

## ERITROCITOS

Constituyen el componente celular más abundante de la sangre. Carecen de núcleo y organelas citoplasmática estructura que han sido sustituidas por hemoglobina.

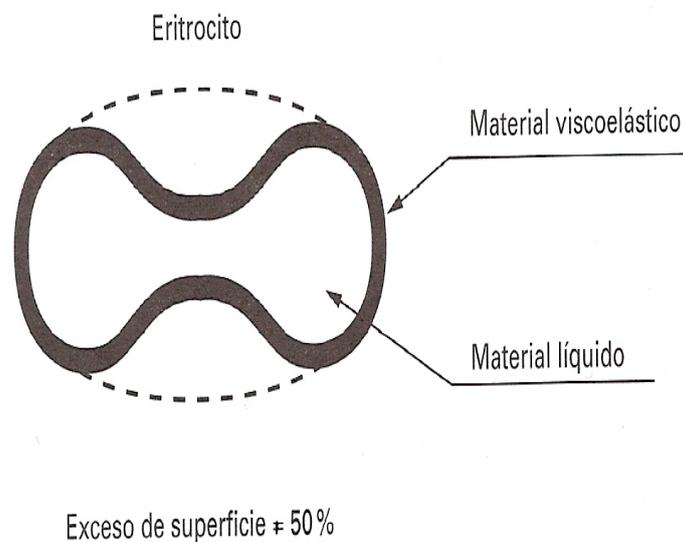
Tiene la forma de un disco circular elástico, bicóncavo, eosinófilo que tiene un color rojizo a rosado.

Mediante la unión química al eritrocito lleva el oxígeno y dióxido de carbono de los pulmones y los distribuye a través de los capilares.

El eritrocito tiene un diámetro medio de 7,2  $\mu\text{m}$  y un grosor de 2,1  $\mu\text{m}$  y de 80-100 fL de volumen. El tiempo de vida del eritrocito es de 80-120 días.

La parte periférica del eritrocito es más intensa en color mientras que la parte central es más clara.

La membrana del eritrocito contiene constituyentes del grupo sanguíneo y otros factores relacionados con la hemólisis y la aglutinación.



### MEMBRANA ERITROCITARIA:

Una membrana intacta normal es absolutamente esencial para la función normal del eritrocito y su supervivencia. Hay anomalías heredadas o adquiridas en la membrana, en la estructura de la membrana o en su composición, las cuales pueden producir anemia grave.

Los estudios de circulación sanguínea han determinado que el eritrocito que mide 7  $\mu\text{m}$  debe ser un corpúsculo flexible deformable para poder escurrirse a través de las pequeñísimas fenestraciones de 3  $\mu\text{m}$  de los capilares del bazo.

La deformabilidad de la célula no es solo una propiedad de la membrana del eritrocito sino también del contenido líquido de la célula, principalmente hemoglobina. Dicha deformabilidad reversible de la membrana sucede cuando la célula cambia de forma geométrica, pero el área de superficie se mantiene constante. Cualquier disminución de la deformabilidad de la membrana o en la fluidez del contenido resulta en una disminución de la deformabilidad eritrocitaria. En consecuencia la célula se ve atrapada en los cordones esplénicos y es destruida por los macrófagos. La deformabilidad disminuida también lleva a la fragmentación de la célula bajo la presión normal de la circulación.

## **COMPOSICIÓN DE LA MEMBRANA:**

La membrana eritrocitaria es un complejo proteínico bifosfolípido compuesto por 52% de proteína, 40 % de lípidos y 8% de carbohidratos. Esta estructura química y su composición controlan las funciones de transporte y flexibilidad de la membrana y determina las propiedades antigénicas de ella. Cualquier defecto en la estructura o alteración en la composición química logra alterar alguna o todas las funciones y provocar la muerte prematura celular. Los eritrocitos maduros carecen de organelos celulares (núcleo y mitocondria) y de las enzimas necesarias para sintetizar nuevos lípidos y proteínas por tanto el daño extenso de la membrana es imposible repararlo y la célula lesionada será seleccionada (extraída) y removida de la circulación por el bazo.

## **COMPOSICIÓN LÍPIDA:**

### **1.- Lípidos**

- a) Colesterol no esterificado
- b) Fosfolípidos
  - Cefalina
  - Lecitina
  - Esfingomielina
  - Fosfatidilserina

- c) Glucolípidos

### **2.- Proteínas**

- a) Proteínas integrales
  - Glucosforinas A, B, C
  - Banda 3
- b) Proteínas periféricas
  - Espectrina
  - Actina
  - Anquirina (banda 2.1)
  - Banda 4.2
  - Banda 4.1
  - Aducina

Banda 4.9 (dematina)  
Tropomiosina

## **METABOLISMO DEL ERITROCITO:**

### **1.-Vía metabólica:**

Vía Embden- Meyerhof

### **2.- Función:**

Proporciona ATP Par la regulación de la concentración intracelular de cationes (Na, K, Ca, Mg) a través de bombas de cationes.

### **1.- Vía metabólica:**

Ciclo de la hexosa- monofosfato

### **2.- Función:**

Proporciona NADPH y glutatión para reducir oxidantes celulares.

### **1.- Vía Metabólica:**

Rapaport-Leubering

### **2.- Función:**

Forma 2,3 BPG el cual facilita la liberación de oxígeno a los tejidos

### **1.- Vía Metabólica:**

Metahemoglobina reductasa

### **2.- Función**

Protege a la hemoglobina de la oxidación vía NADH y metahemoglobina reductasa.

## **SUSTANCIAS QUE SE PRECISAN PARA LA FORMACIÓN DE LOS ERITROCITOS**

La descripción anterior constituye- un resumen morfológico bien definido de la secuencia de maduración típica normal. Bioquímicamente se precisa de Hierro, Cobre, Proteínas, Cobalto y Vitaminas para que se formen los eritrocitos normales.

**HIERRO:** Ayuda a la formación de la hemoglobina normalmente en una concentración de 3 a 5g. .

La administración de hierro produce una elevación de la hemoglobina y un aumento del número de reticulocitos y eritrocitos.

**COBRE:** Se encuentra en cantidades mínimas como ceruloplasmina sérica circulante y cobre unido al eritrocito denominado eritrocupreína.

Su papel en la eritropoyesis normal del hombre está en relación con la deficiente biosíntesis de la hemoglobina, por imperfecta absorción de Hierro, de una transferencia defectuosa del hierro, o un fallo de los normoblastos en la utilización del hierro para la síntesis de hemoglobina. La eritrocupreína se eleva cuando hay una deficiencia férrica.

**PROTEÍNAS:** Es importante en las eritropoyesis especialmente en la producción de Hemoglobina.

**COBALTO:** Se halla incorporado a la Vitamina B12 y de esta forma está asociado a la eritropoyesis. Sin embargo la disminución o deficiencia de Cobalto no produce por si solo una discrasia sanguínea.

**VITAMINAS:** Los componentes del complejo vitamínico B y probablemente la Vitamina C están relacionados con la formación adecuada de eritrocitos. Las deficiencias de Ácido Fólico y B originan una eritropoyesis anómala. (Anemias macrocíticas).

Vitamina B6 esta asociada a ciertas anemias hipocromas microcíticas. Vitamina C interviene en la formación de los hematíes.

### **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS CAUSAS DE AUMENTO:**

**ESPÚREAS:** Se pueden producir falsos aumentos del número de Hematíes en las situaciones en las que existe una disminución del volumen plasmático (hemoconcentración) tal como ocurre en los casos de deshidratación, grandes quemados, vómito o diarreas persistentes y acidosis.

**PRIMITIVAS:** La Poliglobulia primitiva o Policitemia Vera es una forma de síndrome mieloproliferativo no va acompañada de cifras de eritropoyetina altas en sangre. No tiene un efecto compensatorio, sino que se trata de una patología de origen tumoral que afecta especialmente a la serie roja de la sangre.

**HIPÓXICAS:** Otro gran cuerpo de poliglobulias son las secundarias a hipoxia exógena o endógena. El primer caso se da en personas que viven a grandes alturas sobre el nivel del mar.

El segundo, tiene que ver con la existencia de hemoglobinopatías o enfermedades cardiopulmonares con disminución de la ventilación, la perfusión o la difusión del Oxígeno.

**SINTOMÁTICAS NO COMPENSADORAS:** Las poliglobulias no compensadoras son debidas a patologías renales o tienen un origen paraneoplásico relacionado con hemoglobinoblastomas del cerebelo, adenomas suprarrenales, hepatocarcinomas o tumores de cualquier otra localización. Suelen deberse a un aumento de secreción de eritropoyetina.

### **CAUSAS DE DISMINUCIÓN:**

**ESPÚREAS:** Son falsos descensos del número de hematíes como consecuencia de aumentos en el volumen plasmático es una situación habitual en la mujer gestante.

Cuando exista crioaglutinación es posible que el auto-analizador informe erróneamente de bajos recuentos de eritrocitos como consecuencia del

agrupamiento, en forma de dobletes o tripletes, que se producen a temperatura ambiente.

También es posible que se produzcan cifras erróneamente baja de hematíes cuando existe fragmentación de los hematíes, ya que entonces no son contabilizados como tales por ciertos analizadores.

**POR DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN:** Es un problema que puede darse como consecuencia de una falta de precursores en la médula ósea, cuando existe un defecto de la eritropoyesis (en las hemoglobinopatías y en los casos de ferropenia, falta de vitamina B12 o de ácido fólico) o en situaciones responsable de mecanismos fisiopatológicos mixtos (enfermedades crónicas o insuficiencia renal).

En estos casos existe una disminución del número de reticulocitos en sangre lo que traduce la incapacidad de elevar la producción roja a pesar de la anemia.

**POR AUMENTO DE LA DESTRUCCIÓN:** Es una circunstancia que surge cuando se produce una pérdida de sangre importante (hemorragias agudas o crónicas) o en casos de hemólisis.

Esta puede deberse a anomalías del propio glóbulo rojo (tal y como ocurre en las hemoglobinopatías, cuando existe un déficit enzimático eritrocitario o padece alguna anomalía de la membrana; pero también es posible que la hemolisis obedezca a un problema de tipo inmune, o que responda a una causa de tipo mecánico tóxico o parasitario).

El aumento del número de reticulocitos debe hacernos sospechar que la causa de un bajo recuento de hematíes está provocada por un aumento de su destrucción y no a una disminución de su producción.

### **RECuento CELULAR SANGUÍNEO (RCS)**



Se conoce como recuento celular sanguíneo (RCS) a la determinación de la concentración de células presentes en la sangre circulante (eritrocitos, leucocitos, plaquetas y eventualmente reticulocitos). De acuerdo con el SI de unidades, los valores de ésta determinación se expresan como concentración de número por mm cúbico de sangre. El recuento celular sanguíneo en cámara cuenta glóbulos constituye el método de referencia internacional de recuento de leucocitos y plaquetas siempre que se sigan las recomendaciones del ICSH (Internacional Committee for Standardization in Haematology).

Este método se basa en la dilución de la sangre total capilar o venosa (tratada con EDTA) con una pipeta graduada (pipeta dilutora) y el recuento de las células mediante el hemocitómetro y un microscopio óptico convencional. Para calcular el valor final del recuento no se requiere memorizar fórmula alguna, sino solo recordar 3 datos:

- 1.-Enrase efectuado (con lo que sabremos la dilución.)
- 2.-El área de la superficie contada.
- 3.-La altura de la cámara utilizada.

## **RECUESTO DE ERITROCITOS**

Los procedimientos generales de recuento de eritrocitos incluyen la aspiración de una cantidad muy exacta de sangre en una pipeta escrupulosamente limpia. A continuación se diluye hasta una determinada señal la misma pipeta con un líquido que es anticoagulante e isotónico respecto a los eritrocitos. Después de efectuar la adecuada mezcla, la solución resultante se coloca en una cámara de recuento muy limpia (hemocitómetro) y se cubre con un cubreobjetos estandarizado ópticamente plano y limpio. La cantidad de eritrocitos se cuenta sobre la platina de un microscopio de luz.

## **HEMOCITÓMETRO O CÁMARA CUENTA GLÓBULOS**

Es un instrumento de vidrio compuesto por dos cámaras de recuento separadas por un surco horizontal y limitadas a cada lado por un canal vertical. El mejor modo de mantenerlos limpios es con agua, secarlos con un paño blando y guardarlos en alcohol absoluto, cuando se va a utilizar se secan cuidadosamente con un paño blando.

## **PIPETAS DILUTORAS**

Son de vidrio tubulares y su calibración es muy cuidadosa. Si se precisa pueden calibrarse por métodos gravimétricos o colorimétricos.

La sangre aspirada hasta la señal 0.5 y diluida hasta la señal 101 hace una dilución de 0.5 partes en 100 (o sea 1:200) en la zona de la ampolla de la pipeta, porque el contenido libre de las células de la parte capilar no participa en el proceso de dilución.

## LIQUIDO DE DILUCIÓN

Existen diversos tipos de líquidos de dilución utilizados en el laboratorio. Los más comunes son los líquidos de Gower y de Hayem.

## TÉCNICA DE RECUENTO DE ERITROCITOS

1. Se mantiene horizontalmente la pipeta y se introduce una muestra de sangre en la misma exactamente hasta la señal 0,5. Un exceso de sangre se puede reducir hasta que descienda a la señal 0.5 tocando ligeramente el extremo de la pipeta con el dedo. Es preciso eliminar cualquier resto de sangre que esté por fuera de la pipeta.
2. La pipeta se coloca inclinada ( $45^\circ$ ) y se gira ligeramente a medida que se llena hasta cerca de la señal 101. A continuación se coloca verticalmente y se termina de llenar con el líquido de dilución hasta la señal 101.



3. Se quita con cuidado el tubo de aspiración de goma y la pipeta se sujete entre el dedo pulgar y medio colocado en ambos extremos, sometiéndola a una agitación horizontal e inclinada durante 2 a 3 minutos. Más cómodo resulta obturar los extremos con unos tapones de goma y colocarla en un agitador; a tal fin sirve la perla de vidrio situada en la ampolla de la pipeta, que facilita una mezcla fácil, y rápida de la solución con la muestra de sangre.
4. Después de la agitación, se desprecian las 4 a 8 primeras gotas de cada pipeta para eliminar el líquido del capilar que no contiene hematíes. A continuación se carga el hemocitómetro.
5. Se coloca el cubreobjetos exactamente encima de las cámaras de recuento. La pipeta, parcialmente vacía, se sujeta como si fuese un lápiz. Mediante el dedo índice se controla el flujo de líquido colocándolo en el extremo próximo a la ampolla; el extremo de la pipeta se coloca en el borde que une el cubreobjetos y la cámara. Se disminuye la presión del dedo índice y el líquido pasa entre el cubreobjetos y el hemocitómetro por atracción capilar hasta que se llena la cámara. No debe haber burbujas y los surcos adyacentes no deben contener líquido.

6. Se coloca el hemocitómetro en la platina del microscopio y se deja 3 minutos para que las células se distribuyan. Utilizando un objetivo de 10 x se localiza el cuadrado grande central y se comprueba que las células estén uniformemente distribuidas. Después se pasa al objetivo de 40 x y con la luz reducida se cuentan las células en 5 de los 25 cuadrados pequeños situados en el gran cuadrado central; es decir, los 4 cuadrados pequeños externos y uno central. Como cada cuadrado pequeño está limitado por dobles líneas (en el rayado modificado de Neubauer) y cada uno contiene 16 cuadrados más pequeños, se cuenta un total de 80 cuadrados más pequeños. Las células que están situadas tocando las líneas que limitan los bordes superior e izquierdo de cada cuadrado más pequeño se incluyen en el recuento y se excluyen las de los límites inferior y derecho. Se comienza a contar por el cuadrado pequeño superior izquierdo externo y a continuación el superior derecho externo, el inferior derecho externo, el inferior izquierdo externo y finalmente el central. En los 16 cuadrados más pequeños que contienen los cuadrados menores, se inicia el recuento de izquierda a derecha contando los cuatro primeros cuadrados pequeños, y luego de derecha a izquierda los cuatro cuadrados de la línea inferior, y así sucesivamente. Se anota por separado el número de los hematíes de cada grupo de 16 cuadrados y se suman los resultados.

**Cálculo y transcripción de los resultados.** El recuento eritrocitario total sólo se calcula exactamente cuándo se tienen en cuenta las dimensiones del espacio hemocitómetro-cubreobjetos y las diluciones de la pipeta. Es decir, que se calcula mejor el número de hematíes por milímetro cúbico de sangre cuando se tienen en cuenta el área contada, la profundidad de la cámara y la dilución, según la fórmula siguiente:

$$\text{ERITROCITOS: } \frac{\text{Número de eritrocitos contados} \times 400 \times 200 \times 10}{80}$$

Área total de la cámara: 400 Dilución: 200

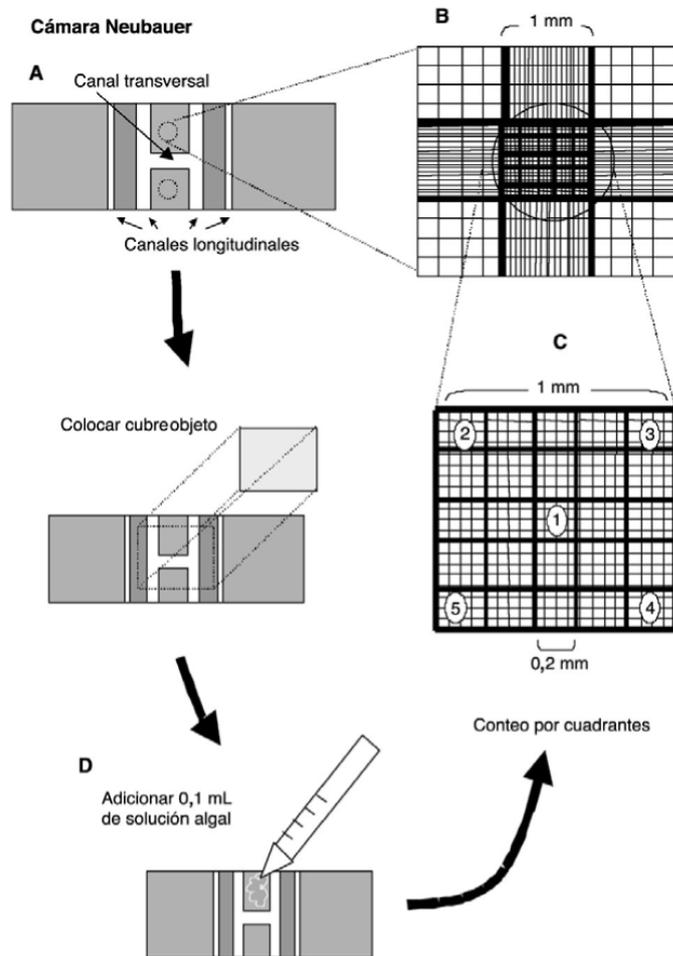
Profundidad o altura de la cámara: 10 Área contada: 80

**ERITROCITOS x mm cúbico:** Número de eritrocitos contados x 10.000

**REPORTE:** Eritrocitos en millones x mm cúbico de sangre total

Si el paciente está muy anémico o si se han contado menos de 400 células debe disminuirse la dilución hasta 1:100 llenando la pipeta con sangre hasta la señal 1,0 en lugar de hasta la señal 0,5.

Si el paciente está intensamente policitémico o se han contado más de 600 células, debe aumentarse la dilución de la sangre hasta 1:500 o 1:333 llenando la pipeta con sangre hasta la señal 0,2 o 0,3 respectivamente.



## VALORES DE REFERENCIA

El número normal de hematíes es de 4,5 a 6 millones  $\times$  mm<sup>3</sup> en el hombre y 4,2 a 5 millones  $\times$  mm<sup>3</sup> en la mujer, y de 4 a 5,8 millones  $\times$  mm<sup>3</sup> en los niños hasta los 3 años de edad y 4 a 5,2 millones  $\times$  mm<sup>3</sup> en los niños mayores.

**Fuentes de error.** Las fuentes de error al efectuar el recuento de eritrocitos provienen del material, del método y del campo microscópico.

### Errores debidos al material.

- 1) Es preciso desechar las pipetas rotas cuyos extremos estén astillados.
- 2) Las señales de las pipetas no deben ser oscuras.
- 3) Son motivo de error las pipetas mal calibradas o los cubreobjetos que no sean óptimamente planos.
- 4) También pueden originar errores el hemocitómetro o cubreobjetos mal calibrado, roto o sudo de polvo o aceite. Después de cada recuento, deben lavarse con agua, ser secados con un paño blando y colocado en alcohol absoluto, para secarlos de nuevo antes de usarlos.

- 5) Una pipeta sucia o húmeda puede dar lugar a hemolisis de los hematíes y mezclarse con restos de partículas o de otros hematíes. La pipeta debe lavarse tres o cuatro veces mediante una bomba de succión con agua, alcohol y éter, por este orden, y pasarle aire después del éter hasta que su interior esté limpio y seco. Cualquier coágulo de sangre que quede en la pipeta debe humedecerse durante doce horas en agua o HCl y después eliminarlo mediante un hilo fino flexible.

### **Errores del método.**

- 1) Una presión excesiva sobre el dedo o pabellón auricular del paciente da lugar a un error de dilución.
- 2) También es motivo de error una cianosis intensa o edema de la zona de punción venosa o capilar.
- 3) La aplicación del torniquete durante mucho tiempo puede producir una estasis de la sangre venosa.
- 4) La aglutinación o conglutinación de los eritrocitos puede ser debida a un retraso en efectuar la dilución o a la mezcla con el anticoagulante.
- 5) El llenado incorrecto o irregular de la pipeta o de la cámara de recuento puede dar lugar a un error de dilución y del cálculo final. Muchos técnicos de laboratorio han observado que esta causa de error puede obviarse despreciando las cuatro primeras gotas de la pipeta antes de llenar la cámara de recuento.
- 6) Falta de limpieza del extremo de la pipeta.
- 7) Mezcla inadecuada de la pipeta.
- 8) Contar dos veces la misma célula o no contar el número suficiente de células (es decir, error por duplicación o por omisión).
- 9) Evaporación de líquido en la cámara de recuento. Puede haber también un error en el cálculo, en otras palabras, una equivocación al considerar la dilución o la extensión del área con cada.

### **Errores del campo**

- 1) Son debidos a la distribución de las células en la cámara de recuento a causa de que su distribución se realiza al azar en las diferentes partes de la cámara. Es una parte del método que no puede eliminarse. Este error se reduce si se cuenta un gran número de células. Como la equivocación se debe a la distribución de celular, varia con la raíz cuadrada del número de células contadas. Debido que el error aumenta en proporción menor que el número de células contadas, el porcentaje de error de los recuentos de hematíes disminuye con el aumento del número de células contadas. La combinación del error del campo y del error del método asciende al 7-11 %; por lo tanto, un margen normal sería más o menos del 7 al 11% de 5 millones de hematíes por mm.