

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS CLÍNICOS. CONCEPTOS GENERALES

Carmen Martina Arroyo García
Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica
Universidad de Sevilla

OBJETIVOS:

- Profundizar en el conocimiento del farmacéutico de oficina de farmacia en los análisis clínicos.
- Profundizar en el conocimiento del farmacéutico de oficina de farmacia en la interpretación de un hemograma.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

1. Revisión de los principales contenidos de análisis clínicos y hemograma útiles al farmacéutico de oficina de farmacia.

1. REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES CONTENIDOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS Y HEMOGRAMA ÚTIL AL FARMACÉUTICO DE OFICINA DE FARMACIA

La sangre, fluido de aspecto viscoso y color rojo que recorre todo el organismo, es la responsable de transportar y distribuir los nutrientes y gases necesarios a todos los tejidos, además de recoger los productos de desecho. Asimismo, interviene en la protección (inmunidad) del organismo frente a agentes extraños, participa en los procesos de hemostasia y homeostasis, regula la temperatura, presión osmótica de líquidos intra y extracelulares, y pH por medio de sustancias tampón buffers.

La sangre está formada por el plasma (50-55%) y diferentes elementos formes (45-50%) que se encuentran en suspensión. El plasma es un líquido de color amarillo formado, a su vez, por un 90% de agua y un 10% de sustancias como proteínas (albúminas, globulinas, fibrinógeno...), nutrientes, vitaminas, electrolitos y sustancias de desecho. Tras la eliminación del fibrinógeno del plasma se obtiene lo que se denomina suero [1].

Los diferentes elementos formes proceden de una única célula denominada célula madre pluripotencial que puede madurar dando lugar a la célula madre mieloide o linfoide, precursoras de éstos: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas.

El hemograma es una de las pruebas básicas empleadas en el diagnóstico de patologías al que se recurre habitualmente en atención primaria. Los resultados permiten obtener información sobre los diferentes componentes presentes en la sangre y detectar posibles variaciones por exceso o defecto que puedan indicar algún tipo de patología. Los resultados obtenidos se comparan con valores de referencia que pueden variar en función de la edad y el sexo, oscilando ligeramente los valores de unos laboratorios a otros.

Alteraciones en los resultados de una analítica no implica que se padezca alguna de las patologías citadas; se trata de un análisis complementario a otras pruebas y síntomas, teniendo en cuenta la historia clínica del paciente, que debe ser valorado por un médico [2].

A continuación, se presentan diferentes elementos que aparecen, normalmente, reflejados en un hemograma:

- **Glóbulos blancos o leucocitos**

Los leucocitos son las células de la sangre que participan en la defensa del organismo como ejecutoras de la respuesta inmunitaria. Existen varios tipos como linfocitos, neutrófilos, monocitos, eosinófilos y basófilos; y se encuentran en unos determinados porcentajes denominados fórmula leucocitaria. Su valor normal se sitúa entre 5000 y 10000/mm³ denominándose leucopenia o leucocitosis cuando el recuento total de leucocitos se establece por debajo o por encima de ese rango, respectivamente [2, 3].

En general, el valor de los leucocitos en sangre puede verse disminuido cuando se ve alterada la producción de los mismos en la médula ósea debido a infecciones o tumores. Además, la leucopenia puede producirse en infecciones graves donde previamente hubiese aumentado el número de glóbulos blancos, y debido a la toxicidad de algunos medicamentos (quimioterápicos). Algunos antibióticos (cloranfenicol) o analgésicos (metamizol) pueden producir también una disminución del número de leucocitos (agranulocitosis) [2, 4, 5]. De hecho, tal y como dicta la Agencia Española del Medicamentos y Productos Sanitarios, *“en caso de ser necesario prolongar el tratamiento durante más de una semana, deberá llevarse a cabo una vigilancia estrecha de la aparición de signos o síntomas de agranulocitosis y se realizarán, a criterio médico, controles del recuento sanguíneo, incluyendo la fórmula leucocitaria”* [5].

Tanto leucopenia como leucocitosis pueden producirse al aumentar o disminuir tan sólo una de las diferentes formas leucocitarias detallando las principales razones, de manera particular, a continuación [2, 4, 6].

Los neutrófilos son leucocitos polimorfonucleares que constituyen el 65% de los glóbulos blancos siendo los primeros en actuar ante una infección. Su rango normal está comprendido entre 55-70% aumentando en sangre (neutrofilia) en situaciones de infección bacteriana, inflamación, estrés, infartos, tratamientos con determinados

medicamentos (Tabla 1), enfermedades metabólicas o tumores invasivos. Además, puede verse aumentado de manera normal en situaciones fisiológicas como el embarazo. Por el contrario, la disminución del número de neutrófilos (neutropenia) puede producirse debido a enfermedades reumáticas o autoinmunes o la ingesta de determinados medicamentos recogidos en la tabla 2.

Tabla 1. Principios activos asociados a neutrofilia [7]

Asociados a Neutrofilia
Adrenalina
Alopurinol
Atropina
Barbitúricos
Corticoides
Dietilcarbamacina
Eritromicina
Estreptomina
Litio
Sulfamidas

Tabla 2. Principios activos asociados a neutropenia [8]

Asociados a Neutropenia			
Analgésicos	Sistema nervioso	Cardiovascular	Antibióticos
Acido acetilsalicílico	Amitriptilina	Acetazolamida	Acido clavulánico
Alopurinol	Buspirona	Captopril	Amoxicilina
Colchicina	Carbamazepina	Diltiazem	Ampicilina
Diclofenaco	Clorpromacina	Gemfibrozilo	Cloxacilina
Indometacina	Fenitoína	Furosemida	Cefotaxima
Ibuprofeno	Fluoxetina	Hidroclorotiazida	Ciprofloxacino
Piroxicam	Haloperidol	Lovastatina	Norfloxacino
	Levodopa	Ticlopidina	Rifampicina

Los linfocitos constituyen un tipo de leucocitos cuyos valores normales se sitúan en torno al 17-45 % de los que existen dos tipos, las células B y las células T, que cumplen diferentes funciones a nivel del sistema inmunitario. Su valor aumenta en sangre (linfocitosis) en situaciones de infección ya sea de origen vírico o bacteriano, presencia de parásitos u otras ocasiones como alergias a medicamentos o enfermedades hormonales. También pueden verse elevados los valores en algunas patologías como tumores o leucemias. Por el contrario, entre las principales causas de disminución del número de

linfocitos (linfopenia) se encuentran patologías como inmunodeficiencias, linfomas, sida o tratamientos con inmunosupresores.

Los monocitos se encuentran en el organismo en un rango de 4-10%. Su valor aumenta en sangre (monocitosis) en situaciones de infecciones crónicas de origen vírico como mononucleosis, infecciones parasitarias, enfermedades autoinmunes y reumáticas, neoplasias como la enfermedad de Hodgkin, enfermedades bacterianas como la tuberculosis y, de forma fisiológica sin que suponga una enfermedad, en recién nacidos. Por el contrario, puede producirse una disminución del número de monocitos circulantes (monocitopenia) debido a tratamientos con esteroides, síndrome de Cushing o algunos tipos de leucemia.

Los eosinófilos son un tipo de glóbulos blancos cuya función principal es proteger al organismo junto con otras células de la sangre como los basófilos en situaciones como infecciones provocadas por parásitos o alergias. Su rango normal se sitúa en valores de 0,5-4% aumentando en sangre (eosinofilia), sobre todo, en patologías como asma o alergia, enfermedades producidas por parásitos o reacciones a determinados medicamentos (Tabla 3). La disminución del número de eosinófilos en sangre (eosinopenia) aparece en situaciones como infarto agudo de miocardio, estrés o tratamiento con corticoides o adrenalina, entre otros.

Tabla 3. Principios activos asociados a eosinofilia [9]

Asociados a Eosinofilia			
Anticoagulantes	Antibióticos	Cardiovascular	Otros
Heparina sódica	Betalactámicos	IECA	AINE
Enoxaparina	Sulfamidas	Metildopa	Antineoplásicos
	Ciprofloxacino y norfloxacino	Diltiazem	Adrenalina
	Tetraciclinas (minociclina)	Espironolactona	Corticoides
	Rifampicina y etambutol	Quinidina	Alopurinol
	Nitrofurantoína	Betabloqueantes	
	Glucopéptidos		
	Antibióticos		

Los basófilos son leucocitos que ayudan al sistema inmune en situaciones de infección o inflamación. Una persona en estado fisiológico normal tiene aproximadamente un máximo de 0,2% de basófilos. Cuando se produce un aumento de estos (basofilia) podrían indicar patologías como asma, endocrinopatías como el hipotiroidismo, reacciones de hipersensibilidad o situaciones que cursen con inflamación como enfermedad de Crohn, artritis, sinusitis, entre otras. Por el contrario, la basopenia, difícilmente detectable debido a que fisiológicamente la cantidad de basófilos en sangre es baja, puede producirse en tratamientos prolongados con heparina o endocrinopatías como el hipertiroidismo.

- **Glóbulos rojos, eritrocitos o hematíes.**

Estas células sanguíneas pertenecen a la serie roja y no presentan orgánulos (ribosomas, mitocondrias o aparato de Golgi) o núcleo. En su interior se encuentra una proteína denominada hemoglobina encargada del transporte de oxígeno en el organismo. La vida media de estas células suele ser de unos 120 días. El valor normal en sangre oscila entre 4,5-6,5 y 4,5-5,5 millones/mm³ en hombres y mujeres, respectivamente. Estas cifras se ven influenciadas por factores como la edad o determinadas situaciones como la altitud. De forma fisiológica, a medida que la persona va creciendo, los niveles van disminuyendo. El aumento de los niveles de hematíes se denomina policitemia o poliglobulia, produciéndose cuando la médula ósea genera mayor cantidad de glóbulos rojos en la sangre, pudiendo provocar que la misma se espese y coagule. Por el contrario, la disminución del número de estos se conoce como eritrocitopenia [2, 10].

Valores elevados pueden estar relacionados con el tabaquismo ya que el consumo de tabaco reduce la cantidad de oxígeno en sangre y, como mecanismo de compensación, el organismo estimula la producción de glóbulos rojos. Por otra parte, vivir en zonas de altitud muy elevada también puede provocar el aumento del número de eritrocitos ya que el incremento de presión atmosférica y menor disponibilidad de oxígeno el organismo responde produciendo mayor número de glóbulos rojos (policitemia fisiológica). En pacientes con problemas cardíacos o enfermedades crónicas respiratorias como la bronquitis también puede verse aumentado el número de hematíes y, como consecuencia, el valor del hematocrito.

Niveles bajos pueden ser indicativos de anemia, hemorragias debido a reglas abundantes o sangrado excesivo tras intervenciones quirúrgicas, o enfermedades relacionadas con la médula ósea.

Hematocrito

El porcentaje de hematocrito hace referencia al porcentaje de hematíes expresados en porcentaje del volumen total de la sangre, es decir, la proporción entre los elementos que se encuentran en la sangre y el plasma. El valor medio, en general, es 45 %, en particular, un 42-52 % en hombres y un 37-47 % en mujeres. Los valores disminuyen ligeramente en ancianos y aumenta en recién nacidos [11, 12].

Niveles bajos o altos de hematocrito están relacionados directamente con un aumento o disminución del número de hematíes. Existen determinados momentos puntuales como el embarazo en los cuales puede verse afectado ligeramente el valor de hematocrito, pudiendo originar una disminución del valor del hematocrito de forma fisiológica ($\geq 33\%$) al aumentar el volumen sanguíneo. Otras situaciones patológicas como anemia, hemoglobinopatías, cirrosis, hemorragia o deficiencias alimentarias pueden provocar una disminución del valor de hematocrito.

Niveles elevados pueden ser debidos a una mayor producción de glóbulos rojos que aumenten el valor del hematocrito como en la policitemia vera. La deshidratación profunda debido a diarreas o quemaduras también puede influir aumentando el nivel de hematocrito. La enfermedad pulmonar obstructiva crónica también ocasiona un aumento del número de hematíes como respuesta fisiológica para incrementar la cantidad de oxígeno que se transporta.

Hemoglobina

Proteína ubicada en el interior de los eritrocitos, responsable del transporte de oxígeno y a la que se atribuye el color característico de la sangre.

Los glóbulos rojos presentan una concentración de hemoglobina que oscila entre 14-18 g/dL y 12-16 g/dL en hombres y mujeres, respectivamente; pudiendo aparecer alteraciones en la coloración hemática: hipocromía, hipercromía, policromasia o anisocromía. La hipocromía debido a hematíes que presentan una cantidad inferior de hemoglobina suele ser debido a anemias ferropénicas o talasemias. La hipercromía debido a la presencia de hematíes intensamente coloreados por el alto contenido en hemoglobina suele ser debido a una esferocitosis hereditaria. La policromasia se trata de una alteración en la que los hematíes presentan diversas tinciones y aparece en anemias. Por último, la anisocromía o poblaciones de hematíes con diferentes coloraciones suele darse en anemia ferropénica, refractarias o tratadas con transfusiones [2, 13].

Un aumento o disminución de la cantidad de hemoglobina puede ser provocada indirectamente por un aumento o disminución del número de eritrocito y hematocrito, respectivamente, y es indicativo de las mismas causas. No obstante, existen situaciones en la que la cantidad de hemoglobina discrepa de la cantidad de hematíes como en las talasemias, patologías caracterizadas por algún tipo de alteración en la hemoglobina impidiendo la correcta síntesis de la misma [2, 14].

En este apartado, se hace una mención especial a la anemia. Según la OMS, *“la anemia es una afección en la que el número de glóbulos rojos o la concentración de hemoglobina dentro de estos es menor de lo normal”* [15]. Se considera anemia valores de hemoglobina inferiores a 13 g/dL en el hombre, 12 g/dL en las mujeres y 11 g/dL en la embarazada. Una de las causas principales suele ser el déficit nutricional derivado de una dieta inadecuada como la falta de hierro, folato, vitaminas B12, entre otras carencias. Patologías como las hemoglobinopatías o enfermedades infecciosas (paludismo, tuberculosis, sida...) también pueden provocar anemia [16, 17].

A partir de los valores de hemoglobina, número de hematíes y hematocrito se calculan los denominados índices eritrocitarios [2, 18].

Volumen corpuscular medio (VCM)

Representa el tamaño medio de los eritrocitos. Se calcula a partir del hematocrito y del número de hematíes ($VCM = \text{Hematocrito} / \text{Hematíes}$), y se expresa en fL (femto-litro). Valor normal: 78-100 fL.

Un valor elevado indica un tamaño superior de los glóbulos rojos (macrocitosis) y es indicativo de alteraciones como déficit de ácido fólico, vitamina B12, consumo elevado de alcohol, anemias megaloblásticas o hemolíticas, y hepatopatías. La macrocitosis se considera fisiológicamente normal en un recién nacido.

Un valor bajo indica un tamaño pequeño de los glóbulos rojos (microcitosis), típico en anemias ferropénicas o debido a talasemias (alteración de la hemoglobina).

También puede darse situaciones de anisocitosis con la coexistencia de hematíes de diferentes tamaños en la misma muestra, típica en pacientes recientemente transfundidos.

Hemoglobina corpuscular media (HCM)

Representa la cantidad de hemoglobina media en un eritrocito. Se calcula a partir de los valores de hemoglobina dividido entre el número de hematíes ($HCM = \text{Hemoglobina} / \text{Hematíes}$) y se expresa en picogramos. El valor normal se sitúa en torno a 27-32 pg, y se correlaciona con el VCM; debido a ello, se encuentra alterado en las mismas situaciones.

- **Plaquetas**

Son pequeñas células sin núcleo de la sangre que tienen forma de disco ovalado encargadas de la hemostasia ya que participan en el proceso de coagulación de la sangre cerrando los vasos sanguíneos frente a posibles hemorragias. Su valor normal se encuentra en el rango $150-350 \cdot 10^3 / \text{mm}^3$.

La elevación del número de plaquetas se denomina trombocitosis con valores superiores a $350 \cdot 10^3 / \text{mm}^3$ y suele producirse en situaciones de hemorragias, esplenectomía, quemaduras, alteraciones medulares que conllevan una superproducción de plaquetas o como reacción a una enfermedad.

Por el contrario, una disminución plaquetaria inferior a $130 \cdot 10^3 / \text{mm}^3$ se conoce como trombopenia y suele deberse a factores como intoxicación farmacológica, infecciones bacterianas o víricas, situaciones en las que existe un aumento del tamaño y actividad del bazo como enfermedades hepáticas crónicas (alcoholismo) o patologías como la púrpura trombocitopénica idiopática en las que el organismo destruye sus propias plaquetas [2, 19].

También pueden aparecer alteraciones debidas a defectos en las características de las plaquetas sin que se vea alterado el número de las mismas conocidas como trombocitopatías congénitas o adquiridas. Otro tipo de alteraciones que podemos encontrar son las relacionadas con el tamaño de las plaquetas como la megatrombocitosis, microtrombocitosis o anisocitosis [19].

- **Velocidad de sedimentación (VSG)**

Los hematíes tienen una densidad ligeramente superior al resto de los componentes de la sangre y, en movimiento, presentan una carga eléctrica negativa en su membrana que origina repulsión entre ellos y que se encuentren en suspensión. Cuando la sangre se encuentra en reposo en el interior de un tubo con anticoagulante, los glóbulos rojos sedimentan debido a la fuerza de la gravedad pudiendo determinarse la velocidad de sedimentación [2, 20].

Son diversos los factores que influyen en la velocidad de sedimentación: físicos, químicos, biológicos como el embarazo en el que se mantiene elevado este parámetro desde el tercer mes de embarazo hasta 30 días después del parto, la menstruación, la edad (ancianos y niños), factores eritrocitarios o patológicos. Entre las diferentes patologías que pueden aumentar la VSG se encuentran: anemias intensas, infarto de miocardio, insuficiencia renal, inflamaciones o infecciones crónicas y agudas, mieloma, neoplasias malignas o presencia de crioglobulinas. Por el contrario, la insuficiencia cardíaca congestiva, estados anafilácticos agudos, policitemias vera, alteraciones proteicas o eritrocitarias congénitas disminuyen la VSG [20].

- **pH sanguíneo**

Los valores fisiológicos de pH en la sangre oscilan entre 7,36 y 7,44. Valores inferiores a 6,8 o superiores a 7,9 son incompatibles con la vida. Las alteraciones en los valores de pH pueden tener su origen en alteraciones respiratorias o metabólicas ya que existen mecanismos compensatorios que actúan como sistemas amortiguadores entre los desequilibrios de pH en sangre y las alteraciones respiratorias.

Se denomina alcalosis metabólica cuando el pH arterial supera un valor de 7,45 debido a un exceso de bases o pérdida excesiva de hidrogeniones siendo su principal causa la pérdida de jugos gástricos como consecuencia de vómitos repetidos, administración excesiva de diuréticos, tratamientos prolongados con corticoides, sobredosis de bicarbonato sódico para el tratamiento de úlceras pépticas o debido al aumento de la cantidad de orina en patologías como la diabetes o síndrome de Cushing. Por otra parte, la disminución del valor de pH en sangre por debajo de 7,36 se conoce como acidosis metabólica. Puede ser debida a un exceso de ácidos en sangre por un aumento de la ingesta de ácidos, una disminución de la eliminación de los ácidos por el riñón en pacientes con incapacidad para eliminarlos con insuficiencia renal grave, u originado por un exceso de eliminación de bases (bicarbonato) por alteraciones in-

testinales como diarrea o fístulas, o debido a alteraciones renales para reabsorber el bicarbonato [21].

Según Alsina y Martín-Ancel, *“el pH sanguíneo tiene un papel determinante, de manera que si es inferior a 7, se altera la deformabilidad del hematíe, incrementando su efecto sobre el aumento de la viscosidad sanguínea”* [22].

A continuación, se desglosan otros parámetros que aparecen reflejados en una bioquímica básica:

- **Glucosa**

Monosacárido principal del organismo que circula por la sangre. Su valor normal oscila entre 70-110 mg/dL en ayunas. Se usa frecuentemente en la valoración de pacientes diabéticos.

Valores elevados (glucemia) indican, por lo general, diabetes mellitus, aunque existen otras posibles causas de hiperglucemia. Si se sospecha diabetes suele solicitarse una prueba de hemoglobina glicosilada y glucosa en orina. Algunos medicamentos como los corticoides pueden aumentar los niveles de glucosa en el torrente sanguíneo, así como valores de cortisol en patologías como el Síndrome de Cushing. Las catecolaminas y la hormona del crecimiento estimulan la secreción de glucagón pudiendo provocar también hiperglucemia. Otras situaciones como infecciones o estrés agudo también pueden aumentar la glucemia desapareciendo esta al remitir dichas situaciones. Muchas mujeres presentan un grado de intolerancia a la glucosa (prueba de la capacidad de una paciente para manejar una carga de glucosa) conocida como diabetes gestacional [2, 12].

Valores bajos (hipoglucemia) pueden producirse en situaciones de ayuno prolongado, sobredosis de insulina o antidiabéticos orales, o hipotiroidismo ya que la disminución de la concentración de las hormonas tiroideas pueden provocar un descenso de los valores de glucosa en sangre. Otras patologías como la enfermedad de Adisson también pueden producir hipoglucemia ya que al disminuir los valores de cortisol, la cantidad de glucosa en sangre también desciende [2, 12].

- **Urea**

Principal residuo formado en el organismo durante el metabolismo de proteínas. Su valor normal oscila entre 10 y 40 mg/dL. Se produce en el hígado y se elimina por la orina, permitiendo evaluar el funcionamiento de los riñones. Además, permite valorar el grado de hidratación [2, 23].

Las variaciones debido a patologías son diversas. Aumenta en patologías renales (insuficiencia renal, glomerulonefritis, pielonefritis...), obstrucción de las vías urinarias debido a la presencia de piedras o tumores, aumento de la ingesta de proteínas o degradación de estas por quemaduras o fiebre, entre otras. También pueden aumentar

los valores de urea en pacientes que presentan hipovolemia por deshidratación o quemaduras, en individuos con insuficiencia cardíaca debido a la reducción de flujo sanguíneo hacia los riñones, y debido a la ingesta de fármacos como diuréticos, etambutol, pirazinamida, nicotinamida, dosis bajas de salicilatos y etanol.

Disminuye en personas con poca masa muscular, con dietas pobres en proteínas, en situaciones de malnutrición, hidratación excesiva o relacionada con patologías hepáticas graves.

- **Ácido úrico**

Producto de desecho resultante del catabolismo de las purinas, que es excretado a través de la orina. El rango normal se sitúa entre 2-7 mg/dL. Valores elevados de ácido úrico en sangre se denomina hiperuricemia, y está asociada con una serie de patologías que incluyen la gota, preeclampsia, enfermedad renal crónica, hipertensión, y otras alteraciones cardiovasculares o neurodegenerativas. También pueden verse aumentados sus valores debido a la ingesta abundante de alimentos ricos en proteínas (carnes rojas, espinacas, marisco...), debido a la existencia de un recambio celular rápido o tras la realización de ejercicio extenuante. La hiperuricemia puede producir cálculos en el riñón [2, 24].

- **Creatinina**

Compuesto orgánico derivado del metabolismo normal de los músculos, circula por la sangre y se elimina por la orina. Se utiliza para evaluar el funcionamiento de los riñones y permite valorar si existe una lesión o infección renal. El valor normal de creatinina está vinculado con la cantidad de masa muscular siendo, normalmente más elevado en hombres (0,7-1,3 mg/dL) que en mujeres (0,5-1,1 mg/dL). La creatinina se mide en miligramos por decilitro (mg/dL) [2, 25].

Niveles elevados de creatinina pueden estar relacionados con un mal funcionamiento del riñón debido a alteraciones en los mismos o en las vías urinarias como obstrucción por cálculos o incremento del tamaño de la próstata. También puede deberse a enfermedades musculares, glándula tiroides hiperactiva o debido a la deshidratación. Individuos muy musculosos pueden presentar valores más elevados que la media sin tener que estar relacionado con una patología.

Niveles inferiores de creatinina pueden ser indicativos de pérdida de masa muscular, enfermedad hepática grave o en individuos desnutridos con poca masa muscular debido a una ingesta insuficiente de proteínas en la dieta.

- **Colesterol**

Lípido que puede encontrarse en diferentes tejidos del organismo, es insoluble en agua y viaja como complejos macromoleculares, fundamentalmente LDL (70%), por

el plasma sanguíneo. Es el precursor de sustancias como vitamina D, hormonas sexuales, corticoesteroides y sales biliares; y puede ingerirse a través de alimentos de origen animal o, sintetizarse en el organismo.

Cabe destacar en este apartado las lipoproteínas plasmáticas, moléculas responsables del transporte de diferentes lípidos, esencialmente colesterol, por el torrente sanguíneo. Destacan principalmente:

- LDL (Lipoproteína de baja densidad). Transporta colesterol por la sangre llevándolos a diferentes células. El valor normal es inferior a 155 mg/dL.
- HDL (Lipoproteína de alta densidad). Función contraria a las LDL transportando colesterol desde los tejidos al hígado para que se degrade. El valor normal es superior a 35 mg/dL.

En personas sanas los valores de colesterol normal son 150-200 mg/dL. Su aumento se denomina hiperlipemia pudiendo diferenciar primaria si es debida a alteraciones congénitas, o secundaria si tiene su origen en alteraciones exógenas como dieta desequilibrada o patologías como diabetes o endocrinopatías [26].

• Triglicéridos

Constituyen un tipo de grasa formada por una molécula de glicerol y 3 ácidos grasos que circula por la sangre, funcionan como reserva energética, generador de calor metabólico y aislante térmico; y tienen su origen en la dieta (exógenos) o en el hígado (endógenos). El valor normal se sitúa entre 0-150 mg/dL [26].

Su valor aumenta en sangre con la ingesta de alimentos ricos en grasas, o debido al consumo excesivo de tabaco y alcohol. Existe un tipo de alteración con carácter hereditario, sin que se haya producido un aumento en la ingesta diaria de grasas, conocida como hipertrigliceridemia familiar [2].

• Bilirrubina

Producto del catabolismo de la hemoglobina que se almacena en la vesícula, se transporta en plasma unido a la albúmina ya que es insoluble en la sangre (bilirrubina no conjugada) y es excretada conjugada con ácido glucurónico (bilirrubina conjugada) vía biliar al tubo digestivo donde una parte es recirculada al hígado, y la otra es transformada a urobilinógeno y eliminada a través de las heces. Este parámetro se utiliza con frecuencia para valorar la función de la vía biliar y del hígado.

La concentración en individuos sanos en suero es 1 mg/dL de la cual 0,8 mg/dL corresponden a la bilirrubina conjugada, y 0,2 mg/dL a la forma no conjugada. Valores de bilirrubina más elevados de lo normal se denomina hiperbilirrubinemia y suele ser indicativo de patologías del hígado como hepatitis, en alteraciones de la vía biliar (cálculos en la vesícula), y en situaciones que cursan con hemólisis de los glóbulos rojos.

Es importante diferenciar si se trata de hiperbilirrubinemia no conjugada relacionada con situaciones de hemólisis, ictericia neonatal o procesos de conjugación en el hígado como hepatitis o enfermedad de Gilbert; o hiperbilirrubinemia conjugada en la que se producen alteraciones relacionadas con la secreción biliar o transporte de bilirrubina conjugada como el Síndrome de Ehrlich, Síndrome de Rotor o hepatitis [2, 27].

- **Transaminasas (GOT, GPT, GGT)**

La GOT (Glutamato-Oxalacetato Transaminasa, aspartato amino transferasa o ASAT) es una enzima localizada en el citoplasma y mitocondrias de las células hepáticas, y su valor plasmático oscila entre 5-34 U/L. Su concentración aumenta pudiendo alcanzar valores superiores a 3000 U en hepatitis aguda y valores más moderados en hepatitis crónicas. También se ve aumentado su valor de forma importante en infarto de miocardio, traumatismos, en necrosis de tejidos como embolia pulmonar o infarto pulmonar, y en procesos que afecten a las células musculares como la triquinosis. Es raro ver sus valores disminuidos, aunque puede ocurrir en situaciones de desaparición del parénquima hepático.

La GPT (Glutamato-Piruvato Transaminasa, alaninoamino transferasa o ALAT) es una enzima intracelular localizada en el citoplasma de las células hepáticas, y su valor plasmático normal es inferior a 55 U/L. Su concentración aumenta en las mismas situaciones que la GOT. Puede verse aumentado también en mononucleosis detectándose aumentos en la concentración de esta enzima en lesiones hepáticas moderadas mientras que para ver aumentada la concentración de GOT la lesión debe ser mayor. No obstante, sirven para reconocer si existe una patología hepática, pero es necesario valorar otros parámetros para el diagnóstico [27, 28].

La GGT (Gamma-Glutamil Transferasa) es la primera enzima que aumenta en la circulación sanguínea cuando se producen alteraciones como obstrucción en los conductos biliares debido a cálculos renales o tumores. También puede verse incrementada en patologías hepáticas como hepatitis u otras alteraciones no hepáticas como el síndrome coronario agudo.

- **Fosfatasa alcalina (ALP)**

Es una enzima hidrolasa que se encuentra en diferentes partes del organismo como el hígado, el hueso, la placenta o el intestino, y puede alterarse debido a alguna patología, pero también de manera fisiológica durante el crecimiento. Los valores normales oscilan entre 85-190 U/L en el adulto pudiendo alcanzar cifras de hasta 500 U/L en niños en la etapa de crecimiento de los huesos. Si la alteración es debida a una patología hay que determinar su origen (trastorno óseo, hepático, intestinal...).

Aumenta de forma importante en obstrucciones de la vía biliar, ictericia obstructiva, coledoclitiasis, cirrosis, hematomas o neoplasias de las vías biliares. De forma más moderada, puede aumentar en patologías relacionadas con el hueso como raquitismo o dé-

ficit de vitamina D, inflamación, infiltraciones tumorales, neoplasias óseas, enfermedad de Paget o hiperparatiroidismo. Los niveles de fosfatasa pueden aumentar también después de una fractura ósea en la etapa de recuperación del hueso, o debido al tratamiento con anticonceptivos o antiepilépticos. Por el contrario, los valores pueden verse disminuidos en la desnutrición, pacientes con hipotiroidismo o niños con retraso en el crecimiento de los huesos [2, 27, 28].

- **Albúmina**

Proteína principal de la sangre, se sintetiza en el hígado y se degrada en varios tejidos. Responsable principal del transporte de sustancias como lípidos, hormonas esteroideas, triptófano y medicamentos como la aspirina.

Su valor normal en sangre oscila entre 35-52 g/L. El aumento de su concentración se denomina hiperalbuminemia y se produce en situaciones de infecciones, traumatismos o en estados de deshidratación. Por el contrario, la hipoalbuminemia, disminución de la concentración de albúmina en plasma, puede ser indicativo de alteraciones hepáticas o renales, infecciones crónicas o malnutrición. En estados fisiológicos como el embarazo puede aumentar la concentración sin que se considere una patología al verse disminuida la concentración de proteínas por aumento del líquido total [29].

- **Hierro**

Elemento de gran relevancia en el metabolismo celular al formar parte de muchas proteínas del organismo como la hemoglobina o mioglobina, y de enzimas como las catalasas y peroxidasas.

Diariamente, el organismo necesita entre 1-4 mg de hierro que provienen de la dieta. Suelen ingerirse aproximadamente 10-30 mg diarios pero sólo entre 5-10% es absorbido ya que el hierro de los alimentos debe pasar de Fe^{3+} a Fe^{2+} (favorecido por el ácido clorhídrico) para que el organismo pueda asimilarlo correctamente. Una vez transportado al interior de la célula intestinal vuelve a pasar a la forma férrica, Fe^{3+} , y es transportado por el plasma unido a la transferrina plasmática que lo distribuye por todo el organismo. El hierro que no es utilizado por los tejidos se almacena en forma de ferritina en bazo, hígado y médula ósea.

La concentración plasmática de hierro se denomina sideremia y su valor normal oscila entre 90-140 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en el hombre y 80-120 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en la mujer. Independientemente del sexo, los valores por la noche son ligeramente inferiores respecto a la mañana. El valor también es ligeramente inferior en ancianos, y ligeramente superior en recién nacidos. Además, durante el embarazo, lactancia y menstruación se necesita aumentar la aportación de hierro en la dieta.

Los valores de sideremia, pueden verse aumentados, hipersideremia, en cualquier situación que conlleve una sobrecarga de hierro: eritropoyesis ineficaz, anemias sidero-

blásticas con una absorción intestinal excesiva, mayor liberación de hierro a la sangre como consecuencia de una hepatopatía, anemias hemolíticas debido a la destrucción de eritrocitos, transfusiones sanguíneas repetitivas (siderosis transfusional) o patologías congénitas como la hemocromatosis idiopática.

Las causas de hiposideremia, valores inferiores de sideremia, pueden ser variadas: ingesta insuficiente de hierro a través de la dieta debido al bajo consumo de productos cárnicos o elevado consumo de alimentos que dificultan la absorción del hierro como el té o maíz, malabsorción intestinal, pérdidas de hierro (sangrado abundante en la menstruación, úlcera péptica o varices esofágicas) o necesidades aumentadas mencionadas anteriormente en situaciones fisiológicas que requieren elevar la ingesta diaria normal [30].

- **Ferritina**

Forma de depósito de hierro en bazo, hígado y médula ósea, hidrosoluble en sangre, permite valorar las reservas de hierro en el organismo.

Los valores fisiológicos de ferritina en sangre, ferritinemia, están entre 32-350 ng/mL en el hombre y 13-150 ng/mL en la mujer. Pueden encontrarse valores elevados en situaciones de sobrecarga férrica como los mencionados en hipersideremia en el apartado anterior, pero también pueden ser indicativos de procesos inflamatorios crónicos o neoplásicos. Por el contrario, valores disminuidos pueden ser debidos a anemia ferropénica [30].

- **Fibrinógeno**

Glucoproteína que se encuentra en el plasma y, en menor medida, en la superficie e interior de las plaquetas. El fibrinógeno plasmático es sintetizado en el hígado y se denomina también Factor I de los factores activadores de la coagulación. El suero carece de fibrinógeno.

La concentración normal plasmática (fibrinogenemia) varía entre 200-400 mg/dL. Esta concentración aumenta en reacciones inflamatorias agudas (por ello se considera una reactante de fase aguda), situaciones de estrés, enfermedades autoinmunes, traumatismos, cardiopatías coronarias, tabaquismo, tratamientos anovulatorios y situaciones no patológicas como el embarazo. Por el contrario, puede presentarse una deficiencia debido a enfermedades hepáticas (cirrosis o hepatitis) o una deficiencia congénita como la afibrinogenemia congénita [12, 31, 32].

- **Creatin-kinasa (CK)**

Enzima transferasa localizada principalmente en el cerebro y músculo esquelético. En condiciones fisiológicas normales, los valores son inferiores a 160 U/mL y 130 U/mL en hombres y mujeres, respectivamente. Estos valores aumentan considerablemente en infarto de miocardio, y moderadamente en distrofias musculares, miopatías o accidentes cerebro-vasculares [28].

- **Calcio**

Catión más abundante en el organismo, forma parte del esqueleto en forma de hidroxapatita encontrándose principalmente en los huesos, pero también está presente en los músculos participando en la contracción muscular, y en la sangre.

El calcio ingerido en la dieta se absorbe principalmente en el duodeno. Los valores de calcio sérico se encuentran dentro de un rango estrecho de normalidad: 0,8-10,8 mg/100 mL. Valores elevados de calcio, hipercalcemia, pueden ser debidos a patologías como hiperparatiroidismo, neoplasia ósea, intoxicación por vitamina D, enfermedad de Addison, acromegalia o mieloma múltiple. Por el contrario, valores bajos de calcio, hipocalcemia, pueden ser indicativos de hipoparatiroidismo, insuficiencia renal, raquitismo, osteomalacia, deficiencia de vitamina D o mala absorción intestinal.

Durante el embarazo, lactancia, ejercicio físico intenso o crecimiento pueden aumentar las necesidades. El envejecimiento es un factor que puede disminuir la absorción de calcio necesitándose un aporte extra en la ingesta diaria en esta etapa. Esta disminución también se acentúa en mujeres en periodo de menopausia [33].

- **Sodio**

Principal catión extracelular que participa en la señal del impulso nervioso, contracción muscular, regulación del pH, presión arterial y transporte de dióxido de carbono. Los niveles plasmáticos normales se sitúan entre 135-145 mmol/L. Las alteraciones de la concentración plasmática en las que se produce un aumento de sodio se denomina hipernatremia y pueden ser debidas a una ingestión excesiva de sodio a través de la dieta, hiperaldosteronismo, quemaduras, diabetes insípida, diarrea, vómitos o hiperventilación. Por el contrario, la hiponatremia o concentración baja de sodio en sangre puede ser indicativo de patologías como insuficiencia cardiaca, enfermedades hepáticas, alteraciones gastrointestinales, quemaduras extensas, tratamiento con diuréticos o una ingesta deficiente de sodio [33].

- **Potasio**

Principal catión intracelular que se elimina principalmente por la orina y es responsable del mantenimiento del potencial de reposo, forma parte del equilibrio ácido-base, participa en el proceso de síntesis de proteínas y de glucógeno, y en la secreción de insulina. Las alteraciones de la concentración plasmática en las que se produce un aumento de potasio se denomina hiperpotasemia y pueden ser debidas a patologías como insuficiencia renal, hiperaldosteronismo, acidosis, quemaduras o ingesta elevada de potasio. Por el contrario, valores bajos de potasio en sangre o hipopotasemia pueden producirse como consecuencia de vómitos, diarrea, poliuria, alcalosis o aumento de la insulina plasmática [33].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Silva MC, García MJ. Conceptos generales sobre la sangre. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 11-7.
2. Jiménez E, Sánchez MJ, López ML. Guía básica para interpretar un análisis de sangre. 1ª ed. Roquetas de Mar: Círculo Rojo; 2011. 68 p.
3. Silva MC, García MJ. Conceptos generales sobre leucocitos. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 91-105.
4. Silva MC, García MJ. Alteraciones de los leucocitos. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 107-15.
5. Agencia española del medicamento y productos sanitarios [internet]. Madrid: Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios; 2022 [acceso 30 de marzo de 2023]. Disponible en: https://cima.aemps.es/cima/dochtml/ft/47633/FT_47633.html.
6. Silva MC, García MJ. Principales enfermedades relacionadas con los leucocitos. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 127-43.
7. Silva MC, García MJ, Núñez RJ, Prats C, Aznar JM, León A, Domínguez I, Noval JA, Ariza M, Cardesa R. Principales alteraciones de los leucocitos, vol.1. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico. Sevilla: MAD; 2010. p. 175-81.
8. Irún ÁP, Garmilla NF, Santamaría AG, Santiago RF. Neutropenia y fármacos. SEMERGEN-Medicina de Familia. 2008;34(2):91-3. doi: 10.1016/S1138-3593(08)71856-2.
9. Peña NM. A propósito de un caso de eosinofilia: manejo práctico en atención primaria. SEMERGEN-Medicina de Familia. 2012;38(5):327-30.
10. Silva MC, García MJ. Características generales de los eritrocitos, glóbulos rojos o hematíes. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 41-9.
11. Silva MC, García MJ. Índices hemáticos y frotis sanguíneo. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 27-39.
12. Pagana K, Pagana T. Biometría hemática. En: Morales JL, editor. Laboratorio clínico, indicaciones e interpretaciones de resultados. México DF: Manual Moderno; 2015. p. 39-104.
13. Silva MC, García MJ. Alteraciones de los hematíes. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 51-6.
14. Silva MC, García MJ. Hemoglobina. En: Silva MC, García MJ, editores. Laboratorio de hematología. Sevilla: MAD; 2006. p. 57-89.
15. Organización Mundial de la Salud [internet]. Madrid: Anemia; 2023 [acceso 30 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.who.int/es/health-topics/anaemia#tab=tab_1.
16. Llanos MJG, Zamudio JLG, de los Reyes-García ML. Significado de la anemia en las diferentes etapas de la vida. Enfermería Global. 2016;15(3):407-30.

17. Espitia F, Orozco L. Anemia en el embarazo, un problema de salud que puede prevenirse. *Médicas Uis*. 2013;26(3):45-50.
18. Torrens M. Interpretación clínica del hemograma. *Revista médica clínica las Condes*. 2015;26(6):713-25. doi: 10.1016/j.rmclc.2015.11.001.
19. Silva MC, García MJ. Generalidades sobre las plaquetas. En: Silva MC, García MJ, editores. *Laboratorio de hematología*. Sevilla: MAD; 2006. p. 145-54.
20. Silva MC, García MJ. Velocidad de sedimentación globular. En: Silva MC, García MJ, editores. *Laboratorio de hematología*. Sevilla: MAD; 2006. p. 19-26.
21. Silva MC, García MJ, Núñez RJ, Prats C, Aznar JM, León A, Domínguez I, Noval JA, Ariza M, Cardesa R. Determinación analítica del pH en sangre y orina, vol. 1. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. *Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico*. Sevilla: MAD; 2010. p. 478-92.
22. Alsina M, Martín-Ancel A. Policitemia en el recién nacido. *An Pediatr Contin*. 2012;10(3):135-41.
23. Redacción médica [internet]. Madrid: Urea en sangre; 2004 [acceso 31 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.redaccionmedica.com/recursos-salud/diccionario-enfermedades/urea-en-sangre>.
24. Carvajal C. Revisión bibliográfica el ácido úrico: de la gota y otros males. [internet]. Costa Rica: Asociación Costarricense de Medicina Legal y Disciplinas Afines; 2016 [acceso 1 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v33n1/2215-5287-mlcr-33-01-00182.pdf>
25. UC San Diego Health [internet]. San Diego: UC San Diego Health; 2022 [acceso 31 de marzo de 2023]. Disponible en: https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/167,-creatinine_serum_ES.
26. Silva MC, García MJ, Núñez RJ, Prats C, Aznar JM, León A, Domínguez I, Noval JA, Ariza M, Cardesa R. Lipoproteínas plasmáticas, vol. 1. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. *Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico*. Sevilla: MAD; 2010. p. 513-27.
27. García MJ, Colom MF, Pérez E, Inés A. Enzimas hepáticas, vol.2. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. *Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico*. Sevilla: MAD; 2010. p. 515-34.
28. García MJ, Colom MF, Pérez E, Inés A. Determinación de enzimas por el laboratorio, vol.2. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. *Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico*. Sevilla: MAD; 2010. p. 509-14.
29. Silva MC, García MJ, Núñez RJ, Prats C, Aznar JM, León A, Domínguez I, Noval JA, Ariza M, Cardesa R. Proteínas plasmáticas, vol. 1. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. *Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico*. Sevilla: MAD; 2010. p. 493-512.
30. Rubio F, García B, Carrasco M. Hierro. En: de la Fuente CM, García C, editores. *Fundamentos y Técnicas de Análisis Hematológicos y Citológicos*. Sevilla: MAD; 2010. p. 107-15.

31. Rubio F, García B, Carrasco M. Factores de la coagulación. En: de la Fuente CM, García C, editores. Fundamentos y Técnicas de Análisis Hematológicos y Citológicos. Sevilla: MAD; 2010. p. 299-308.
32. Rubio F, García B, Carrasco M. Pruebas que investigan la coagulación. En: de la Fuente CM, García C, editores. Fundamentos y Técnicas de Análisis Hematológicos y Citológicos. Sevilla: MAD; 2010. p. 337-66.
33. Silva MC, García MJ, Núñez RJ, Prats C, Aznar JM, León A, Domínguez I, Noval JA, Ariza M, Cardesa R. Ionograma, vol. 1. 2ª edición. En: Editorial MAD, editores. Técnico Superior en Laboratorio de Diagnóstico Clínico. Sevilla: MAD; 2010. p. 528-43.

