la homeostasis transportando oxígeno, dióxido de carbono, nutrientes y hormonas hacia y desde las células del cuerpo. Ayuda a regular el pH y la temperatura corporal, y proporciona protección contra las enfermedades mediante la fagocitosis y la producción de anticuerpos.*



El **aparato cardiovascular** (cardio, corazón; vascular, vasos sanguíneos) está formado por tres componentes interrelacionados: la sangre, el corazón y los vasos sanguíneos. Este capítulo se enfoca en la sangre; los dos siguientes analizarán el corazón y los vasos sanguíneos, respectivamente. La sangre transporta varias sustancias, ayuda a regular varios procesos vitales y proporciona protección contra las enfermedades. Por sus semejanzas en origen, composición y funciones, la sangre es tan característica de cada persona como lo es la piel, los huesos y el cabello. Los profesionales de la salud examinan y analizan rutinariamente las diferencias mediante varias pruebas sanguíneas cuando indagan las causas de diferentes enfermedades. La rama de la ciencia que se ocupa del estudio de la sangre, los tejidos que la forman y sus alteraciones se llama **hematología** (hemo o hemato, sangre; logos, estudio).



*¿Pensó alguna vez por qué la sangre es una sustancia tan singular que puede ser analizada para determinar si estamos sanos, detectar diferentes infecciones y descartar enfermedades y lesiones?*

## 19.1 FUNCIONES Y PROPIEDADES DE LA SANGRE

### OBJETIVOS

- Describir las funciones de la sangre.
- Describir las características físicas y los componentes principales de la sangre.

La mayoría de las células de un organismo multicelular no pueden moverse para obtener oxígeno y nutrientes, o eliminar dióxido de carbono y otros desechos. No obstante, estas necesidades se satisfacen a través de dos líquidos corporales: la sangre y el líquido intersticial. La **sangre** es un tejido conectivo compuesto por una matriz extracelular de líquido llamada plasma, en la cual se disuelven diversas sustancias y se encuentran numerosas células y fragmentos celulares en suspensión. El **líquido intersticial** es el que baña las células del organismo (véase la [Figura 27.1](#)) y es constantemente renovado por la sangre. La sangre transporta oxígeno desde los pulmones y nutrientes desde el tracto gastrointestinal. El oxígeno y los nutrientes difunden subsecuentemente desde la sangre hacia el líquido intersticial y de allí a las células del cuerpo. El dióxido de carbono y otros desechos lo hacen en la dirección opuesta, desde las células al líquido intersticial, y de allí a la sangre. La sangre entonces transporta estos desechos hacia determinados órganos (pulmones, riñones y la piel) para su eliminación.

### Funciones de la sangre

La sangre tiene tres funciones generales:

1. **Transporte.** Como ya dijimos, la sangre transporta oxígeno desde los pulmones hacia las células del cuerpo y dióxido de carbono desde las células hacia los pulmones, para exhalarlo con la espiración. También lleva nutrientes desde el tracto gastrointestinal hacia las células y hormonas desde las glándulas endocrinas hacia otras células. Por último, transporta calor y productos de desecho hacia diferentes órganos para que sean eliminados del cuerpo.
2. **Regulación.** La sangre circulante ayuda a mantener la homeostasis de todos los líquidos corporales. Ayuda a regular el pH por medio de la utilización de sustancias amortiguadoras (*buffers*), sustancias que convierten en débiles los ácidos o las bases fuertes. También contribuye en el ajuste de la temperatura corporal a través de las propiedades refrigerantes y de absorción de calor del agua (véase la [Sección 2.4](#)) presente en el plasma sanguíneo y su flujo variable a través de la piel, donde el excedente de calor puede perderse y ser transferido al medio ambiente. Asimismo, la presión osmótica de la sangre influye en el contenido de agua de las células, principalmente por las interacciones entre los iones disueltos y las proteínas.
3. **Protección.** La sangre puede coagularse, lo cual previene su pérdida excesiva del sistema circulatorio tras una lesión. Más aún, sus glóbulos blancos nos protegen de las enfermedades llevando a cabo la fagocitosis. Diversas proteínas sanguíneas, incluidos anticuerpos, interferones y los factores del sistema del complemento contribuyen a protegernos contra las enfermedades en una gran variedad de formas.

### Características físicas de la sangre

La sangre es más densa y viscosa que el agua, y al tacto resulta levemente pegajosa. Su temperatura es de 38°C, alrededor de 1°C por encima de las temperaturas oral o rectal, y tiene un pH ligeramente

alcalino cuyo valor se encuentra entre 7,35 y 7,45. El color de la sangre varía con su contenido de oxígeno. Cuando está saturada es rojo brillante, y cuando está insaturada es rojo oscuro. Constituye aproximadamente el 20% del líquido extracelular, y alcanza el 8% de la masa corporal total. El volumen sanguíneo es de entre 5 y 6 litros en un hombre adulto de talla promedio, y de entre 4 y 5 litros en una mujer adulta de talla promedio. La diferencia entre los dos sexos se debe a las diferencias entre las tallas corporales promedio. Diversas hormonas, reguladas por mecanismos de retroalimentación (*feedback*) negativa aseguran que tanto el volumen como la presión osmótica de la sangre se mantengan relativamente constantes. Las hormonas aldosterona, antidiurética y el péptido natriurético auricular tienen especial importancia al regular la cantidad de agua excretada en la orina (véase la [Sección 27.1](#)).



### CORRELACIÓN CLÍNICA | Extracción de sangre

Las **muestras de sangre** destinadas a las pruebas de laboratorio pueden ser obtenidas de diversas maneras. El procedimiento más común es la **punción venosa** (venopunción), la extracción sanguínea de una vena con una jeringa, aguja y un tubo recolector, el cual contiene ciertos aditivos. Se coloca un torniquete alrededor del brazo por encima del sitio de punción, lo cual provoca la acumulación de sangre en la vena. Este aumento del volumen sanguíneo provoca a su vez, que la vena protruya. Abrir y cerrar el puño también facilita la detección de la vena, y hace la punción aún más exitosa. Un sitio común para realizar la punción es la vena basílica del codo (véase la [Figura 21.25b](#)). Otro método de extracción sanguínea es pinchando un **dedo** o el **talón**. Los pacientes diabéticos que deben monitorizar su nivel sanguíneo de glucosa suelen hacerlo a través del pinchazo de un dedo; el método también es utilizado para extraer sangre de niños y lactantes. En una **punción arterial**, la sangre extraída se utiliza para determinar el nivel de oxígeno en sangre arterial.

### Componentes de la sangre

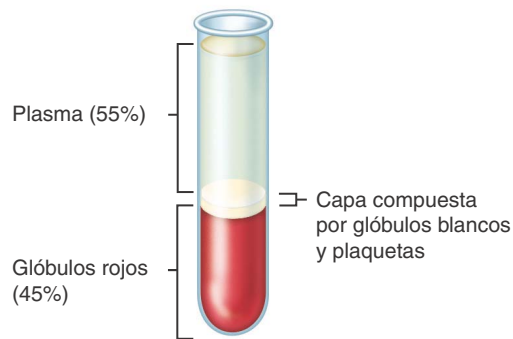
La sangre tiene dos componentes: 1) el plasma, una matriz extracelular líquida acuosa que contiene sustancias disueltas, y 2) los elementos corpusculares, compuestos por células y fragmentos celulares. Si una muestra de sangre es centrifugada en un pequeño tubo de vidrio, las células (más densas) descienden al fondo del tubo mientras que los elementos plasmáticos (más livianos) forman una capa sobre ellas ([Figura 19.1a](#)). La sangre está constituida en un 45% aproximadamente por elementos corpusculares, y en un 55% por plasma. Por lo general, más del 99% de los elementos corpusculares son células llamadas, por su color rojo, glóbulos rojos (GR) o eritrocitos. Los pálidos e incoloros glóbulos blancos (GB) o leucocitos y las plaquetas ocupan menos del 1% del volumen sanguíneo total. Al ser menos densos que los glóbulos rojos y más que el plasma, forman una fina **capa leucoplaquetaria** entre los GR y el plasma en la sangre centrifugada. La [Figura 19.1b](#) muestra la composición del plasma sanguíneo y las proporciones de los diversos tipos de elementos corpusculares de la sangre.

### Plasma sanguíneo

Cuando se retiran los elementos corpusculares de la sangre, se obtiene un líquido citrino (amarillento) llamado **plasma sanguíneo** (o simplemente **plasma**). El plasma está compuesto por alrededor de un 91,5% de agua, y 8,5% de solutos, la mayoría de los cuales (7% según el peso) son proteínas. Algunas de ellas pueden encontrarse también en otras partes del cuerpo, pero aquellas que están confinadas a la san-

**Figura 19.1** Componentes de la sangre en un adulto normal.

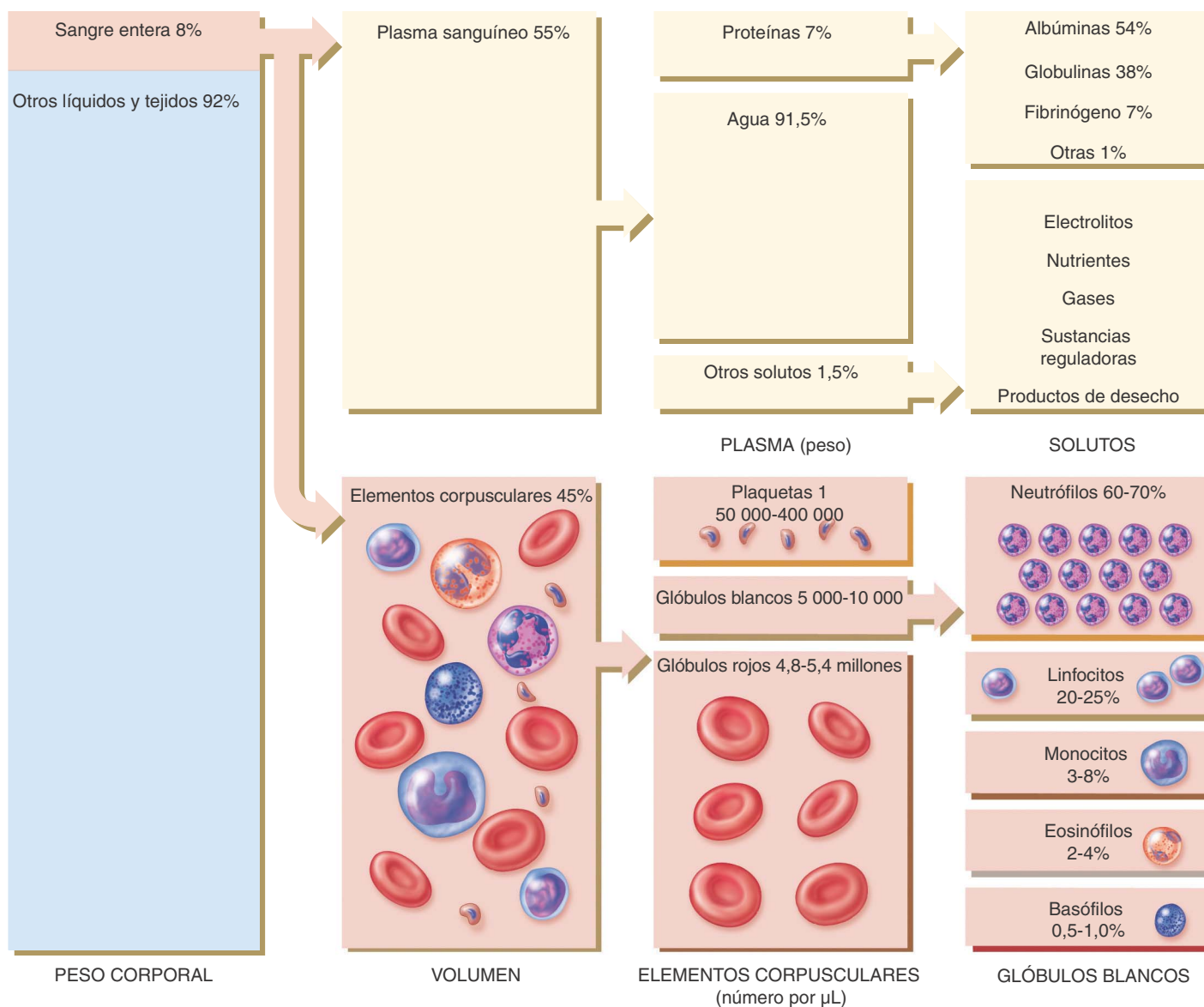
La sangre es un tejido conjuntivo formado por el plasma (líquido) más los elementos corpusculares (glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas).



(a) Apariencia de la sangre centrifugada

**FUNCIONES DE LA SANGRE**

1. Transporte de oxígeno, dióxido de carbono, nutrientes, hormonas, calor y desechos.
2. Regulación del pH, de la temperatura corporal y del contenido de agua de las células.
3. Protección contra la pérdida de sangre por medio de la coagulación y contra la enfermedad por medio de los glóbulos blancos fagocíticos y proteínas tales como los anticuerpos, interferón y complemento.



(b) Componentes de la sangre

¿Cuál es el volumen aproximado de la sangre en el cuerpo?



gre se denominan **proteínas plasmáticas**. Los hepatocitos (células del hígado) sintetizan gran parte de las proteínas plasmáticas, entre las cuales están la **albúmina** (54% del total), las **globulinas** (38%) y el **fibrinógeno** (7%). Ciertas células de la sangre se transforman en células productoras de gammaglobulinas, un tipo importante de globulina. Estas proteínas plasmáticas son también llamadas **anticuerpos** o **inmunoglobulinas** porque se producen durante ciertos tipos de respuesta inmunitaria. Numerosas sustancias exógenas (antígenos) como bacterias y virus estimulan la producción de millones de anticuerpos diferentes. Éstos se unen específicamente al antígeno invasor que estimuló su producción, desactivándolo.

Aparte de las proteínas, otros solutos plasmáticos incluyen electrolitos, nutrientes, sustancias reguladoras como enzimas y hormonas, gases, y productos de desecho como urea, ácido úrico, creatinina, amoníaco y bilirrubina.

El Cuadro 19.1 describe la composición química del plasma sanguíneo.

### Elementos corpusculares

Los **elementos corpusculares** de la sangre incluyen tres componentes principales: **glóbulos rojos (GR)**, **glóbulos blancos (GB)** y **plaquetas** (Figura 19.2). Los GR y los GB son células completas; las plaquetas son fragmentos celulares. Los GR y las plaquetas tienen tan

sólo unas pocas funciones, pero los GB tienen un gran número de funciones especializadas. Hay distintos tipos de GB (neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos) cada uno con su diferente aspecto microscópico, llevan a cabo estas funciones, estudiadas más adelante en este capítulo.

A continuación se presenta una clasificación de elementos corpusculares de la sangre:

- I. Eritrocitos o glóbulos rojos.
- II. Leucocitos o glóbulos blancos
  - A. Granulocitos (que contienen conspicuos gránulos visibles en el microscopio óptico una vez teñidos)
    1. Neutrófilos
    2. Eosinófilos
    3. Basófilos
  - B. Agranulocitos (no se ven gránulos en el microscopio óptico una vez teñidos)
    1. Linfocitos T y B y células natural killer (NK)
    2. Monocitos
- III. Plaquetas

El porcentaje del volumen total de sangre ocupado por GR se denomina **hematocrito**; un hematocrito de 40 indica que el 40% del volu-

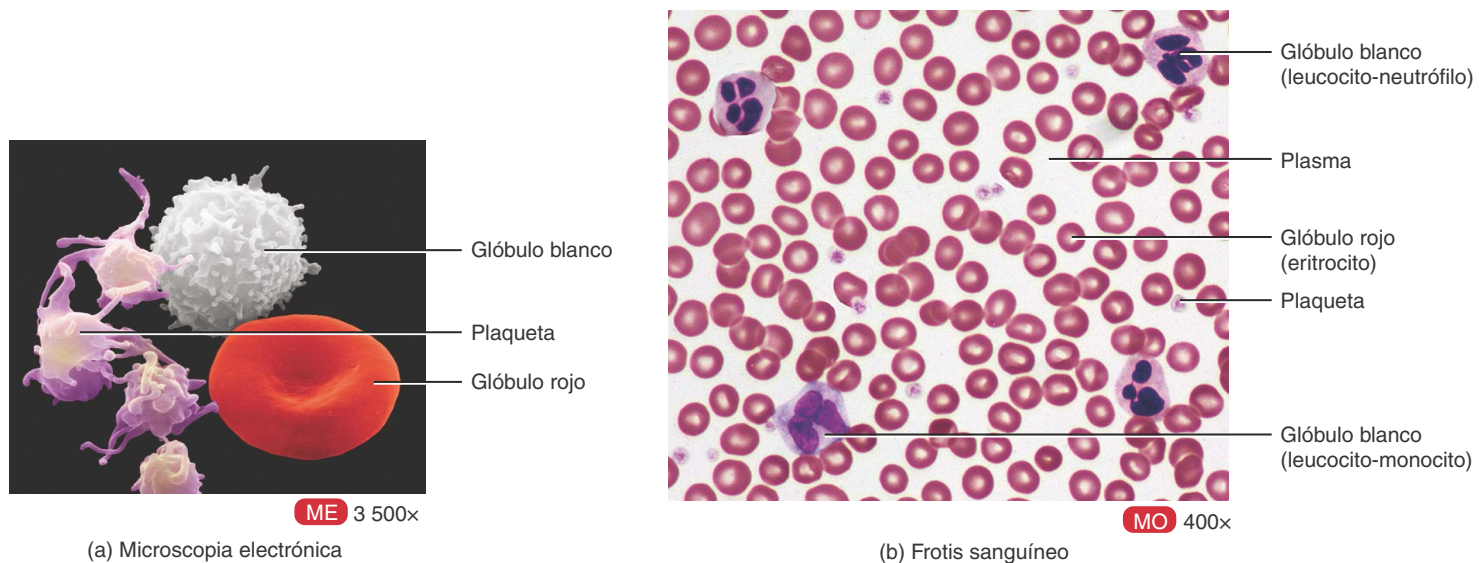
**CUADRO 19.1**

#### Sustancias del plasma

CONSTITUYENTE	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
<b>Agua (91,5%)</b>	Porción líquida de la sangre.	Solvente y medio de suspensión. Absorbe, transporta y libera calor.
<b>Proteínas plasmáticas (7%)</b>	La mayoría producidas por el hígado.	Responsable de la presión coloidosmótica. Principal contribuyente de la viscosidad sanguínea. Transporta hormonas (esteroides), ácidos grasos y calcio. Ayuda a regular el pH de la sangre.
Albúmina	Las más pequeñas y las más numerosas de las proteínas.	
Globulinas	Proteínas grandes (las células plasmáticas producen inmunoglobulinas).	Las inmunoglobulinas ayudan a atacar virus y bacterias. Las globulinas alfa y beta transportan hierro, lípidos y vitaminas liposolubles.
Fibrinógeno	Proteínas grandes.	Juegan un papel esencial en la coagulación.
<b>Otros solutos (1,5%)</b>		
Electrolitos	Sales inorgánicas; cargadas positivamente (cationes) $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ ; cargados negativamente (aniones) $\text{Cl}^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ .	Ayudan a mantener la presión coloidosmótica y tienen un papel esencial en las funciones celulares.
Nutrientes	Productos de la digestión, como aminoácidos, glucosa, ácidos grasos, glicerol, vitaminas y minerales.	Papel esencial en las funciones celulares, el crecimiento y el desarrollo.
Gases	Oxígeno ( $\text{O}_2$ ).	El oxígeno es importante en muchas funciones celulares.
	Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).	El dióxido de carbono está implicado en la regulación del pH sanguíneo.
	Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ).	El nitrógeno no cumple una función conocida.
Sustancias reguladoras	Enzimas.	Catalizan reacciones químicas.
	Hormonas.	Regulan el metabolismo, el crecimiento y el desarrollo.
	Vitaminas.	Cofactores para las reacciones enzimáticas.
Productos de desecho	Urea, ácido úrico, creatinina, bilirrubina, amoníaco.	La mayoría de los productos de degradación del metabolismo proteico transportados por la sangre hacia los órganos de excreción.

**Figura 19.2** Fotografía electrónica y microfotografía de los elementos corpusculares de la sangre.

Los elementos corpusculares de la sangre son los glóbulos rojos (eritrocitos), los glóbulos blancos (leucocitos) y las plaquetas.



¿Qué elementos corpusculares o formas de la sangre son fragmentos celulares?

men sanguíneo está compuesto por GR. El rango normal de hematocrito para las mujeres adultas es de 38-46% (promedio = 42); para hombres adultos, es de 40-54% (promedio = 47). La hormona testosterona, presente en mucha mayor concentración en hombres que en mujeres, estimula la síntesis de eritropoyetina (EPO), hormona que, a su vez, estimula la producción de GR. Entonces, la testosterona contribuye al mayor hematocrito de los hombres. Valores más bajos en las mujeres durante su etapa reproductiva pueden deberse a la excesiva pérdida de sangre durante la menstruación. Una caída significativa del hematocrito indica *anemia*, una cantidad de GR inferior a la normal. En la *policitemia*, el porcentaje de GR es anormalmente alto, y el hematocrito puede ser de 65% o incluso mayor. Esto incrementa la viscosidad de la sangre, aumentando la resistencia al flujo y dificultando su bombeo por parte del corazón. La viscosidad elevada también contribuye a la hipertensión arterial y al riesgo aumentado de accidentes vasculares. Las causas de policitemia comprenden aumentos anormales en la producción de GR, hipoxia tisular, deshidratación y dopaje de sangre o el uso de EPO por parte de atletas.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿En qué se parece el plasma sanguíneo al líquido intersticial? ¿En qué difieren?
2. ¿Qué sustancias transporta la sangre?
3. ¿Cuántos kilogramos de sangre hay en su cuerpo?
4. Compare el volumen plasmático del cuerpo con el volumen de una botella de dos litros de soda.
5. Enumere los elementos corpusculares del plasma y describa sus funciones.
6. ¿Cuál es la importancia de un hematocrito superior o inferior al normal?

## 19.2 FORMACIÓN DE CÉLULAS SANGUÍNEAS

OBJETIVO

- Explicar el origen de la sangre.

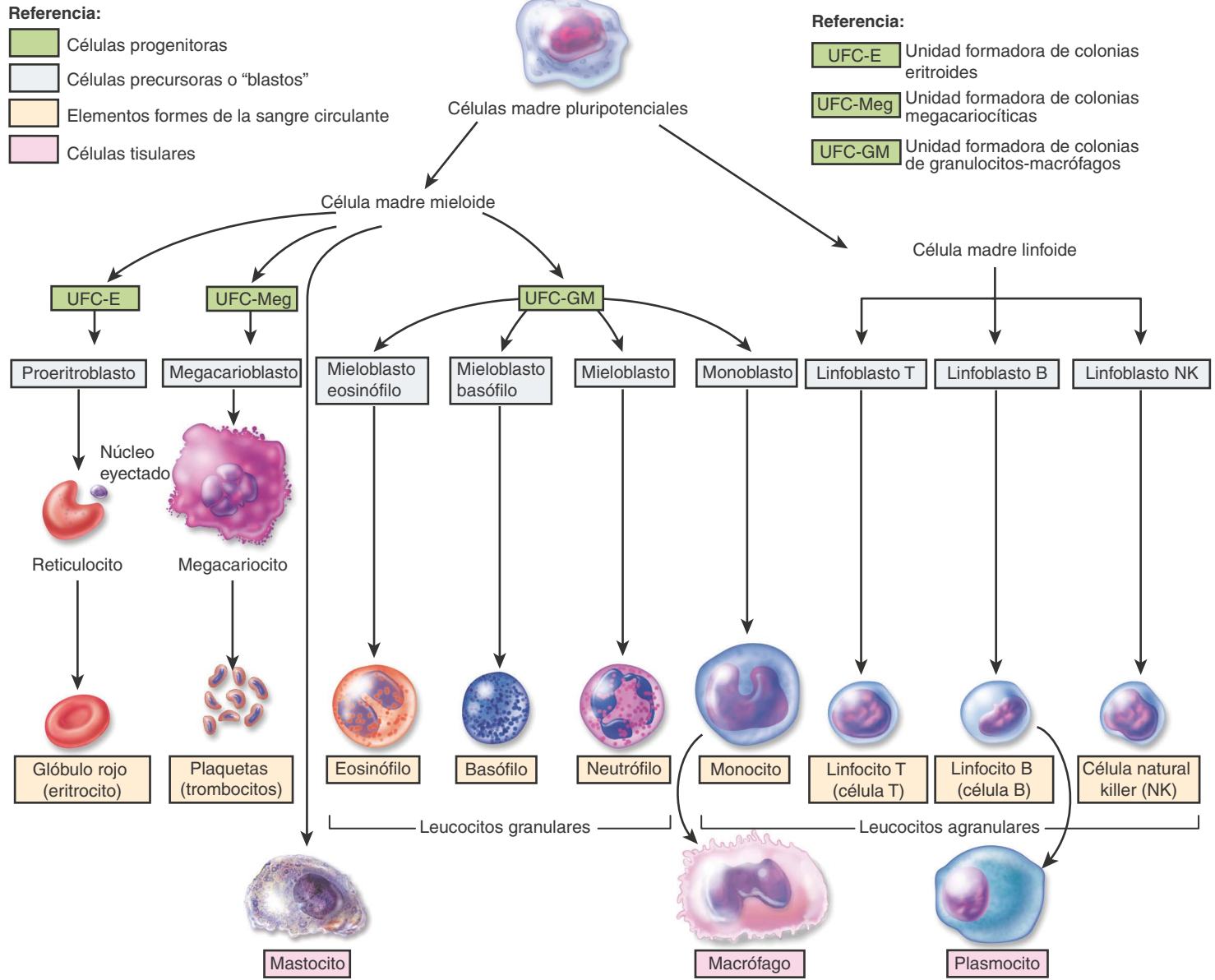
Aunque se ha determinado que ciertos linfocitos viven años, la mayoría de los elementos corpusculares de la sangre viven sólo horas, días o semanas, y deben ser continuamente reemplazados. La cantidad de GR y plaquetas circulantes se regula por sistemas de retroalimentación (*feedback*) negativa que permiten que los valores permanezcan estables. No obstante, la abundancia de los diferentes tipos de GB varía según la exposición a patógenos invasores y otros antígenos exógenos.

El proceso por el cual los elementos corpusculares sanguíneos se desarrollan se denomina **hemopoyesis** o **hematopoyesis** (hemo-, de *háima*, sangre, y -poyesis, de *poíesis*, formación). Antes del nacimiento la hemopoyesis se produce primero en el saco vitelino embrionario, y más tarde en el hígado, el bazo, el timo y los ganglios linfáticos fetales. La médula ósea roja se convierte en el órgano hemopoyético primario durante los últimos tres meses antes del nacimiento, y continúa como la fuente principal de células sanguíneas después del nacimiento y durante toda la vida.

La **médula ósea roja** es un tejido conectivo altamente vascularizado localizado en los espacios microscópicos entre las trabéculas del hueso esponjoso. Está presente casi exclusivamente en los huesos del esqueleto axial, en las cinturas escapular y pelviana, y en las epífisis proximales del húmero y fémur. Alrededor del 0,05-0,1% de las células de la médula ósea roja derivan de células mesenquimatosas (tejido del cual derivan casi todos los tejidos conectivos) llamadas

**Figura 19.3** Origen, desarrollo y estructura de las células sanguíneas. Se han omitido algunas generaciones de las líneas celulares.

La producción de las células sanguíneas, llamada hematopoyesis, ocurre principalmente en la médula ósea roja después del nacimiento.



¿A partir de qué células del tejido conectivo se desarrollan las células madre pluripotenciales?

**células madre pluripotenciales** (*stem cells*) o *hemocitoblastos*. Estas células tienen la capacidad de diferenciarse en diversos tipos celulares (Figura 19.3). En los neonatos, toda la médula ósea es roja y, por lo tanto, activa en la producción de células sanguíneas. Durante el crecimiento del individuo y en su adultez, la tasa de formación de células sanguíneas disminuye, la médula ósea roja en la cavidad medular de los huesos largos se hace inactiva y es reemplazada por médula ósea amarilla, compuesta en su mayoría por células adiposas. En determinadas circunstancias, como una hemorragia, la médula ósea amarilla puede convertirse en médula ósea roja por extensión de esta última sobre la primera, y repoblarla de células pluripotenciales.



**CORRELACIÓN CLÍNICA | Examen de la médula ósea**

A veces es necesario obtener una muestra de médula ósea roja para diagnosticar determinados trastornos sanguíneos, como las leucemias y las anemias graves. El **examen de la médula ósea por punción** puede hacerse mediante la *aspiración* (extracción de médula ósea con aguja fina y jeringa) o la *biopsia* (extracción de un fragmento de médula ósea con una aguja más grande).

Ambos tipos de muestras son, por lo general, obtenidas de la cresta ilíaca del hueso de la cadera, aunque a veces la punción-aspiración se obtie-

ne del esternón. En niños pequeños, las muestras de médula ósea se toman de una vértebra o de la tibia. El tejido o la biopsia se envían entonces al laboratorio de anatomía patológica para su análisis. Los técnicos de laboratorio buscan signos de células neoplásicas (cancerosas) u otras células enfermas para ayudar al diagnóstico.

Las células madre de la médula ósea roja se reproducen, proliferan y se diferencian en células que darán origen a las células de la sangre, macrófagos, células reticulares, mastocitos y adipocitos. Algunas de ellas también pueden formar osteoblastos, condroblastos y células musculares, y algún día podrán ser usadas como una fuente de tejido óseo, cartilaginoso y muscular para la restitución de tejidos y órganos. Las células reticulares producen fibras reticulares, las cuales forman el estroma (la estructura) que sostiene a las células de la médula ósea roja. La sangre de los vasos nutricios y las arterias metafisarias (véase la **Figura 6.4**) entra en el hueso y pasa por los capilares nutricios, llamados *senos*, que rodean la médula ósea roja y las fibras. Una vez producidas las células sanguíneas en la médula ósea, entran en los vasos sanguíneos y abandonan el hueso a través de las venas nutricias y periósticas (véase la **Figura 6.4**). Exceptuando a los linfocitos, los elementos corpusculares no se dividen después de abandonar la médula.

Para formar células sanguíneas, las células madre pluripotenciales o troncales de la médula (*stem cells*) producen dos tipos de células madre que tienen la capacidad de transformarse en varios tipos celulares. Éstas son las *células madre mieloides* y las *células madre linfoides*. Las mieloides empiezan su desarrollo en la médula ósea roja y dan origen a glóbulos rojos, plaquetas, monocitos, neutrófilos, eosinófilos y basófilos. Las células madre linfoides empiezan su desarrollo en la médula también, pero lo completan en los tejidos linfáticos; ellas dan origen a los linfocitos. Pese a que las diversas células madre tienen marcadores de identidad distintivos en su membrana plasmática, no pueden distinguirse histológicamente y se asemejan a los linfocitos.

Durante la hemopoiesis, algunas de las células mieloides se diferencian en **células progenitoras**. Otras células mieloides y las células linfoides desarrollan directamente células precursoras (descritas brevemente). Las células progenitoras no son capaces de reproducirse y están comprometidas a dar origen a elementos de la sangre más específicos. Algunas células progenitoras son conocidas como *unidades formadoras de colonias (UFC)*. A continuación de esta designación se ubica una abreviatura que indica el elemento maduro que van a producir: la UFC-E produce eritrocitos (GR), la UFC-Meg produce megacariocitos, fuente de las plaquetas, y la UFC-GM produce granulocitos (específicamente, neutrófilos) y monocitos (véase la **Figura 19.3**). Las células progenitoras, al igual que las células madre, se asemejan a los linfocitos y no pueden ser reconocidas por su apariencia microscópica.

Las células de la siguiente generación se conocen como **células precursoras** o **blastos**. Tras varias divisiones celulares, estas últimas desarrollan los elementos corpusculares de la sangre. Por ejemplo, los monoblastos producirán monocitos, los mieloblastos eosinófilos darán eosinófilos, y así sucesivamente. Las células precursoras tienen un aspecto microscópico reconocible.

Varias hormonas llamadas **factores de crecimiento hemopoyético** regulan la diferenciación y proliferación de determinadas células progenitoras. La **eritropoyetina** o **EPO** aumenta el número de precursores de glóbulos rojos. Se produce principalmente en células situadas entre los túbulos renales (células peritubulares intersticiales). En la insuficiencia renal la liberación de EPO disminuye, dando lugar a una inadecuada producción de GR. Esto baja el hematocrito y la capaci-

dad de transportar oxígeno a los tejidos. La **trombopoyetina** o **TPO** es una hormona producida por el hígado que estimula la formación de plaquetas (trombocitos) por parte de los megacariocitos. Diversas citocinas regulan el desarrollo de los diferentes tipos de células sanguíneas. Las **citocinas** son pequeñas glucoproteínas producidas habitualmente por células de la médula ósea roja, leucocitos, macrófagos, fibroblastos y células endoteliales. Actúan por lo general como hormonas locales (autocrinas o paracrinas; véase el Cap. 18). Estimulan la proliferación de células progenitoras medulares y regulan la actividad de las células involucradas en la defensa inespecífica (como los fagocitos) y en la respuesta inmunitaria (como las células B y T). Dos familias importantes de citocinas que estimulan la formación de glóbulos blancos son los **factores estimulantes de colonias (CSF)** y las **interleucinas**.



### CORRELACIÓN CLÍNICA | Usos clínicos de los factores de crecimiento hemopoyéticos

Los factores de crecimiento hemopoyéticos disponibles a través de tecnología del ADN recombinante implican un enorme potencial de utilidad médica cuando la capacidad de una persona de producir nuevas células sanguíneas está disminuida o es defectuosa. La forma artificial de eritropoyetina (eritropoyetina alfa) es muy efectiva en el tratamiento de la menor producción de glóbulos rojos que acompaña a la enfermedad renal terminal. El factor estimulante de colonias de granulocitos y macrófagos y el CSF granulocítico se administran para estimular la formación de glóbulos blancos en pacientes con cáncer sometidos a quimioterapia, ya que ésta mata células en mitosis, elimina tanto las cancerígenas como células normales de la médula ósea roja (recuérdese que los glóbulos blancos intervienen en la protección contra las enfermedades). La trombopoyetina representa una gran esperanza para la prevención de la depleción de plaquetas, necesarias para la coagulación de la sangre durante la quimioterapia. Los CSF y la trombopoyetina también mejoran la evolución de los pacientes que reciben trasplantes de médula ósea. Los factores de crecimiento hemopoyéticos también se utilizan en el tratamiento de la trombocitopenia en neonatos, en otros trastornos de la coagulación y en diversos tipos de anemia. La investigación actual sobre estos medicamentos está en marcha y genera grandes expectativas.



### PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Cuáles de los factores de crecimiento hemopoyético regulan la proliferación y diferenciación de la UFC-E y la formación de plaquetas a partir de megacariocitos?
- Describe la formación de plaquetas desde las células pluripotenciales, incluida la influencia hormonal.

## 19.3 GLÓBULOS ROJOS

### OBJETIVO

- Describir la estructura, funciones, ciclo de vida y producción de los glóbulos rojos.

Los **glóbulos rojos (GR)** o **eritrocitos** (eritro-, de *erythrós*, rojo, y -cito, de *ky'tos*, célula) contienen la proteína transportadora de oxígeno, la **hemoglobina**, el pigmento que le da a la sangre su color rojo. Un hombre adulto sano tiene alrededor de 5,4 millones de glóbulos