

Introducción de parámetros de hematología veterinaria: factores que afectan a los parámetros, relevancia clínica y variaciones entre especies

El análisis hematológico es la prueba diagnóstica más común, seguido de cerca por el análisis de química clínica. Para comprender los resultados de un hemograma completo (CBC), es fundamental conocer el significado de cada parámetro, así como el modo y el lugar donde se producen las distintas células y los factores que pueden afectar a sus concentraciones y producción. Asimismo, la sangre veterinaria entraña mayores dificultades que la humana a la hora de realizar un diagnóstico, debido a la variedad morfológica de las especies y a los factores que les afectan.

Todas las células sanguíneas (glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas) se producen en la médula ósea a partir de células madre pluripotentes. A continuación se dividen en varios linajes celulares y prosiguen sus procesos de maduración hasta que acceden al flujo sanguíneo.

El sistema hematológico automatizado Exigo H400™, desarrollado por Boule, se ha diseñado con el propósito de ofrecer un equipo sólido, fácil de usar y de alta calidad, que se enorgullece en proporcionar una exactitud y precisión extremadamente elevadas (1). El analizador está especialmente adaptado para clínicas dirigidas a animales pequeños, deshidratados o cuyos fluidos corporales presentan características especiales reconocidas.

Glóbulos rojos y parámetros hematológicos asociados

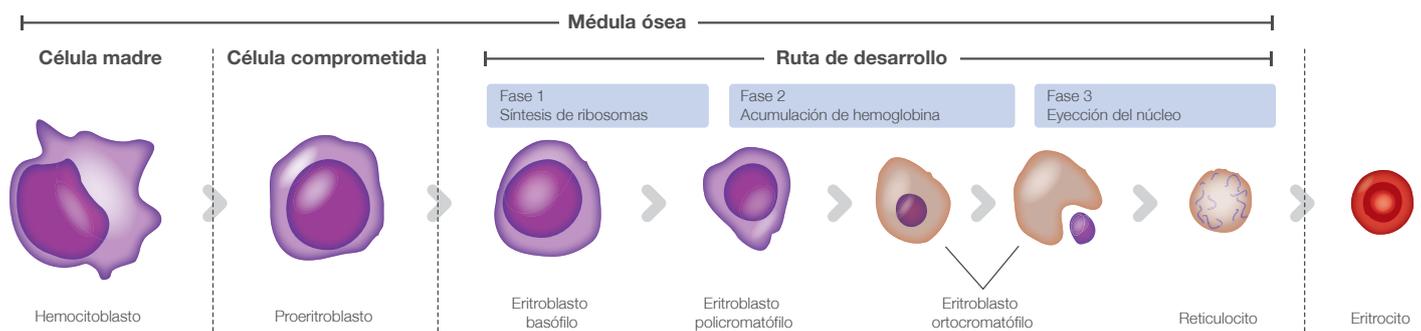
Las células madre no diferenciadas a partir de las que se originan producen todas las células de la sangre, incluidas las plaquetas y los glóbulos blancos, así como la célula sanguínea más abundante: los glóbulos rojos.

¿De dónde provienen?

La médula ósea es la fuente de producción de los glóbulos rojos (RBC), también denominados eritrocitos. El proceso que abarca desde la diferenciación de la célula madre hasta la creación de un glóbulo rojo maduro, también conocido como eritropoyesis, se desarrolla en tiempos ligeramente diferentes según la especie, si bien en las vacas esta transformación dura alrededor de 100 horas. Una vez que los RBC han alcanzado la madurez y se liberan al flujo sanguíneo, su vida útil no es muy larga: alrededor de 110 días en perros, 73 días en gatos, 143 días en caballos y 43 días en ratones (2).

Durante la eritropoyesis, el núcleo celular se sustituye gradualmente por hemoglobina (HGB), aportando a los RBC su característica forma de disco bicóncavo en perros, y una forma ligeramente más redondeada en gatos y caballos.

La médula ósea se estimula para producir más RBC principalmente a través de la hormona eritropoyetina (EPO), producida por los riñones. Cuando se detecta poco oxígeno en la sangre (hipoxia), lo cual puede ocurrir tras un sangrado o en altitudes elevadas, los riñones responden produciendo EPO.



Ilus. 1. Eritropoyesis y las distintas etapas de maduración de los RBC.

¿Cuál es su función?

La principal tarea de los RBC es suministrar oxígeno de los pulmones a los tejidos corporales. Esta labor se lleva a cabo gracias a la HGB presente en los RBC, que está formada por hierro, porfirina, globulina, etc. y permite unir el oxígeno. Los RBC junto con la HGB también eliminan indirectamente dióxido de carbono (CO₂) de los tejidos del cuerpo devolviéndolo a los pulmones para la exhalación.

¿Cómo se miden?

La masa de RBC permite medir los parámetros principales:

- Concentración de RBC
- Volumen celular medio (MCV), que indica el promedio del diámetro de los RBC
- Hematocrito (HCT), que indica el volumen ocupado por los glóbulos rojos
- HGB

En pacientes "normales", estos parámetros deberían estar correlacionados, mientras que si se refieren a animales anémicos, deben investigarse con mayor detalle. Consulte el artículo técnico sobre los rangos de referencia veterinarios normales (3)

Concentración de glóbulos rojos

El parámetro RBC es uno de los más importantes y se utiliza también en los cálculos de MCV, MCH y MCHC. Anteriormente, el RBC se calculaba de forma manual en el microscopio utilizando una cámara Bürker. Sin embargo, con los sistemas automatizados, el margen de error metodológico se ha reducido de aproximadamente el 5-10 % a menos del 1 %. Cabe destacar que los sistemas automatizados se adaptan a los diversos perfiles de animales que se van a analizar, dado que el tamaño de sus RBC varía enormemente.

Exigo H400 incorpora unos ajustes de software especiales que permiten su utilización con distintos perfiles de animales cuyos RBC muestran tamaños y membranas diferentes. Además, el sistema está diseñado con una abertura capilar de 60 µm que ofrece una mayor sensibilidad para el análisis de RBC pequeños (1).

Hemoglobina

El recuento de HGB es uno de los parámetros más solicitados por los laboratorios, principalmente porque permite monitorizar los cambios en los RBC, el equilibrio de líquidos y la anemia. La HGB es un parámetro con poca sensibilidad que no se ve fácilmente afectado por procedimientos de manipulación como el almacenamiento o el transporte. Esto lo convierte en un parámetro fiable.

Exigo H400 utiliza un reactivo de lisado no tóxico que permite obtener un complejo de HGB estable que posteriormente se mide a través de la espectrofotometría de absorción con una longitud de onda de 535 nm y se compara con un blanco para cada muestra (1).

Hematocrito

El HCT es la cantidad de volumen de RBC presente en el volumen total de sangre como porcentaje, es decir, el volumen

ocupado por los RBC. También es un parámetro importante en la anemia, para la que establece su gravedad, policitemia y deshidratación. El HCT se puede medir a partir de un recuento hematológico automatizado (como RBC × MCV) o, si se centrifuga un tubo de sangre con EDTA, también se puede determinar el volumen de RBC en relación a la sangre total. Cada método ofrece resultados ligeramente diferentes.

Reticulocitos

En la ilustración 1 se observan las etapas de maduración de los RBC. Una de las últimas etapas es la formación de reticulocitos. Desde el punto de vista morfológico, son más grandes que los RBC maduros y presentan un núcleo con ARN que se puede teñir de azul. En perros, los reticulocitos tardan alrededor de 1 o 2 días en madurar.

Tabla 1. Varias especies y sus cantidades normales de reticulocitos en sangre periférica

Especie animal	Reticulocitos en sangre periférica	Comentarios
Perro, cerdo	< 2%	
Gato	2 tipos de reticulocitos, 2-17 % de reticulocitos punteados	
Caballo	0 %	Incluso con anemia grave, no se observan reticulocitos, si bien es común el incremento de MCV.
Ganado vacuno, ovejas, cabras	0 %	
Cobaya, rata, conejo, ratón	Variable	Los ratones recién nacidos pueden presentar un 90 %, mientras que los adultos oscilan entre un 2-4 %.

Volumen celular medio

El MCV también constituye un indicador importante de anemia. Dado que se trata del volumen medio de RBC, aporta información sobre la microcitosis (RBC pequeños), la macrocitosis (RBC grandes) o la distribución de células normocíticas. Debido a la enorme variación del MCV entre especies, es fundamental que el contador celular automatizado contemple esta diversidad. Exigo H400 la tiene en cuenta.

Ancho de distribución de glóbulos rojos

El RDW es un valor que indica la variación del tamaño del RBC. En Exigo H400, el RDW se calcula a partir de la curva de distribución del tamaño de RBC y solamente se presenta si se muestra el valor de MCV.

Concentración de hemoglobina celular media

La MCHC es el promedio de la concentración de HGB en la masa total de RBC. Por lo tanto, se calcula del siguiente modo: $MCHC = HGB/HCT$ o $MCHC = HGB/(RBC \times MCV)$.

La MCHC también se puede utilizar en casos de anemia para clasificarlos como normocrómicos (concentración normal de HGB en los RBC) o hipocrómicos (cuando la MCHC es baja).

Por lo general, la MCHC no varía demasiado y es un parámetro adecuado para comprobar la estabilidad de un analizador hematológico automatizado. Se puede utilizar la MCHC media diaria para verificar el sistema durante un periodo de tiempo.

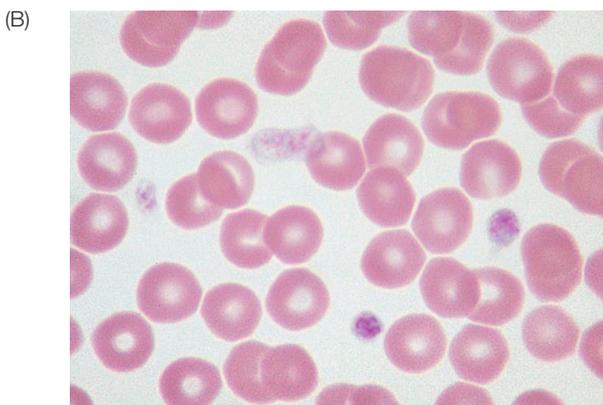
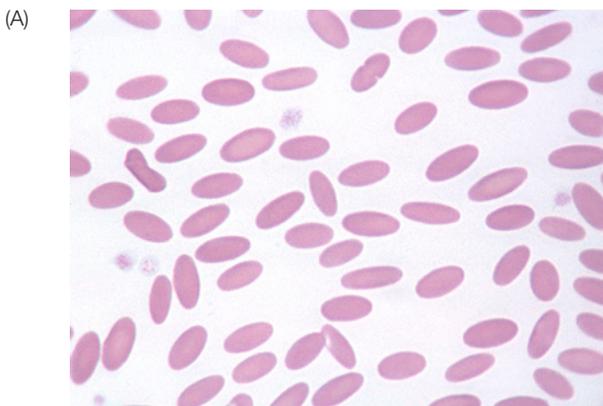
Hemoglobina celular media

La MCH es un parámetro que se emplea menos clínicamente y se corresponde con la concentración media de HGB en los RBC, calculada mediante $MCH = HGB/RBC$. Con frecuencia, los cambios en la MCH se corresponden con los cambios observados en la MCHC.

Diferencias entre especies

Existe una diferencia fundamental en los RBC de aves, reptiles y peces en comparación con otras especies: los RBC conservan sus núcleos intactos. Esto implica que los RBC no se pueden lisar mediante el reactivo utilizado con un analizador hematológico normal, de ahí que la mayoría de contadores celulares automatizados no puedan analizar sangre de estos animales. La tecnología más común empleada para contabilizar los glóbulos blancos consiste en observarlos como la única población sanguínea con núcleos, además de lisar todos los RBC. En el caso de peces, reptiles y aves, esto significa que los RBC sin lisar interferirán con el recuento total de WBC.

Los camélidos, llamas, alpacas y especies afines también muestran algunas diferencias en sus RBC. Presentan morfologías elipsoidales y las células son mucho más resistentes al lisado. Esto también puede plantear problemas para los contadores celulares automatizados, al igual que su forma, que podría perturbar la medición del MCV y, en consecuencia, repercutir directamente sobre el HCT y el ancho de distribución de glóbulos rojos (RDW).



Ilus. 2. (A) Frotis sanguíneo de llama que muestra RBC con forma elíptica frente a (B) un frotis de perro (4).

Exigo H400 ha resuelto el desafío que suponía realizar recuentos de RBC para camélidos y especies afines prolongando el tiempo de lisado para permitir la lisis correcta de los RBC. Además, incluye una compensación del MCV y otras funciones de software que ayudan a garantizar la exactitud del MCV. En cuanto a aves, reptiles y peces, sus RBC se pueden medir en Exigo H400, aunque se verán afectados otros parámetros que se mencionan más adelante.

Alteraciones en los glóbulos rojos y los parámetros hematológicos asociados

El diagnóstico clínico más común asociado a los glóbulos rojos y los parámetros relacionados HGB, MCV, HCT, MCHC y RDW es la anemia. La anemia se define como la capacidad demasiado baja de los glóbulos rojos para transportar oxígeno. Puede estar causada por diversos factores e incluye diferentes tipologías. Más adelante se ofrece información más detallada sobre la anemia.

Alteraciones en RBC, HGB o HCT de relevancia clínica (2)

1. HGB, HCT o RBC bajos

Puede indicar:

- Anemia: puede tener muchas causas, como aplasia medular, deficiencia de EPO, hemólisis, malnutrición, pérdida sanguínea, etc.
- Etapa final del embarazo
- *Shock*: por inflamación del bazo e hipotensión
- Anestesia/Sedación: el bazo está más lleno de sangre
- Edad: estos parámetros tienden a ser inferiores en los animales más jóvenes y aumentar con la edad

No obstante, es posible que en algunos casos los resultados de HCT bajo sean falsos. Entre los posibles motivos, se incluyen:

- Mezcla deficiente de la muestra
- Hemólisis
- Volumen de sangre bajo muestreado en tubo con EDTA en relación con la concentración de EDTA

2. HGB, HCT o RBC altos

Con una concentración alta de RBC y niveles elevados de HCT y HGB, la sangre se “espesa” y transporta el oxígeno con menor efectividad.

Estos son algunos de los posibles motivos:

- Actividad, estrés o miedo: bajo estas condiciones, el bazo puede contraerse y liberar RBC a la sangre. Se observa especialmente en caballos de sangre caliente, que pueden experimentar incrementos de HCT del 35 % al 50 %. La causa no es otra que su gran reservorio esplénico, capaz de almacenar 1/3 de las células sanguíneas durante el estado de reposo del caballo (1).
- Enfermedad renal: con EPO alta
- Deshidratación: por ejemplo, diarrea
- Tratamiento esteroide anabólico
- Policitemia primaria o secundaria: podría originarse por altitud elevada, derivación cardíaca, enfermedad de Cushing, etc.

Sin embargo, es posible que en algunos casos los resultados de HGB alta sean falsos. Entre los posibles motivos, se incluyen:

- Lipemia
- Cuerpos de Heinz
- Prolongación del almacenamiento de muestras: se hinchan los RBC y se incrementan el MCV y el HCT
- Recuento de WBC alto

Exigo H400 compensa los recuentos de WBC altos mediante un factor de compensación.

MCV o MCHC bajos

La disminución del MCV (microcitosis) se asocia generalmente con la deficiencia de hierro y/o la pérdida crónica de sangre.

La hipocromía (MCHC baja) podría deberse a la pérdida de sangre aguda y crónica en pacientes anémicos o también a la deficiencia de hierro o la anemia hemolítica. Este parámetro debe utilizarse en combinación con el valor del MCV.

MCV, RDW o MCHC altos

El incremento del MCV (macrocitosis) es un signo común de anemia regenerativa, dado que los RBC inmaduros suelen ser de mayor tamaño. Las causas podrían ser déficit de B12, déficit de ácido fólico o enfermedad hepática.

El incremento de los valores de RDW (anisocitosis) también puede indicar anemia regenerativa, o simplemente un aumento en la producción de RBC. Junto con el MCV, el RDW se puede utilizar para diferenciar entre distintas causas de anemia.

Dado que la concentración de HGB en los RBC generalmente es la mayor posible en el cuerpo, la hipercromía (MCHC alta) no constituye un fenómeno clínico. Suele producirse a causa de errores preanalíticos por el análisis de muestras envejecidas o la hemólisis de la muestra.

Anemia

En términos generales, la anemia se asocia con un recuento de HGB, HCT y RBC bajo en animales normales hidratados. Se trata de una enfermedad común, no obstante, presenta diferentes formas con variedad de causas y pronóstico. Por este motivo, resulta fundamental identificar el tipo de anemia que sufre un paciente.

Otras de las características físicas de la anemia son la falta de apetito, el aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, la palidez de las membranas mucosas, la disminución de la fuerza, etc.

Para establecer la pronóstico de un paciente anémico, es necesario encontrar la causa de la enfermedad. Se suele determinar través del historial del paciente, exámenes clínicos, exploraciones físicas y parámetros hematológicos.

Comúnmente, la anemia se divide en 2 subgrupos: regenerativa y no regenerativa. Se considera anemia regenerativa cuando la médula ósea responde a la anemia produciendo más RBC. Por su parte, la anemia no regenerativa implica una respuesta inadecuada de la médula ósea a la creciente necesidad de RBC.

Tabla 2. Tipos de anemia, posibles causas subyacentes y síntomas asociados (2)

Tipo de anemia	Causas	Síntomas
Anemia no regenerativa	<ol style="list-style-type: none"> Producción disminuida o ineficiente de RBC/HGB. Déficit de hierro o alteración de la médula ósea (que provoca un descenso en la producción de HGB o RBC). <ol style="list-style-type: none"> Anemia o enfermedad inflamatoria Enfermedad neoplásica Déficit nutricional (p. ej., hierro, cobre, cobalto, folato) Anemias aplásicas o hipoplásicas Enfermedad endocrina o metabólica 	Membranas mucosas pálidas, taquicardia, debilidad, anorexia, agrandamiento del bazo, fiebre, <i>shock</i> , hipotensión, etc.
Anemia regenerativa	<ol style="list-style-type: none"> Pérdida de sangre <ol style="list-style-type: none"> Trastornos de PLT Hemorragia gastrointestinal Coagulopatías Traumatismo o intervención quirúrgica Desgarro esplénico Destrucción sanguínea (hemólisis) <ol style="list-style-type: none"> Enfermedad mediada por el sistema inmunitario Toxicidad Defectos intrínsecos de los RBC Fragmentación Infecciones 	<ol style="list-style-type: none"> La pérdida de sangre podría ocasionar síntomas de sangre en vómitos, nariz, heces o hematomas. La hemólisis puede estar asociada a muestras ictericas, color rojo de la orina, mayor tamaño del bazo, color amarillo de membranas mucosas.

Tabla 3. Gravedad del diagnóstico de anemia a través del % de HCT (2)

Gravedad	% de HCT		
	Gato/Rumiantes	Perro	Caballo
Leve	20-26	30-37	30-33
Moderada	14-19	20-29	20-29
Grave	10-13	13-19	13-19
Muy grave	< 10	< 13	< 13

Con anemia aguda, el paciente puede experimentar signos y síntomas graves incluso cuando se trata de una anemia leve. Por el contrario, las anemias crónicas pueden presentar síntomas más leves debido a la adaptación del corazón y los pulmones a la situación de cronicidad o incluso no presentar ningún síntoma en casos graves.

Reticulocitos y anemia

Los reticulocitos en sangre indican una respuesta a un incremento de la EPO que lleva al cuerpo a producir más RBC. Puede ocurrir por pérdida de sangre, afecciones hemolíticas, etc. Por ello, es importante comprobar si la anemia es regenerativa. Los valores elevados de reticulocitos señalan anemia regenerativa con reacción por parte de la médula ósea. Si no hay anemia pero los reticulocitos muestran una concentración alta, podría ser indicativo de poco oxígeno en la sangre (hipoxemia). Se recomienda llevar a cabo un recuento manual de reticulocitos cuando el HCT se encuentra por debajo del 20 % en gatos y del 30 % en perros (2).

Además de los reticulocitos, los RBC muestran otros signos de anemia regenerativa. Entre ellos, se encuentran los siguientes:

- RBC nucleados
- Policromasia: el citoplasma muestra un color azul rosáceo
- Anisocitosis: gran diferencia en los tamaños de los RBC
- Punteado basófilo
- Macroцитosis: aumento del MCV
- Cuerpos de Howell-Jolly: se observan reminiscencias de núcleo en el citoplasma

En caso de anemia, es necesario observar todas las morfologías de los RBC a través del microscopio. Ninguna de ellas se puede identificar mediante analizadores hematológicos, a excepción de la anisocitosis (con un histograma de RDW y RBC) y la macroцитosis (a través de un MCV más elevado).

Procedimiento de investigación de la anemia (2)

1. CBC en el que se enfatice la morfología de los RBC, el recuento de reticulocitos y los parámetros asociados a los RBC (MCV, RDW, MCHC). Aplicación de la hematología automatizada en combinación con un frotis manual.
2. Se debe medir el recuento de PLT o como mínimo una estimación y la proteína total en plasma (TP).
3. Se pueden llevar a cabo un perfil bioquímico y una prueba endocrina para detectar alteraciones metabólicas o endocrinas. En este caso, se presta especial atención al hígado, los riñones y la tiroides.
4. Es habitual comprobar la concentración sérica de hierro y la capacidad total de fijación del hierro (TIBC) si se cree que la causa es la inflamación o el déficit de este elemento.
5. Se puede realizar una biopsia o una aspiración de la médula ósea cuando no hay anomalías en los resultados anteriores, ya que resulta más práctico en caso de anemia no regenerativa.
6. Asimismo, se pueden efectuar pruebas especializadas para detectar trastornos inmunológicos, en caso necesario (prueba de Coombs directa, prueba de anticuerpos antinucleares).

7. Si se cree que la causa puede ser una hemorragia, pueden llevarse a cabo pruebas de coagulación, pruebas fecales, ensayos de hierro y pruebas de fluidos corporales.

Policitemia

Cuando la sangre se concentra demasiado por deshidratación o el bazo se contrae y libera un mayor volumen de sangre a la circulación sanguínea, el HCT, la HGB y los RBC se incrementan temporalmente. Se considera un caso de policitemia relativa. La policitemia absoluta se produce cuando el aumento de RBC es permanente. Puede darse con una producción descontrolada de RBC en la médula ósea, pero son casos poco frecuentes en perros y gatos. La EPO suele ser baja o normal y se observan valores de WBC y PLT elevados.

También existe la denominada policitemia secundaria, que se produce cuando se incrementan los niveles de EPO en, por ejemplo, enfermedades coronarias o pulmonares o en tumores renales que producen EPO.

Plaquetas y parámetros hematológicos asociados

¿De dónde provienen?

Las plaquetas (PLT) son las células sanguíneas más pequeñas, con un tamaño de entre 5 y 7 μm de diámetro sin núcleo. Proviene de la misma célula madre, la célula madre mielóide, que se diferencia en megacariocitos para acabar creando plaquetas. El tiempo general de vida útil es de aproximadamente 7 días (2).

¿Cuál es su función?

Las plaquetas (PLT) desempeñan un papel importante en el mecanismo de coagulación sanguínea, ya que minimizan la pérdida de sangre cuando se daña un vaso uniéndose a la pared del mismo y agrupándose para formar un trombo. Las PLT también son esenciales en numerosos procesos de inflamación y cicatrización, dado que interactúan con muchos otros tipos de células y liberan variedad de sustancias de señalización.

¿Cómo se miden?

En general, las PLT se contabilizan en sistemas hematológicos automatizados en paralelo con los RBC y se separan de ellos debido a su menor tamaño. Se puede realizar un recuento manual utilizando una cámara de Neubauer y un microscopio con función de contraste de fases (2). En comparación con los equipos automatizados, la lectura de PLT manual es bastante imprecisa. Las agrupaciones plaquetarias también dificultan el recuento manual en la cámara de Neubauer.

Exigo H400 contabiliza las PLT utilizando la tecnología de impedancia y una abertura capilar más pequeña de 60 μm que ofrece una mayor sensibilidad para los RBC y las PLT de menor tamaño. Obtenga más información al respecto en la nota técnica de Exigo (1).

Volumen de plaquetas medio

El volumen de plaquetas medio (MPV) es, al igual que el MCV, el tamaño medio del diámetro de las PLT.

Se trata de un parámetro de especial interés para los recuentos de PLT bajos (trombocitopenia). El MPV puede verse afectado por numerosos factores que alteren sus valores y, en determinadas ocasiones, dificulten las interpretaciones del parámetro. Dichos factores se mencionan más adelante.

Plaquetocritos y ancho de distribución de plaquetas

Los plaquetocritos (PCT) y el ancho de distribución de plaquetas (PDW) a veces se obtienen mediante analizadores hematológicos automatizados. Estos parámetros equivalen al HCT y al RDW de los RBC. Actualmente no es frecuente el uso clínico del PCT (fracción de sangre correspondiente a las PLT) y el PDW.

Alteraciones en las plaquetas y los parámetros hematológicos asociados

Los valores de PLT bajos conllevan un alto riesgo de sangrado (hemorragia), mientras que un recuento de PLT alto implica riesgo de coágulos en la sangre (trombosis).

Recuento de PLT bajo (2)

La trombocitopenia (PLT bajas) es un diagnóstico común que puede sustentarse en varios motivos. Sin embargo, si se produce un cambio en la función de las PLT o los megacariocitos, entonces se habla de trombopatía. Resulta especialmente importante monitorizar los niveles de PLT antes de una intervención quirúrgica para evitar riesgos de sangrado. Como ocurre con otros parámetros hematológicos, un valor bajo de PLT obtenido mediante un sistema hematológico automatizado indica la necesidad de realizar un frotis sanguíneo para evaluar la morfología de las células. En fases posteriores, también es posible examinar manualmente un frotis sanguíneo de la médula ósea para observar las posibles alteraciones en la producción de plaquetas con los megacariocitos.

A continuación se indican algunas de las causas que dan lugar a la trombocitopenia:

- Leucemia, linfoma
- Púrpura trombocitopénica idiopática (ITP)
- Fármacos: quimioterapéuticos, estrógenos, antiinflamatorios no esteroideos, sulfadiazina, etc. Las PLT y los megacariocitos son muy sensibles a las toxinas y provoca una gran reducción de la producción.
- Otro tipo de fármacos como la heparina, las sulfas, la furosemida o la gentamicina. Estos medicamentos se adhieren a las membranas de las PLT, lo que activa la fagocitosis de los glóbulos blancos del sistema inmunitario, que acaban destruyendo muchas de las PLT.
- Anemia aplásica: la médula ósea está deprimida, lo que da lugar a un recuento bajo de PTL.
- Infecciones: las PLT pueden ser destruidas por el sistema inmunitario o simplemente ver disminuida su producción

debido a bacterias, virus, hongos, protozoos o nematodos (p. ej., leishmaniosis canina, anemia infecciosa equina, virus de la inmunodeficiencia felina, virus de la peste porcina africana, virus de la diarrea vírica bovina, ehrlichia [anaplasma], virus de la leucemia felina, etc.).

- Anemia hemolítica
- Células malignas en la médula ósea
- Vacunación: algunas vacunas provocan este efecto secundario ocasionalmente.
- Coagulación intravascular diseminada (DIC)
- La raza *Cavalier King Charles Spaniel* es conocida por presentar PLT macrocíticas y recuentos totales más bajos (consulte el artículo técnico en relación con los rangos normales) (3).

También es posible que los contadores celulares hematológicos automatizados generen resultados de plaquetas falsamente bajos. Estas son algunas de las posibles causas de pseudotrombocitopenia:

- Aglutinación: reacción que se puede producir en determinadas muestras de paciente conservadas en EDTA. Las PLT y determinados anticuerpos de PLT u otras moléculas se liberan al entrar en contacto con EDTA provocando la aglutinación. Hoy en día esto no tiene ninguna significancia clínica, pero investigar una trombocitopenia falsa puede añadir costes y tiempo a la hora de proporcionar un diagnóstico. En consecuencia, es importante realizar un examen microscópico manual para evitar estos casos.
- Agregados plaquetarios: las PLT se pueden unir para formar grandes agrupaciones denominadas agregados. Los agregados se generan fuera del cuerpo (es decir, *in vitro*) en los tubos con EDTA. Cuanto más tiempo permanezcan las muestras almacenadas en los tubos con EDTA, más agregados se pueden formar. Es un problema común sobre todo en vacas y gatos, para los que no siempre resulta útil emplear contadores celulares automatizados en los recuentos de PLT. Para ayudar a identificar agregados en un recuento celular, es importante consultar el histograma y las curvas de distribución tanto para PLT como para RBC, sin olvidar la curva de WBC. Esto se debe a que las agrupaciones celulares pueden reducir la población de PLT y las células pueden parecer más grandes y desviarse hacia la curva de RBC. Asimismo, si los agregados son muy grandes podrían confundirse con linfocitos (generando un recuento linfocitario falsamente elevado) y, por lo tanto, interferir con el histograma de WBC.
- Satelitismo: se trata de una unión entre neutrófilos (en ocasiones, monocitos) y plaquetas para formar un complejo mayor. Las PLT parecen satélites que rodean a los WBC. Se puede llegar a observar una desviación de la curva de neutrófilos del histograma hacia la derecha, dado que estas células se contabilizan como si tuvieran un tamaño mayor.

A veces es posible evitar la pseudotrombocitopenia utilizando anticoagulantes distintos al EDTA, como citrato de sodio.

Recuento de PLT alto (2)

El incremento de PLT por encima del rango normal se denomina trombocitosis. Por lo general, un aumento moderado no produce síntomas ni conlleva ningún riesgo, pero un incremento más elevado puede causar coágulos sanguíneos (trombosis) que podrían revestir una enorme gravedad. Estas son algunas de las posibles causas del incremento de los recuentos de PLT:

- Leucemia mieloide crónica (CML)
- Policitemia vera
- Intervención quirúrgica reciente u otro accidente/sangrado (se ha activado la producción de PLT)
- Infecciones agudas o crónicas
- Reacciones inflamatorias
- Sangrados crónicos (por ejemplo, con déficit de hierro)
- Trastornos mieloproliferativos
- Enfermedad de Cushing o tratamiento con glucocorticoides

Al igual que es posible obtener recuentos de PLT falsamente bajos, también existen razones que pueden llevar a producir PLT falsamente altos. Estas son algunas de ellas:

- Fragmentos de células en descomposición
- Contadores celulares automáticos con interferencia de perturbaciones eléctricas y microburbujas en el reactivo
- Repetición de la punción venosa en el mismo lugar
- Microcitosis: cuando el MCV es muy bajo para los RBC, algunos de los RBC pueden interferir en el recuento de PLT. Debido a la elevada concentración de RBC en la sangre en comparación con las PLT, normalmente no se producirá ningún efecto apreciable en el valor de RBC.

Recuento de MCV bajo (2)

Se puede observar el tamaño medio de las PLT en las siguientes situaciones:

- Quimioterapia
- Disminución de la producción de PLT
- Incremento en la destrucción de PLT
- Anemia megaloblástica
- Anemia aplásica

Recuento de MCV alto (2)

Si el tamaño de las PLT aumenta de forma general, suele indicar un mejor funcionamiento de las mismas. Puede deberse a varios motivos:

- Incremento en la producción de PLT
- CML
- ITP
- Síndrome mielodisplásico (MDS)

De nuevo, puede generarse un MPV falso:

- Fragmentos de RBC en descomposición
- Absorción de agua: el EDTA tiende a hinchar las plaquetas con el tiempo. Especialmente durante las primeras 2 horas (1).

Glóbulos blancos y parámetros hematológicos asociados

¿De dónde provienen?

Los glóbulos blancos (WBC, también conocidos como leucocitos) se suelen subdividir en 5 subpoblaciones: neutrófilos (NEU), linfocitos (LYM), eosinófilos (EOS), monocitos (MONO) y basófilos (BASO). En determinadas circunstancias, también pueden darse formas inmaduras de cada una de las subpoblaciones.

Todas las subpoblaciones se producen en la médula ósea a partir de la misma célula madre pluripotente inicial. Posteriormente siguen rutas ligeramente distintas (ilustración 3). Los NEU, EOS y BASO se consideran tres tipos de granulocitos, nombre que deriva de los gránulos presentes en su citoplasma, y siguen una ruta de producción similar en la médula ósea. Los linfocitos también se pueden formar en tejidos linfáticos (timo, ganglios linfáticos, bazo).

¿Cuál es su función?

Los WBC constituyen la tropa de defensa del cuerpo frente a agentes externos y microbios, y resultan fundamentales en la respuesta inflamatoria y como “limpiadores”, eliminando células muertas o dañadas y tejidos.

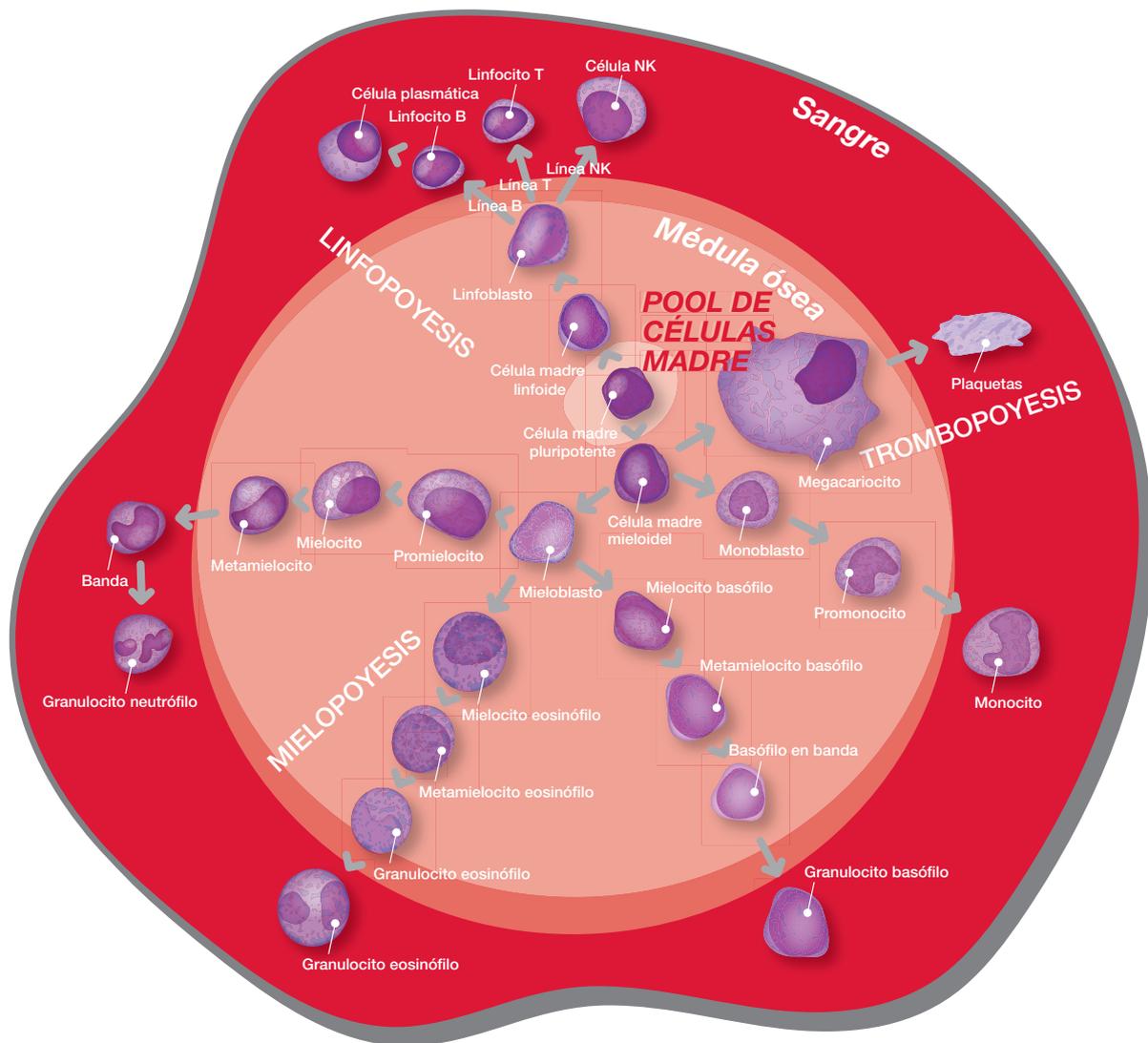
En general, una inflamación en el cuerpo incrementará los WBC (leucocitosis). Sin embargo, demasiados WBC pueden ser perjudiciales para casos con respuestas inflamatorias fuertes.

La presencia de pocos WBC (leucopenia) también es nociva y puede resultar mortal, ya que puede aumentar el riesgo de infección a un nivel que el cuerpo no sea capaz de eliminar o controlar.

Las células NEU son la primera línea de defensa en la sangre. Pueden migrar fácilmente a tejidos para fagocitar (un modo de destruir microbios y otros materiales internalizándolos) bacterias y otros agentes externos en caso necesario. Encuentran estas ubicaciones a través de las infecciones e inflamaciones de los tejidos, que liberan sustancias de señalización reconocidas por los NEU. Mientras esto ocurre, la médula ósea activa de forma simultánea la producción de más NEU en la sangre. Los NEU inmaduros se denominan NEU en banda. Si desea obtener más información sobre ellos, consulte el artículo técnico relativo a los rangos de referencia normales (3).

Las células LYM son la segunda línea de defensa y controlan la producción de anticuerpos. También pueden destruir células, en este caso mediante citotoxicidad. Existen dos categorías principales de células LYM: los linfocitos B y los linfocitos T.

Los monocitos (también conocidos como macrófagos) también pueden utilizar la fagocitosis para eliminar y destruir materia y microbios. Las células MONO son importantes para la comunicación entre los diferentes subgrupos de WBC durante la defensa inmunitaria.



Ilus. 3. Hematopoyesis de los glóbulos blancos.

Los EOS también pueden recurrir a la fagocitosis, pero no de forma tan efectiva. Se sienten atraídos a lugares con reacciones de antígeno-anticuerpo y cuentan con potentes proteínas que utilizan para destruir parásitos. Estas proteínas son altamente tóxicas y pueden causar daños en el tejido del anfitrión, como ocurre en el caso de las alergias.

Las células BASO también forman parte activa de las alergias cuando incluyen histamina y heparina en su citoplasma, ya que pueden liberarlas frente a los antígenos cuando entran en contacto con los receptores de IgE (inmunoglobulina E). En general, se trata de células muy escasas y, cuando se observa un aumento de BASO, normalmente también incrementan los EOS.

¿Cómo se miden?

- Los WBC y el recuento diferencial (NEU, LYM, EOS, MONO, BASO) se pueden medir a través de técnicas como la impedancia o el láser, entre otras, además de la microscopía, en función de sus diferentes morfologías y características. Cuando se contabilizan automáticamente mediante impedancia, los distintos tipos celulares se dividen en subgrupos según su tamaño. Se añade un reactivo de lisis a la sangre y se alteran todas las membranas (RBC y WBC) para proceder a categorizar a las únicas células con núcleo, los WBC, de acuerdo a su tamaño.

- En la tecnología láser, los WBC se categorizan mediante la dispersión de luz. La intensidad de la luz dispersa refleja el tamaño de la célula y la estructura interna, mientras que la señal de ángulo bajo muestra el tamaño de la célula y las señales de los ángulos medio y alto aportan información intracelular (núcleo y citoplasma) (5).
- Actualmente, la microscopía permite distinguir numerosas etapas de desarrollo y tipos de células mediante tinción que no es posible identificar con ningún contador automatizado (como ocurre con los cambios tóxicos, los equinocitos, los cambios celulares en los RBC, las bacterias, la agrupación de PLT, los cuerpos de Heinz, etc.).

Aunque se trata del método de referencia, el recuento con microscopía manual muestra un % de CV superior de aproximadamente un 10 %, mientras que los contadores automatizados suelen lograr % de CV inferiores al 3 %. No obstante, los contadores automatizados tienen una capacidad limitada para identificar células, por lo que se utilizan como sistemas de cribado que identifican muestras anómalas que deben examinarse más detalladamente mediante microscopía.

Exigo H400 mide la concentración de WBC y el diferencial a partir de discriminadores flotantes e impedancia. Obtenga más información en la nota técnica de Exigo (1).

Diferencias entre especies

Existen diferencias fundamentales entre especies que afectan tanto a los recuentos como a los subgrupos de WBC. Las aves y los peces difieren de los mamíferos, por ejemplo, en que incluyen a los heterófilos como subgrupo diferencial, lo cual dificulta el recuento automatizado. El hecho de que posean RBC y PLT nucleados (también los reptiles) supone una dificultad adicional para los recuentos de WBC de los contadores celulares automatizados.

Valores de referencia para WBC y el diferencial de WBC

Para obtener los valores de referencia y las variaciones fisiológicas de los WBC, consulte el artículo técnico sobre los rangos de referencia normales (3).

Glóbulos blancos

Granulocitos: neutrófilos, eosinófilos y basófilos

Los NEU, EOS y BASO se agrupan bajo la denominación de granulocitos, derivada de los característicos gránulos presentes en su citoplasma. Estas células migran a través de la sangre hacia los tejidos, donde desarrollan sus funciones principales. La mayor parte de granulocitos del cuerpo no se encuentran en la sangre, sino adheridos a las paredes de los vasos sanguíneos, y no se contabilizan en los análisis de CBC a menos que se liberen a la sangre a través de factores de señalización como las hormonas del estrés. Otros granulocitos se almacenan en un pool de reserva ubicado en la médula ósea y en el centro de producción. También ellos se pondrán a disposición del cuerpo en caso necesario. Esta es una de las razones por las que el valor de granulocitos puede variar ampliamente en tan solo una hora y llegar incluso a duplicarse o triplicarse. Para lograr el valor más exacto posible durante el muestreo de sangre, en el que se suele basar el rango normal, el paciente debe estar en calma y relajado.

Si lo desea, puede obtener más información acerca de los neutrófilos y su maduración en el artículo técnico sobre los rangos de referencia normales (3).

Linfocitos

Los linfocitos, al igual que los granulocitos, provienen de la célula madre mieloide de la médula ósea, desde donde toman una ruta diferente a través de una célula madre linfóide para desarrollarse en un linfoblasto antes de diferenciarse en varias (un mínimo de 10) subpoblaciones diferentes. Las diferentes subpoblaciones de LYM tienen funciones distintas, presentan un amplio rango de tamaños y cuentan con una esperanza de vida que oscila entre unos pocos días o varios años, en función de la tipología. En muchos casos, las características y la morfología no permiten distinguir entre los diferentes subtipos de LYM, por lo que, para identificarlos, es necesario aplicar métodos inmunológicos que posibiliten la observación de los antígenos existentes en sus membranas. Los dos subgrupos principales de LYM son los linfocitos B (B-LYM) y los linfocitos T (T-LYM).

1. Los B-LYM se desarrollan y maduran en la médula ósea y en el hígado, mientras que los T-LYM se desarrollan en el timo. Además de los vasos sanguíneos, también encontramos los denominados vasos linfáticos. Los LYM no solo circulan por la sangre, sino también a través de ellos.

Las células B-LYM también pueden activarse y diferenciarse en células plasmáticas. Tienen un citoplasma de aspecto similar a los BASO y un color más claro cerca del núcleo (consulte la ilustración 3). Su función es liberar anticuerpos (Ig, inmunoglobulinas). Cuentan con una escasa presencia en la sangre.

2. Los T-LYM participan tanto en la comunicación con otras células WBC para las respuestas inmunitarias mediadas por células, creando señales para “marcar” microbios o agentes externos, como en la destrucción de células infectadas. Por otro lado, los B-LYM están involucrados en la producción de anticuerpos, mediante el desarrollo de células plasmáticas y parte de las células de memoria, que almacenan información sobre cómo producir anticuerpos para determinados antígenos a partir de una infección o vacunación previa.

Monocitos

Los MONO presentan una similitud mucho mayor con el grupo de granulocitos de los WBC, principalmente debido a su capacidad para fagocitar microorganismos. Cuando los MONO circulan por el torrente sanguíneo se encuentran en un estado más inmaduro que una vez activados, momento en el que localizan los tejidos diana donde continúan su diferenciación.

Alteraciones en los glóbulos blancos y los parámetros hematológicos asociados

Los leucocitos son sensibles al almacenamiento, que puede alterar los valores durante el análisis. Asimismo, la sangre total de pacientes enfermos es aún más frágil, por lo que cobra mayor importancia analizar las muestras lo antes posible tras el muestreo. En los analizadores automatizados, las células LYM son las más proclives a destruirse y contabilizarse de forma errónea, mientras que en la microscopía manual esto ocurre con los granulocitos.

Recuentos de glóbulos blancos bajos (2)

Son muchas las causas que puede provocar recuentos de WBC bajos (leucopenia), que además pueden deberse a una disminución de NEU o LYM, o bien de todos los subgrupos de WBC (consulte a continuación información específica sobre los diversos tipos de células). Entre las posibles causas, se incluyen:

- Enfermedad hepática o esplenopatía
- Infección grave que utiliza la mayoría de células NEU
- Disminución de la producción de WBC: infección, fibrosis, tumor, radiación, etc.
- Enfermedad vascular del colágeno
- Depresión de la médula ósea

Recuentos de glóbulos blancos altos

Los recuentos de WBC altos (leucocitosis) también pueden tener su origen en diferentes causas. En estos casos, es importante observar los diferentes subgrupos de la diferenciación de forma independiente. Algunas de las causas generales son infección, leucemia, estrés físico extremo, daños tisulares, enfermedad inflamatoria, etc.

Recuentos de neutrófilos bajos (2)

Con un recuento de NEU bajo (neutropenia), aumenta el riesgo de infección, especialmente si está por debajo de $0,5 \times 10^9/l$. Estas son algunas de sus causas:

- Infecciones víricas como parvovirus, FLV, FIV, anemia infecciosa equina, virus de la diarrea vírica bovina, etc.
- Anemia aplásica
- Mielofibrosis
- Inflamaciones graves bacterianas que cursan con, por ejemplo, sepsis, toxemia o tuberculosis. También puede originarse a causa de una infección fúngica o de enfermedades mediadas por el sistema inmunitario.
- Agrandamiento del bazo
- Enfermedades autoinmunitarias
- Neoplasia en combinación con depresión de la médula ósea

- Estrógenos
- Fármacos, agentes químicos, fármacos de sulfa, corticosteroides, benceno, plomo, mercurio, etc.
- Déficit de vitamina B12 o ácido fólico
- Shock anafiláctico
- Radiación ionizante
- Enfermedades caquéticas

Recuentos de neutrófilos altos (2)

Estas son algunas de las posibles causas de NEU altos:

- Tratamiento con cortisona
- Estrés
- Ejercicio intenso o excitación (efecto de la adrenalina en el cuerpo). Se trata de una neutropenia transitoria.
- Daños tisulares
- Sangrado o hemólisis aguda
- Infecciones víricas, por ejemplo, peritonitis infecciosa felina
- Reacción leucemoide y leucemia mieloide
- Infección bacteriana aguda/crónica (infecciones locales como empiema, piometra, etc.)
- Deficiencia de adhesión leucocitaria (observada en perros de raza setter irlandés y ganado Holstein)

Interpretaciones generales de los diferenciales de WBC

Tabla 4. Interpretaciones generales de la prognosis para pacientes con diversos recuentos diferenciales de WBC observados (2)

Recuentos diferenciales de WBC observados								
WBC	NEU	Desviación a la izq.	NEU tóxicos	NEU en banda	LYM	EOS	MONO	Comentario y prognosis
	↑	Leve				↑		Infección leve que el cuerpo puede controlar
	↑	Ligera			↓	↓		Infección moderada/grave con estrés
↑	↑	↑						Más grave, pero con buen funcionamiento de la médula ósea
	↑				↓	↓		Puede indicar una enfermedad más grave con linfopenia concurrente
	↓	↑						Más NEU inmaduros que maduros, desviación a la izquierda degenerativa, lo que indica trastorno grave
			↑					Prognosis reservada
	↑	No			↓	↓		Indica estrés, dolor o esteroides
							↑	Enfermedad crónica
↓ En descenso				↓	↑	↑		Signo de buena prognosis
		Degenerativa						Mala prognosis
					↓ En descenso o persistente			Mala prognosis
						↓ Ausencia persistente		Mala prognosis

Desviación a la izquierda y cambios tóxicos

Desviación a la izquierda es un término clínico que indica un aumento de los WBC inmaduros, en particular de los NEU en banda. Los cambios tóxicos en los NEU son cambios que se producen en las células de gran importancia para el diagnóstico clínico.

Consulte el artículo técnico sobre rangos de referencia normales (3) para obtener información general más detallada, así como relativa a la activación de estos procesos y su efecto en los pacientes.

Recuentos de eosinófilos bajos (2)

Pueden obtenerse valores de EOS bajos a causa de:

- Tratamiento con corticosteroides
- Infecciones
- Estrés
- Síndrome de Cushing y actividad suprarrenal

Recuentos de eosinófilos altos (2)

Con frecuencia, los recuentos de EOS altos (eosinofilia) son pasajeros. Por ello, se recomienda comprobar la persistencia del recuento de EOS alto unas horas después. Si la eosinofilia es de larga duración, estas son las posibles causas:

- Alergias como asma, alergias alimentarias, urticaria, etc.
- Infecciones parasitarias como *ascaris* y *trichinella*. Sin embargo, la eosinofilia no se suele observar con parásitos intestinales.
- Neumonía (en perros con neumonía eosinofílica)
- Enfermedad de Addison
- Extirpación del bazo (en perros)
- Fase de recuperación tras infecciones
- Trastornos neoplásicos
- Miositis eosinofílica
- Gastroenteritis eosinofílica

Recuentos de basófilos altos (2)

Por lo general, los recuentos de BASO altos (basofilia) se producen de forma simultánea a la eosinofilia, como ocurre con las alergias. No obstante, la basofilia es poco frecuente. En perros, puede estar asociada a la enfermedad del gusano en el corazón, a neoplasia o a una elevada concentración de lípidos.

Recuentos de linfocitos bajos (2)

Los recuentos de LYM bajos (linfopenia) pueden estar asociados a las siguientes circunstancias:

- Infecciones víricas por lo general agudas, como hepatitis canina, parvovirus, FLV, moquillo canino, etc.
- Estrés

Recuentos de linfocitos altos (2)

Los recuentos de LYM altos (linfopenia) pueden estar asociados a las siguientes causas:

- Leucemia
- Enfermedad de Addison
- Etapa posterior a la vacunación
- Edad (animales jóvenes)

- Recuperación tras infección
- Infección crónica por antígenos

Cuando los LYM se activan por estimulación de los antígenos, pasan a denominarse "linfocitos reactivos". Su morfología difiere en parte de la de los LYM, ya que son más grandes, tienen un BASO como citoplasma y a veces incluso nucléolos. El incremento de los LYM reactivos sugiere un aumento en la producción de anticuerpos, así como un fuerte estímulo de antígenos en el cuerpo para activar las células de LYM, como ocurre después de la vacunación.

- Tratamiento con corticosteroides
- Fármacos, radiación (por depresión de la médula ósea)
- Infecciones bacterianas agudas sistémicas
- Cushing o actividad suprarrenal elevada

Recuentos de monocitos altos (2)

Los recuentos de MONO suelen ser bajos, pero si aumentan hasta generar monocitosis, se pueden asociar a las causas siguientes:

- Enfermedades crónicas
- Edad (animales más viejos)
- Leucemia monocítica (en perros)
- Algunos tipos de infecciones, como la listeriosis en cerdos, etc.
- Tratamiento con corticosteroides
- Enfermedad de Cushing o actividad suprarrenal elevada

Diferencias específicas entre especies para la interpretación del diferencial de WBC

Consulte el artículo técnico sobre los rangos de referencia normales (3).

Conclusión

La sangre veterinaria presenta importantes diferencias con respecto a la morfología y el comportamiento entre las distintas especies animales, por lo que resulta fundamental conocer los factores que interfieren en los parámetros para cada especie.

El analizador hematológico automatizado Exigo H400 está diseñado para adaptarse a los clientes que requieren varios perfiles y cuenta con numerosas características de software y hardware que atienden a estas diferencias.

Referencias

1. Technote Exigo H400, XXXX, Edition 1 (2019)
2. Gröndahl, G. Veterinary Hematology – An introduction. Boule Diagnostics, 33267, Edition 4 (2019).
3. Artículo técnico: Normal reference ranges Exigo H400, XXXX, Edition 1 (2019)
4. eClinpath, <http://eclinpath.com> (2013)
5. Artículo técnico: Analizadores hematológicos: 3 o 5 partes, esa es la cuestión. Boule Diagnostics, 31183, Edition 1 (2019).

Glosario

Agrupación de PLT: condición en que las plaquetas se agrupan formando "agrupaciones".

Anemia aplásica: enfermedad autoinmune en la que el organismo no es capaz de producir suficientes células sanguíneas.

Anemia hemolítica: anemia originada por la destrucción de los RBC (hemólisis).

Anemia megaloblástica: condición en la que la producción de RBC carece de la posibilidad de síntesis de ADN, lo que significa que la célula no puede dividirse posteriormente. Por este motivo, también se conoce como macrocitosis con células más grandes.

Anisocitosis: condición en la que existe una diferencia mayor de lo normal en los tamaños de RBC de un paciente.

ARN: ácido ribonucleico, similar al ADN. Ácido nucleico y componente básico para la vida que se presenta principalmente en una única cadena. También está involucrado en la expresión y la regulación genética.

Cambio tóxico en NEU: incluye tres hallazgos importantes en un frotis sanguíneo: granulación tóxica, cuerpos de Döhle y vacuolización tóxica. La granulación tóxica consiste en que los NEU segmentados tienen una formación de gránulos grandes y oscuros en el citoplasma. Los cuerpos de Döhle se producen cuando los NEU adquieren inclusiones citoplasmáticas de color gris azulado en los NEU, NEU en banda o metamielocitos presentes cerca de la pared celular. La vacuolización tóxica ocurre cuando hay áreas sin tinción del citoplasma de los NEU.

Célula plasmática: los linfocitos B pueden diferenciarse en células plasmáticas que secretan grandes cantidades de anticuerpos debido a un estímulo antigénico para neutralizar o destruir el agente externo.

Cuerpos de Heinz: presencias de HGB desnaturalizado en los RBC no visibles con la tinción sanguínea de rutina.

Cuerpos de Howell-Jolly: remanentes nucleares basofílicos (partes de ADN) que circulan dentro de los RBC en la sangre. Los RBC no deberían tener un núcleo, pero esto puede ocurrir en determinadas condiciones.

Desviación a la izquierda: aumento de los WBC inmaduros, en particular de los NEU en banda.

Equinocitos: también conocidos como células crenadas, surgen cuando los RBC tienen una membrana celular anómala con proyecciones de bordes puntiagudos.

Eritrocito: nombre alternativo para un glóbulo rojo.

Eritropoyesis: proceso de la producción de glóbulos rojos, desde una célula madre hasta un glóbulo rojo maduro.

Eritropoyetina (EPO): hormona (también conocida como hematopoyetina) producida en el riñón como respuesta a la hipoxia (niveles bajos de oxígeno). La EPO estimula la producción de glóbulos rojos en la médula ósea.

Fagocitosis: condición en la que una célula utiliza su membrana plasmática para envolver otra partícula grande.

Granulocitos inmaduros: granulocitos (eosinófilos, neutrófilos y basófilos) en sus etapas inmaduras de desarrollo que suelen encontrarse en la médula ósea y, en ocasiones, también en la sangre periférica. Estas etapas pueden incluir metamielocitos, mielocitos y promielocitos.

Leucemia: grupos de cánceres sanguíneos que causan un recuento elevado de células anómalas en la sangre como, por ejemplo, blastos.

Linfocito B: subgrupo de linfocitos desarrollado en la médula ósea (mamíferos) responsable del sistema inmunitario adaptativo. Secretan anticuerpos pero también pueden convertirse posteriormente en células de memoria, capaces de almacenar anticuerpos específicos de un antígeno si un mismo agente externo vuelve a atacar el sistema inmunitario.

Linfocito T: subgrupo de linfocitos que se desarrolla en el timo y que es importante para destruir células infectadas, por ejemplo, por un virus con citotoxicidad o para comunicarse con otros WBC para señalarles un punto de infección.

Macrocitosis: aumento del tamaño de los RBC con el mismo nivel de HGB (aumento del MCV).

Microcitosis: condición en la que los RBC son más pequeños de lo habitual (MCV bajo).

Neutrófilos en banda: forma inmadura de un neutrófilo en la que el núcleo no está segmentado y está curvado.

Policitemia: enfermedad en la que se produce un aumento de HCT, ya sea por el aumento de RBC o por el descenso del volumen plasmático.

Policromasia: condición en la que numerosos RBC inmaduros se liberan al flujo sanguíneo. Estas células presentan un citoplasma de color gris-azul-rosado.

Punteado basófilo: condición en la que hay varios gránulos de basófilos dispersos en el citoplasma de los RBC en la sangre periférica.

RBC nucleados (nRBC): condición en la que los RBC de los mamíferos presentan un núcleo celular. Esto es habitual en etapas inmaduras de los RBC, tales como en las células progenitoras, pero también puede ocurrir en condiciones patológicas y en recién nacidos.

Reticulocito: glóbulos rojos inmaduros que se desarrollan y maduran en la médula ósea antes de ser liberados al flujo sanguíneo y que maduran a RBC en un día. Estas células siguen conteniendo ARN ribosómico que es visible con tinción bajo el microscopio.