

• **INTRODUCCIÓN:**

La sangre es una masa líquida contenida en un compartimento cerrado: el sistema circulatorio, y que es movida de manera rítmica y unidireccional gracias a los latidos cardíacos.

Está formada por dos fases: los elementos formes o glóbulos sanguíneos, que son eritrocitos, plaquetas y leucocitos; y el plasma, fase líquida donde se encuentran los primeros en suspensión y en la que también encontramos agua, inmunoglobulinas, albúmina, etc.

Para poder verla se utilizan normalmente frotis preparados con tinciones especiales basadas en la mezcla de Romanowsky, que contienen azul de metileno y eosina. Entre los colorantes que hoy en día se utilizan para el estudio de las células sanguíneas destacan los colorantes de Leishman, Wright y Giemsa, conocidos todos como soluciones de tipo Romanowsky por contener azul de metileno, eosina y azules de metileno. Estas tinciones permiten ver básicamente cuatro tipos de coloración, dependiendo de la afinidad de las estructuras celulares por los componentes de la mezcla, así, el color azul indicará afinidad por el azul de metileno, que es signo de basofilia; el púrpura indica afinidad por los azules, por lo que la estructura será azurófila; el rosa amarillento es signo de afinidad por la eosina e indicará eosinofilia o acidofilia; y el salmón será propio de las estructuras neutrófilas, es decir, que no tienen afinidad concreta por ningún componente de la mezcla.

Para estudiar el volumen de las diferentes fracciones de la sangre en relación con el volumen total de la misma utilizamos el hematocrito, que consiste en extraer sangre por punción venosa y añadirle un anticoagulante como la heparina, tras esto, se centrifuga y se deja reposar, de manera que sedimenta en varias capas (ver fig. 1). El plasma corresponde al sobrenadante translúcido, amarillento y algo viscoso. Los glóbulos sedimentan en dos capas, fácilmente distinguibles, la capa inferior representa del 42 al 47% del volumen total de la sangre, es de color rojo y está formada por los eritrocitos; la inmediatamente superior representa el 1% del volumen total de la sangre, es de un color ceniciento y es la capa de sedimentación de los leucocitos. Esto ocurre así porque los leucocitos son menos densos que los eritrocitos. Sobre esta capa leucocitaria descansa una delgada capa de plaquetas, no distinguible a simple vista.

La sangre es principalmente un medio de transporte, gracias a ella, los leucocitos, encargados de la defensa del organismo, recorren el cuerpo y pueden concentrarse rápidamente en los tejidos afectados por una infección, atravesando los capilares por diapedesis, o viajar hasta los órganos linfoides secundarios, etc. También transporta oxígeno unido a la hemoglobina y anhídrido carbónico también unido a la hemoglobina o en disolución por el plasma en forma de bicarbonato. Por otra parte, en disolución por el plasma van metabolitos desde los puntos de absorción o síntesis, distribuyéndolos por el organismo y restos del metabolismo hasta los órganos de excreción, donde son eliminados. Permite el intercambio de mensajes químicos entre órganos distantes por transportar hormonas y tiene un papel importante en la regulación de la temperatura corporal, en el equilibrio ácido-base y en el equilibrio osmótico.

• **COMPOSICIÓN DE LA SANGRE EN EL HOMBRE.**

Como ya hemos dicho, la sangre está compuesta por dos fases: los elementos figurados o células sanguíneas y la fase líquida o plasma.

El plasma es una solución acuosa que sirve para el transporte de diversas moléculas, como componentes de pequeño y gran peso molecular (10% de su volumen), proteínas plasmáticas o séricas (7%), sales inorgánicas (0'9%), aminoácidos, vitaminas, hormonas, lipoproteínas, etc.

Entre las proteínas presentes en el plasma podemos citar la albúmina, que es la más abundante, las globulinas o inmunoglobulinas, que son anticuerpos y el fibrinógeno, necesario para la formación de fibrina en la etapa final de la coagulación de la sangre. Además, diversas sustancias que no son solubles en el agua pueden ser

transportadas por la albúmina o por las globulinas y , como por ejemplo los lípidos, que se adhieren a las partes hidrófobas de dichas proteínas mientras que sus partes hidrófilas se adhieren al agua, manteniendo el complejo en disolución.

Analizando la composición del plasma podemos conocer el estado de los líquidos extracelulares en general, ya que éste está en equilibrio con el líquido intersticial de los tejidos a través de las paredes de los capilares.

Las células sanguíneas son los eritrocitos, los leucocitos y las plaquetas.

Los eritrocitos en el hombre son anucleados y con forma de disco bicóncavo, lo que les proporciona una gran superficie en relación con su volumen, de manera que facilita el intercambio de gases, esta forma bicóncava está mantenida por proteínas contráctiles de su membrana y la energía derivada de la glucólisis (ver fig.2). Tienen un diámetro de $7'2\text{ }\mu\text{m}$ y un grosor de $2'1\text{ }\mu\text{m}$ cerca de su borde. Son muy flexibles, lo que les permite adaptarse a la forma, a veces irregular, de los capilares, de manera que, cuando llegan a los ángulos de bifurcación, se deforman con facilidad.

Se tiñen por la eosina, en rosa amarillento, debido a su riqueza en hemoglobina, una proteína básica; aunque nada más entrar en la corriente sanguínea procedentes de la médula ósea roja, donde se forman, todavía contienen cierta cantidad de ribosomas que se tiñen de un color azulado debido a la basofilia del ARN. A estos eritrocitos que todavía no son maduros se les llama reticulocitos y su concentración en la sangre normal es de aproximadamente el 1% del número total de hematíes y permanecen de 24 a 48 horas en la sangre circulante, tiempo que necesitan para madurar.

La concentración normal de eritrocitos en la sangre es aproximadamente de 4 millones y medio por mm^3 en la mujer y de 5 millones y medio, también por mm^3 , en el hombre.

Normalmente los eritrocitos pierden el núcleo durante su maduración, pero hay veces que permanecen fragmentos nucleares, que contienen ADN, en el citoplasma, estos restos nucleares se tiñen por colorantes básicos y pueden adoptar varias formas: si aparecen como uno o dos gránulos pequeños reciben el nombre de cuerpos de Howell-Jolly, mientras que si aparecen como filamentos circulares se les llama anillos de Cabot, tanto unos como otros parecen estar causados por una disminución en la función esplénica o una división nuclear anormal. También pueden aparecer los llamados cuerpos de Heinz, que no se han visto en frotis con la tinción de Romanowsky, sino en las muestras teñidas con nuevo azul de metileno o metil violeta, apareciendo como una o más estructuras azul pálido o violeta, de tamaño y forma irregular, a menudo asociadas con la membrana celular, son acúmulos de hemoglobina desnaturalizada siendo en el hombre indicativos de disfunción esplénica, cambios tóxicos producidos por fármacos o productos químicos oxidantes, defectos enzimáticos que protegen a la hemoglobina de una oxidación excesiva o de la presencia de hemoglobina inestable.

Los eritrocitos contienen gran cantidad de hemoglobina, una proteína que está formada por cuatro subunidades, cada una de las cuales contiene un grupo hemo (un derivado porfirínico que contiene un radical de hierro) unido a un polipéptido, en el que las variaciones en sus cadenas hacen posible distinguir varios tipos de hemoglobina, de los que tres son considerados normales: A1, A2 y F. La A1 representa el 97% y la A2 el 2% de la hemoglobina del adulto normal, la F es conocida como hemoglobina fetal y tiene una marcada afinidad por el oxígeno, representa el 100% de la hemoglobina del feto y sólo un 1% de la del adulto.

La hemoglobina se combina en los pulmones, donde la presión de oxígeno es alta, con cuatro moléculas de este gas, una para cada grupo hemo, formándose la oxihemoglobina. Esta combinación es reversible y el oxígeno transportado es cedido a los tejidos, donde la presión de oxígeno es baja. Normalmente en estos tejidos la hemoglobina se combina con el CO_2 constituyendo la carbaminohemoglobina, combinación que también es reversible, en cualquier caso, la mayor parte del CO_2 viaja hasta los pulmones en disolución en el plasma. Otro punto a tener en cuenta es que el monóxido de carbono (CO) también reacciona con la

hemoglobina, y que la afinidad de ésta es mayor para dicho CO que para el oxígeno, por lo que, cuando el CO es aspirado, desplaza al oxígeno e impide su transporte por la hemoglobina. Además, el CO es muy tóxico, por lo que puede provocar una deficiente oxigenación de los tejidos y la muerte del individuo.

Como ya hemos dicho antes, durante su maduración el eritrocito pierde el núcleo y los otros órganos, careciendo de la posibilidad de renovar los sistemas enzimáticos, las proteínas estructurales, los lípidos y polisacáridos, esenciales para la vida de la célula. Por eso, al cabo de 120 días aproximadamente, sus enzimas ya están a nivel crítico, el rendimiento de los ciclos metabólicos generadores de energía es insuficiente y el eritrocito es digerido por los macrófagos, principalmente en el bazo.

Los leucocitos o glóbulos blancos (ver fig.3) son células especializadas en la defensa del organismo. Presentan una forma esférica cuando están en suspensión en la sangre circulante, pero pueden adoptar un aspecto amebiforme al encontrar un sustrato sólido. El número de leucocitos por mm³ en la sangre de un adulto normal es de 5.000 a 10.000, y en el nacimiento varía entre 15.000 y 20.000. Además de una diferencia cuantitativa según la edad, también hay diferencias cualitativas, de tal manera que va variando el tipo de leucocito más abundante conforme el animal crece. Estos cambios en el número de leucocitos los podemos nombrar como leucocitosis, si el número aumenta, o leucopenia, si disminuye.

Constantemente salen de los capilares por diapedesis, que consiste en la separación de las células endoteliales para dejar pasar los leucocitos al tejido conjuntivo del otro lado, de manera que son tan frecuentes en este tipo de tejido que ya son consideradas células propias de él. Además, cuando los tejidos son invadidos por microorganismos, los leucocitos son atraídos por quimiotaxis, es decir, diversas sustancias originadas en los tejidos, el plasma sanguíneo y los gérmenes provocan en los leucocitos una respuesta migratoria, dirigiéndose hacia los puntos donde hay mayor concentración de agentes quimiotácticos.

Los podemos clasificar en:

1. Granulocitos polimorfonucleares 1.1. Neutrófilos.

1.2. Eosinófilos.

1.3. Basófilos.

2. Agranulocitos mononucleares 2.1. Linfocitos.

2.2. Monocitos.

1.1. Neutrófilos: Su núcleo está formado por lóbulos, generalmente 3, unidos entre sí por finos puentes de cromatina, aunque en las células más jóvenes no está segmentado en lóbulos y la célula se denomina, por la forma de su núcleo, neutrófilo con núcleo en bastón o simplemente bastonado, luego, todavía cuando son jóvenes, pasan a tener sólo dos lóbulos. Dependiendo del número de lóbulos nucleares, los neutrófilos se dividen en bi, tri, tetra, pentalobulados, etc., y llamamos a las células con cinco lóbulos o más hipersegmentadas, y son células ya envejecidas.

Como todos los granulocitos, presenta en su núcleo unas masas densas de cromatina distribuidas principalmente en la periferia y zonas de cromatina de conformación laxa que se localizan sobre todo en el centro del núcleo.

En el núcleo de los neutrófilos de las personas del sexo femenino aparece frecuentemente un pequeño apéndice mucho menor que un lóbulo nuclear, con forma de raqueta y que contiene la cromatina sexual, constituida normalmente por un cromosoma X heterocromático.

El abundante citoplasma de los neutrófilos está cargado de dos tipos de gránulos, los específicos, que miden entre 0'3 y 0'8 μ m y que se tiñen en salmón con la solución de tipo Romanowsky, y otros gránulos azurófilos. La distinción entre ambos se basa en la cronología de la aparición de cada tipo de gránulo durante la maduración de la célula en la médula ósea, en el aspecto histológico de estos gránulos y en la composición química de cada tipo, lo que determina diferencias en sus funciones, tenemos así:

- **Gránulos azurófilos:** también llamados primarios se producen primero en la maduración de la célula, dejan pronto de producirse, por lo que, cuando la célula se divide por mitosis, se va reduciendo su número porque se van repartiendo entre las células hijas. Histológicamente son mayores y más electrodensos que los específicos, y se consideran lisosomas especializados por su composición química y sus funciones.
- **Gránulos específicos:** se forman más tarde durante la maduración de la célula y su síntesis no para mientras dura la mitosis, por lo que su número aumentará hasta ser el tipo predominante en la célula madura. Son de menor tamaño que los azurófilos y su composición química los diferencia de los lisosomas ya que contienen fosfatasa alcalina, colagenasa, lactoferrina y lisozima. Son los encargados de llevar a cabo la principal función de los neutrófilos: la fagocitosis.

Los neutrófilos se encargan sobre todo de fagocitar microorganismos, por lo que constituyen una primera línea de defensa celular frente a la invasión de estos microorganismos, que deben ser de pequeñas dimensiones. Cuando están circulantes en sangre, están inactivos y tienen una forma esférica, pero cuando tocan un sustrato sólido se deforman y emiten pseudópodos, rodeando a la partícula que van a fagocitar hasta formar una vacuola llamada fagosoma que está delimitada por una membrana derivada de la superficie celular. Los gránulos específicos situados en las proximidades funden sus membranas con la de los fagosomas y vacían su contenido en el interior de éstos. Bombas de protones localizados en la membrana del fagosoma acidifican el interior de estas vacuolas, inmediatamente los gránulos azurófilos (lisosomas primarios) descargan su contenido en la vacuola, donde se produce la muerte y digestión de los microorganismos.

Durante la fagocitosis hay un aumento brusco y continuado del consumo de oxígeno, con producción de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y aniones superóxido, que son probablemente los principales responsables de la muerte de las bacterias fagocitadas. Por ejemplo, la lactoferrina es una proteína ávida de hierro y, como este mineral es importante para la nutrición bacteriana, su eliminación es altamente perjudicial para el metabolismo de las bacterias, además, las enzimas lisosómicas estimulan su hidrólisis en moléculas pequeñas que se difunden fuera de la vesícula.

1.2.Eosinófilos: su núcleo es generalmente bilobulado y sus gránulos citoplasmáticos específicos son lisosomas. Son muchos menos numerosos que los neutrófilos llegando apenas al 2–3% del total de leucocitos. Su citoplasma está ocupado casi enteramente por los gránulos específicos, el resto de sus orgánulos (aparato de Golgi, mitocondrias, retículo endoplasmático) están poco desarrollados.

Sus gránulos son ovoides y se tiñen por la eosina, es decir, son acidófilos, estos gránulos son mayores que los de los neutrófilos, llegando a medir de 0'5 a 1'5 μ m en su eje mayor. Paralelo a este eje mayor de los gránulos se encuentra un cristalóide o internum, alargado, electrodenso y relativamente resistente al traumatismo mecánico y a la lisis osmótica. Está constituido por una proteína básica rica en arginina que representa el 50% de las proteínas del gránulo y es responsable de su acidofilia. La capa que envuelve al internum es menos electrodensa y se denomina externum o matriz.

Como ya hemos dicho, los gránulos específicos eosinófilos son lisosomas y en ellos se han demostrado ya las siguientes enzimas: fosfatasa ácida, peroxidasa, metaglicuronidasa, aril sulfatasa, ribonucleasa y desoxirribonucleasa. Todas estas enzimas forman parte del externum.

Funciones de los eosinófilos:

- Fagocitar y destruir determinados complejos de antígenos con anticuerpos, por ejemplo, se ha observado experimentalmente que no fagocita seroalbúmina bovina ni su anticuerpo específico aisladamente, pero sí el complejo de ambos unidos.
- Limitar y circunscribir el proceso inflamatorio, ya que éste, aunque es un proceso de defensa, puede perjudicar al organismo cuando es exagerado.

Los eosinófilos están dotados de movimientos ameboides y, como sucede con las células ameboides en general, son atraídos por ciertas sustancias quimiotáctiles, y de este modo se concentran en las zonas inflamadas donde fagocitan bacterias, aunque lo hacen más lentamente que los neutrófilos y su capacidad para destruir microorganismos es pequeña.

En los pacientes con afecciones alérgicas aumenta el número de eosinófilos en la sangre (eosinofilia), que también se observa en pacientes con parasitosis. En el primer caso, son atraídos por quimiotaxis hacia la zona de inflamación alérgica gracias a sustancias producidas por mastocitos y basófilos, una vez allí, liberan aril sulfatasa B e histamina, que destruyen dos de los mediadores químicos de la alergia: la SRS-A (slow reacting substance of anaphylaxis) y la histamina.

Por otro lado, los corticosteroides, hormonas de la capa cortical de las glándulas suprarrenales, provocan un descenso inmediato de la concentración de eosinófilos de la sangre y zonas de inflamación, y lo consiguen impidiendo el paso de los eosinófilos de la médula ósea, donde son producidos, al torrente circulatorio.

1.3.Basófilos: su núcleo es voluminoso y con forma tortuosa e irregular, generalmente con aspecto de letra S. Su citoplasma está cargado de gránulos mayores que los de los otros granulocitos, cuyo diámetro está entre los 0'15 y 0'5 μ m, los cuales muchas veces oscurecen prácticamente el núcleo y aparecen en rojo en los frotis teñidos con solución de tipo Romanowsky. Representan menos del 1% de los leucocitos de la sangre.

Los gránulos de los basófilos contienen SRS (slow reacting substance), histamina y heparina, son muy electrodensos y frecuentemente muestran en su interior filamentos o partículas alargadas.

La membrana plasmática de los basófilos posee receptores para la inmunoglobulina E (IgE), y liberan al medio extracelular las sustancias activas presentes en sus gránulos cuando son estimulados por dichas inmunoglobulinas. Su función es participar en los procesos alérgicos mediante la liberación de estas sustancias, que son potentes inflamatorios.

2.1.Linfocitos: son células esféricas, cuyo diámetro oscila entre los 6 y 8 μ m, aunque también hay un pequeño porcentaje de linfocitos mayores que pueden llegar a medir hasta 18 μ m de diámetro. Su núcleo también es esférico, a veces con una pequeña escotadura y aparece oscuro en las preparaciones normales, su nucléolo no es visible, aunque su presencia puede demostrarse con tinciones especiales o con el microscopio electrónico.

El citoplasma es muy escaso, presenta una tenue basofilia, tiñéndose en azul claro en los frotis, aunque a veces no es visible o se ve como un fino anillo alrededor del núcleo. Es pobre en orgánulos, aunque pueden aparecer gránulos que se tiñen de color púrpura con el azur de las soluciones de tipo Romanowsky, estos gránulos reciben el nombre de azurófilos y no son exclusivos de los linfocitos, ya que también aparecen en monocitos y granulocitos.

La célula precursora del linfocito se origina en la médula ósea y, en las aves, se hace inmunocompetente en la bolsa de Fabricio y el timo.

Hay varios tipos de linfocitos, los linfocitos B y los T:

- Los linfocitos B participan en la defensa humoral del organismo mediante la síntesis de anticuerpos por los plasmocitos o células plasmáticas, que son linfocitos B diferenciados, que ya han tomado

contacto con el antígeno y se han clonado por mitosis, los anticuerpos que producen van a parar a la sangre, linfa y líquido intercelular. Poseen en su superficie receptores constituidos por inmunoglobulinas específicas para numerosos antígenos, pero diferentes de un linfocito a otro, es decir, cada linfocito es específico para un antígeno en concreto y no podrá reconocer ningún otro. En concreto, estos receptores están compuestos por una IgD, una IgM y dos cadenas de proteínas situadas a ambos lados de la IgM.

- Los linfocitos T son los más numerosos en la sangre y son los responsables de las respuestas inmunitarias de base celular que no dependen de los anticuerpos circulantes. Los receptores localizados en su membrana no son inmunoglobulinas, sino el TCR, formado por dos cadenas polipeptídicas, la α y la β , y el CD3, compuesto por cinco cadenas polipeptídicas con una estructura bastante compleja y que se sitúan dos a cada lado del TCR, con una parte extra y otra intracelular y otra debajo del TCR, totalmente intracelular. Para que este linfocito reconozca un antígeno, es necesario que éste sea presentado por las células presentadoras de antígeno (CPA) que son, entre otras, los linfocitos B, los macrófagos y las células dendríticas interdigitantes, entre las que están las células de Langerhans.

Hay varios tipos de linfocitos T:

- Linfocito T citotóxico: lisa células infectadas por virus o bacterias, células cancerosas o tejidos transplantados gracias a unas proteínas que secreta que abren orificios en la membrana de dichas células a través de los cuales sale el contenido citoplasmático.
- Linfocito T cooperador: secreta factores que estimulan a los linfocitos B para que proliferen, se diferencien en células plasmáticas y produzcan anticuerpos, además de decidir qué tipo de anticuerpo se debe producir (IgA, IgE, IgD, IgM o IgG), también estimula a los otros tipos de linfocitos T. En este grupo encontramos los Th1 y los Th2, que se diferencian por las sustancias que secretan.
- Linfocito T supresor: disminuye la respuesta a los antígenos extraños y desempeña un papel fundamental en la supresión de la respuesta a los antígenos del propio organismo.

Algunos linfocitos, tanto B como T, que entran en contacto con un antígeno, pasan a constituir las células de la memoria inmunológica, de manera que, gracias a estas células, cuando ese mismo antígeno invada el organismo por segunda vez, la respuesta inmunitaria será mucho más intensa y rápida.

2.2.Monocitos: los más jóvenes tienen un núcleo ovoide, mientras que los más maduros presentan un núcleo en forma de riñón o de herradura, generalmente excéntrico. Contiene dos o tres nucléolos y es más claro que el de los linfocitos debido a la disposición poco densa de su cromatina y también se diferencian de éstos porque son más grandes.

Su citoplasma es basófilo y contiene gránulos azurófilos muy finos que pueden llegar a llenar todo el citoplasma dándole una coloración cenicienta. Estos gránulos son lisosomas. Por otro lado, el retículo endoplasmático rugoso está poco desarrollado y el complejo de Golgi es grande.

Los monocitos en sangre representan una fase en la maduración de la célula mononuclear fagocítica originada en la médula ósea, es decir, después de originarse en dicha médula, los monocitos pasan a la sangre donde sólo permanecerán unos días y, pasado ese tiempo, entra por diapedesis a través de los endotelios de capilares al tejido conjuntivo del otro lado o a algunos órganos, transformándose en macrófago ya de manera permanente, es decir, que no vuelve a la sangre una vez ha atravesado la pared de los vasos y ha penetrado en el tejido.

Las plaquetas son corpúsculos anucleados, en forma de disco, que miden unos 3 μ m de diámetro y que son

resultado de la fragmentación del citoplasma de células gigantes de la médula ósea, los megacariocitos. Su número normal en la sangre está entre 200.000 y 400.000 por mm³ y su vida media es 9 días.

En los frotis de sangre suelen aparecer en grupo (aglutinación) y presentan una parte transparente, azul claro, o hialómero, que contiene gránulos teñidos en púrpura, el cromómero. El hialómero contiene microfilamentos de actina y moléculas de miosina, responsables de la formación de una serie de prolongaciones finas y de la contracción de las plaquetas.

El granulómero, más denso, posee una serie de gránulos delimitados por membrana, algunas mitocondrias y gránulos de glucógeno. Entre los gránulos que aparecen podemos distinguir:

- Gránulos densos o delta: de 250 a 300 nm de diámetro, almacenan sustancias no proteicas como ADP y ATP, además de contener serotonina procedente del plasma sanguíneo.
- Gránulos alfa: son algo mayores, de 350 a 500 nm y contienen las proteínas como fibrinógeno y factor de crecimiento plaquetario que estimula las mitosis en el músculo liso de los vasos sanguíneos, así como la cicatrización de las heridas.
- Gránulos lambda: son los más pequeños, de 150 a 200 nm, son lisosomas que contienen las enzimas habituales de estos orgánulos.

Las plaquetas muestran un sistema de túbulos y vesículas derivados de invaginaciones de la membrana, por lo que el interior de la plaqueta está comunicado libremente con su superficie. Además, muestran una capa situada por fuera de la membrana de 15 a 20 nm, rica en glucoproteínas y glucosaminoglucanos, responsable de la adhesividad de las plaquetas y de su capacidad de absorber diversos compuestos.

Su función es la de participar en la coagulación de la sangre, en la que representan un papel importante de manera que, cuando un vaso sanguíneo sufre una lesión en su pared se inicia un proceso denominado hemostasia que tiene por objetivo impedir la pérdida de sangre, es decir, la hemorragia, que es un fenómeno complejo en el que participan la musculatura lisa del vaso seccionado, varios factores del plasma sanguíneo y, por supuesto, las plaquetas, las cuales lo hacen de diferentes formas:

- Como ya hemos dicho, la serotonina que poseen en sus gránulos delta estimula la contracción de la musculatura lisa del vaso sanguíneo.
- Se adhieren al colágeno formando un tapón plaquetario.
- Una vez en el tapón, liberan ADP, que es un potente inductor de la agregación plaquetaria, haciendo aumentar el número de plaquetas y, por tanto, el tamaño del tapón.
- Sus factores, junto con otros procedentes del plasma sanguíneo y de los vasos lesionados, desarrollan una interacción secuencial, en cascada, de unas 13 proteínas plasmáticas que darán lugar a un polímero, la fibrina, que formará una red fibrosa tridimensional que aprisiona a las células sanguíneas, formando así el coágulo sanguíneo.
- Gracias a la acción de la actina, miosina y ATP que posee en sus gránulos, contrae al coágulo, que en el momento de formarse sobresale mucho en el interior del vaso.
- Las enzimas de sus lisosomas o coágulos lambda, junto con la enzima plasmina, eliminan los restos de coágulo una vez la pared del vaso es restaurada mediante la formación de tejido nuevo.

• CÉLULAS SANGUÍNEAS DE OTROS MAMÍFEROS:

Los eritrocitos, al igual que los del hombre, son anucleados, y, con alguna excepción, como en los miembros de la familia Camelidae, toman la forma de discos bicóncavos. En los Camelidae (camellos, llamas, vicuñas, alpacas y guanacos) los eritrocitos, aunque también anucleados, son planos y elípticos (ver fig.4, 5).

Son más pequeños que los de las aves y reptiles, y, en concreto, los eritrocitos más pequeños los tienen el ciervo, la oveja y las cabras. Existe una gran variación entre las especies, particularmente entre mamíferos, desde el más pequeño tamaño corpuscular, de $1.5\ \mu\text{m}$ en el *lesser Malay chevrotain*, al más grande, de $9\ \mu\text{m}$, presentes en los elefantes y algunos grandes roedores. Dado que los animales con eritrocitos pequeños tienen cantidades elevadas de células y viceversa, el hematocrito (VPC) es relativamente constante en los mamíferos (ver fig. 6).

Existen datos e indicios de que el tamaño de los eritrocitos está en relación al tamaño corporal de la familia zoológica, aunque esta regla puede verse modificada por factores ambientales, así, los eritrocitos pequeños se encuentran en especies que normalmente viven en altitudes elevadas donde la disponibilidad de oxígeno es baja, de manera que estas células permiten una mayor superficie celular apta para la difusión de oxígeno, y esto es lo que ocurre en algunas especies de ovejas y cabras. Por otro lado, en especies de mamíferos acuáticos, que están expuestos a largos periodos en ausencia de oxígeno mientras se hallan sumergidos, tienen unos eritrocitos relativamente grandes, de manera que actúan como depósitos de oxígeno con un ritmo lento de liberación (ver fig.7).

En los mamíferos, la eritropoyesis tiene lugar en la médula ósea, y en general consiste en una serie de cambios en los eritroblastos, entre los que están la reducción del tamaño del citoplasma y pérdida del núcleo, disminución de la basofilia citoplasmática y adopción de las funciones características, como son la síntesis de hemoglobina y la adquisición de una forma adecuada para el intercambio de gases y la correcta circulación a través de los vasos, podemos ver diferentes pasos o estadios en la maduración de los eritrocitos:

- **Proeritroblasto**: célula redondeada de gran tamaño, con un núcleo grande, excéntrico o central que ocupa la mayor parte de la célula, cromatina nuclear finamente granulada y espacios nucleolares. El citoplasma es fuertemente basófilo.
- **Eritroblasto basófilo**: célula redondeada pequeña con cromatina nuclear granulada, sin nucléolo. Citoplasma basófilo.
- **Eritroblasto policromatófilo**: célula redonda de menor tamaño, con el núcleo más pequeño en relación al citoplasma; grupos irregulares de cromatina. Citoplasma gris o ligeramente eosinófilo.
- **Eritroblasto ortocromático**: citoplasma eosinófilo o algo basófilo, núcleo de tamaño reducido, uniformemente basófilo o picnótico.
- **Reticulocito**: célula ligeramente más pequeña, sin núcleo. Citoplasma eosinófilo o con tinte basófilo. En los Camelidae puede ser ligeramente oval. La tinción del reticulocito revela la presencia de uno o más gránulos o filamentos.
- **Eritrocito maduro**: más pequeño, célula redonda eosinófila con cierta palidez central que indica biconcavidad excepto, como ya hemos dicho, en los Camelidae, donde es oval y no existe la palidez central.

Existen diferencias marcadas entre especies respecto a la vida media, aunque en general está directamente relacionada con la actividad metabólica y el peso corporal. Por lo tanto, la supervivencia de los eritrocitos es más corta y la eritropoyesis más activa en los animales de menor tamaño. Parece que existe una relación directa entre la proporción normal de recambio eritrocítico y la proporción a la cual el animal puede reemplazar los eritrocitos perdidos por una hemorragia o hemolisis, esto es más rápido en los pequeños

animales que en los grandes, así, en los pequeños mamíferos es normal encontrar un moderado número de eritrocitos policromáticos en un frotis así como un número de reticulocitos relativamente elevado y, gracias a eso, estos animales responden rápida y drásticamente a la pérdida de eritrocitos. En contraste, en la mayoría de los grandes mamíferos los eritrocitos policromáticos rara vez se observan en condiciones normales, siendo bajo el número de reticulocitos, de manera que en algunas especies, incluidos caballos y otros Perisodáctilos, los eritrocitos no entran en la circulación sanguínea hasta que no están completamente maduros, ni tampoco se observan eritrocitos policromáticos en frotis de sangre periférica, incluso durante la recuperación de una hemorragia aguda.

En algunos mamíferos no humanos existen cambios reversibles en la forma de sus eritrocitos provocada por la manipulación de éstos para hacer los frotis, así, suelen asociarse con la presencia de variantes de hemoglobina que polimerizan o cristalizan cuando se les somete a las condiciones producidas por la manipulación de las muestras de sangre y que son consideradas como un fenómeno *in vitro*, no es un fenómeno producido por una patología. El más evidente es la adopción de forma de hoz que se presenta en la mayoría de especies de ciervo así como en algunas de cabras, antílopes y pequeños carnívoros, ya que en estos animales existen hemoglobinas variantes de la hemoglobina del adulto que dan lugar a polímeros alargados cuando se hallan sometidos a oxigenación (ver fig.8).

En los mamíferos también se observan en el citoplasma del eritrocito corpúsculos de Howell-Jolly y cuerpos de Heinz, que ya describíamos al hablar de los eritrocitos humanos. Los cuerpos de Howell-Jolly, aunque son signo de ciertas disfunciones en humanos, pueden observarse bajo condiciones normales en algunos carnívoros, roedores, marsupiales y pequeños primates. Por otra parte, los cuerpos de Heinz han sido asociados a tratamientos con fenotiazina y diferentes intoxicaciones según la especie, como la intoxicación por hojas de arce en caballos o por cobre en ovejas, además de la exposición al colorante azul de metileno en gatos, deficiencia de selenio en vacas o tratamiento prolongado con corticosteroides en perros, en cualquier caso, estos cuerpos de Heinz también pueden verse sin estar asociados a una enfermedad en algunas especies como el gato o la marmota común.

También puede aparecer el llamado punteado basófilo, pequeños gránulos distribuidos irregularmente por el citoplasma que son agregados de ribosomas que se tiñen de púrpura o azul con la tinción de Romanowsky, su presencia normalmente se considera patológica, aunque pueden observarse en las primeras semanas de vida de los artiodáctilos sanos, cuando el recambio de los eritrocitos fetales por las células adultas está en marcha.

En los frotis los eritrocitos pueden aparecer en pilas de moneda, formación que no debemos confundir con la aglutinación, ya que en la primera los eritrocitos aparecen superpuestos en una pila de longitud y conformación variable, mientras que en la segunda los eritrocitos están muy próximos, yuxtapuestos irregularmente en grupos de diferentes tamaños. Las pilas de moneda sólo aparecen en los eritrocitos discoides y no se producen en camélidos. Su aparición tiene diferentes interpretaciones según la especie, así, en algunos primates, carnívoros y en el ciervo, la aparición de un elevado número de pilas de moneda indica la presencia de enfermedades inflamatorias, en los caballos y otros perisodáctilos, las pilas de moneda muy marcadas son normales en animales sanos, y en la mayoría de los roedores y algunos artiodáctilos son infrecuentes.

Los leucocitos también se dividen en granulocitos polimorfonucleados y agranulocitos mononucleares, veremos primero los granulocitos:

Los leucocitos con citoplasma granular están presentes en la sangre de todos los mamíferos, y, como en el hombre, se clasifican en neutrófilos, eosinófilos y basófilos en base a la reacción de sus gránulos citoplasmáticos con la tinción de Romanowsky. En general son bastante similares a los granulocitos humanos.

La granulopoyesis ha sido ampliamente estudiada en hombres y otros mamíferos: la célula más temprana reconocible en la serie granulocítica es el mieloblasto (granuloblasto), que dará lugar a promielocitos

(progranulocitos) y que darán, en este orden, mielocitos, metamielocitos y granulocitos maduros. En general, lo que ocurre en este proceso de maduración es la disminución progresiva de tamaño y de la basofilia del citoplasma, la condensación y segmentación del núcleo y el incremento de los gránulos citoplasmáticos específicos.

Los núcleos de los granulocitos son polimórficos en todas las especies, aunque la variación entre las especies es mayor en el grado de lobulación y número de lóbulos normalmente presentes.

Existe también variación entre las distintas especies en lo relativo al tamaño, forma y distribución de las características de tinción de los gránulos citoplasmáticos, en especial en los de los neutrófilos.

1.1. Neutrófilos: sus gránulos pueden ser basofílicos, como en el chimpancé o fuertemente eosinofílicos como en el conejo y algunos roedores; además, en algunas especies, su citoplasma aparece granulado o con partículas rosa pálido, de forma que en estos animales las células se clasifican como granulocitos neutrófilos en base a su núcleo polimórfico así como por la ausencia de granulación eosinofílica o basofílica específica (ver fig.9, 10). Como en los humanos, es el más abundante en todos los mamíferos y su función es la degradación bacteriana, mediante quimiotaxis, opsonización, ingestión y lisis.

1.2. Eosinófilos y basófilos: sus gránulos también presentan variaciones entre las especies en lo relativo a tamaño, número, forma e intensidad de su tinción, por otra parte, el citoplasma de los eosinófilos, cuando es visible, suele aparecer de un color azul pálido (ver fig.11, 12).

Los agranulocitos de los mamíferos son los mismos que los del hombre: linfocitos y monocitos.

2.1. Linfocitos: los linfocitos típicos son regulares, redondos y con el núcleo redondo central o ligeramente excéntrico y un citoplasma que varía de claro a azul pálido (ver fig.13, 14, 15). Se hallan presentes en la sangre de todos los mamíferos y, en algunas especies, el citoplasma de una parte de estas células contiene unos cuantos gránulos azurófilos o basófilos (ver fig.16)

Están relacionados con las reacciones inmunológicas y, en mamíferos, pueden estar divididos en dos grandes grupos con diferentes funciones y propiedades de membrana, son los linfocitos B que se encargan de producir anticuerpos y los linfocitos T responsables de la inmunidad celular. No pueden ser diferenciados sin el uso de técnicas especializadas.

La linfopoyesis tiene lugar en el bazo y en el timo y, adicionalmente, en los nódulos linfáticos, placas de Peyer y por extensión en la médula ósea. Los linfocitos inmaduros se distinguen de las formas más maduras por su mayor tamaño, basofilia citoplasmática y por la presencia de un nucléolo.

En los animales jóvenes de algunas especies, el linfocito es el leucocito predominante en el torrente circulatorio y en algunas de estas especies esta situación persiste toda la vida.

El incremento patológico del número de linfocitos tiene lugar en algunas infecciones víricas y en desórdenes linfoproliferativos, mientras que la linfopenia puede estar asociada a estrés.

2.2. Monocitos: (ver fig.17) son normalmente más grandes que los linfocitos y pueden diferenciarse por la presencia de una tinción relativamente pálida, un núcleo arriñonado y un citoplasma abundante, ligeramente opaco y azul grisáceo, que puede estar algo granulado. También se encuentran en la sangre de todos los mamíferos, aunque en muchas especies, en mayor cantidad en animales jóvenes que en los adultos.

En la mayoría de las especies, se hallan en poca cantidad pero en los elefantes se encuentran en gran cantidad unas células con el núcleo claramente bilobulado y citoplasma azul grisáceo, que tienen las características citoquímicas de los monocitos (ver fig.18)

Los monocitos derivan de los promonocitos de la médula ósea y circulan por el torrente sanguíneo antes de entrar en los tejidos como macrófagos maduros. Sus principales funciones dependen fundamentalmente de su actividad fagocitaria contra el organismo invasor, células necróticas y de desecho y su habilidad para concentrar los anticuerpos para presentarlos a los linfocitos.

La monocitosis aparece en algunas infecciones bacterianas, por protozoos, por virus y hongos y durante la recuperación de infecciones agudas.

Plaquetas: por definición, las células sanguíneas hemostáticas de todos los animales vertebrados son clasificadas correctamente como trombocitos; en mamíferos, sin embargo, estas células hacen referencia a las plaquetas a fin de tener presente las notables diferencias morfológicas que las distinguen de los otros vertebrados.

Pueden aparecer plaquetas filamentosas, que son poco frecuentes pero aparentemente normales en algunas especies de mamíferos; podrían representar una subpoblación activada más fácilmente (ver fig.19).

No se pueden considerar verdaderas células, ya que carecen de núcleo. Se forman a partir del citoplasma de los megacariocitos, principalmente en la médula ósea, donde cada megacariocito da lugar a varios miles de plaquetas; son los elementos más pequeños de la sangre (ver fig.20)

Existen diferencias entre las distintas especies en el número de plaquetas, tamaño y granulación y, por regla general, hay una relación inversa entre el tamaño de las plaquetas y su número.

Su función es la misma que en el hombre y su activación lleva a unos cambios morfológicos como la extensión, formación de pseudópodos, agregación y pérdida de gránulos.

4.CÉLULAS SANGUÍNEAS DE OTROS VERTEBRADOS:

Los eritrocitos del resto de los vertebrados son nucleados y ovales, con diferencias según el tipo de vertebrados que sean, así, los eritrocitos de las aves son más grandes que los de los mamíferos y tanto su núcleo como el eritrocito en sí son elípticos (ver fig.21, 22), mientras que los de los reptiles son más grandes que los de las aves y su forma es más redondeada (ver fig.23, 24). Los eritrocitos más grandes son los de los anfibios, cuyo récord lo ostenta la Anguila del Congo.

En aves y reptiles la eritropoyesis también se realiza normalmente en la médula ósea, aunque existe poca información acerca del proceso de maduración eritrocítica se asume que, a parte de las diferencias relacionadas con la pérdida del núcleo celular en mamíferos, el proceso es esencialmente parecido en los tres grupos, de tal manera que las fases de maduración eritrocítica en estos animales serían:

- **Proeritroblasto**: célula redondeada o ameboide de gran tamaño, la cromatina nuclear forma una reticulación laxa con importante formación de acúmulos, nucléolo grande. El citoplasma es muy basófilo con espacios mitocondriales.
- **Eritroblasto basófilo**: célula redondeada de menor tamaño, con acúmulos de cromatina nuclear, nucléolo de menor tamaño pero todavía visible. Citoplasma basofílico sin espacios mitocondriales.
- **Eritroblasto policromatófilo joven**: célula redondeada pequeña, núcleo relativamente pequeño con acúmulos de cromatina, ausencia de nucléolo. Citoplasma grisáceo o ligeramente eosinófilo.
- **Eritroblasto policromatófilo maduro**: célula pequeña, redondeada o ligeramente oval con núcleo redondeado o ligeramente ovalado y acúmulos irregulares de cromatina. Citoplasma grisáceo o rojo pálido.

- Eritroblasto ortocromático: citoplasma totalmente eosinófilo. Núcleo de mayor tamaño que el de la célula madura, con acúmulos irregulares de cromatina. La tinción para reticulocitos pone de manifiesto abundantes gránulos citoplasmáticos formando una banda perinuclear, estos gránulos se van haciendo progresivamente menos numerosos y se dispersan por el citoplasma.
- Eritrocito maduro: célula ovalada con citoplasma uniformemente eosinófilo. Núcleo ovalado, alargado u ocasionalmente redondeado en los reptiles.

En aves y reptiles, la interpretación de muestras teñidas para observar reticulocitos representa un problema porque el material reticular se halla virtualmente presente en todos los eritrocitos. En las células precoces este material forma una banda de partículas que rodea al núcleo. Durante la maduración, se reduce gradualmente el número de partículas, y se dispersan por el citoplasma, aunque pueden persistir durante toda la vida de la célula.

Según estudios actuales, la evidencia de eritropoyesis activa en aves y reptiles se basa probablemente en el número de células policromáticas presentes, así como en el aspecto y tamaño del núcleo y citoplasma en un frotis con tinción de Romanowsky. A pesar de que no se dispone de estudios comparativos sistemáticos, existen evidencias subjetivas de que, como en los mamíferos, las aves pequeñas muestran normalmente mayor actividad eritropoyética que las de mayor tamaño.

En cuanto a los cuerpos de inclusión, no han sido observados en reptiles, pero sí se ha visto punteado basófilo en aves y cuerpos de Heinz también en aves que han ingerido petróleo de su plumaje contaminado. También hay que tener en cuenta que ni en aves ni en reptiles se han observado pilas de moneda en los frotis sanguíneos.

Los leucocitos también están presentes en la sangre de todas las aves y reptiles:

Los tres tipos de granulocitos presentes en los mamíferos también se encuentran en la sangre de aves y reptiles y, aunque existen diferencias en su morfología y terminología, probablemente estas células son funcionalmente similares a las de los mamíferos.

La granulopoyesis no ha sido muy estudiada en aves y reptiles, por lo que no es muy conocida, aunque parece ser que el proceso es esencialmente el mismo, con los mismos estadios y los mismos cambios, con la diferencia que, mientras en aves, como en mamíferos, sí que se produce la segmentación del núcleo y el incremento de los gránulos citoplasmáticos específicos, en reptiles no.

Una de las principales diferencias que aparecen respecto a los granulocitos de los mamíferos es que las células de aves y reptiles habitualmente consideradas como homólogas a los neutrófilos de los mamíferos presentan un citoplasma con un número importante de gránulos ovales o espiculados, fuertemente eosinofílicos, por lo que generalmente se les denomina heterófilos.

Los heterófilos de los pájaros presentan pequeñas variaciones entre las especies siendo característico su núcleo lobulado, habitualmente bilobulado, así como la presencia de gránulos espiculados u ovales, que se tiñen de color rojo ladrillo con la tinción de Romanowsky y llenan la totalidad del citoplasma (ver fig. 25).

Por otro lado, los heterófilos de los reptiles muestran una considerable diversidad morfológica. En las serpientes, cocodrilos y tortugas son células de gran tamaño con un núcleo redondeado u oval, no lobulado y habitualmente excéntrico y con gránulos espiculados que llenan el citoplasma (ver fig. 26), estos gránulos, sin embargo, sólo se tiñen de rojo ladrillo (como en los pájaros) en los cocodrilos, mientras que en lagartos, serpientes y tortugas presentan un color naranja o rojo brillante, en algunas especies de lagartos, sin embargo, el núcleo es bilobulado (ver fig.27)

Al igual que en los mamíferos, incluido el hombre, este tipo de células (equivalentes a neutrófilos) son los más numerosos y posee las mismas funciones: destruir microorganismos.

Se presenta así un problema a la hora de distinguir heterófilos de eosinófilos verdaderos, ya que ambos poseen gránulos eosinofílicos en su citoplasma, por eso, hay que diferenciarlos por el aspecto de sus gránulos, ya que los de los heterófilos son normalmente espiculados u ovals y teñidos de rojo ladrillo en aves, mientras que los eosinófilos verdaderos poseen gránulos redondos y teñidos de rojo brillante (ver fig.28)

Agranulocitos: los linfocitos (ver fig.29, 30, 31) y monocitos (ver fig.32) están presentes también en aves y en algunas especies de reptiles, aunque los monocitos están en muy pocas, como en la iguana (ver fig.33).

Concretamente, los linfocitos en aves y reptiles pueden ser bastante difíciles de distinguir de los trombocitos, ya que éstos también tienen núcleo, así como también podemos confundirlos con los eritrocitos desorganizados que pueden aparecer en un frotis.

Los linfopoyesis tiene lugar en el bazo y en el timo y, adicionalmente, en las glándulas tonsilares de los reptiles y la bolsa de Fabricio en aves.

Pero lo que realmente hay que resaltar de los agranulocitos de los reptiles es la existencia de un tercer grupo: los azurófilos.

Los azurófilos se hallan sólo en la sangre de los reptiles, en los que se encuentran en pequeña cantidad en los lagartos, cocodrilos y quelónidos (tortugas) y en gran número en las serpientes. Un hecho destacable de estas células es la reacción metacromática de su citoplasma con la tinción de Romanowsky.

Son células mononucleares (ver fig.34), su morfología puede variar desde redonda, parecida a los linfocitos, hasta mucho más grande, como los monocitos. Estas diferentes formas pueden representar estadios de maduración celular.

No se posee información sobre el origen y función de los azurófilos y han sido consideradas en diversas ocasiones como asociadas a series de granulocitos o monocitos. A pesar de eso, no hay duda de que juegan un importante papel en las respuestas inflamatorias, particularmente en las serpientes, y de que la azurofilia y/o cambios en la morfología celular generalmente son indicativos de infección.

Los trombocitos de las aves y reptiles son significativamente más grandes que las plaquetas de los mamíferos, y también tienen una relación inversa entre el tamaño y el número (ver fig.35), aunque quizá la principal diferencia sea que éstos tienen núcleo, por lo que sí que se pueden considerar células completas. Se forman en la médula ósea a partir de un precursor mononuclear.

Los trombocitos no activados pueden ser ovalados, en forma de huso o redondos con un núcleo redondo y oval y un citoplasma azul-grisáceo en el cual se pueden ver uno o dos gránulos basófilos pequeños (ver fig. 36, 37), una vez activados, se produce una vacualización del citoplasma y alteraciones en su contorno, además de agregación (ver fig.38).

Puede resultar difícil distinguir entre trombocitos y linfocitos y, a veces, se confunden los núcleos de los eritrocitos rotos en el frotis con los trombocitos.

En cuanto a sus funciones, si bien los estímulos para la adhesión y agregación pueden ser diferentes, parece que las plaquetas y los trombocitos funcionan de forma similar en la homeostasis.

- **RESUMEN:**

Las células sanguíneas presentan diferencias según las especies, y estas diferencias se irán acentuando conforme nos vayamos alejando en el parentesco, así, las células de la sangre de un hombre serán muy similares a las de un orangután, mientras que diferirán mucho más en relación a la sangre de una iguana, por ejemplo, y más todavía si la comparamos con la sangre de un anfibio o pez, ya que, aunque no han sido incluidos en este trabajo por no encontrar material adecuado y falta de espacio, hay que asumir que también tienen sus diferencias; y lo mismo podríamos decir de otros animales invertebrados.

Podemos resumir este trabajo, de manera muy esquematizada, en el siguiente cuadro:

CÉLULAS			MAMÍFEROS	AVES	REPTILES		
ERITROCITOS			Disco bicóncavo anu-cleado, oval en camé-lidos. Pueden aparecer cuerpos de Howell-Jolly, de Heinz y pun-teado basófilo, así co-mo pilas de moneda.	Nucleado, oval. Pueden aparecer cuer-pos de Heinz y pun-te-ado basófilo. No se han visto pilas de moneda.	Nucleado, oval. No se han visto ni cuerpos de ningún tipo ni punteado basófilo ni pilas de moneda.		
CÉLULAS HOMEOSTÁTICAS			Plaquetas anucleadas, pueden aparecer fila-mentosas.	Trombocitos nucleados.	Trombocitos nucleados.		
L E U C O C I T O S	GRANULO-CITOS.	NEUTRÓFILOS/ HETERÓFILOS.	Neutrófilos: gránulos basofílicos o eosinofi-licos, pueden aparecer gránulos rosa pálido. Núcleo lobulado.	Heterófilos: gránulos ovales o espiculados eosinofílicos. Núcleo lobulado.	Heterófilos: gránulos ovales o espiculados eosinofílicos. Núcleo redondeado, oval o lobulado.		
				EOSINÓFILOS.	Núcleo lobulado, cito-plasma azul pálido.	Sin diferencias impor-tantes.	Sin diferencias impor-tantes.
				BASÓFILOS.	Núcleo lobulado.	Sin diferencias impor-tantes.	Sin diferencias impor-tantes.
			AGRANU-LOCITOS.	LINFOCITOS.	Redondeados, núcleo redondo, pueden tener gránulos azurófilos o basófilos.	Sin diferencias impor-tantes en la morfolo-gía. Linfopoyesis en el bazo,	Sin diferencias impor-tantes en la morfolo-gía. Linfopoyesis en el bazo,

				Linfopoye-sis en el bazo, timo, nódulos linfáticos, pla-cas de Peyer y médula ósea.	timo y bolsa de Fabricio.	timo y glándulas tonsilares.
			MONOCITOS.	Núcleo arriñonado.	Sin diferencias impor-tantes.	Sin diferencias impor-tantes.
			AZURÓ FILOS.	No hay.	No hay.	Redondos, destaca la reacción metacromáti-ca del citoplasma.

• **BIBLIOGRAFÍA:**

- GENER, C. Apuntes de clase
- HAWKEY, C.M.; DENNETT, T.B. (1989)

Atlas de Hematología Veterinaria Comparada.

Barcelona, Ed. Grass.

189 págs.

- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J.C. (1996)

Capítulo 12: Células de la sangre.

En: *Histología básica, Texto y Atlas.*

Barcelona, Ed. Masson, p. 213–228.

- BACHE, W.J. (1990)

Chapter 6: Blood.

En: *Color Atlas of Veterinary Histology.*

Ed. Lea y Fiebiger, p. 27–36.

- GENER, C. (1999)

5.3. Guía para la investigación de la Historia de la Veterinaria; en concreto el punto 4: Realización del proyecto y redacción del trabajo científico.

En: *Lecciones de historia de la veterinaria española.*

1ª ed., Moncada (Valencia), Ed. Fundación Universitaria San Pablo C.E.U.

p. 122-132

Histología comparada de las células sanguíneas

– 16 –