



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ATLAS DE TEJIDO SANGUÍNEO, PRESENTACIÓN EN  
TERCERA DIMENSIÓN.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

**MIRNA TEJEDA PARRA**

**TUTORA: DRA. SANTA PONCE BRAVO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*AGRADECIMIENTOS.*

*Gracias a Dios por haberme permitido realizar mis sueños.*

*A mis padres Marina Parra Prestegui y Navor Hernández Bernal por haberme dado la vida y dejarme existir.*

*A mi madre por el amor, la paciencia y la dedicación que ha tenido con nosotros enseñándonos que siempre hay que luchar por nuestros sueños, porque siempre de una o de otra forma me ahí apoyado y ahí sacrificado muchas cosas para darnos siempre lo mejor pero sobre todo por confiar en mí.*

*A Francisco Javier Santos; por apoyarme incondicionalmente sin tener ninguna obligación, olvidándose de sus sueños, para hacer realidad los nuestros.*

*Gracias a la Dra. Santa Ponce Bravo y al Dr. Israel Morales por habernos enseñado que todo se puede con responsabilidad pero sobre todo por apoyarnos y confiar en nosotros.*

*A todos y cada uno de mis Doctores, que en el transcurso de mi formación académica; me han dejado enseñanzas que nunca olvidare.*

*Gracias a mis hermanos; Alma, Merry y Rodrigo por quererme y soportarme durante mis ratos de estrés pero sobre todo porque siempre han estado conmigo para apoyarme en los momentos difíciles. Gracias por ser parte de mi vida.*

*A mis hermanos Gil, Rigo, Ale, Alexis, Yeni y Yari por ser parte de mi vida y dejarme ser parte de la suya, aceptándome sin ninguna condición.*

*A mis tíos y primos por creer y confiar en mí, muy en especial a Javier Hernández A. por el apoyo que me diste para cumplir mi sueño.*

*A Olivia, Alejandro, Jorge y Miriam; por compartir grandes momentos de nuestras vidas, por apoyarme y tener siempre una palabra de aliento cuando más la necesite, ojala que nuestras vidas siempre tengan un camino que haga encontrarnos.*

*A Karina y Samanta que aunque nos encontramos un poco tarde, creo que hemos hecho buenas migas, espero que continuemos así.*

*A Selene, Claudia, Amanda, Leslie, Alma y Alejandro por apoyarme en un momento muy difícil de mi vida, gracias por su amistad.*

*Gracias a Abraham Mendoza Quintanilla y Emmanuel Vázquez García por el apoyo brindado para efectuar nuestra presentación y sobre todo por aguantar los ratos de estrés que esto les provocaba.*

*A todas y cada una de las personas que de una o de otra forma me apoyaron y creyeron en mí.*

*Gracias también a esas personitas que siempre me apoyaron y que por una u otra causa ya no están conmigo.*

*GRACIAS.*

*Dios hizo a los ríos fluir  
Y de fluir no dejan.  
Jamás se cansan  
Vuelan con, presteza como los pájaros  
Que la corriente de mi vida  
Fluya en el río de la rectitud  
Y deshaga las ataduras del miedo si las tengo.  
Que el hilo de mi canción de Amor y Felicidad  
No se corte mientras canto y  
Que mi trabajo no cese antes de estar completo.*

*Rig Veda, 11, 28.*

## ÍNDICE.

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	MARCO TEÓRICO.....	3
1.	Generalidades de sangre. ....	3
1.1.	Definición. ....	4
1.2.	Células sanguíneas. ....	4
1.3.	Funciones sanguíneas. ....	6
1.4.	Hematocrito. ....	7
1.5.	Frotis sanguíneo. ....	8
2.	PLASMA SANGUÍNEO. ....	10
2.1.	Proteínas plasmáticas. ....	10
3.	ERITROCITOS. ....	13
4.	LEUCOCITOS. ....	19
4.1.	LEUCOCITOS GRANULARES. ....	22
4.1.1	NEUTRÓFILOS. ....	22
4.1.2	EOSINÓFILOS. ....	31
4.1.3	BASÓFILOS. ....	35
4.2.	LEUCOCITOS NO GRANULARES. ....	40
4.2.1	LINFOCITOS T y B. ....	40
4.2.2	CELULAS PLASMÁTICAS. ....	51
4.2.3	INMUNOGLOBULINAS (ANTICUERPOS). ....	53
4.3.	CELULAS NK (ASESINAS NATURALES). ....	58
4.4.	MONOCITOS. ....	62
4.5.	CÉLULAS CEBADAS. ....	66
5.	PLAQUETAS. ....	71
III.	CONCLUSIONES.....	77
IV.	ANEXO DE IMÁGENES EN TERCERA DIMENSIÓN. ....	79
V.	BIBLIOGRAFIA. ....	85

---

**ÍNDICE DE IMÁGENES.**

**Fig. 1.** Diagrama que explica el proceso de diferenciación celular

(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**Fig. 2.** Diagrama de flujo que explica los pasos de diferenciación de los distintos tipos

celulares y sus células finales. (Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**Fig. 3.** Esquema de los distintos elementos formes de la sangre.

(Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 02/03/08)

**Fig. 4.** Imágenes de las diferentes células sanguíneas diferenciadas.

(Tomada de [www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) el 02/03/08)

**Fig. 5.** Esquema del proceso de sedimentación, en donde se separan los diferentes

elementos de la sangre y el plasma. (Tomada de [www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) el 02/03/08)

**Fig. 6.** Porcentaje celular presente en el hematocrito

(Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 02/03/08)

**Fig. 7.** Características de los eritrocitos, morfología y funciones.

(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**Fig. 8.** Imágenes de eritrocitos, en los que se aprecia la forma bicóncava y la forma de

apilarse. (Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 07/03/08)

**Fig. 9.** Frotis de sangre. (Tomada de [www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) el 07/03/08)

**Fig. 10.** Imagen de un vaso sanguíneo, en donde se puede apreciar a los eritrocitos en el

flujo sanguíneo. (Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 09/03/08)

**Fig. 11.** Microfotografía de microscopía electrónica de barrido (x7000) de eritrocitos.

(Tomada de <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy02/globulos.jpg> tomada el 07/03/08)

**Fig. 12.** Trayecto de los glóbulos rojos dentro de los vasos sanguíneos.

(Tomada de [www.anatomiahumana.ucv.cl](http://www.anatomiahumana.ucv.cl) el 07/03/08)

**Fig. 13.** Esquema de la conformación de la hemoglobina.

(Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 09/03/08)

**Fig. 14.** Tipos celulares que conforman la serie blanca de la sangre.

(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) 09/03/08)

**Fig. 15.** Imágenes de leucocitos polimorfonucleares de tipo neutrófilo y basófilo, así como de

un macrófago. (Tomada de [cienciaincierta.blog.com.es](http://cienciaincierta.blog.com.es) el 07/03/08)

**Fig. 16.** Diagrama de flujo en donde se identifican las características morfológicas y

funciones de los neutrófilos. (Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**Fig. 17.** Esquema de un leucocito polimorfonuclear (PMN) tipo neutrófilo, en donde se

aprecia el núcleo trilobular. (Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 09/03/08)

**Fig. 18.** Leucocitos PMN tipo neutrófilo con sus núcleos lobulados.

(Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 09/03/08)

**Fig. 19.** Imagen diseñada en tercera dimensión de un neutrófilo.

**Fig. 20.** Imagen de un neutrófilo en el que se aprecia el corpúsculo de Barr.

(Tomado de [www.histopat.es](http://www.histopat.es) el 08/03/08)

**Fig. 21.** Neutrófilos multilobulados en un frotis sanguíneo.

(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 07/03/08)

**Fig. 22.** Imagen de MET en donde se puede observar los dos lóbulos nucleares y los gránulos azurófilos. (Tomada de [conganat.uninet.edu](http://conganat.uninet.edu) el 07/03/08)

**Fig. 23.** Respuesta quimiotáctica a estímulos inflamatorios.

(Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 09/03/08)

**Fig. 24.** Neutrófilo en proceso de fagocitosis.

(Tomada de [www.medwave.cl](http://www.medwave.cl) el 09/03/08)

**Fig. 25.** Vías para la liberación de histamina en las reacciones inflamatorias no específicas.

(Tomada de [www.drscope.com](http://www.drscope.com) el 09/03/08)

**Fig. 26.** Adherencia de bacterias vía receptores.

(Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 09/03/08)

**Fig. 27.** Características morfológicas, ultraestructurales y funciones del eosinófilo. (Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**Fig. 28.** Imagen de un eosinófilo.

(Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 09/03/08)

**Fig. 29.** Imagen histológica de un eosinófilo en donde se aprecian sus gránulos y la forma lobulada de su núcleo. (Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 09/03/08)

**Fig. 30.** Imagen diseñada en tercera dimensión de un eosinófilo.

**Fig. 31.** Diagrama de las características de un basófilo.

(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**Fig. 32.** Imagen de un Basófilo realizado en tercera dimensión.

**Fig. 33.** Imagen histológica de un leucocito basófilo con sus gránulos basófilos. (Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 09/03/08)

**Fig. 34.** Frotis sanguíneo en donde se aprecian los eritrocitos y basófilos.

(Tomada de [www.gechem.org](http://www.gechem.org) el 10/03/08)

**Fig. 35.** Imagen histológica de un Basófilo.

(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 10/03/08)

**Fig. 36.** Leucocitos no granulocitos del tipo linfocitos.

(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 10/03/08)

**Fig. 37.** Linfocito (Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 10/03/08)

**Fig. 38.** Linfocito T (Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 10/03/08)



---

**Fig. 39.** Linfocito T, con un fibroblasto. (Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 10/03/08)

**Fig. 40.** Imagen elaborado en 3D con la transformación de un linfocito B en célula plasmática.

**Fig.41.** Imagen de un glóbulo blanco.

(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 12/03/08)

**Fig. 42.** Imagen de un Linfocito T. (Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 12/03/08)

**Fig. 43.** Linfocito T. (Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 12/03/08)

**Fig. 44.** Esquema de la diferenciación de los Linfocitos. (Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 12/03/08)

**Fig. 45.** Linfocito B. (Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 12/03/08)

**Fig. 46.** Linfocito B. (Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 12/03/08)

**Fig. 47.** Activación de un Linfocito B a una célula plasmática.

(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 21/03/08)

**Fig. 48.** Diagrama de la activación de la célula plasmática.

(Tomada de el [medtempus.com](http://medtempus.com) el15/03/08)

**Fig. 49.** Esquema de una inmunoglobulina.

(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 21/03/08)

**Fig. 50.** Célula plasmática con anticuerpos de superficie y antígenos.

(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 21/03/08)

**Fig. 51.** Diagrama de una inmunoglobulina

(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 19/03/08)

**Fig. 52.** Esquemización de la reacción antígeno anticuerpo y la presentación a una Célula NK. (Tomada de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 15/03/08)

**Fig. 53.** Reacción y diferenciación celular.

(Tomada de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 15/03/08)

**Fig. 54.** Esquemización de una inmunoglobulina.

(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 19/03/08)

**Fig. 55.** Reacción celular con la producción de inmunoglobulinas y proceso inflamatorio.

(Tomada de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 19/03/08) pag.

**Fig. 56.** Frotis de Glóbulos blancos.

(Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 15/03/08)

**Fig. 57.** Fotografía de una célula NK.

(Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 15/03/08)

**Fig. 58.** Esquema de una célula asesina natural o NK por sus siglas en inglés. (Tomada de [www.cienciahoy.org.ar](http://www.cienciahoy.org.ar) el 21/03/08)

---

**Fig. 59.** Esquema de muerte mediada por células NK de células blanco opsonizadas. (Tomada de [conganat.uninet.edu](http://conganat.uninet.edu) el 23/03/08)

**Fig. 60.** Células NK y su activación (Tomada de [www.cienciahoy.org.ar](http://www.cienciahoy.org.ar) el 17/03/08)

**Fig. 61.** Características morfológicas y ultraestructurales de los monocitos. (Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 19/03/08)

**Fig. 62.** Monocito en un frotis sanguíneo. (Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 21/03/08)

**Fig. 63.** Esquema de un monocito. (Tomada de [conganat.uninet.edu](http://conganat.uninet.edu) el 21/03/08)

**Fig. 64.** Frotis sanguíneo en el que se observa un monocito. (Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 23/03/08)

**Fig. 65.** Frotis sanguíneo de un macrófago con actividad fagocítica. (Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 23/03/08)

**Fig. 66.** Células cebadas con abundantes gránulos en su citoplasma celular, teñido con azul de Toluidina. (Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 24/03/08)

**Fig. 67.** Esquema de células cebadas con la activación por la IgE y liberación de mediadores. (Tomada de [conganat.uninet.edu](http://conganat.uninet.edu) el 24/03/08)

**Fig. 68.** Esquemización de una célula cebada con activación por IgE, alérgenos y liberación de mediadores químicos. (Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 26/03/08)

**Fig. 69.** Esquema que ilustra la liberación de histamina. (Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 26/03/08)

**Fig. 70.** Célula cebada en tercera dimensión

**Fig. 71.** Diagrama de las características u funciones de las plaquetas. (Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 26/03/08)

**Fig. 72.** Esquema de una arteria con la presencia de eritrocitos, leucocitos y plaquetas. (Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 28/03/08)

**Fig. 73.** Morfología de las plaquetas. (Tomada de [pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) el 26/03/08)

**Fig. 74.** Imagen en tercera dimensión de una plaqueta.

**Fig. 75.** Caracterización de una plaqueta. (Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 28/03/08)

**Fig. 76.** Esquema de los pasos que se llevan a cabo en la hemostasia primaria. (Tomada de [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co) el 28/03/08)

**Fig. 77.** Esquema de los mecanismos por los que atraviesa la hemostasia secundaria. (Tomada de [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co) el 28/03/08)

## I. INTRODUCCIÓN

La sangre, es una sustancia líquida que circula por las arterias y las venas del organismo. Tiene un color rojo brillante o escarlata cuando ha sido oxigenada en los pulmones y pasa a las arterias; adquiere una tonalidad más azulada cuando ha cedido su oxígeno para nutrir los tejidos del organismo y regresa a los pulmones a través de las venas y de los pequeños vasos denominados capilares. En los pulmones, la sangre cede el dióxido de carbono que ha captado procedente de los tejidos, recibe un nuevo aporte de oxígeno e inicia un nuevo ciclo. Este movimiento circulatorio de sangre tiene lugar gracias a la actividad coordinada del corazón, los pulmones y las paredes de los vasos sanguíneos.

La sangre está formada por un líquido amarillento denominado plasma, en el que se encuentran en suspensión millones de células que suponen cerca del 45% del volumen de sangre total. Tiene un olor característico y una densidad relativa. En el adulto sano el volumen de la sangre va de 5 a 6 Litros que corresponde a un 7 u 8% del peso corporal.

Una gran parte del plasma es agua, medio que facilita la circulación de muchos factores indispensables que forman la sangre. Un milímetro cúbico de sangre humana contiene aproximadamente cinco millones de corpúsculos o glóbulos rojos, llamados eritrocitos o hematíes; entre 5.000 y 10.000 corpúsculos o glóbulos blancos que reciben el nombre de leucocitos, y entre 200.000 y 300.000 plaquetas, denominadas trombocitos. La sangre también transporta muchas sales y sustancias orgánicas disueltas.

Los glóbulos rojos, o células rojas de la sangre, tienen forma de discos redondeados, bicóncavos y con un diámetro aproximado de 7,5 micras. En el ser humano y la mayoría de los mamíferos los eritrocitos maduros carecen

de núcleo. En algunos vertebrados son ovales y nucleados. La hemoglobina, una proteína de las células rojas de la sangre, es el pigmento sanguíneo especial más importante

y su función es el transporte de oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, donde capta dióxido de carbono que conduce a los pulmones para ser eliminado hacia el exterior.

Las células o glóbulos blancos de la sangre son de dos tipos principales: los granulocitos, con núcleo multilobulado, y los no agranulocitos, que tienen un núcleo redondeado. Los leucocitos granulados o granulocitos incluyen los neutrófilos, que fagocitan y destruyen bacterias; los eosinófilos, que aumentan su número y se activan en presencia de ciertas infecciones y alergias, y los basófilos, que segregan sustancias como la heparina, de propiedades anticoagulantes, y la histamina que estimula el proceso de la inflamación. Los leucocitos no granulados están formados por linfocitos y un número más reducido de monocitos, asociados con el sistema inmunológico. Los linfocitos desempeñan un papel importante en la producción de anticuerpos y en la inmunidad celular. Los monocitos digieren sustancias extrañas no bacterianas, por lo general durante el transcurso de infecciones crónicas. <sup>1-3</sup>

## II. MARCO TEÓRICO

### TEJIDO SANGUINEO.

#### 1. Generalidades de sangre.

La sangre es considerada un tejido conjuntivo especial contenido en un compartimiento cerrado, como lo es el sistema circulatorio (Fig. 1) <sup>1</sup>

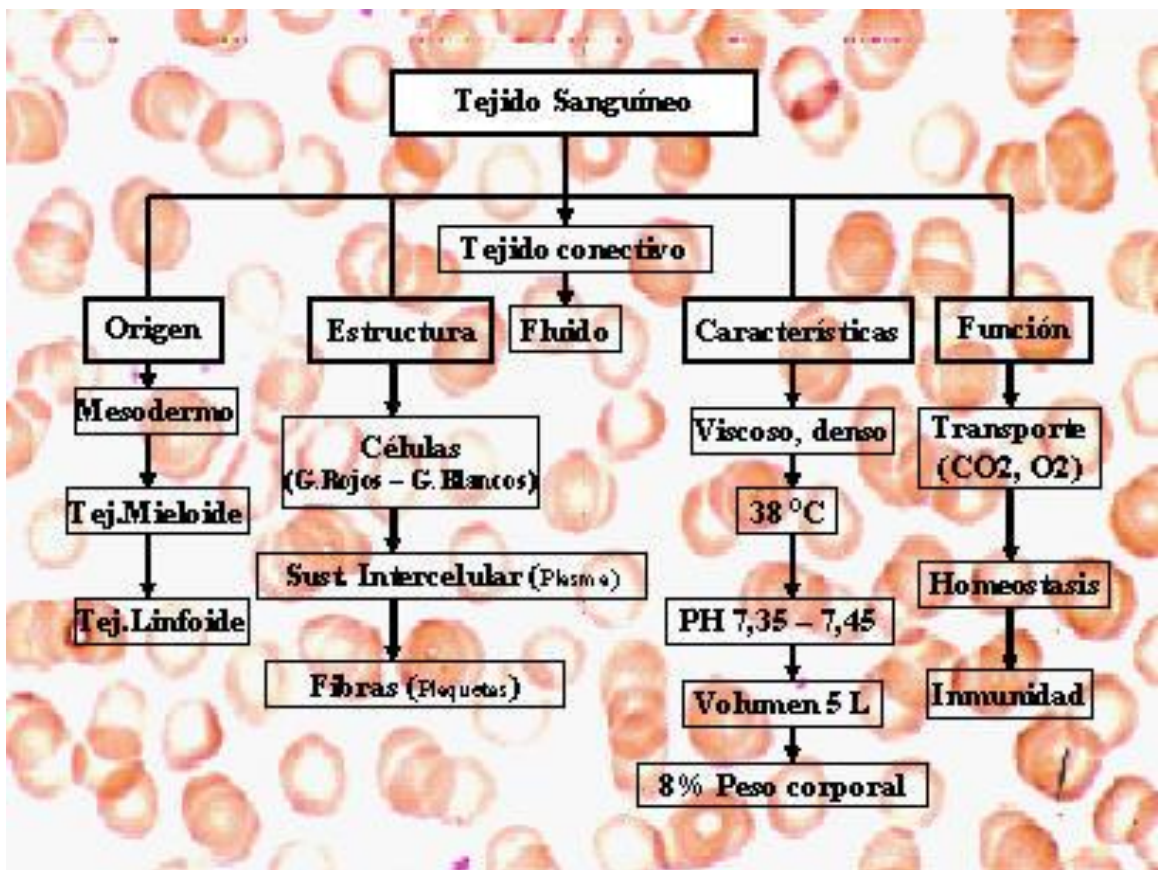


Fig. 1. Diagrama que explica el proceso de diferenciación celular  
(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

**1.1. Definición.** La sangre es un líquido viscoso rojo que posteriormente en un corto período de reposo coagula (lat. coagulatio, correr junto), por lo que adquiere una consistencia gelatinosa. Es un líquido ligeramente alcalino (pH 7.4) viscoso y de color rojo brillante a rojo oscuro que constituye cerca del 7% del peso corporal. El volumen total de sangre del adulto promedio es de cerca de 5 L. La sangre se compone de células y sus derivados y un líquido rico en proteínas llamado plasma. <sup>2,3</sup>

### 1.2. Células sanguíneas:

Las células sanguíneas se constituyen en la serie roja y la serie blanca, en este proceso los diferentes tipos celulares que se encuentran son (Fig. 2, 3 y 4):

- Eritrocitos. También conocidos como hematíes o glóbulos rojos.
- Leucocitos. También llamados glóbulos blancos.
- Trombocitos. Conocidos como plaquetas.

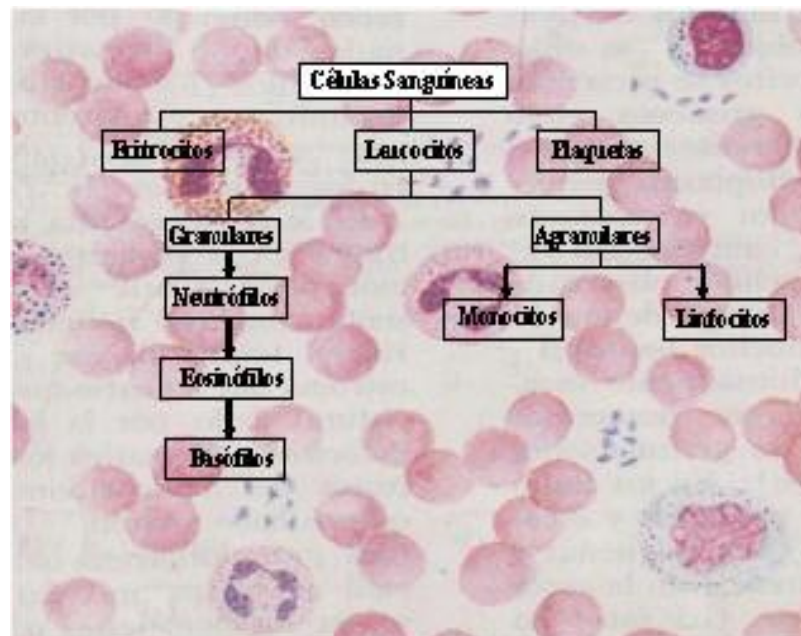


Fig. 2. Diagrama de flujo que explica los pasos de diferenciación de los distintos tipos celulares y sus células finales. (Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

### ELEMENTOS DE LA SANGRE

#### Globulos rojos



#### Glóbulos blancos o leucocitos



Fig. 3. Esquema de los distintos elementos formes de la sangre.  
(Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 02/03/08)

- **Plasma.** Es el material extracelular líquido que le imparte su fluidez a la sangre. <sup>1</sup>
- **Solución proteínácea.** Transporta nutrientes, metabolitos, anticuerpos, hormonas, proteínas del sistema de coagulación sanguíneo y otras moléculas por todo el organismo. <sup>4</sup>

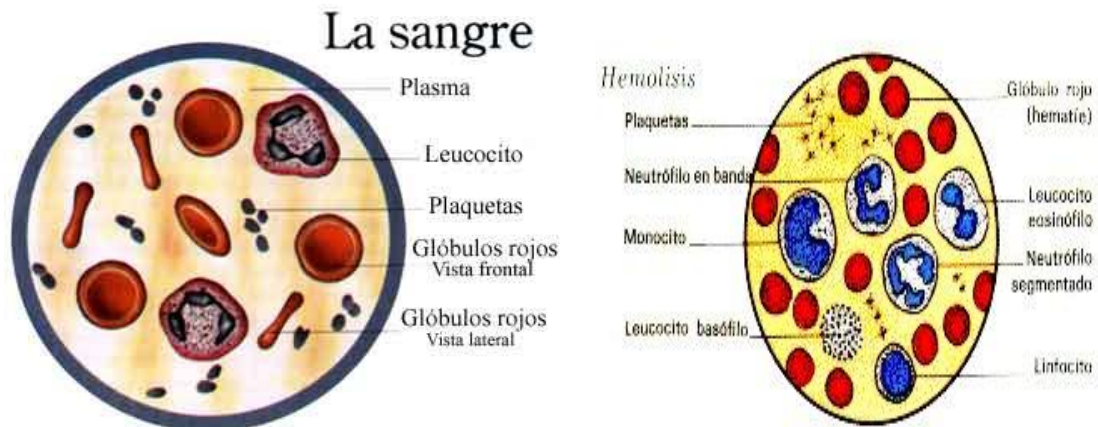


Fig. 4. Imágenes de las diferentes células sanguíneas diferenciadas.  
(Tomada de [www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) el 02/03/08)

### 1.3. Funciones sanguíneas:

La sangre tiene funciones importantes para el buen funcionamiento de los tejidos como son:

- Transporte de oxígeno y nutrientes celulares.
- Transporte de elementos de desecho y dióxido de carbono.
- Transporte de electrolitos y otros metabolitos (hormonas) hasta su destino final.
- Mantiene la homeostasis y la temperatura corporal.
- Transporta células y agentes humorales del sistema inmune. <sup>1</sup>

Fuera de los vasos sanguíneos, la sangre sufre una reacción compleja denominada coagulación, que desempeña una función importante en la reparación de vasos dañados y prevención de hemorragias.

Cuando se añaden anticoagulantes (heparina o citrato, entre otros), las muestras sanguíneas se pueden separar en una centrifuga, en tres fracciones principales (Fig. 5).

Los eritrocitos constituyen la fracción más densa y terminan en el fondo del tubo de ensaye (Fig. 5).



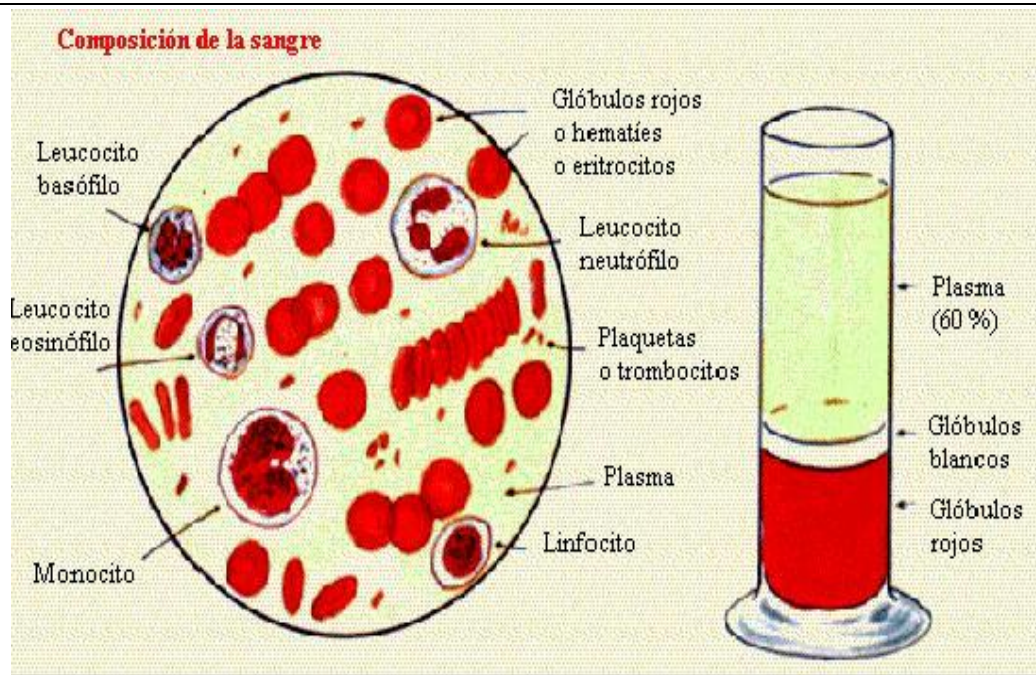


Fig. 5. Esquema del proceso de sedimentación, en donde se separan los diferentes elementos de la sangre y el plasma.  
(Tomada de [www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) el 02/03/08)

#### 1.4. Hematócrito.

El término **hematócrito** se refiere al porcentaje de eritrocitos por unidad de volumen sanguíneo. En los adultos, los valores normales del hematócrito varían de 35 a 50% y dependen del sexo.

Los leucocitos son menos densos y numerosos (alrededor de 1% del volumen sanguíneo) y forman una capa delgada blanca o grisácea sobre los eritrocitos llamada capa leucocitaria; sobre la superficie superior de esta capa se encuentra una capa delgada de plaquetas (Fig. 6).

La capa menos densa es la del plasma, que constituye 42 a 47% de la sangre y está presente por arriba de la capa leucocitaria. <sup>5</sup>

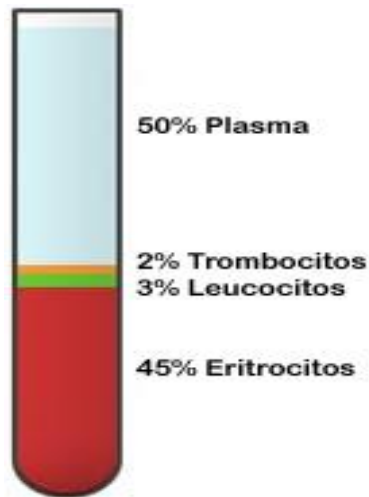


Fig. 6. Porcentaje celular presente en el hematocrito (Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 02/03/08)

### 1.5. Frotis sanguíneo.

El examen al microscopio de luz de las células sanguíneas circulantes se efectúa mediante extensión uniforme de una gota de sangre sobre un portaobjetos (frotis sanguíneo), desecación del preparado al aire y tinción con una mezcla de colorantes cuya finalidad específica es poner de manifiesto las características distintivas de las células. Por lo general, los frotis son teñidos con modificaciones de mezclas de colorantes que contienen eosina y azul de metileno, por ejemplo mezclas tipo Romanovsky. La cual consiste en una mezcla de azul de metileno (colorante básico), azules emparentados (también colorantes básicos) y eosina (colorante ácido).<sup>1,3,5</sup>

Todas las descripciones de las propiedades de tinción de las células sanguíneas se refieren a su aspecto después de la tinción con mezclas tipo Romanovsky (por ejemplo, tinción de Wright o tinciones de Giemsa). En general, los colorantes básicos tiñen los núcleos, los gránulos de los

basófilos y el RNA del citoplasma, mientras que los colorantes ácidos tiñen los eritrocitos y los gránulos de los eosinófilos.

Algunos de los colorantes básicos (los azules) son metacromáticos y pueden impartir un color rojo violáceo al material que tiñen. <sup>1</sup>

Las células sanguíneas y sus componentes muestran cuatro propiedades de tinción principales que permiten distinguir los tipos celulares:

- La basofilia es una afinidad por el azul de metileno; las estructuras basófilas se tiñen de color morado a negro.
- La azurofilia es una afinidad por los productos de oxidación de azul de metileno llamados azules. Las estructuras azurofílicas se tiñen de color rojo-azul.
- La eosinofilia o acidofilia, es una afinidad para la eosina. Las estructuras eosinófilas se tiñen de color amarillo–rosa a anaranjado.
- La neutrofilia es una afinidad por un complejo de colorantes (que originalmente se consideran neutros) en la mezcla. Las estructuras neutrófilas se tiñen de color rosa salmón a lila. <sup>5</sup>

---

## 2. PLASMA SANGUÍNEO.

El plasma es una solución acuosa que contiene componentes de pequeño y gran peso molecular, que corresponden al 10% de su volumen. Más del 90% del peso del plasma corresponde al agua que sirve como solvente para la gran variedad de solutos. <sup>6,1</sup>

Las proteínas plasmáticas corresponden al 7%, las sales inorgánicas incluyen electrólitos sanguíneos como sodio, potasio y sales de calcio al 0.9% y el resto está formado por compuestos inorgánicos diversos, como aminoácidos, vitaminas, hormonas y lipoproteínas. Durante la coagulación algunos de los componentes orgánicos e inorgánicos dejan el plasma para integrarse en lo que se llama coágulo. El líquido restante, que difiere del plasma, es de color pajizo y se denomina **suero**. El volumen relativo de células y plasma es de alrededor del 45% y el 55%, respectivamente. <sup>3, 5, 6</sup>

**1.1. Proteínas plasmáticas.** Las proteínas plasmáticas son principalmente: albúmina, globulinas y fibrinógeno (Tabla 1).

- **La albúmina.** Es el principal componente proteico del plasma y equivale a más o menos la mitad de las proteínas plasmáticas totales. Es la proteína más pequeña (alrededor de 70 kDa) y se sintetiza en el hígado. La albúmina es responsable de ejercer el gradiente de concentración entre la sangre y el líquido tisular extracelular.
  
- **Las globulinas.** Comprenden las inmunoglobulinas (gamma), que son el mayor componente de la fracción globulínica, y las globulinas no inmunes (alfa y beta),  
Las globulinas no inmunes son secretadas por el hígado. Contribuyen a mantener la presión osmótica dentro del aparato cardiovascular y

también sirven como proteínas transportadoras para diversas sustancias como la hemoglobina, el hierro y el cobre.

Entre las globulinas no inmunes también se encuentran la fibronectina, las lipoproteínas, los factores de la coagulación y otras moléculas que pueden intercambiarse entre la sangre y el tejido extravascular.

- **El fibrinógeno.** Es la proteína más grande (340 kDa), se sintetiza en el hígado. En reacciones en cascada junto con otros factores de la coagulación, el fibrinógeno se transforma en fibrina, la cual produce un coágulo insoluble que detiene la hemorragia en caso de lesión en un vaso sanguíneo.

El componente líquido de la sangre deja los capilares y las vénulas pequeñas para entrar en los espacios del tejido conectivo como **líquido tisular**, que por tanto tiene composición semejante de electrolitos y moléculas pequeñas a la del plasma. Sin embargo, la concentración de proteínas en el líquido tisular es mucho menor que la del plasma, porque es difícil incluso para las pequeñas proteínas, como la albúmina, atravesar la túnica endotelial del capilar. Como ya se mencionó anteriormente la **albúmina** es la encargada de este efecto.

Tabla 1. PROTEÍNAS DEL PLASMA. <sup>3</sup>

PROTEÍNA	TAMAÑO	FUENTE	FUNCIÓN
<b>Albúmina</b>	60 000 - 69 000 Da	Hígado	Conserva la presión coloidosmótica y transporta a ciertos metabolitos insolubles.
<b>Globulinas</b> <b>Globulinas alfa y beta</b>	80 000 - 1 X 106 Da	Hígado	Transporta iones metálicos, líquidos fijos en proteínas y vitaminas liposolubles.
<b>Globulina-gamma</b>		Células Plasmáticas	Anticuerpos de las defensas inmunológicas.
<b>Proteínas de la coagulación</b> (p. ej., protombina, fibrinógeno, globulina aceleradora)	Variado	Hígado	Formación de filamentos de fibrina.
<b>Proteínas del complemento</b> <b>C1 a C9</b>	Variado	Hígado	Destrucción de microorganismos e iniciación de la inflamación.
<b>Lipoproteínas plasmáticas</b> <b>Quilomicrones</b>	100-500nm	Células epiteliales Del intestino	Transporte de triglicéridos hacia el hígado.
<b>Lipoproteína de muy Baja densidad (VLDL)</b>	25-70nm	Hígado	Transporte de triglicéridos desde el hígado hacia las células corporales.
<b>Lipoproteína de baja Densidad (LDL)</b>	3 X 106 Da	Hígado	Transporte de colesterol desde el hígado hacia las células corporales.

### 3. ERITROCITOS.

Los eritrocitos (glóbulos rojos) son la célula hemática más abundante; 5 millones por milímetro cúbico de sangre.

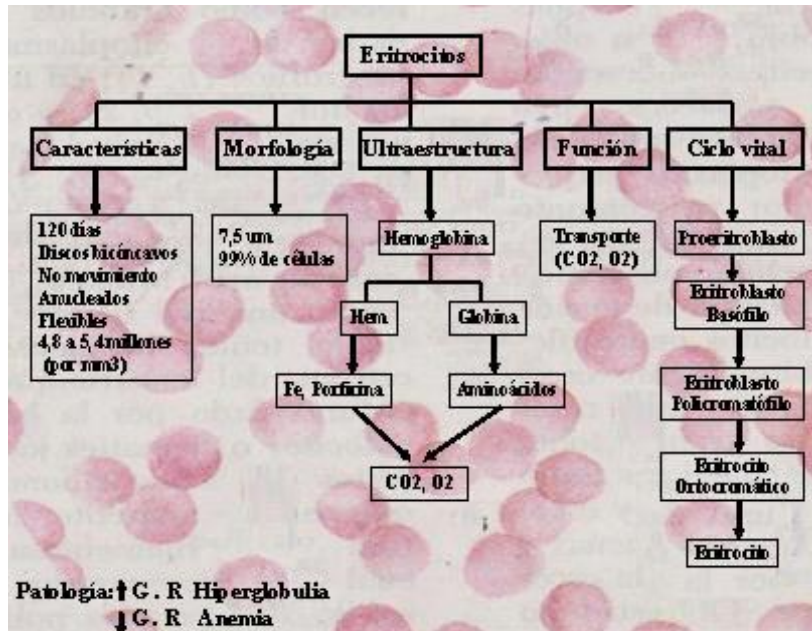


Fig. 7. Características de los eritrocitos, morfología y funciones.  
(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

El eritrocito humano tiene forma de disco bicóncavo. En la sangre normal, el diámetro de los eritrocitos tiene valor medio de 7.2  $\mu$ m, por lo que se pueden identificar dos tipos de eritrocitos (Fig. 8).

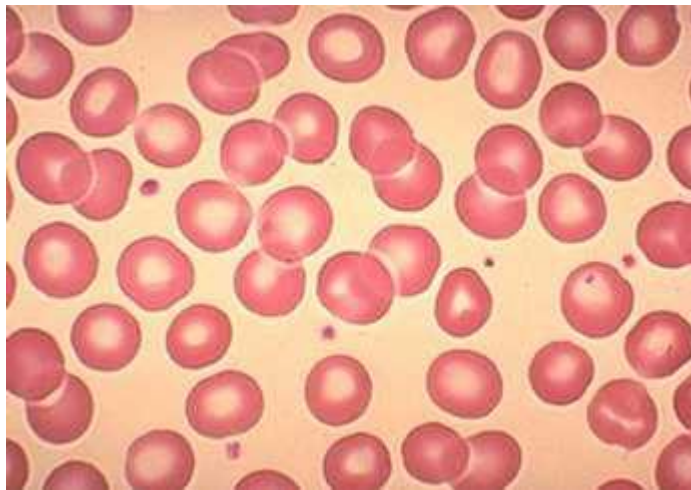
- **Microcito.** Eritrocito con menos de 6  $\mu$ m.
- **Macrocito.** Mayor de 9  $\mu$ m.<sup>7</sup>



**Fig. 8. Imágenes de eritrocitos, en los que se aprecia la forma bicóncava y la forma de apilarse.  
(Tomada de medtempus.com el 07/03/08)**

Son productos celulares anucleados carentes de las organelas típicas. Actúan solo dentro del torrente circulatorio, en donde fijan oxígeno a la altura de los pulmones para entregarlo a los tejidos y fijan dióxido de carbono a la altura de los tejidos para llevarlo a los pulmones (Fig. 8).

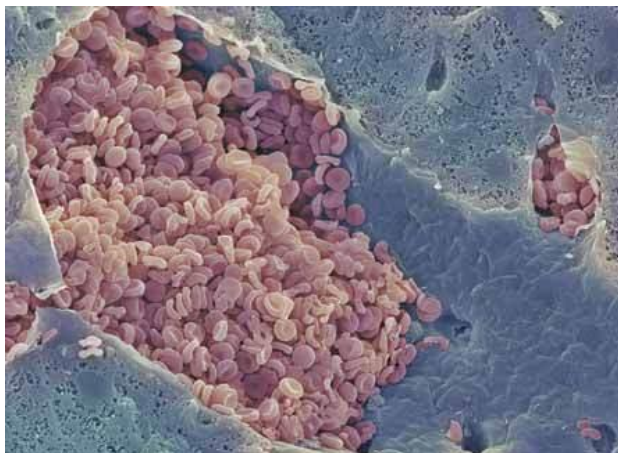




**Fig. 9. Frotis de sangre.**  
(Tomada de [www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) el 07/03/08)

La longevidad de los eritrocitos es de 120 días, después es fagocitado por los macrófagos del bazo, la médula ósea y el hígado (90%), el resto de los eritrocitos se desintegran dentro de los vasos con liberación de la hemoglobina hacia la sangre. (Fig. 9) Como su tamaño es constante en el tejido fijado, se pueden utilizar para calcular el tamaño de otras células y estructuras en los cortes histológicos; en este papel, el eritrocito se considera con propiedad la “**regla del histólogo.**”<sup>1</sup>

Los eritrocitos deben absorber oxígeno y dióxido carbónico muy rápidamente en la superficie de la membrana, lo cual se logra por la forma bicóncava del glóbulo rojo. (Fig. 10)



**Fig. 10. Imagen de un vaso sanguíneo, en donde se puede apreciar a los eritrocitos en el flujo sanguíneo.**  
(Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 09/03/08)

El estado anucleado del eritrocito también es ventajoso, porque permite que toda la célula contenga hemoglobina y, en consecuencia, sea más eficaz por unidad de volumen. Los bordes redondeados de los eritrocitos los protegen del daño, y la estructura elástica flexible permite que se doblen en lugar de romperse al chocar con bifurcaciones en la red capilar. (Fig. 11) La forma del eritrocito es mantenida por proteínas de la membrana en asociación con el citoesqueleto. <sup>1,5</sup>

La membrana plasmática del eritrocito, que es una bicapa lipídica típica, está compuesta por cerca de 50% de proteínas, 40% de lípidos y 10% de carbohidratos. La mayor parte de las proteínas son proteínas integrales, principalmente glucoforinas, canales iónicos y el transportador de aniones proteína de banda 3, que también actúa como sitio de fijación para la anquirina. La anquirina ayuda a la fijación del citoesqueleto, red hexagonal compuesta principalmente de tetrámeros de espectrina, actina y proteína 4.1, a la superficie citoplasmática del plasmalema. Este citoesqueleto subplasmalémico ayuda a conservar la forma discoide bicóncava del eritrocito. <sup>3</sup>

La superficie externa del plasmalema está cubierta por un glucocáliz rico en carbohidratos, que contiene antígenos genéticamente determinados que permiten distinguir los **tipos sanguíneos** (incluyendo A, B, O y grupos Rh). <sup>5</sup>



Fig. 11. Microfotografía de microscopía electrónica de barrido (x7000) de 3 eritrocitos. (Tomada de <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy02/globulos.jpg> tomada el 07/03/08)

Los eritrocitos transportan oxígeno y dióxido de carbono; esta función está relacionada con la hemoglobina. La **hemoglobina** se compone de una proteína, la **globina**, formada por cuatro cadenas polipeptídicas unidas a una **porción hem** rica en hierro.<sup>2</sup> Es la hemoglobina lo que ofrece a la célula **no teñida** su color amarillo pálido.

La mitad globina de la hemoglobina descarga  $\text{CO}_2$  y el hierro fija al  $\text{O}_2$  en las regiones que tienen concentración elevada de oxígeno, como el pulmón. Sin embargo, en las regiones en las que es escaso el oxígeno, como sucede con los tejidos, la hemoglobina libera al  $\text{O}_2$  y fija al dióxido de carbono. (Fig. 12) Esta propiedad de la hemoglobina la vuelve ideal para el transporte de los gases respiratorios.

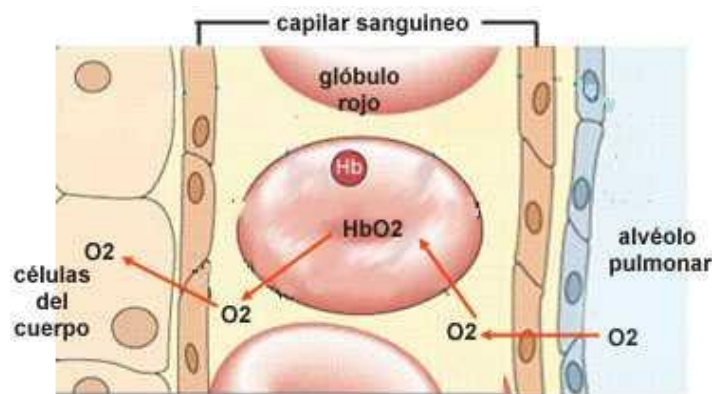
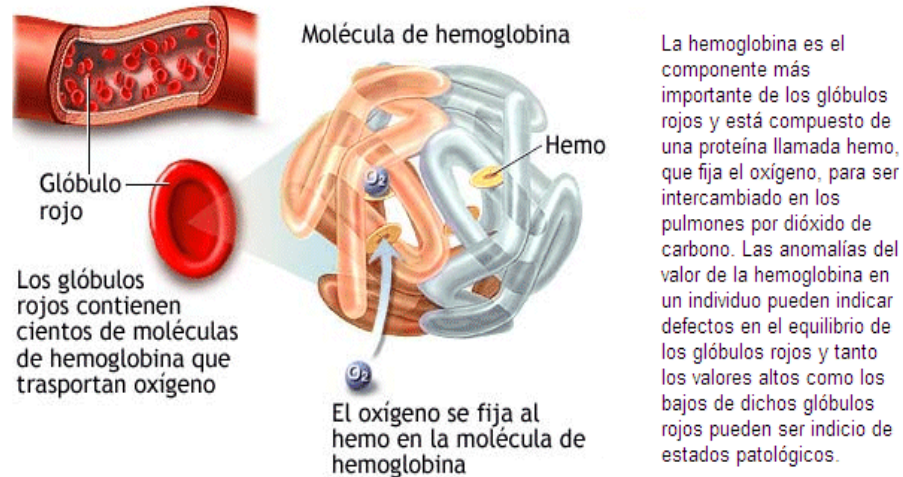


Fig. 12. Trayecto de los glóbulos rojos dentro de los vasos sanguíneos.  
(Tomada de [www.anatomiahumana.ucv.cl](http://www.anatomiahumana.ucv.cl) el 07/03/08)

La hemoglobina que transporta  $\text{O}_2$  se conoce como **oxihemoglobina**, y la que transporta  $\text{CO}_2$  se denomina **carboxihemoglobina**. Los tejidos hipóxicos producen 2,3-difosfoglicerato, carbohidrato que facilita la descarga de oxígeno desde el eritrocito.<sup>3</sup>

### Hemoglobina



**Fig. 13. Esquema de la conformación de la hemoglobina.**  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 09/03/08)

Los seres humanos son genéticamente capaces de sintetizar e incorporar en la hemoglobina cuatro cadenas polipeptídicas estructuralmente diferentes, designadas alfa, beta, gamma y delta. La hemoglobina del adulto normal, llamada hemoglobina A (Hb A), contiene dos cadenas alfa y dos beta. Esta forma constituye el 96% de la hemoglobina, mientras que el 2% es de un segundo tipo (Hb A<sub>2</sub>), constituida por dos cadenas alfa y dos delta y menos del 2% es hemoglobina fetal (Hb F), constituida por dos cadenas alfa y dos gamma. La Hb F predomina en gran manera sobre las otras en la vida fetal, pero disminuye su cantidad en el periodo posnatal.<sup>8</sup>

Un monómero de hemoglobina es semejante en composición y estructura a la mioglobina, la proteína fijadora de oxígeno que está en el músculo estriado.<sup>1</sup>

## 4. LEUCOCITOS.

Además de eritrocitos, la sangre de todos los mamíferos contiene varios tipos de células incoloras, llamadas *leucocitos* o *células blancas de la sangre*. Son células verdaderas, con núcleo y citoplasma (Fig. 14).

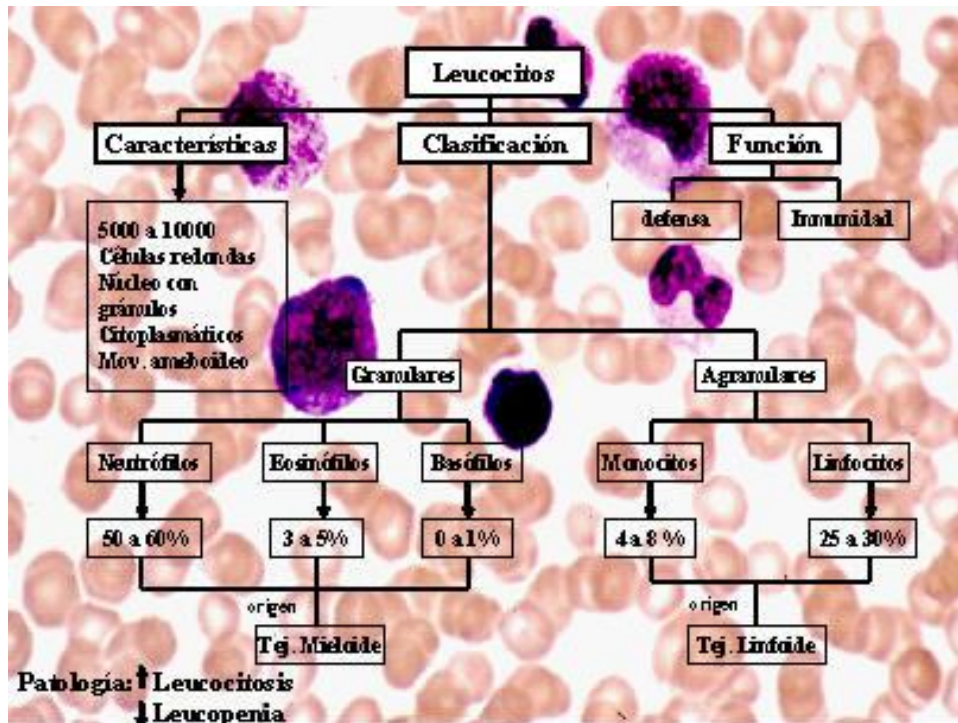


Fig. 14. Tipos celulares que conforman la serie blanca de la sangre.  
(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) 09/03/08)

Todas las células son esféricas en la sangre, pero se vuelven más o menos ameboides en los tejidos o sobre un sustrato sólido (Fig. 15). Deben su nombre a que quedan flotando en una capa blanquecina por encima de los glóbulos rojos cuando la sangre se deja reposar en un tubo. Los leucocitos o glóbulos blancos de la sangre son corpúsculos incoloros implicados en las defensas celulares e inmunocelulares del organismo. <sup>4,6,8</sup>



A diferencia de los eritrocitos, los leucocitos no funcionan dentro de la sangre, sino que la emplean como medio para viajar desde una región del cuerpo hacia otra. Cuando llegan a su destino dejan la sangre mediante migración entre las células endoteliales de los vasos sanguíneos (*diapédesis*), entran en los espacios del tejido conectivo y efectúan su función. <sup>3</sup>

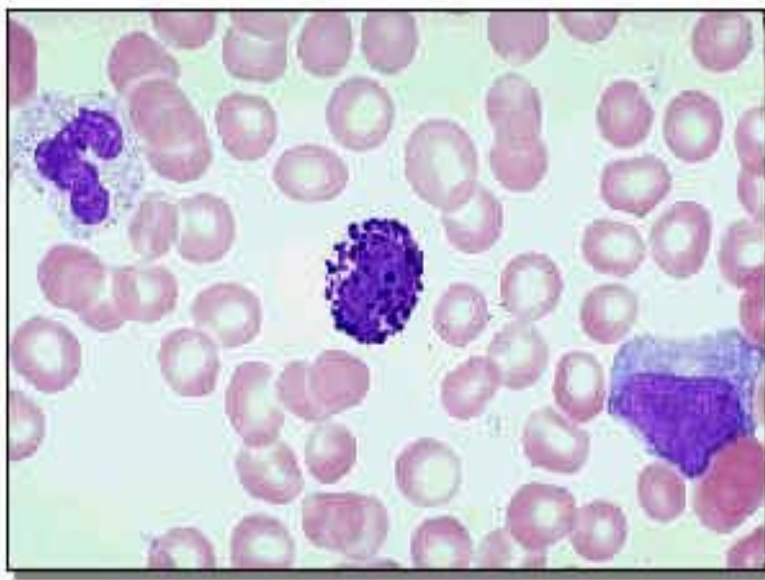


Fig. 15. Imágenes de leucocitos polimorfonucleares de tipo neutrófilo y basófilo, así como de un macrófago. (Tomada de [cienciaincierta.blog.com.es](http://cienciaincierta.blog.com.es) el 07/03/08)

Para atravesar un vaso sanguíneo, el leucocito suele formar lo que se llama pseudópodo (gr. Pseudo, falso; pous, pie), es un abultamiento angosto del citoplasma que se extiende del cuerpo de la célula de manera que sugiere que ésta forme un apéndice semejante a pie. Sin embargo, antes que se forme el pseudópodo la célula debe adherirse y fijarse al endotelio del vaso sanguíneo de pequeño calibre, generalmente una vénula. <sup>7</sup>

Sin embargo, cuando los tejidos son invadidos por microorganismos, los leucocitos son atraídos por *quimiotaxis*, es decir, sustancias originadas en los tejidos, el plasma sanguíneo y los gérmenes provocan en los leucocitos una respuesta migratoria, dirigiéndose hacia los puntos donde existe mayor concentración de agentes quimiotácticos. <sup>6</sup>

---

Dentro de la sangre, lo mismo que en el frotis, los leucocitos son redondos, pero en el tejido conectivo son pleomórficos. Defienden por lo general al cuerpo contra las sustancias extrañas. La duración promedio de la vida de los granulocitos en la sangre se calcula en sólo 8 a 12 horas, después de lo cual parecen salir de los vasos sanguíneos de pequeño calibre (vénuclas) al azar para dirigirse al tejido conectivo. <sup>3,7</sup>

En cada milímetro cúbico de sangre existe un total de 5 000 a 9 000 leucocitos, los cuales se clasifican en cinco tipos separados según sus características respectivas de tinción y a sus funciones. <sup>9</sup>

Los leucocitos son más voluminosos que los eritrocitos y tienen distintas dimensiones. Son mucho menos abundantes, con núcleo, algunas clases de leucocitos tienen vida breve, por lo cual hay recambio rápido, Presentan dos propiedades, la motilidad y la capacidad para formar pseudópodos. <sup>7</sup>

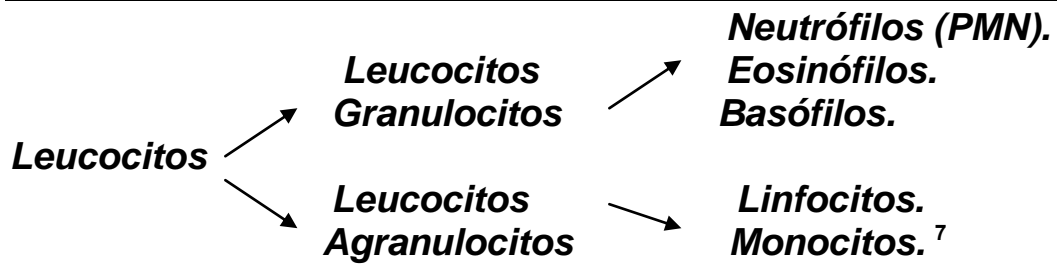
### **Subclasificación.**

Los leucocitos se subclasifican en dos grupos generales.

El fundamento para la división es la presencia o la ausencia de gránulos específicos prominentes en el citoplasma.

- a) Las células que contienen gránulos específicos se clasifican como:  
**Granulocitos** (neutrófilos, eosinófilos y basófilos).
  
- b) Las células que carecen de gránulos se incluyen en el grupo de los  
**agranulocitos** (linfocitos y monocitos).

No obstante, tanto los granulocitos y agranulocitos poseen pequeños gránulos inespecíficos azurófilos que corresponden a lisosomas. <sup>1</sup>



## 1.1. LEUCOCITOS GRANULARES.

### 1.1.1. NEUTRÓFILOS.

En un frotis sanguíneo la mayoría de los leucocitos son neutrófilos, representan del 50 al 70% de la cuenta total de leucocitos en sangre periférica (Fig. 16).<sup>9</sup>

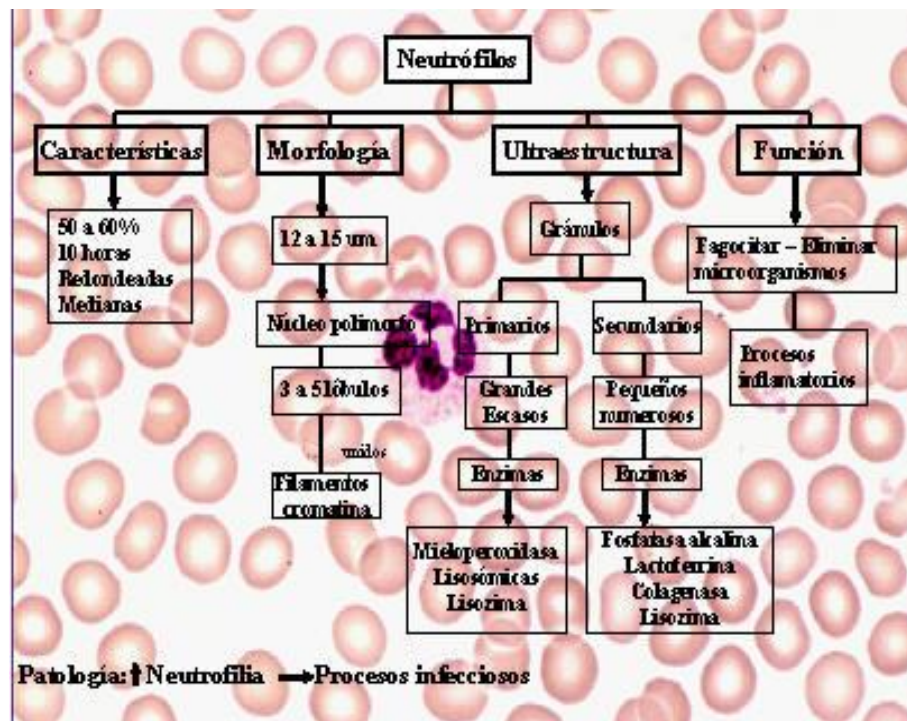


Fig. 16. Diagrama de flujo en donde se identifican las características morfológicas y funciones de los neutrófilos.

(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

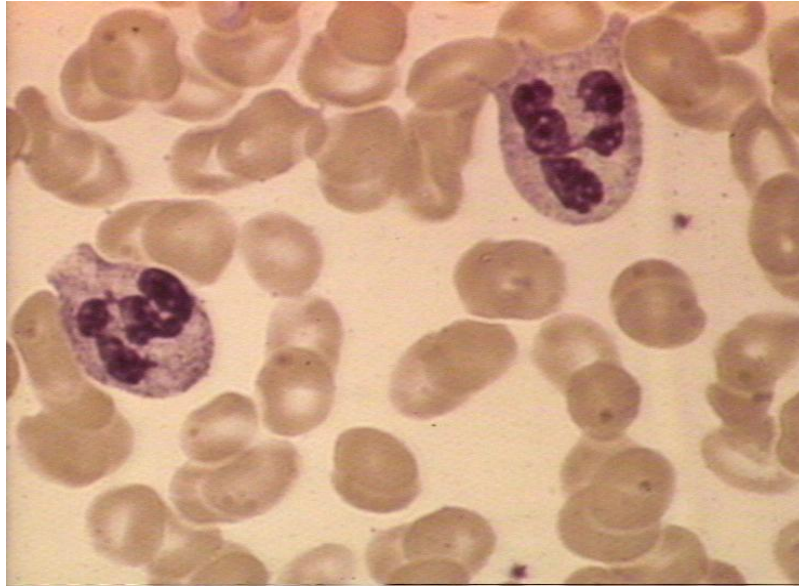


Con una variación normal limitada (50 a 75%). También se encuentran fuera del torrente sanguíneo, especialmente en el tejido conectivo laxo (Figs. 17 Y 18).



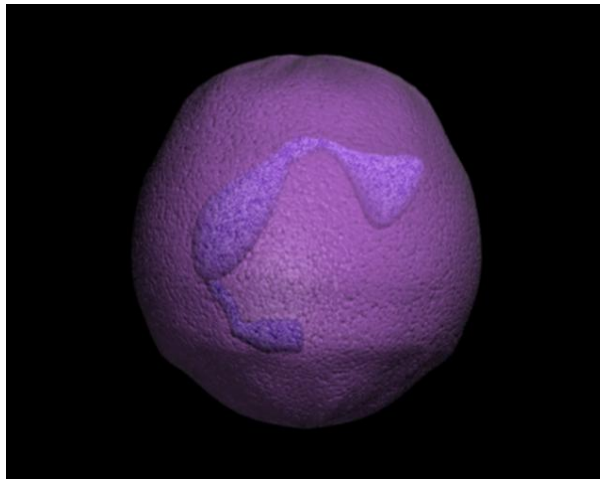
**Fig. 17. Esquema de un leucocito polimorfonuclear (PMN) tipo neutrófilo, en donde se aprecia el núcleo trilobular.**  
(Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 09/03/08)

Los neutrófilos son la primera línea de defensa celular contra la infección bacteriana. Una vez fuera del torrente sanguíneo, se diseminan, desarrollan movimiento ameboide y se convierten en fagocitos activos. A diferencia de los linfocitos, los neutrófilos son células con total diferenciación y por lo tanto incapaces de entrar en mitosis. <sup>5</sup>



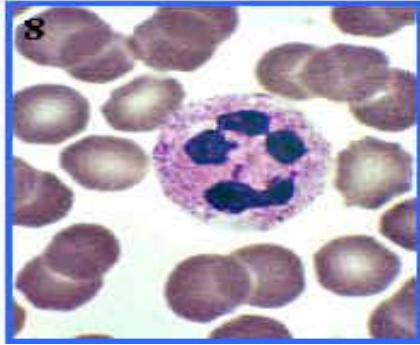
**Fig. 18. Leucocitos PMN tipo neutrófilo con sus núcleos lobulados.**  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 09/03/08)

Tienen 12-15 $\mu$ m de diámetro, con un núcleo muy característico dividido 3-5 lóbulos, unidos mediante finos filamentos de cromatina (Fig. 19). La cromatina forma grumos gruesos, fuertemente coloreados y no se distinguen nucléolos.



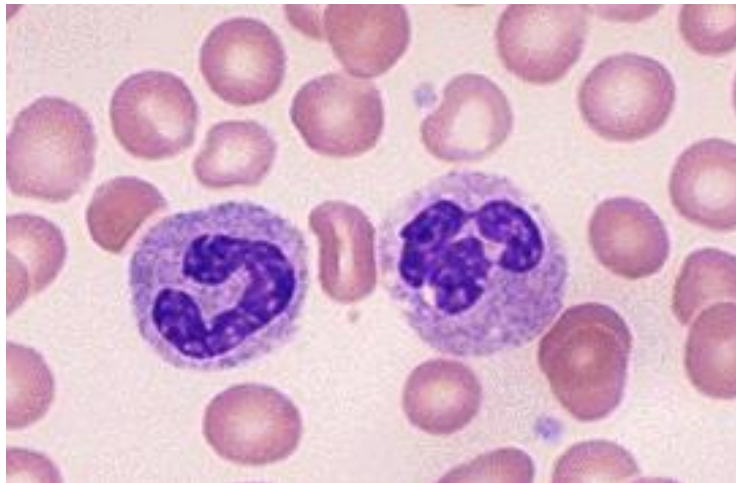
**Fig. 19. Imagen diseñada en tercera dimensión de un neutrófilo.**

El núcleo lobulado dio origen a la denominación leucocitos polimorfonucleados, pero en la actualidad se prefiere la de segmentados.<sup>2</sup>



**Fig. 20.** Imagen de un neutrófilo en el que se aprecia el corpúsculo de Barr.  
(Tomado de [www.histopat.es](http://www.histopat.es) el 08/03/08)

En las mujeres el núcleo manifiesta un apéndice pequeño característico, con forma de “palillo de tambor”, que contiene al segundo cromosoma X inactivo condensado. Se puede llamar también cuerpo de Barr o cromosoma sexual, pero no es evidente en todas las células (Fig. 20).<sup>3</sup>



**Fig. 21.** Neutrófilos multilobulados en un frotis sanguíneo.  
(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 07/03/08)

En el citoplasma del neutrófilo hay tres clases de gránulos. Los diferentes tipos granulares son un reflejo de las diversas funciones fagocíticas de la célula (Fig. 21)

- **Gránulos específicos** (gránulos secundarios), son pequeños y por lo menos dos veces más abundantes que los azurófilos. En las fotomicrografías electrónicas aparecen de forma elipsoidal. Los gránulos específicos contienen diversas enzimas (**colagenasa tipo IV, fosfolipasa**), así como **activadores de complemento** y otros agentes bacteriostáticos y bactericidas (**lisosima**).
- **Gránulos azurófilos** (gránulos primarios), son más grandes y menos abundantes que los gránulos específicos. Surgen al principio de la granulopoyésis y aparecen en todos los granulocitos, lo mismo que en los monocitos y los linfocitos.



Fig. 22. Imagen de MET en donde se puede observar los dos lóbulos nucleares y los gránulos azurófilos.  
(Tomada de conganat.uninet.edu el 07/03/08)

Los gránulos azurófilos corresponden a los lisosomas de los neutrófilos y contienen **mieloperoxidasa**, que con el MET se observa como un material granulado fino (Fig. 22).

La mieloperoxidasa contribuye a la formación de cloraminas, que son bactericidas muy reactivos. Además de una gran variedad de hidrolasas ácidas típicas, los gránulos azurófilos también contienen proteínas catiónicas llamadas **defensinas**, cuya función es análoga a la de los anticuerpos.

- **Gránulos terciarios**, que en los neutrófilos son de dos tipos. Un tipo contiene **fosfatasas** y a veces se llama “fosfasoma”, mientras que el otro contiene **metaloproteinasas** (p ej., gelatinasas y colagenasas) que según se cree facilitan la migración del neutrófilo a través del tejido conjuntivo. <sup>1</sup>

El citoplasma de los neutrófilos contiene muy pocos organelas aparte de los ya mencionados. Solo se encuentran algunos sacos dispersos de retículo endoplásmico rugoso, algunos ribosomas libres y los restos del aparato de Golgi que ha participado activamente en la formación de los gránulos en fases previas al desarrollo. Las mitocondrias son también muy escasas, pero proporcionan alrededor del 50% de las demandas energéticas de las células.

Los neutrófilos tienden a actuar en tejidos desvascularizados, en los que el oxígeno y la glucosa pueden ser escasos. Por esta razón contienen gran cantidad de glucógeno. Los neutrófilos actúan con agentes quimiotácticos para emigrar hacia los sitios invadidos por microorganismos. Una vez allí, destruyen a los microorganismos por fagocitosis y descarga de enzimas hidrolíticas (Fig. 23). <sup>4</sup>

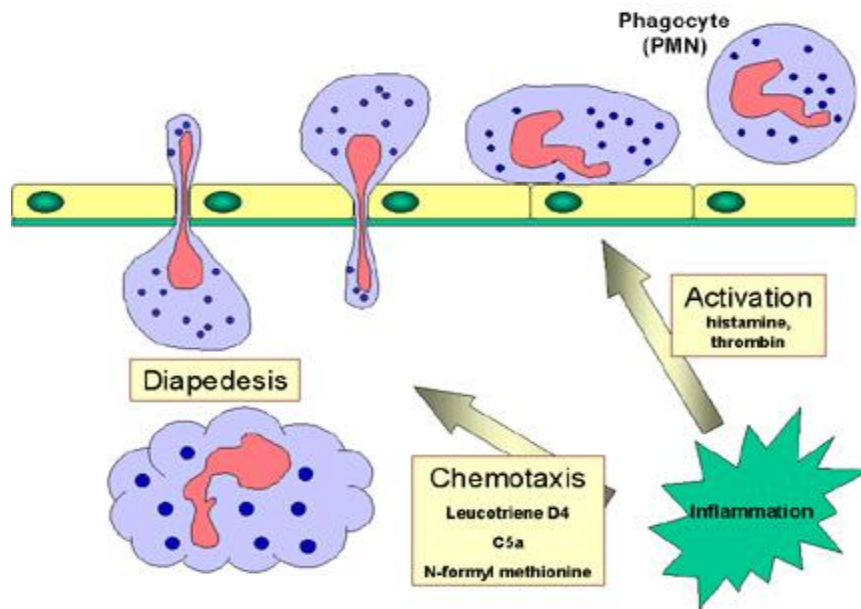


Fig. 23. Respuesta quimiotáctica a estímulos inflamatorios.  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 09/03/08)

Por añadidura, al elaborar y descargar leucotrienos, los neutrófilos ayudan a iniciar el proceso inflamatorio. La sucesión de acontecimientos es la siguiente:

1. La fijación de los agentes quimiotácticos del neutrófilo al plasmalema de esta célula facilita la descarga del contenido de los gránulos terciarios hacia la matriz extracelular.
2. La gelatinasa degrada a la lámina basal y facilita la migración del neutrófilo. Las glucoproteínas que se insertan en la membrana celular ayudan al proceso de la fagocitosis.
3. El contenido de los gránulos específicos se descarga también en la matriz celular, sitio en el que atacan a los microorganismos invasores y ayudan a la migración de los neutrófilos.

4. Los microorganismos fagocitados por los neutrófilos quedan encerrados en los **fagosomas** (Fig. 24). Enzimas y agentes farmacológicos de los gránulos azurófilos suelen descargarse hacia la luz de estas vacuolas intracelulares, en la que destruyen los microorganismos ingeridos (Fig. 25). A causa de sus funciones fagocíticas se conocen también como **micrófagos** para distinguirlos de las células fagocíticas de mayor tamaño, los **macrófagos**.

### Fagocitosis



Fig. 24. Neutrófilo en proceso de fagocitosis.  
(Tomada de [www.medwave.cl](http://www.medwave.cl) el 09/03/08)

5. Las bacterias mueren no sólo por la acción de las enzimas, sino también por la formación de los compuestos reactivos de oxígeno que están dentro de los fagosomas de los neutrófilos. Estos son **superóxido** ( $O_2^-$ ), formado por la acción de la oxidasa de NADPH sobre el  $O_2$  en la explosión respiratoria; **peróxido de hidrógeno**, formado por la acción del superóxido dismutasa sobre el superóxido, y **ácido hipocloroso** (HOCP), formado por



la interacción de la mieloperoxidasa (MPO) y los iones de cloruro con el peróxido de hidrógeno.

6. En ocasiones el contenido de los gránulos azurófilos se descarga en la matriz extracelular y produce lesión tisular.
7. Una vez que los neutrófilos han efectuado su función de matar a los microorganismos, mueren también, lo que da por resultado formación de **pus**, que es una acumulación de leucocitos muertos, bacterias y líquido tisular.

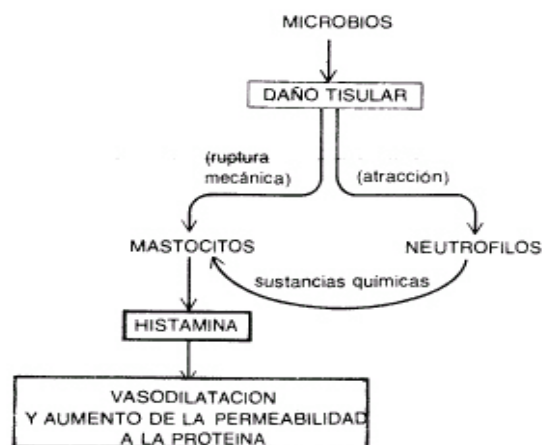


Fig. 25. Vías para la liberación de histamina en las reacciones inflamatorias no específicas.  
(Tomada de [www.drscope.com](http://www.drscope.com) el 09/03/08)

8. No sólo los neutrófilos destruyen a las bacterias, sino que además sintetizan **leucotrienos** a partir de los ácidos araquidónicos contenidos en sus membranas. Estos leucotrienos de formación reciente ayudan a iniciar el proceso inflamatorio.<sup>3</sup>

Los neutrófilos constituyen una línea de defensa celular frente a la invasión de microorganismos (Fig. 26).<sup>6</sup>



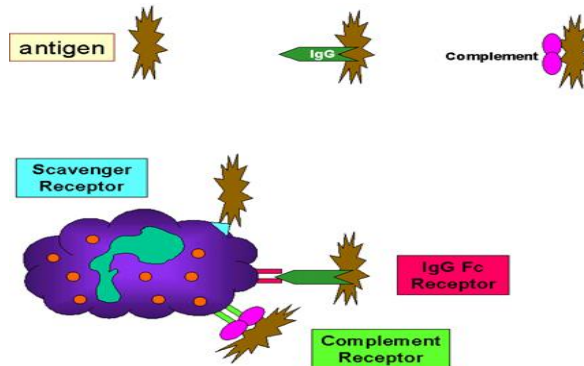


Fig. 26. Adherencia de bacterias vía receptores.  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 09/03/08)

### 1.1.2. EOSINÓFILOS.

Los eosinófilos proceden de precursores que residen en la médula ósea. Después de madurar durante 3 ó 4 días, el eosinófilo es liberado a la sangre donde probablemente invierte 3 ó 4 horas en su camino hacia los tejidos conjuntivos, donde permanece el resto de su vida de 8 a 12 días de duración (Fig. 27).<sup>8</sup>

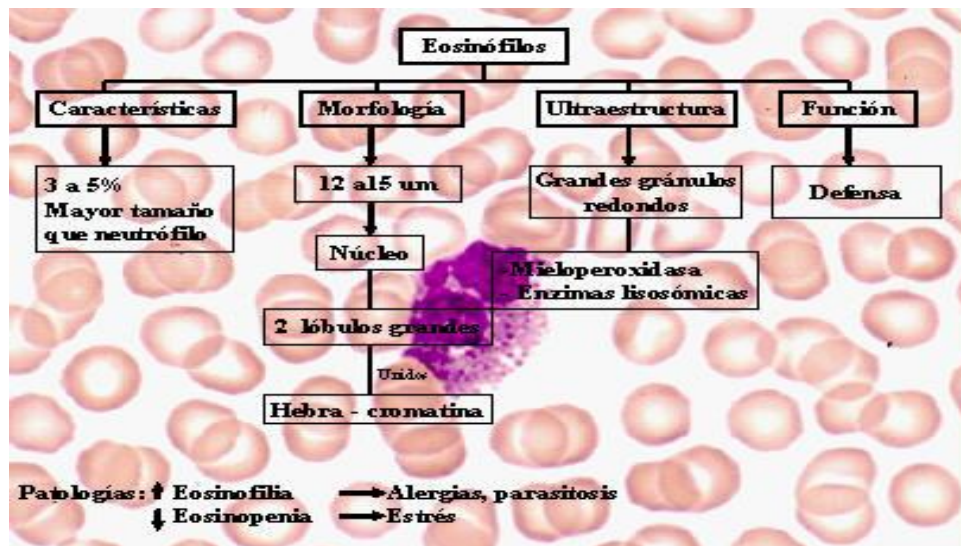
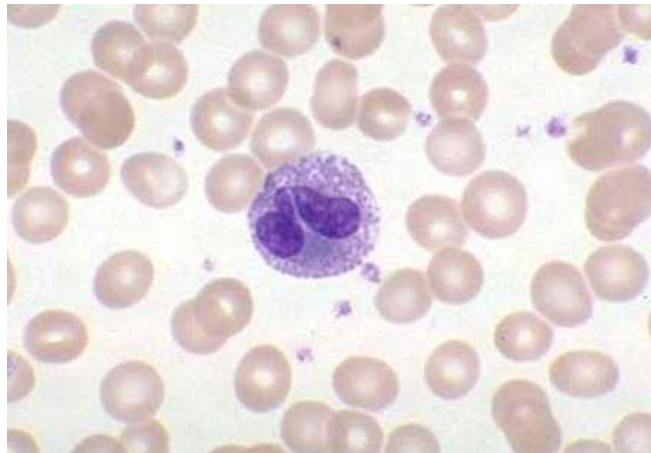


Fig. 27. Características morfológicas, ultraestructurales y funciones del eosinófilo.  
(Tomada de www.histodonto.com el 09/03/08)

Únicamente del 1 al 4% de los leucocitos totales en la sangre periférica son eosinófilos. Estos son un poco mayores que los neutrófilos (Fig. 28). Pueden salir del torrente sanguíneo mediante diapédesis, extenderse y desplazarse en los tejidos conectivos. Son capaces sólo de fagocitosis limitada, mostrando una preferencia por complejos antígeno-anticuerpo. En forma característica el número de eosinófilos circulantes aumenta durante las reacciones alérgicas y en respuestas a las infecciones parasitarias, son capaces de destruir los estadios larvales de los gusanos parásitos; por lo tanto, una razón alternativa para el desarrollo de una eosinofilia se relaciona con una infestación parasitaria y disminuye rápidamente en respuesta al tratamiento con corticoesteroides exógenos.<sup>5,9</sup>



**Fig. 28. Imagen de un eosinófilo.**  
(Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 09/03/08)

En estado normal se presentan en las capas de tejido conectivo laxo del intestino, pulmones y piel, y en el tejido conectivo superficial de los genitales externos.

Se sabe que los eosinófilos participan de alguna manera en los fenómenos anafilácticos, porque son más abundantes en sitios de reacciones alérgicas y en la sangre de individuos que sufren alergia (Fig. 29).<sup>7</sup>



Fig. 29. Imagen histológica de un eosinófilo en donde se aprecian sus gránulos y la forma lobulada de su núcleo.  
(Tomada de [www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el 09/03/08)

Tienen de 12 a 15  $\mu\text{m}$  de diámetro y un núcleo con dos lóbulos grandes unidos por una fina hebra de cromatina, que en ocasiones presenta un grumo pequeño de cromatina. Los grumos de cromatina son gruesos y se tiñen intensamente, y no se distinguen nucléolos. El citoplasma está casi cubierto por grandes gránulos muy eosinófilos, que rara vez cubren el núcleo.<sup>2</sup>

Con microscopía electrónica se ponen de manifiesto, el aparato de Golgi pequeño y de localización central, una cantidad limitada de retículo endoplásmico rugoso (RER) y sólo unas cuantas mitocondrias, por lo general en la vecindad de los centríolos cerca del citocentro.<sup>3</sup> El citoplasma contiene dos tipos de gránulos: abundantes gránulos específicos grandes y alargados y gránulos azurófilos (salvo por éstos, en el eosinófilo las organelas membranosas están poco representadas).

- **Gránulos específicos.** Estos gránulos de los eosinófilos contienen un **cuerpo cristaloides** bien visible con MET, que está rodeado por una matriz menos electrodensa. Estos cuerpos cristaloides son la causa de

la refractilidad de los gránulos en la microscopia óptica. Los gránulos contienen cuatro proteínas principales: una proteína rica en arginina llamada **proteína básica mayor** o **principal (MBP)** que le imparte acidofilia intensa al gránulo, la **proteína catiónica de eosinofilo (ECP)**, la **peroxidasa de eosinofilo (EPO)** y la **neurotoxina derivada de eosinofilo (EDN)**. La MBP está en el cuerpo cristalóide; las otras tres proteínas están en la matriz del gránulo. Los gránulos específicos también contienen **histaminasa**, **arilsulfatasa**, **colagenasa** y **catepsinas**.

Las MBP, ECP y EPO ejercen un efecto citotóxico intenso sobre protozoarios y helmintos parásitos; la EDN causa disfunción del sistema nervioso en los organismos parásitos; la histaminasa neutraliza la acción de la histamina y la arilsulfatasa neutraliza la sustancia de reacción lenta de la anafilaxia (SRS-A) secretada por los basófilos. Esta última sustancia es una mezcla de los leucotrienos C<sub>4</sub>, D<sub>4</sub> y E<sub>4</sub> que se forman a partir de araquidonato derivado de fosfolípidos de membrana en la llamada vía de la lipoxigenasa.

- **Gránulos azurófilos.** Son lisosomas y contienen una variedad de las hidrolasas ácidas lisosómicas habituales y otras enzimas hidrolíticas que actúan en la destrucción de parásitos y en la hidrólisis de los complejos antígeno-anticuerpo fagocitados por el eosinófilo.

Además, se ha comprobado experimentalmente que los eosinófilos son atraídos a complejos libres de antígeno-anticuerpo y pueden fagocitarlos.

Un papel de los eosinófilos es atenuar los efectos de las reacciones alérgicas locales, pues sus gránulos específicos contienen muchas enzimas que degradan los mediadores químicos liberados por células cebadas.

Los eosinófilos también se acumulan en sitios de liberación de histamina. Hoy se acepta, en general, que los eosinófilos tienen un papel importante en el control de las respuestas locales en las reacciones alérgicas (Fig. 30).<sup>1</sup>

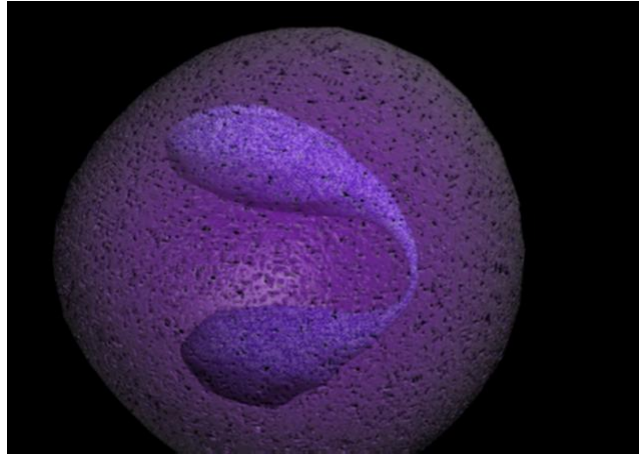


Fig. 30. Imagen diseñada en tercera dimensión de un eosinófilo.

### 1.1.3. BASÓFILOS.

Los basófilos son los menos numerosos de los granulocitos, siendo responsables del 0.5% del total de leucocitos (Fig. 31).<sup>8</sup>

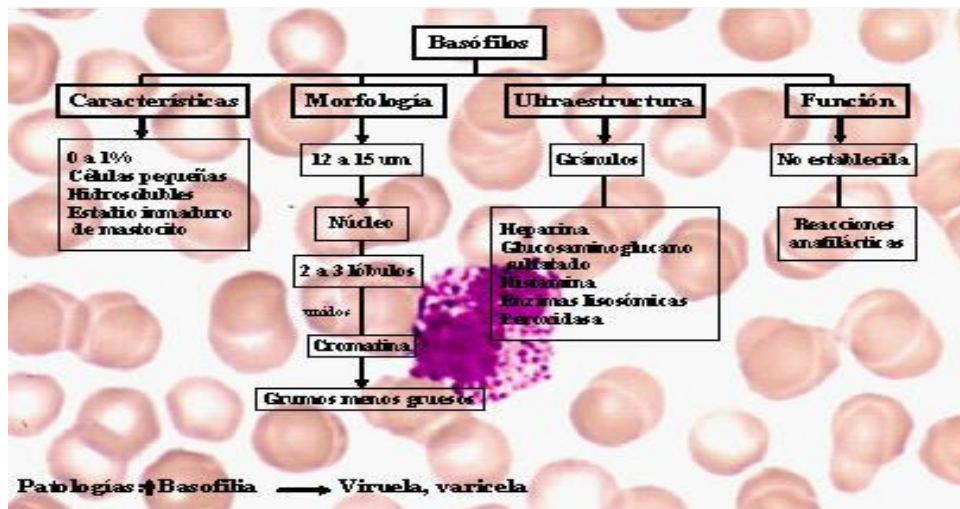
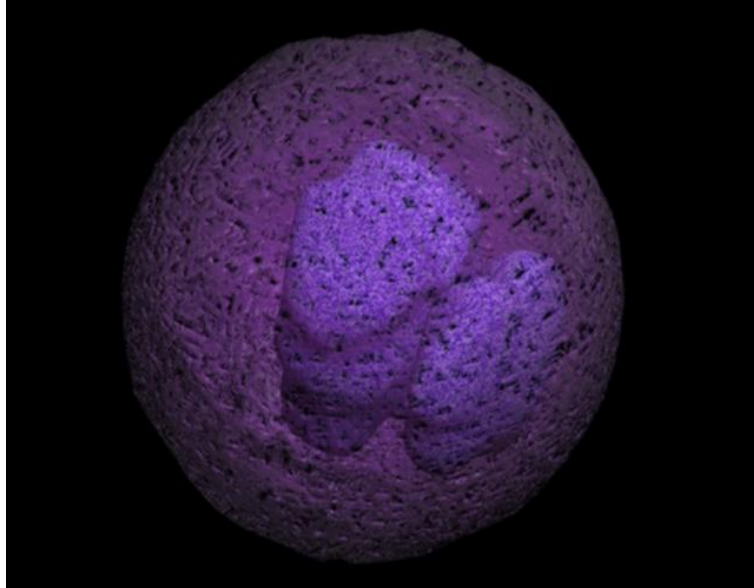


Fig. 31. Diagrama de las características de un basófilo.  
(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 09/03/08)

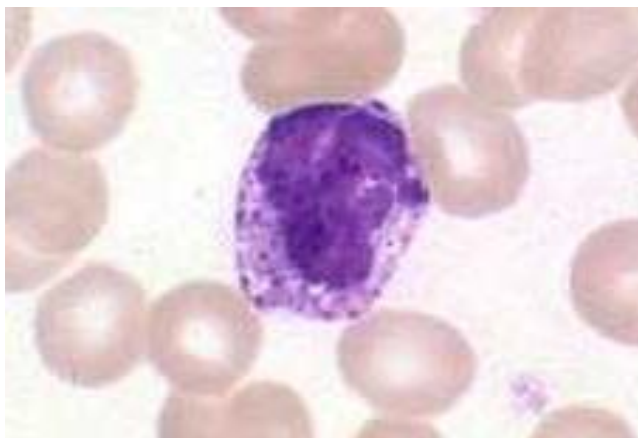
Los basófilos varían en diámetro de 10 a 12nm pero por lo general son ligeramente más pequeños que los neutrófilos (Fig. 32).<sup>5</sup>



**Fig. 32. Imagen de un Basófilo realizado en tercera dimensión.**

Son células redondas en suspensión, pero pueden ser pleomórficas durante su migración a través del tejido conectivo.<sup>3</sup>

El núcleo de los basófilos es voluminoso con forma tortuosa e irregular, generalmente con aspecto de letra S. Su citoplasma está cargado de gránulos mayores que los de los otros granulocitos, los cuales muchas veces oscurecen prácticamente el núcleo (Fig. 33).<sup>6</sup>



**Fig. 33. Imagen histológica de un leucocito basófilo con sus gránulos basófilos.**

(Tomada de  
[www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) el  
09/03/08)



Se denominan basófilos porque los abundantes gránulos grandes que hay en el citoplasma se tiñen con colorantes básicos. La heterocromatina es esencialmente periférica, mientras que la eucromatina está ubicada sobre todo en el centro del núcleo. Las organelas citoplasmáticas típicas son escasas. La membrana plasmática del basófilo posee abundantes receptores de  $F_c$  para los anticuerpos de inmunoglobulina E (IgE). Además, en la superficie del basófilo se expresa una proteína específica de 39 kDa llamada CD40L. Ésta interacciona con un receptor complementario (CD40) en los linfocitos B, lo cual da por resultado un aumento en la síntesis de inmunoglobulina E. <sup>1</sup>

Los gránulos específicos son la característica más sobresaliente de los basófilos, presentan formas irregulares y varían de tamaño; los más grandes son del tamaño de los gránulos específicos de los eosinófilos; los más pequeños casi tanto como los de los neutrófilos; se tiñen en forma metacromática y en los frotis sanguíneos teñidos presentan un color violeta rojizo a casi negro (Fig. 34). <sup>5</sup>

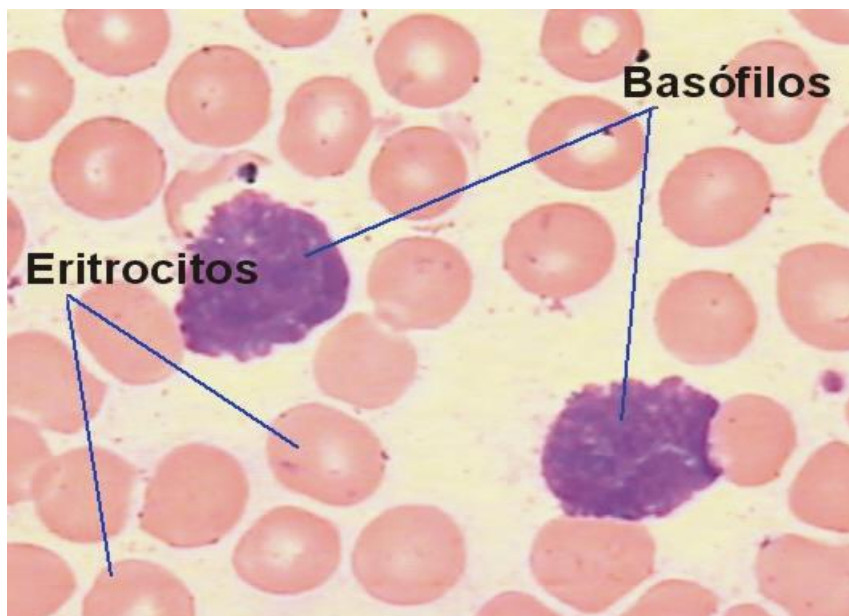


Fig. 34. Frotis sanguíneo en donde se aprecian los eritrocitos y basófilos.  
(Tomada de [www.gechem.org](http://www.gechem.org) el 10/03/08)

- 
- **Gránulos específicos.** Cuando se ven con el **MET** presentan una textura granulada y figuras de mielina. Estos gránulos contienen una gran variedad de sustancias entre las que se encuentran **heparán sulfato, histamina** y **SRS-A**. La histamina y la mezcla de leucotrienos que se conoce tradicionalmente como SRS-A son vasoactivas, y entre otras acciones, causan la dilatación de los vasos de pequeño calibre. El heparán sulfato es un glucosaminoglucano sulfatado que tiene una relación de parentesco muy cercano con la heparina hallada en los gránulos de las células cebadas del tejido conjuntivo. La gran cantidad de sulfato en esta molécula produce la basofilia intensa de los gránulos específicos del basófilo.
  
  - **Gránulos inespecíficos (azurófilos).** Son los lisosomas de los basófilos y contienen varias de las hidrolasas ácidas lisosómicas habituales similares a las de otros leucocitos.<sup>1</sup>

### **Funciones de los basófilos.**

Como reacción a la presencia de ciertos antígenos en algunos individuos, las células plasmáticas elaboran y descargan una clase particular de inmunoglobulina, la de tipo E (IgE). Las porciones Fc de las moléculas de IgE se unen a los receptores Fc de los basófilos y las células cebadas sin ejercer ningún efecto manifiesto. Sin embargo, la siguiente vez que entran en el cuerpo los mismos antígenos se fijan en las moléculas de IgE sobre la superficie de estas células.

Debe entenderse que aunque las células cebadas y los basófilos parecen poseer funciones semejantes, son células distintas aunque originadas, posiblemente, por la misma célula precursora.



1. La fijación de antígeno a las moléculas de IgE sobre la superficie del basófilo hace que la célula descargue el contenido de sus gránulos específicos hacia el espacio extracelular.
2. Por añadidura, las fosfolipasas actúan sobre ciertos fosfolípidos del plasmalema del basófilo para formar **ácidos araquidónicos**. Los ácidos araquidónicos se someten a metabolismo para producir **leucotrienos C4, D4 y E4** (conocidos de manera global con anterioridad como sustancia de la reacción lenta de la anafilaxia, o **SRS-A**).
3. La descarga de histamina produce vasoconstricción, contracción del músculo liso (en el árbol bronquial) y permeabilidad de los vasos sanguíneos.

Los leucotrienos tienen efectos similares, pero estas acciones son más lentas y más persistentes que las asociadas a la histamina. Por añadidura los leucotrienos

migran hacia el sitio de la carga antigénica. La función de los granulocitos basófilos en el torrente sanguíneo no se ha establecido con certeza, salvo su posible intervención en las reacciones anafilácticas (Fig. 35).<sup>2,3</sup>

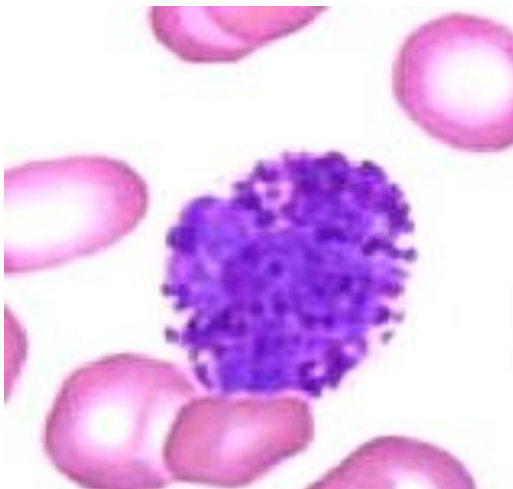


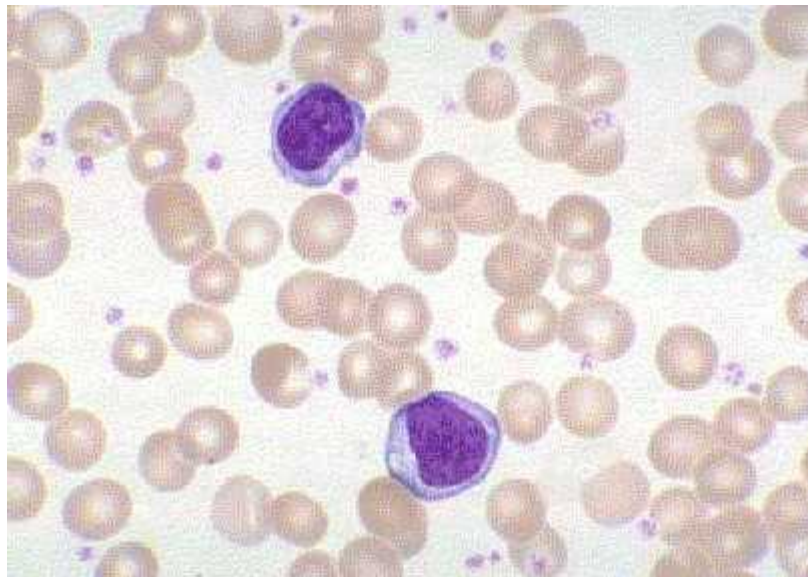
Fig. 35. Imagen histológica de un Basófilo.  
(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el  
10/03/08)

---

## 1.2. LEUCOCITOS NO GRANULARES.

### 1.2.1. LINFOCITOS T y B.

En las personas adultas y en niños mayores, los linfocitos son el segundo tipo más numerosos de leucocitos en sangre, y su número aumenta en respuesta a infecciones víricas. En los niños pequeños, en cambio, son el tipo de glóbulo blanco más numeroso. Se diferencian dos tipos principales de linfocitos, los B y los T, que desempeñan funciones distintas, aunque relacionadas, en el sistema inmunitario (Fig. 36).<sup>4</sup>

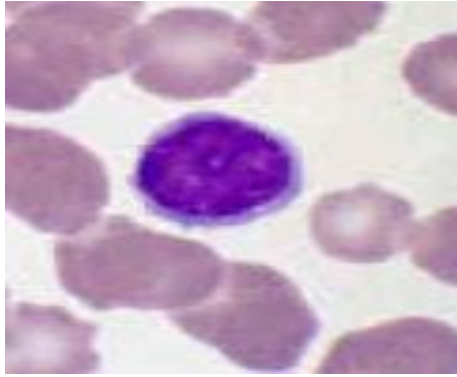


**Fig. 36. Leucocitos no granulocitos del tipo linfocitos.**  
(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 10/03/08)

Son los leucocitos más numerosos de la sangre después de los neutrófilos, y constituyen del 20 al 35% de las células blancas circulantes (Fig. 37).<sup>8</sup>

Constituyen una clase diferente de células; tienen características morfológicas similares pero una variedad de funciones muy específicas.

Responden a la invasión del cuerpo por sustancias extrañas y microorganismos, y ayudan a su inactivación. A diferencia de otros leucocitos, los linfocitos nunca se vuelven fagocíticos.<sup>5</sup>



**Fig. 37. Linfocito**

(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 10/03/08)

Son un poco más grandes que los eritrocitos (en los frotis sanguíneos), y tienen un núcleo redondo ligeramente indentado que ocupa la mayor parte de la célula. El núcleo es denso, con gran cantidad de heterocromatina, y su localización es excéntrica. El citoplasma situado en la periferia se tiñe de color azul claro.<sup>3</sup>

Se clasifican como leucocitos no granulares porque carecen de gránulos específicos, pero un 10% aproximadamente de ellos presentan gránulos finos que se tiñen de color púrpura (azurófilos), los cuales representan lisosomas.<sup>9</sup>

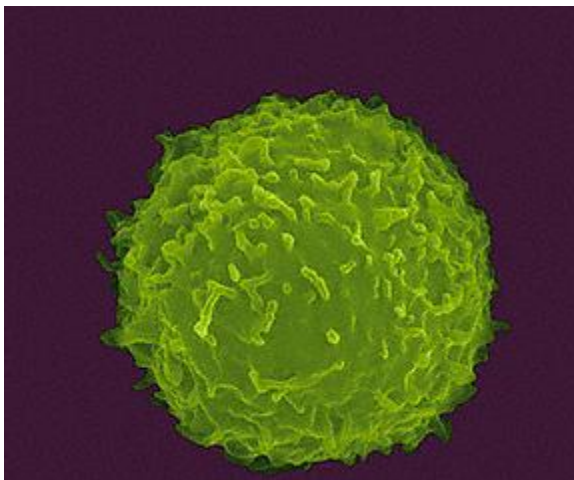
Las micrografías electrónicas de los linfocitos ponen de manifiesto una gran cantidad escasa de citoplasma periférico que alberga unas cuantas mitocondrias, un aparato de Golgi y unos cuantos perfiles de retículo endoplásmico rugoso (RER).<sup>3</sup>

Para comprender la función de los linfocitos debe tenerse en cuenta que la mayor parte de los linfocitos de la sangre o la linfa representan células

inmunocompetentes recirculantes, es decir células que han adquirido la capacidad de reconocer y responder a antígenos y se hallan en tránsito desde un tejido linfático hacia otro. <sup>1</sup>

Los linfocitos se transforman en células activas, que son las que intervienen en las respuestas inmunitarias. Esta transformación ocurre sobre todo en tejidos linfoides especializados, y los grandes linfocitos que se detectan no son más que linfocitos activados. <sup>4</sup>

En los tejidos asociados con el sistema inmune se pueden identificar tres grupos de linfocitos de acuerdo con su tamaño: Linfocitos pequeños, medianos y grandes, con un diámetro que va de 6 a 30nm (Fig. 38).



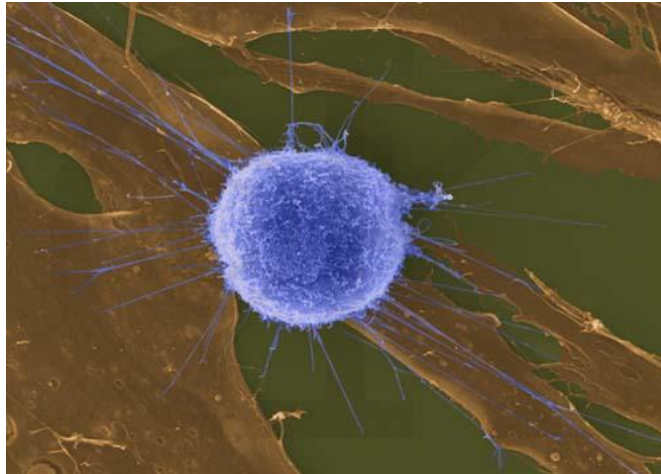
**Fig. 38. Fotomonografía electrónica de barrido de un Linfocito T.**  
(Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 10/03/08)

Los linfocitos grandes son linfocitos activados que poseen receptores superficiales que interaccionan con un antígeno específico o bien linfocitos NK (destruidores naturales) En la circulación casi todos los linfocitos son pequeños y medianos, con un diámetro de 6 a 15  $\mu\text{m}$ , pero en su mayoría más del 90% son linfocitos pequeños.

La caracterización de los tipos linfocíticos tiene su fundamento en la función de las células y no en su tamaño o morfología (Fig. 39). Los **linfocitos T (células T)** se llaman así porque sufren diferenciación en el timo. Los **linfocitos B (células B)** reciben este nombre porque en su momento se

identificaron como una población separada en la bolsa de Fabricio de las aves y luego en los órganos bursaequivalentes de los mamíferos (p. Ej., la médula ósea). Los **linfocitos NK (células NK)** se originan de las mismas células precursoras que los linfocitos T y B y se denominan así porque están programadas para destruir ciertos tipos de células transformadas. (En inglés, natural killer cells, células “asesinas” naturales).<sup>1</sup>

Aunque los linfocitos tengan morfología semejante, técnicas especiales permiten identificar los linfocitos B y T sobre la base de sus propiedades y los receptores localizados en sus membranas.



**Fig. 39. Linfocito T, con un fibroblasto.**  
(Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 10/03/08)

La célula precursora del linfocito se origina en médula ósea y, en las aves, se hace inmunocompetente en la bolsa de Fabricio y el timo. La bolsa de Fabricio es una masa de tejido linfático localizada en la cloaca de las aves, en que las células indiferenciadas transportadas desde la médula ósea por la sangre son inducidas a originar unos linfocitos capaces de ser transformados en plasmocitos que producen anticuerpos (inmunoglobulinas) (Fig. 40). Estos linfocitos se llaman B por depender de la bolsa de Fabricio y participan en la

defensa humoral del organismo mediante síntesis de anticuerpos por los plasmocitos.

Los linfocitos B poseen en su superficie receptores constituidos por inmunoglobulinas específicas para numerosos antígenos, pero diferentes de un linfocito a otro.

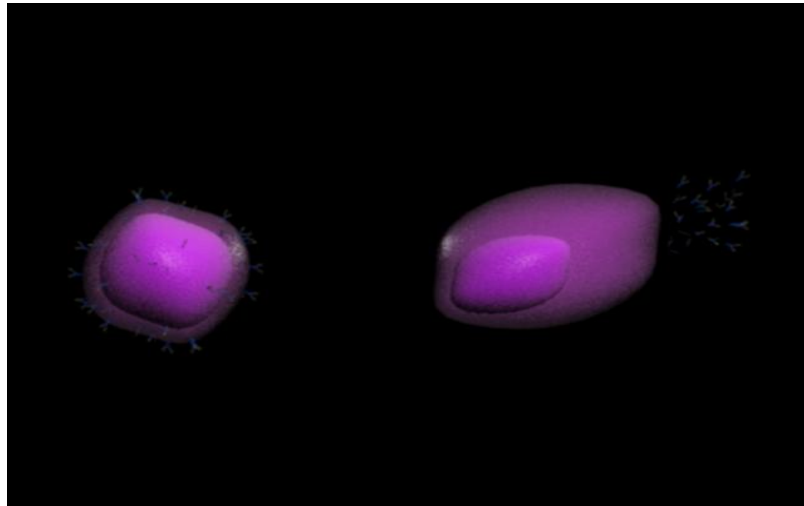
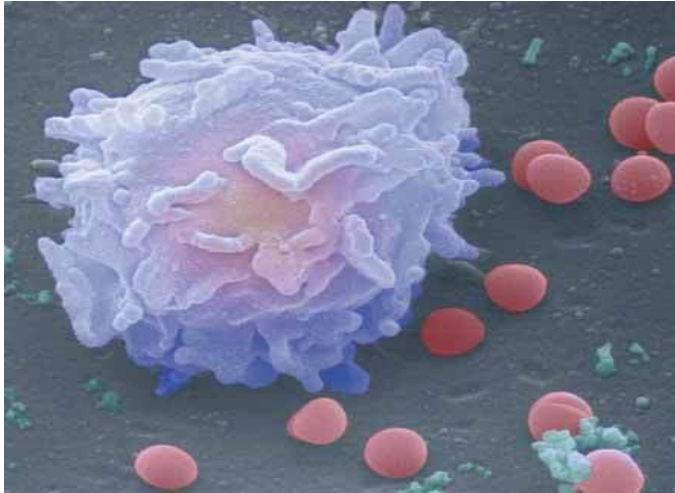


Fig. 40. Imagen elaborado en 3D con la transformación de un linfocito B en célula plasmática.

Como la bolsa de Fabricio no existe en los mamíferos, las células precursoras de la médula ósea se diferencian en linfocitos B probablemente en microrregiones de la propia médula ósea.

En el timo, las células precursoras, que son procedentes de la médula ósea, son inducidas a hacerse progenitoras de los linfocitos participantes en la defensa inmunitaria celular del organismo (Fig. 41). Estos linfocitos se llaman T por depender del timo. Los receptores localizados en sus membranas no son inmunoglobulinas. <sup>6</sup> Pero expresan en su superficie proteínas de reconocimiento exclusivas que se conocen como **receptores de células T (TCR)**. Expresan en su superficie las proteínas marcadoras CD2, CD3 y CD7; no obstante, se subclasifican según tengan o no las proteínas CD4 y CD8.



**Fig.41.** Imagen de un glóbulo blanco. (Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 12/03/08)

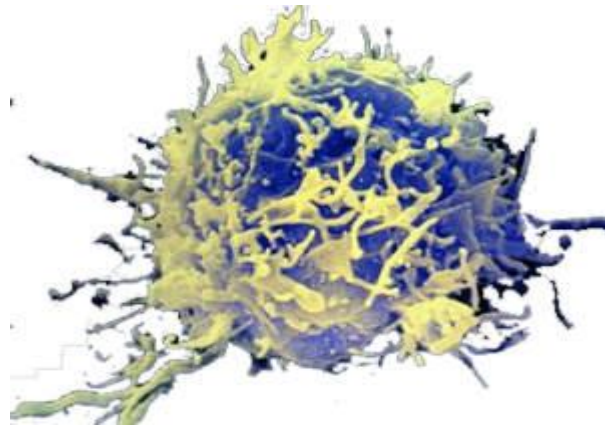
Los linfocitos T CD4 poseen el marcador CD4 y reconocen antígenos unidos a moléculas del **complejo mayor de histocompatibilidad II (MHC II)**. Los linfocitos CD8 tienen el marcador CD8 y reconocen antígenos unidos a moléculas del **(MHC I)**.<sup>1</sup>

**TABLA 2. MARCADORES DE SUPERFICIE.**<sup>3</sup>

Proteína	Superficie celular	Ligando y célula blanco	Función.
CD3	Todas las células T	Ninguno	Transduce a la fijación del complejo de epítotope y MHC en señal intracelular, con lo que activa a la célula T
CD4	Célula T cooperadoras	MHC II sobre las células presentadoras de antígeno	Correceptora para la fijación del TCR al complejo de epítotope y MHC II, activación de la célula T cooperadora
CD8	Células T citotóxicas y células T supresoras	MHC I en casi todas las células nucleadas	Correceptora para la fijación del TCR al complejo de epítotope y MHC I ; activación de la célula T citotóxica
CD28	Células T cooperadoras	B7 sobre las células presentadoras de antígeno	Ayuda a la activación de las células T cooperadoras
CD40	Células B	Molécula receptora de CD40 expresada sobre las células T cooperadoras activadas	La fijación de la molécula CD40 a su receptor permite a la célula T cooperadora activar a la célula B para que prolifere y produzca células B de memoria y células plasmáticas



En la sangre humana, el 60 al 80% de los linfocitos corresponden a linfocitos T maduros, mientras que el 20 al 30% corresponden a linfocitos B maduros (Fig. 42). Alrededor del 5 al 10% de las células carecen de los marcadores superficiales asociados con linfocitos T o B. Éstas son los linfocitos NK y las infrecuentes células, madre hemopoyéticas circulantes. <sup>1</sup>



**Fig. 42. Imagen de un Linfocito T.**

(Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 12/03/08)

### **Funciones de los Linfocitos T y B.**

Los linfocitos T y B, y el macrófago interactúan en una serie de sucesos que permiten que el cuerpo ataque y elimine antígenos extraños (Fig. 43). Esta serie de acontecimientos se conoce en forma colectiva como **respuesta inmunitaria (RI)**. <sup>10</sup>

Las actividades de los linfocitos citotóxicos, coadyuvantes (helper) y supresores son mediadas por moléculas ubicadas en su superficie.

A nivel molecular, los linfocitos se caracterizan por la expresión de moléculas específicas en su membrana plasmática llamadas **proteínas de cúmulo de diferenciación (CD)**. Las proteínas CD reconocen ligandos específicos en células diana. Dado que algunas proteínas CD están sólo en tipos específicos de linfocitos, se consideran proteínas marcadoras específicas.



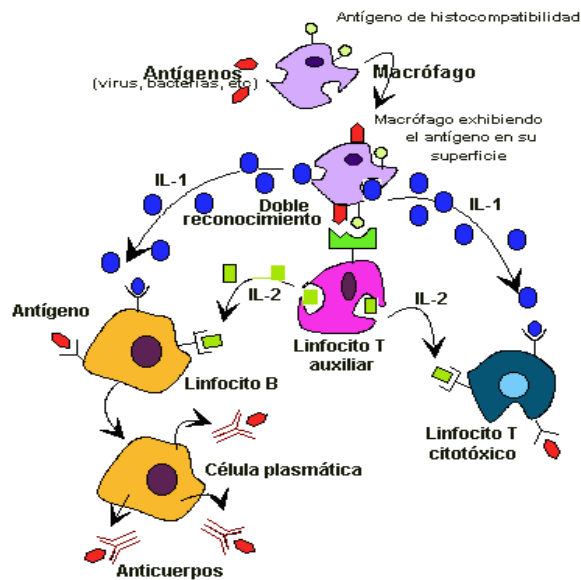
Los linfocitos T se caracterizan por tener las proteínas marcadoras CD2, CD3 Y CD7 y los **receptores de células T (TCR)**. Estas células poseen una vida larga y son efectoras en la inmunidad mediada por células. <sup>1</sup>



**Fig. 43. Linfocito T**  
(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 12/03/08)

Los linfocitos T son responsables de la RI conocida como **inmunidad mediada por células (IMC)**. La IMC requiere interacción con macrófagos histocompatibles, linfocitos T y un antígeno. Cuando menos hay tres subgrupos funcionales importantes de linfocitos T implicados en la RI: Linfocitos T cooperadores (TC), linfocitos T supresores (Ts) y linfocitos T citotóxicos (Tc) (Fig. 44). Cuando Estas células son activadas durante la RI proliferan y producen linfocinas.

Las linfocinas son citocinas liberadas principalmente de linfocitos T que influyen sobre la función de otros linfocitos, macrófagos y otras células del cuerpo.<sup>10</sup>



**Fig. 44 Esquema de la diferenciación de los Linfocitos.**

(Tomada de medtempus.com el 12/03/08)

- **Linfocitos T CD8 citotóxicos.** Son las células efectoras primarias en la inmunidad mediada por células. Estos linfocitos son células T sensibilizadas en forma específica que reconocen antígenos a través del TCR en células hospederas infectadas por virus o células que han sufrido transformación neoplásica. Los linfocitos T CD8 citotóxicos desempeñan un papel importante en el rechazo de los aloinjertos y en la inmunología de los tumores.
- **Linfocitos T CD4 coadyuvantes.** Son decisivos para la inducción de una respuesta inmune frente a un antígeno extraño. El antígeno unido a moléculas MCH II es presentado por células presentadoras de antígeno, como los macrófagos, a un linfocito T CD4 coadyuvante. La unión del TRC al complejo antígeno-MHC II activa al linfocito T cd4 coadyuvante. Este linfocito activado produce interleucinas que actúan en forma autocrina para estimular la proliferación y diferenciación de más linfocitos T CD4 coadyuvantes.

Las células recién diferenciadas sintetizan y secretan linfocinas que afectan tanto la función como la diferenciación de los linfocitos B, T y NK. Los linfocitos B se diferencian en plasmocitos y sintetizan anticuerpos.

- **Linfocitos T CD45RA supresores y/o CD8 citotóxicos.** Disminuyen o suprimen la formación de anticuerpos por los linfocitos B. También inhiben la capacidad de los linfocitos T para iniciar una respuesta inmune mediada por células. Los linfocitos T supresores y/o citotóxicos también actuarían en la regulación de la maduración celular eritroide en la médula ósea. <sup>1</sup>

(Fig. 44).

**Los linfocitos B** son responsables de parte de la RI conocida como inmunidad humoral (por ejemplo la producción de anticuerpos). Para lograr una inmunidad humoral, el linfocito B periférico debe ser activado y diferenciarse a célula plasmática (Fig. 45).



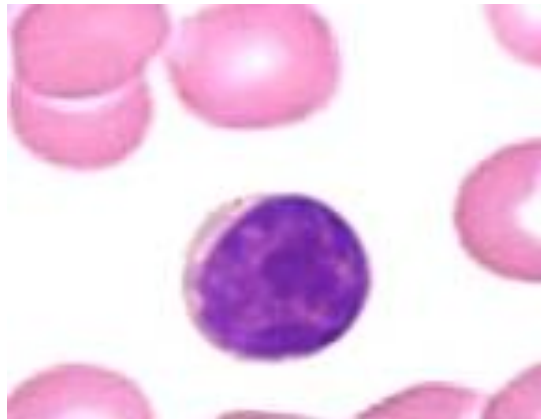
**Fig. 45. Linfocito B**  
(Tomada de [www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) el 12/03/08)

La capacidad del cuerpo para formar una RI contra un antígeno extraño en particular es controlada por genes de RI situados en el complejo principal de histocompatibilidad (MHC) en el cromosoma 6.

La actividad funcional del linfocito B incluye la síntesis y secreción de anticuerpos. Asimismo, la inmunoglobulina de superficie del linfocito B actúa como receptor del antígeno transformado, el cual se enlaza tanto al macrófago como al linfocito T. Además del enlace del antígeno presentado por el macrófago, las moléculas del MHC II del linfocito B se enlazan a los receptores del MHC II del linfocito T. Este complejo de tres células (linfocito T, macrófago y linfocito B) inicia la formación del inmunoblasto del linfocito B. El inmunoblasto se transforma en una célula plasmática secretora de anticuerpos. Además de formar células plasmáticas, los linfocitos B activados forman linfocitos B de memoria (Fig. 46).<sup>10</sup>

Las cuales regresan a un estado inactivo pero retienen la capacidad para responder en forma más rápida al siguiente encuentro con el mismo antígeno. (5)

Los linfocitos T pueden mediar la activación de los linfocitos B a través de la secreción de linfocinas que no requiere contacto físico entre las dos células. Por otra parte, los linfocitos T activados secretan factores de crecimiento de célula B (linfocitos) y factores de diferenciación que estimulan al linfocito B a proliferar.<sup>10</sup>



**Fig. 46. Linfocito B**  
(Tomada de [www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) el 12/03/08)

Al diferenciarse en células plasmáticas secretan moléculas (anticuerpos o inmunoglobulinas) fijadoras de antígenos específicos que circulan en la sangre y la linfa, lo cual sirve como componente principal de la **inmunidad humoral**.<sup>5</sup>

### 1.2.2. CELULAS PLASMÁTICAS.

Los linfocitos B estimulados, son células que han encontrado el antígeno contra el cual se han programado para responder, sufren transformación de linfocitos reactivos a inmunoblastos, a linfocitos plasmacitoides y, por último a células plasmáticas en los ganglios linfáticos. Representan un estadio completamente activo de la célula B. Estas corresponden a una forma diferenciada del linfocito B y son encargadas de sintetizar activamente inmunoglobulinas (Fig. 47). Son células ovoides, de núcleo excéntrico y con un citoplasma fuertemente basófilo. Su tamaño es variable, pero de ordinario miden de 10 a 20µm. Junto al núcleo hay un área llamativa, teñida pálidamente, que es el lugar de un gran aparato de Golgi. El resto del citoplasma es fuertemente basófilo.<sup>4,8,10</sup>

### Señales de activación B

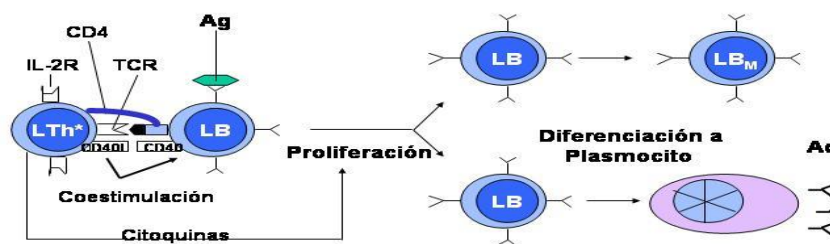


Fig. 47. Activación de un Linfocito B a una célula plasmática.  
(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 21/03/08)

Sólo se encuentran unas cuantas mitocondrias diseminadas entre los perfiles del retículo endoplásmico rugoso. Las micrografías electrónicas manifiestan también un gran complejo yuxtannuclear de Golgi y un par de centriolos. Estas estructuras se encuentran localizadas en las regiones de tinción pálidas adyacentes al núcleo en las micrografías de luz. El núcleo esférico posee heterocromatina que se proyecta a manera de rayos desde el centro, y da el aspecto característico de “carátula de reloj” o de “rueda de carro” bajo el microscopio de luz. <sup>3</sup>

Las células plasmáticas se desplazan lentamente y no tienen actividad fagocítica. Se encuentran en gran cantidad en el tejido conectivo de la lámina propia del tubo digestivo y en el tejido linfoide. La mayor parte de los demás tejidos conectivos contienen muy escasas células plasmáticas, pero la cantidad se incrementa en las inflamaciones crónicas (Fig. 48). <sup>2</sup>

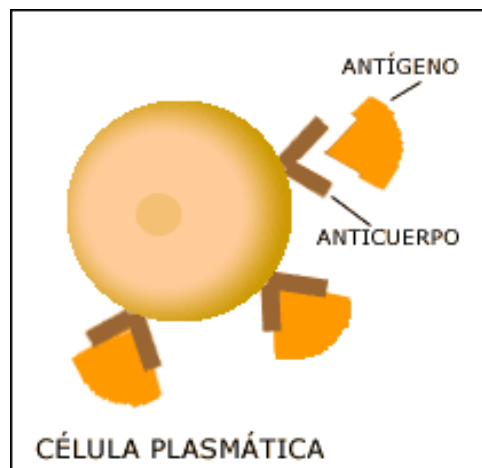


Fig. 48. Diagrama de la activación de la célula plasmática.  
(Tomada de el medtempus.com el15/03/08)

Sin embargo, esta cantidad aumenta drásticamente en los sitios de inflamación tisular causada por agentes patógenos. Estos son muy abundantes en vías respiratorias, en donde participan de la inmunovigilancia

contra agentes patógenos y sustancias extrañas que se introducen en el organismo al atravesar el revestimiento epitelial de estos. <sup>1</sup>

Constituyen una pequeña población en la médula ósea; suelen observarse en tejidos de sostén y en órganos linfoides especializados. En condiciones hormonales, no se observan en la sangre.

### 1.2.3. INMUNOGLOBULINAS (ANTICUERPOS).

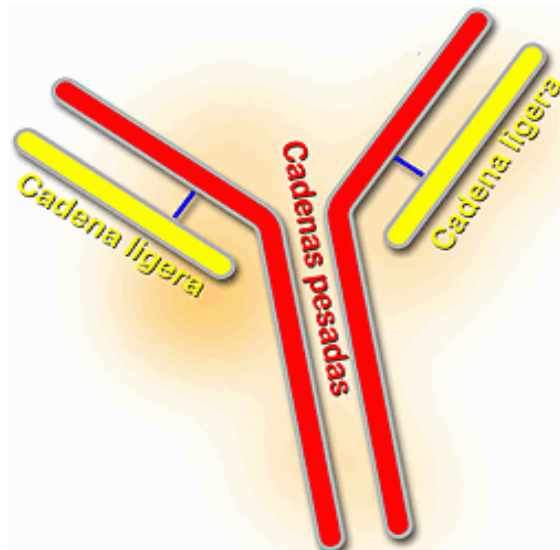


Fig. 49. Esquema de una inmunoglobulina.  
(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 21/03/08)

Las *inmunoglobulinas* (Fig. 49) son glucoproteínas que inactivan a los antígenos (entre ellos los virus) y desencadenan una reacción extracelular contra los microorganismos invasores. Esta reacción puede abarcar fagocitosis en los espacios del tejido conectivo por los macrófagos (o los neutrófilos) o activación del sistema de complemento que circula en la sangre (Fig. 50). <sup>1</sup>

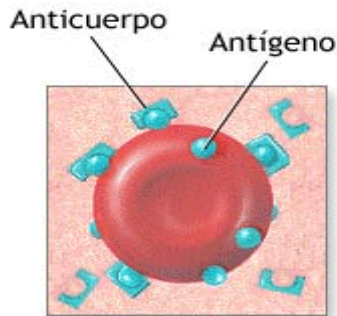


Fig. 50. Célula plasmática con anticuerpos de superficie y antígenos.  
(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 21/03/08)

Es una molécula singular producida por linfocitos B y células plasmáticas, está constituida por dos pares de cadenas polipéptidas: dos cadenas pesadas y dos cadenas ligeras ligadas por enlaces disulfuro (Fig. 51).

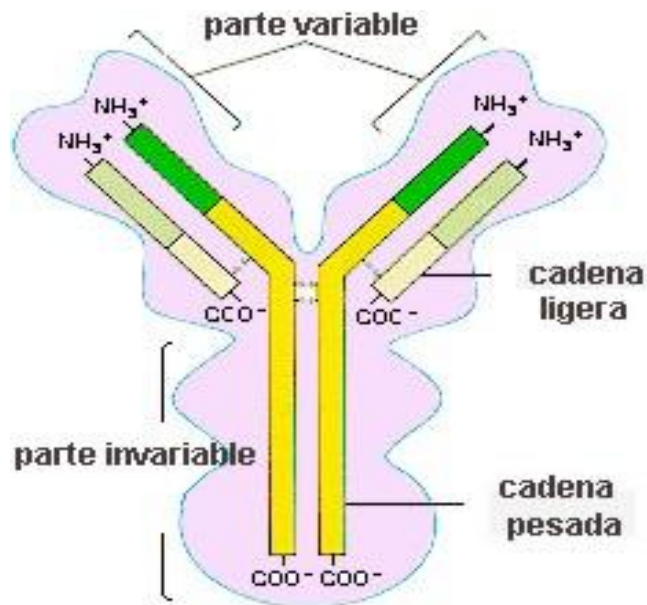


Fig. 51. Diagrama de una inmunoglobulina  
(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 19/03/08)

Cada cadena pesada y ligera de la inmunoglobulina (Ig) consiste en una región variable y una región constante (Fig. 51). La región constante es la



misma para todos los anticuerpos, no así la región variable, la cual difiere en cada Ig. La región constante media funciones efectoras como la lisis celular por el complemento. Juntas, las regiones variables de las cadenas pesadas y ligeras determinan el sitio de combinación del anticuerpo (Fig. 52).<sup>10</sup>



Fig. 52. Esquemática de la reacción antígeno anticuerpo y la presentación a una célula NK.

(Tomada de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 15/03/08)

Las inmunoglobulinas tienen forma de Y, y existen 5 clases de inmunoglobulinas: inmunoglobulina G (IgG), IgE, IgM, IgA e IgD. La IgG es la más abundante de las que componen la fracción de inmunoglobulinas del plasma sanguíneo (Tabla 3).<sup>2</sup>

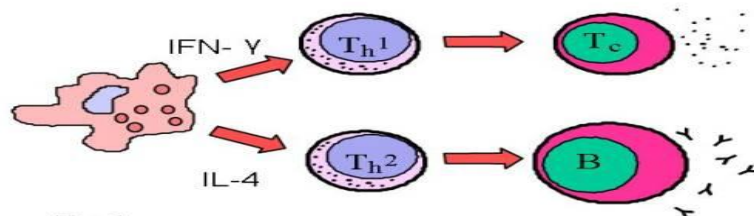
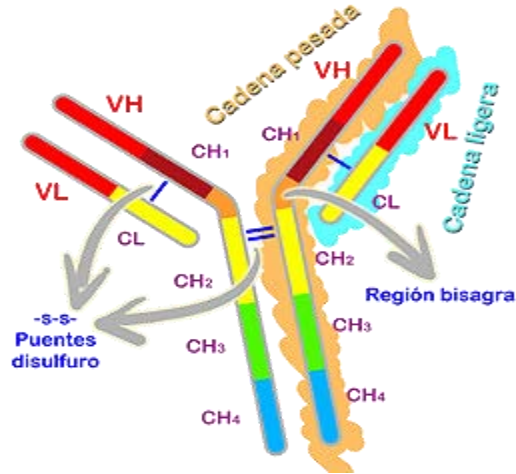


Fig. 53. Reacción y diferenciación celular.

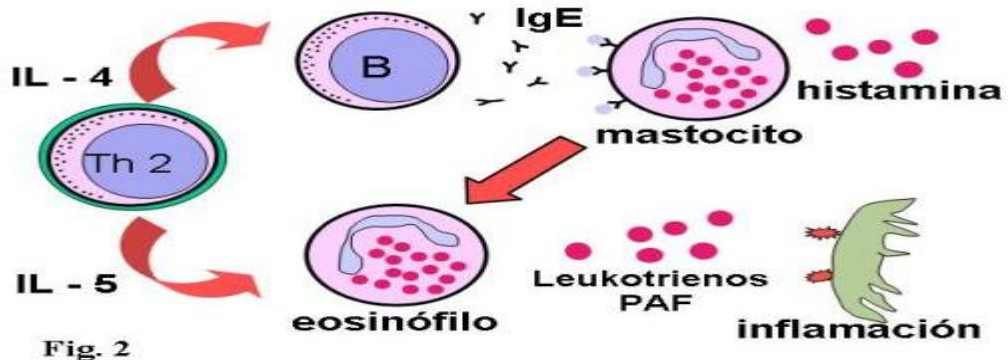
(Tomada de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 15/03/08)

La molécula de inmunoglobulina se puede dividir en tres porciones; 1) dos fragmentos Fab, los fragmentos combinantes de anticuerpos, y 2) un fragmento Fc, del fragmento cristalizante (Fig. 54).



**Fig. 54. Esquemización de una inmunoglobulina.**  
(Tomada de [www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) el 19/03/08)

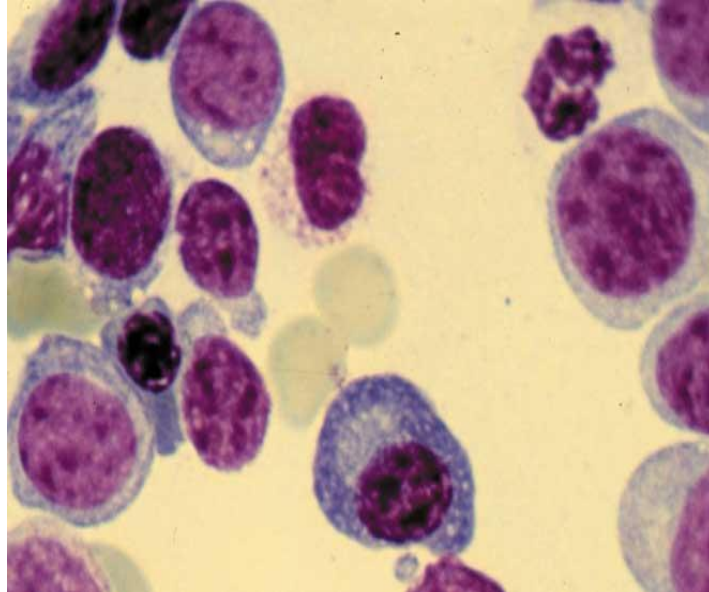
Las dos porciones Fab están constituidas por las regiones variables de las cadenas pesadas y ligeras. Estos dos fragmentos contienen a los dos sitios de combinación de anticuerpos. La porción Fc contiene las regiones constantes de las cadenas pesadas y es el motivo del enlace del complemento, fijación a la piel y transporte placentario, así como del enlace de la inmunoglobulina a los receptores Fc celulares (Fig. 55).



**Fig. 55. Reacción celular con la producción de inmunoglobulinas y proceso inflamatorio.**  
(Tomada de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 19/03/08)

**Tabla 3 Propiedades de las inmunoglobulinas humanas.<sup>3</sup>**

Clase	Núm. De unidades	% de Ig en sangre	Cruza a la placenta	Se fija a las células	Características Biológicas
IgA	1 a 2	10 A 15%	No	Temporalmente a las células epiteliales durante la secreción.	Conocida también como anticuerpo secretor porque se secreta hacia lágrimas, saliva y luz del intestino, y la cavidad nasal en forma de dímeros; las unidades individuales del dímero se consideran unidas entre sí por medio de la proteína J elaborada por las células plasmáticas y protegida contra la degradación enzimática por un componente secretor elaborado por la célula epitelial; combate a los antígenos y a los microorganismos en la luz del intestino, la cavidad nasal, la vagina y el saco conjuntival; se secreta hacia la leche, y por tanto, protege al neonato con inmunidad pasiva; forma monomérica circula en la sangre; ayuda a los eosinófilos a reconocer y matar a los parásitos.
IgD	1	< 1%	No	Membrana plasmática De la célula B	Inmunoglobulina de superficie (Igs); ayuda a las células B en el reconocimiento de los antígenos para los que son específicos; funciona inactivación de las células B después de la carga antigénica para que se diferencien en células plasmáticas.
IgE	1	< 1%	No	Células cebadas y basófilos	Anticuerpo reagínico; cuando están enlazados de manera cruzada por antígenos varios anticuerpos fijos a la membrana, la IgE facilita la desgranulación de los basófilos y los células cebadas, con descarga subsecuente de agentes farmacológicos como heparina, histamina, factores quimiotácticos de eosinófilos y neutrófilos y leucotrienos; desencadena reacciones inmediatas de hipersensibilidad; ayuda a los eosinófilos a reconocer y matar a los parásitos.
IgG	1	80%	Si	Macrófagos Y neutrófilos	Cruza la placenta, y por tanto, protege al feto mediante inmunidad pasiva; se secreta en la leche, por lo que protege al neonato con inmunidad pasiva; activa a la cascada del complemento; funciona como <b>opsonina</b> , esto es, al cubrir a los microorganismos facilita su fagocitosis por macrófagos y neutrófilos, células que poseen receptores Fc para la región Fc en estos anticuerpos; participa también en la <b>citotoxicidad mediada por las células dependientes de anticuerpo</b> al activar a las células NK; se producen grandes cantidades durante las reacciones inmunológicas secundarias.
IgM	1 a 5	5-10%	No	Células B (en forma monomérica)	La forma pentamérica se conserva mediante enlaces de proteína J, que se fijan a las regiones Fc de cada unidad; activa al sistema de complemento; es el primer isótopo que se forma en la reacción inmunológica primaria.



**Fig. 56. Frotis de Glóbulos blancos.**  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 15/03/08)

### **1.3. CÉLULAS NK (ASESINAS NATURALES).**

Los linfocitos T y B representan la totalidad de los linfocitos de la sangre periférica (Fig. 56), excepto aproximadamente el 10%. Una tercera población de células linfoides, que no expresan marcadores de linfocitos T y B, es la célula nula (Fig. 57).<sup>10</sup>



**Fig. 57. Fotografía de una célula NK.**  
(Tomada de medtempus.com el 15/03/08)

Las células nulas están compuestas por dos poblaciones definidas, células madres circulantes, que originan todos los elementos figurados de la sangre y células NK (células asesinas naturales, NK por el inglés “natural killer”). Estas células NK pueden matar a ciertas células extrañas y a otras alteradas por virus sin la influencia del timo o de las células T (Fig. 58).<sup>3</sup>



Fig. 58. Esquema de una célula asesina natural o NK por sus siglas en inglés.  
(Tomada de [www.cienciahoy.org.ar](http://www.cienciahoy.org.ar) el

21/03/08)

Los linfocitos NK (células NK) se originan de las mismas células precursoras que los linfocitos T y B y se denominan así porque están programados para destruir ciertos tipos de células transformadas. Los linfocitos NK son programados durante su desarrollo para destruir ciertas células infectadas por virus y algunos tipos de células de tumores. Las células NK son más grandes que los linfocitos B y T, miden aproximadamente 15  $\mu\text{m}$  de diámetro y poseen un núcleo arriñonado. Como las células NK contienen varios gránulos citoplasmáticos grandes bien visibles con el microscopio óptico, también reciben el nombre de linfocitos granulares grandes (LGL, large granular lymphocyte). Entre sus marcadores específicos están CD16, CD56 y CD94 (Fig. 57).<sup>1</sup>

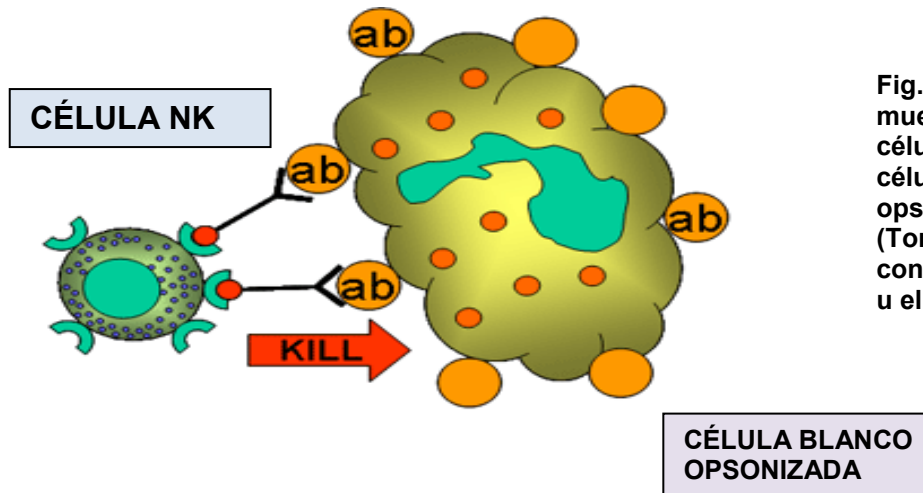


Fig. 59. Esquema de muerte mediada por células NK de células blanco opsonizadas. (Tomada de conganat.uninet.edu el 23/03/08)

Estas células no producen inmunoglobulinas ni expresan TCR en su superficie. En consecuencia, los linfocitos NK no son específicos de antígeno. Sin embargo, con una acción similar a la de los linfocitos T, destruyen células infectadas por virus y algunas células neoplásicas por medio de un mecanismo citotóxico (Fig. 59). A diferencia de los linfocitos T, no es necesaria la sensibilización previa para la actividad lítica de las células NK, y la citólisis no se restringe al MHC. La célula linfoide se fija a las células tumorales y lisa espontáneamente a la célula blanco. El interferón parece aumentar la actividad de las células NK., no entran en el timo para volverse inmunológicamente competentes y actúen de manera inespecífica. Las células NK pueden reconocer a la región Fc de los anticuerpos y matan de manera profesional a células cubiertas con éstos, proceso que se denomina ***citotoxicidad mediada por células dependiente de anticuerpos (CMCDA)*** (Fig. 60).<sup>3,10</sup>

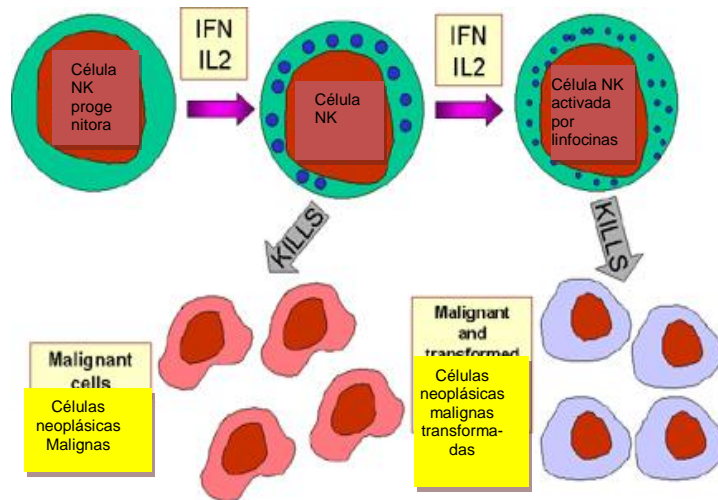


Fig. 60. Células NK y su activación  
(Tomada de [www.cienciahoy.org.ar](http://www.cienciahoy.org.ar) el 17/03/08)

El modo en que estas células matan a las bacterias depende de que descarguen **perforinas** y **fragmentinas**. Las perforinas descargadas se ensamblan de manera plasmática en la célula blanco, y forman poros a través de los cuales las fragmentinas pueden entrar en el citoplasma. Las fragmentinas inducen apoptosis, forma de muerte celular programada. Las células NK pueden matar también células que no presentan regiones Fc de anticuerpos. El modo independiente de anticuerpos de matar a las bacterias o a las células extrañas o alteradas se encuentra regulado por la presencia de receptores sobre las células tumorales o transformadas de manera viral reconocidas por las células asesinas naturales.<sup>3</sup>



## 1.4. MONOCITOS.

Los monocitos, son el otro tipo de leucocitos no granulares, se les puede encontrar en un frotis sanguíneo sin mucha dificultad (Fig. 61).<sup>9</sup>

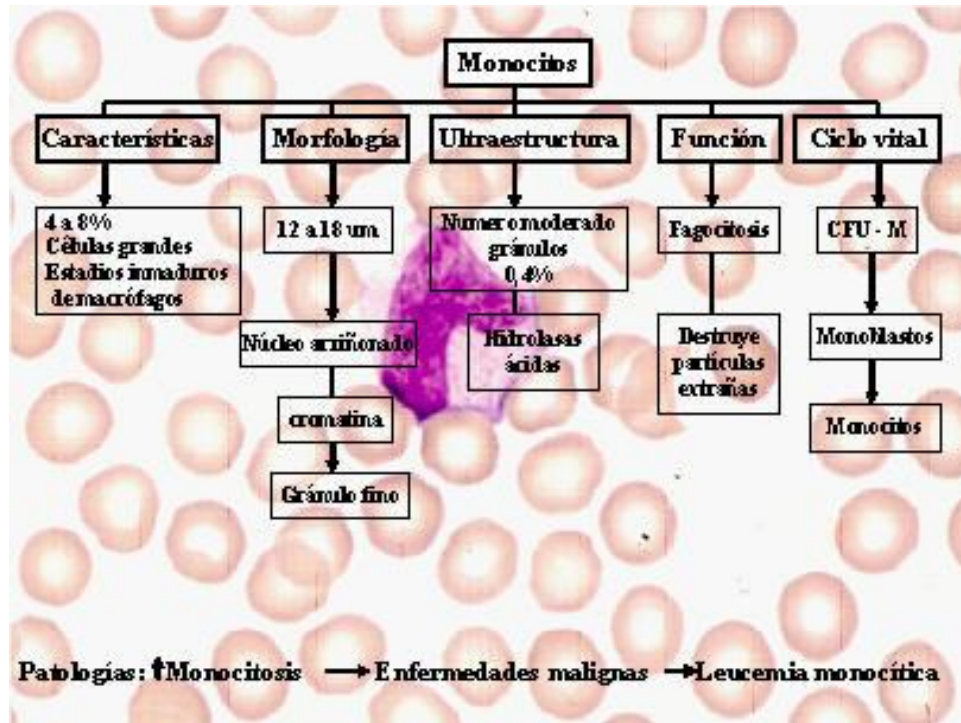
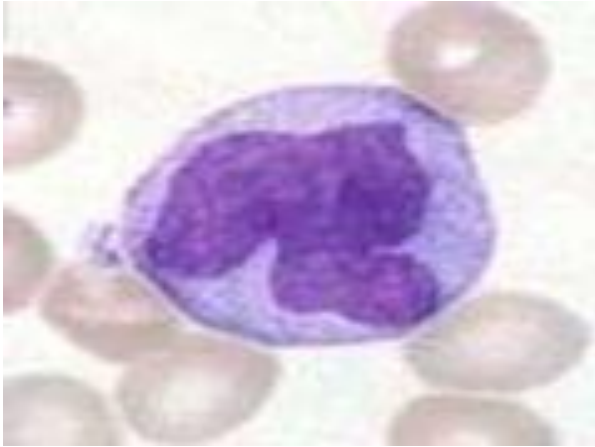


Fig. 61. Características morfológicas y ultraestructurales de los monocitos.  
(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 19/03/08)

Los monocitos que se encuentran en la sangre y en la médula ósea, son los precursores de los macrófagos, que se localizan en los tejidos y los órganos linfoides; ambos son miembros de una misma unidad funcional; el sistema monocito-macrófago (sistema fagocítico mononuclear; Fig. 62).



**Fig. 62. Monocito en un frotis sanguíneo.**  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 21/03/08)

Son grandes células móviles fagocíticas. En las extensiones de sangre, su citoplasma suele aparecer vacuolado (Fig. 62 y 63).<sup>4</sup>



**Fig. 63. Esquema de un monocito.**  
(Tomada de conganat.uninet.edu el 21/03/08)

Poseen un diámetro de 12-18 $\mu$ m y tienen un núcleo con forma de riñón o de herradura, excéntrico que a menudo tiene un aspecto de “burbuja de jabón” o de madera “apolillada” cuyas extensiones lobuliformes parecen sobreponerse unas a otras, constituyen del 3 al 8% de la población de leucocitos (Fig. 63 y 64).<sup>2,3</sup>

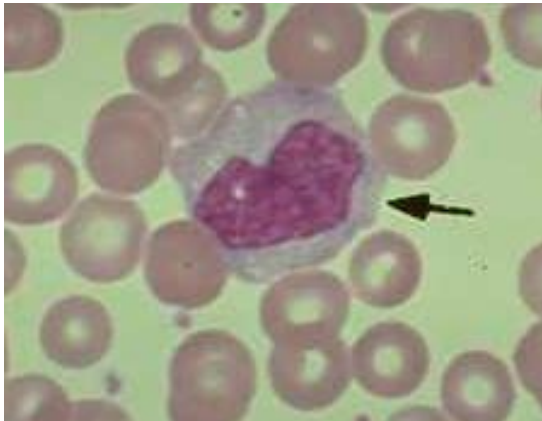


Fig. 64. Frotis sanguíneo en el que se observa un monocito.

(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el  
23/03/08)

Los monocitos más jóvenes presentan núcleo ovoide. La cromatina aparece con una distribución más laxa y delicada que en los linfocitos, siendo ésta una de las características más constantes del monocito (Fig. 64). Las fotomicrografías electrónicas ponen de manifiesto tanto heterocromatina como eucromatina en el núcleo, lo mismo que en los nucleolos. El aparato de Golgi suele estar cerca de la indentación (escotadura) del núcleo en forma de riñón. El citoplasma contiene depósitos de gránulos de glucógeno, pocos perfiles de RER, algunas mitocondrias, ribosomas libres y numerosos lisosomas. La periferia de la célula manifiesta microtubulos, microfilamentos, vesículas pinocíticas y filópodos. <sup>3,6</sup> Los gránulos son electrodensos, de apariencia homogénea, y están rodeados por una membrana. Existen dos tipos de gránulos:

- Los **gránulos del primer tipo** corresponden a lisosomas primarios, contienen fosfatasa ácida, arilsulfatasa y peroxidasa y son análogos a los gránulos primarios de los neutrófilos.
- El contenido del otro grupo de gránulos es todavía desconocido. <sup>4</sup>

Estas células representan una fase en la maduración de la célula mononuclear fagocítica originada en la médula ósea (Figs. 65). Esta célula pasa a la sangre donde permanece sólo unos días y, atravesando la pared de los capilares y vénulas, penetra en el tejido conjuntivo y en algunos órganos, transformándose en macrófago, lo que constituye una fase más avanzada de la célula mononuclear fagocítica. Así el monocito forma parte del **sistema mononuclear fagocítico** o **sistema histiocitario**.<sup>6</sup>

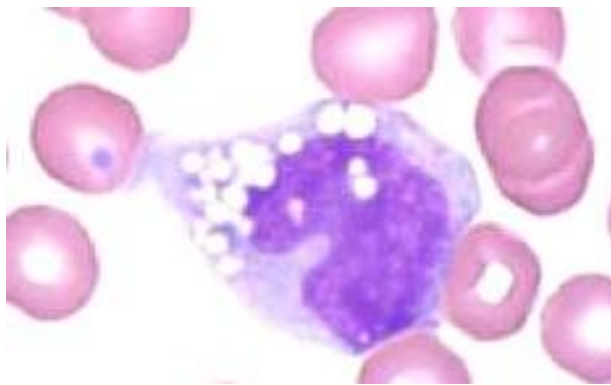


Fig. 65. Frotis sanguíneo de un macrófago con actividad fagocítica. (Tomada de medtempus.com el 23/03/08)

Los monocitos se movilizan desde la médula ósea hacia los demás tejidos, en donde se diferencian en los diversos fagocitos del sistema fagocítico mononuclear como, por ejemplo, los macrófagos del tejido conjuntivo (histiocitos), los osteoclastos, los macrófagos alveolares, los macrófagos perisinusoidales hepáticos (células de Kupffer) y los macrófagos de los ganglios linfáticos, el bazo y la médula ósea entre otros .

El monocito-macrófago es una célula presentadora de antígenos y desempeña un papel importante en las respuestas inmunes al degradar parcialmente los antígenos y presentar sus fragmentos en las moléculas MHC II ubicadas en la superficie del macrófago a los linfocitos T CD4 coadyuvantes para su reconocimiento. Los monocitos responden quimiotácticamente a la presencia de material necrótico, microorganismos

---

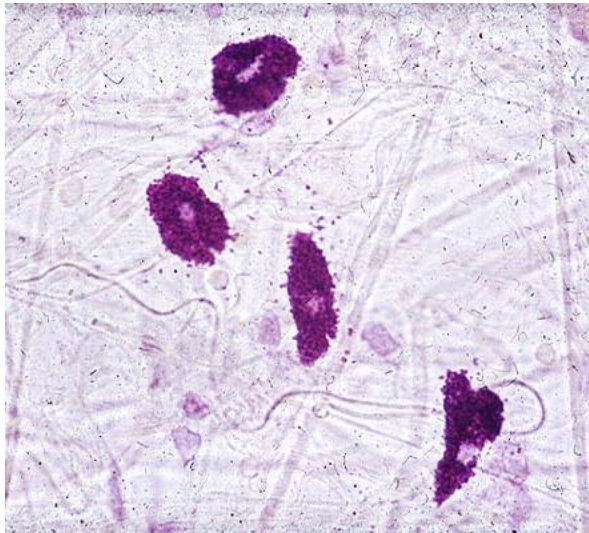
invasores y procesos inflamatorios, abandonando la sangre y entrando en los tejidos, donde se transforman en **macrófagos**.<sup>1,4</sup>

Como sucede en todos los leucocitos, excepto en los linfocitos, los monocitos no regresan a la sangre después de atravesar la pared de los vasos sanguíneos y penetrar en los tejidos.<sup>6</sup>

#### 4.5. CÉLULAS CEBADAS (mal denominados Mastocitos).

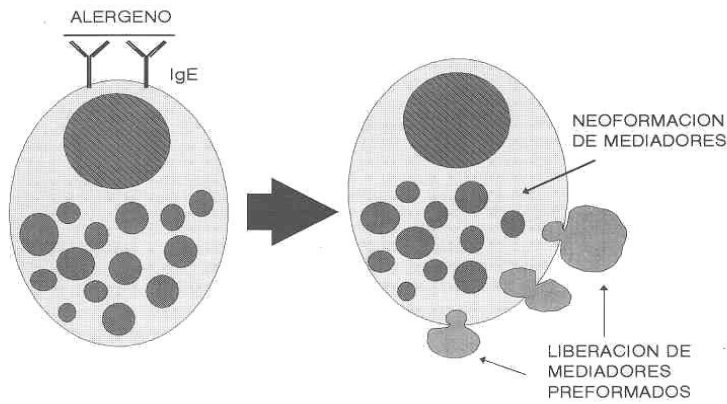
Abundan de modo especial cerca de los pequeños vasos sanguíneos y durante mucho tiempo se pensó que se desarrollaban a partir de células mesenquimatosas persistentes, localizadas perivascularmente. Sin embargo, ciertas pruebas experimentales indican que se diferencia a partir de células madre hematopoyéticas. De este modo, parece que las células madre circulantes pueden entrar en los tejidos conectivos desde la sangre y diferenciarse en ellos a células cebadas. También pueden nacer de células preexistentes gracias a divisiones mitóticas. Estas células recibieron el nombre de células cebadas, porque el citoplasma está lleno de gránulos que, erróneamente se creía que habían fagocitado (al. mast, bien nutrido). Son células grandes a menudo ovales. El núcleo es bastante pequeño, redondeado y basófilo.

A menudo está oculta por la gran cantidad de gránulos citoplasmáticos, solubles en fijadores acuosos, pero que con los fijadores adecuados adquiere intensa coloración con los colorantes básicos. Dichos gránulos fijos a la membrana varían en tamaño desde 0.3 hasta 0.8µm. Como estos gránulos contienen **heparina**, que es un glucosaminoglucano sulfatado, presentan metacromasia con azul de toluidina.<sup>3,8</sup> (Figs. 66, 67 y 68).



**Fig. 66.** Células cebadas con abundantes gránulos en su citoplasma celular, teñido con azul de Toluidina.

(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 24/03/08)



**Fig. 67.** Esquema de células cebadas con la activación por la IgE y liberación de mediadores. (Tomada de conganat.uninet.edu el 24/03/08)

Con el microscopio electrónico se distingue un aparato de Golgi bien desarrollado y gránulos limitados por membrana con un interior heterogéneo. Las células cebadas tienen muchos puntos de semejanza con los granulocitos basófilos de la sangre; pero la mayoría de los autores consideran que pertenecen a una línea celular independiente, aunque posiblemente un subgrupo de los granulocitos basófilos de la sangre que abandona el torrente sanguíneo y se diferencia a células cebadas en los tejidos (Tabla 4).



Tabla 4. Comparación entre células cebadas y basófilos.<sup>3</sup>

CARACTERÍSTICA	CÉLULAS CEBADAS	BASÓFILOS
Origen	Célula precursora (stem cell) hemopoyética	Célula precursora (stem cell) hemopoyética
Sitio de diferenciación	Tejido conjuntivo	Médula ósea
Mitosis	Si (a veces)	No
Longevidad	Semanas a meses	Días
Tamaño	20 – 30 nm	7 – 10 nm
Forma del núcleo	Redondeado	Segmentado (en general bilobulado)
Gránulos	Muchos, grandes, metacromáticos	Pocos, pequeños, basófilos
Receptores superficiales para el F de anticuerpos IgE		Si

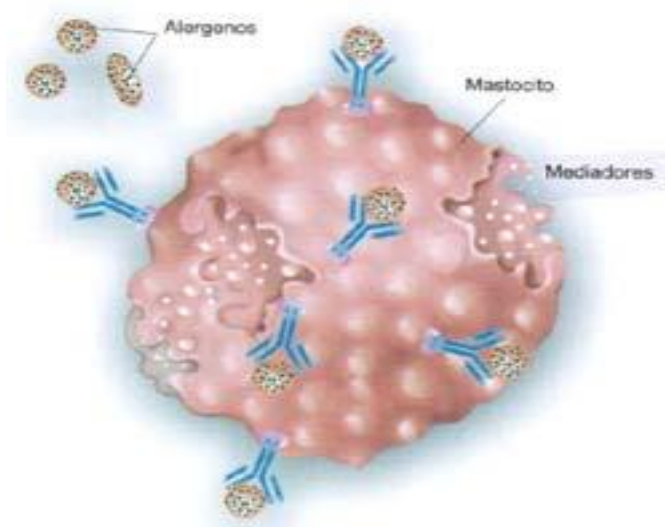


Fig. 68. Esquematización de una célula cebada con activación por IgE, alérgenos y liberación de mediadores químicos.

(Tomada de  
pathmicro.med.sc.edu el  
26/03/08)

Las células cebadas son siempre móviles y se encuentran en la mayor parte de los tejidos conectivos., donde se concentran alrededor de los vasos de pequeño calibre. (Fig. 68) Se encuentran cantidades especialmente importantes de células cebadas en la piel y en las mucosas del tracto digestivo y las vías aéreas. Se sabe que los gránulos de los células cebadas contienen **heparina**, un anticoagulante; **histamina**, que aumenta la



permeabilidad vascular y también **serotonina**, que causa contracción del músculo liso (Tabla 5) (Figs. 69 y 70).<sup>2,8</sup>



Fig. 69. Esquema que ilustra la liberación de histamina.  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el 26/03/08)

Además de los ya mencionados los gránulos contienen también **proteasas neutras**, **arilsulfatasa**, **factor quimiotáctico de los eosinófilos (ECF)** y **factor quimiotáctico de los neutrófilos (NCF)**. Las células cebadas sintetizan también **leucotrienos** a partir de los precursores de membrana del ácido araquidónico.<sup>3</sup>

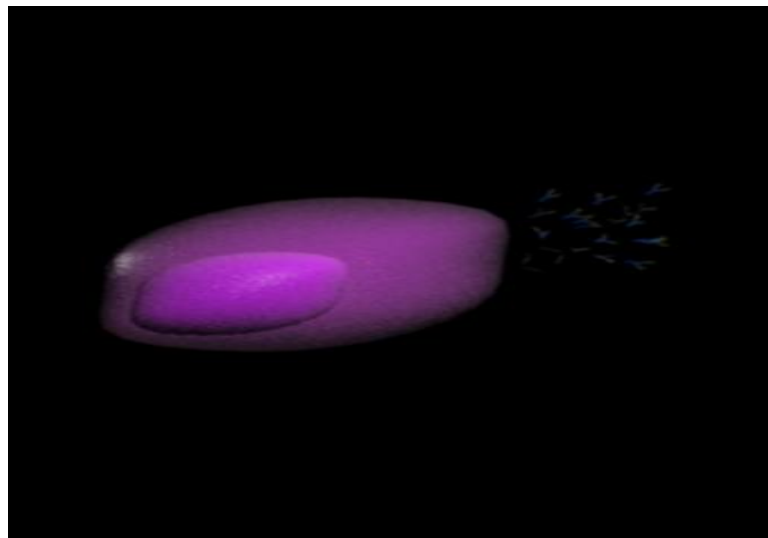


Fig. 70. Célula cebada en tercera dimensión

Tabla 5. Mediadores descargados por las células cebadas.<sup>3</sup>

Sustancia.	Tipo de mediador	Fuente	Acción.
Histamina	Primario	Gránulo	Incrementa la permeabilidad vascular; vasodilatación; contracción del músculo liso de los bronquios; aumenta la producción de moco.
Heparina	Primario	Gránulo	Anticoagulante (no está clara su función en los células cebadas).
Condroitina sulfato	Primario	Gránulo	No está clara su función.
Arilsulfatasa	Primario	Gránulo	Inactiva al leucotrieno C, con lo que limita la reacción inflamatoria.
Proteasas neutras	Primario	Gránulo	Segmentación proteínica para activar al complemento, incremento de la reacción inflamatoria.
Factor quimiotáctico de los eosinófilos	Primario	Gránulo	Atrae a los eosinófilos hacia el sitio inflamado.
Factor quimiotáctico de los neutrófilos	Primario	Gránulo	Atrae a los neutrófilos hacia el sitio inflamado.
Leucotrienos C4 Y D4	Secundario	Membrana lípida	Vasodilatadores; aumentan la permeabilidad vascular; contraen al músculo liso bronquial.
Prostaglandinas D2	Secundario	Membrana lípida	Produce contracción del músculo liso bronquial; aumenta la secreción de moco.

## 5. PLAQUETAS.

Son los elementos más pequeños de la sangre; son fragmentos celulares en forma de disco que varían de diámetro de 2 a 5µm; no tienen núcleo y se originan mediante gemación a partir de las células grandes en la médula ósea llamadas megacariocitos (Fig. 71).<sup>5</sup>

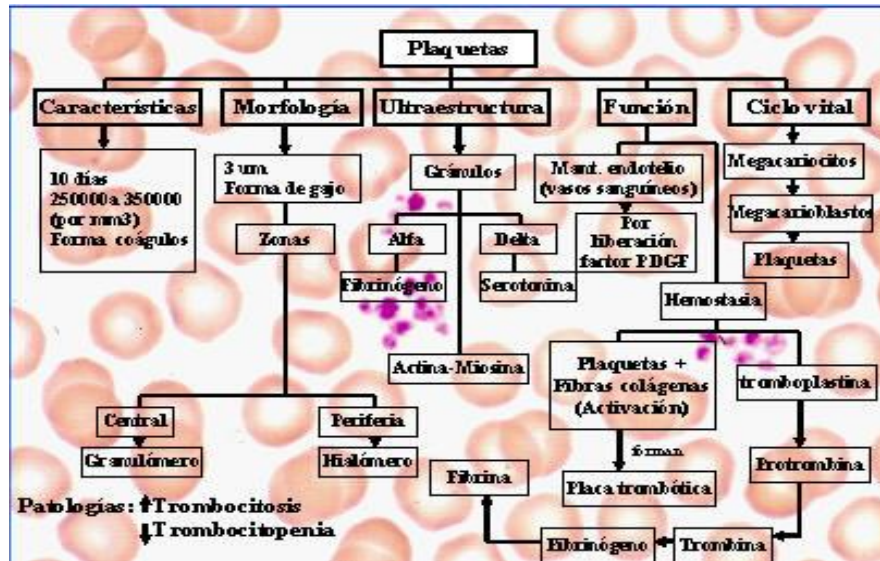


Fig. 71. Diagrama de las características u funciones de las plaquetas.  
(Tomada de [www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) el 26/03/08)

Constituyen la primera línea de defensa a las lesiones de los vasos sanguíneos, se adhieren a los puntos deficientes y participan en el sistema de coagulación sanguínea (Fig. 72).<sup>4</sup>



Fig. 72. Esquema de una arteria con la presencia de eritrocitos, leucocitos y plaquetas.  
(Tomada de [medtempus.com](http://medtempus.com) el 28/03/08)

A menudo se agrupan y a veces llegan a formar grandes masas. Las plaquetas sanguíneas tienen una zona central, el **granulómero**, que contiene gránulos que se tiñen de púrpura a azul. El cual está rodeado por una zona más clara, el **hialómero**, que contiene gránulos; los cuales son de diferentes tipos. El plasmalema de la plaqueta tiene numerosas moléculas receptoras lo mismo que un glucocáliz relativamente grueso (de 15 a 20  $\mu\text{m}$ ). En la sangre normal se encuentran entre 250 000 y 400 000 plaquetas por  $\text{mm}^3$  y tienen una vida media menor de 14 días (Fig. 73).<sup>2,3</sup>



Fig. 73. Morfología de las plaquetas.  
(Tomada de pathmicro.med.sc.edu el  
26/03/08)

Desde el punto de vista estructural las plaquetas pueden dividirse en cuatro zonas según su organización y función (Fig. 74).

1. **Zona periférica.** Esta zona consiste en la membrana celular cubierta por una gruesa capa superficial de glucocáliz. El glucocáliz está compuesto por glucoproteínas, glucosaminoglucanos y varios factores de la coagulación absorbidos desde el plasma sanguíneo. Las glucoproteínas integrales de la membrana actúan como receptores para la función plaquetaria.
2. **Zona estructural.** Esta zona está compuesta por microtúbulos, filamentos de actina, miosina y proteínas fijadoras de actina (ABP) que forman una red de sostén para la membrana plasmática. Justo por debajo de la red de filamentos de actina están los microtubulos que se

reúnen en un haz de 8 a 24 unidades. Los microtubulos se disponen en forma circunferencial y tienen la función de mantener la forma de disco de la plaqueta (Fig. 72).

3. **Zona de organelas.** Esta zona ocupa el centro de la plaqueta y contiene mitocondrias, peroxisomas, partículas de glucógeno y por lo menos tres tipos de gránulos dispersos en el citoplasma:

- Los más abundantes son los **gránulos alfa** (300 a 500 nm de diámetro), que contienen principalmente fibrinógeno, factores de la coagulación, plasminógeno, inhibidor del activador del plasminógeno y factor de crecimiento derivado de plaquetas. El contenido de estos gránulos desempeña un papel importante en la fase inicial de la reparación vascular, la coagulación sanguínea y la agregación plaquetaria.
- Los **gránulos delta**, menos abundantes, más pequeños y de mayor densidad, contienen principalmente adenosina difosfato (ADP), adenosina trifosfato (ATP), serotonina e histamina que facilitan la adhesión plaquetaria y la vasoconstricción en el sitio de la lesión vascular.

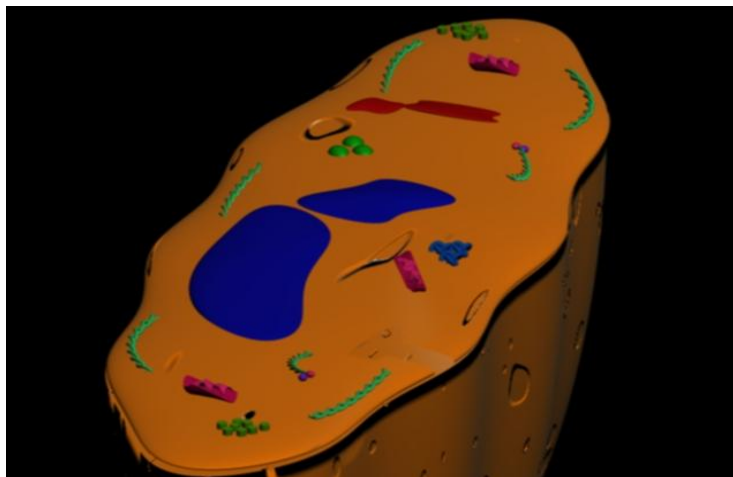
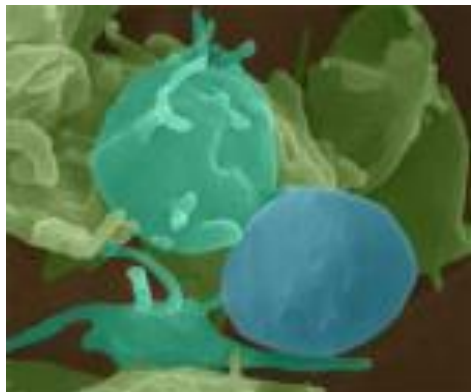


Fig. 74. Imagen en tercera dimensión de una plaqueta.

- Los **gránulos lambda** son similares a los lisosomas que se hallan en otras células y contienen varias enzimas hidrolíticas. El contenido de estos gránulos actúa en la reabsorción del coágulo durante las etapas avanzadas de la reparación vascular.
4. **Zona membranosa.** Esta zona se compone de dos tipos de canales membranosos.
- **El sistema canalicular abierto (OCS)**, el primer tipo, es un resto rudimentario de los canales de demarcación plaquetaria y consiste sólo en membrana que no participó en la subdivisión del citoplasma del megacariocito. En efecto, son invaginaciones de la membrana plasmática hacia el interior del citoplasma.
  - **El sistema tubular denso (DTS)**, el segundo tipo, contiene un material electrodense originado en el retículo endoplásmico rugoso del megacariocito que sirve como sitio de depósito para iones de calcio. Los canales del DTS no están en comunicación con la superficie de la plaqueta; sin embargo, el OCS y el DTS se fusionan en diversas regiones de la plaqueta para formar complejos membranosos que tienen importancia en la regulación de la concentración intraplaquetaria de calcio.

Las plaquetas intervienen en varios aspectos de la hemostasia. Constantemente inspeccionan el revestimiento endotelial de los vasos sanguíneos en busca de brechas o roturas (Fig. 75).



**Fig.75. Caracterización de una plaqueta.**  
(Tomada de medtempus.com el  
28/03/08)

Cuando la pared de un vaso sanguíneo se lesiona o se rompe, las plaquetas se adhieren al tejido conjuntivo expuesto en el sitio del daño. Esta adhesión es la agregación plaquetaria para formar un **tapón hemostático primario**. El glucocálix plaquetario provee una superficie de reacción para la conversión de fibrinógeno soluble en fibrina que estabiliza el tapón inicial (Fig. 76).

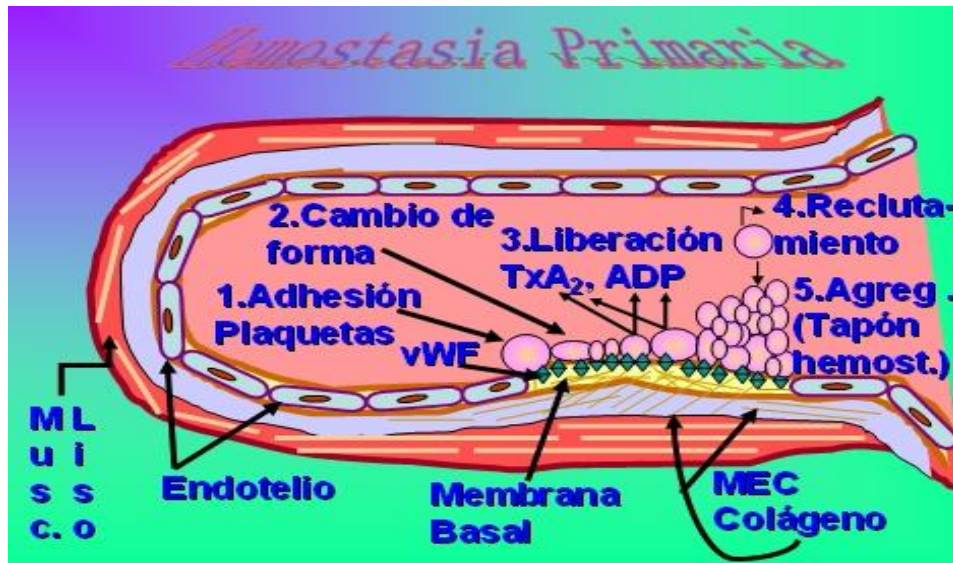


Fig. 76. Esquema de los pasos que se llevan a cabo en la hemostasia primaria.  
(Tomada de [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co) el 28/03/08)

Al mismo tiempo, las plaquetas activadas liberan sus gránulos alfa y delta que contienen factores de la coagulación y serotonina, entre otras sustancias. La serotonina (poderoso vasoconstrictor), causa la contracción de las células musculares lisas de los vasos, lo cual reduce el flujo sanguíneo local en el sitio de la lesión. Además factores tisulares secretados por las células de los vasos sanguíneos lesionados contribuyen a la formación de un coágulo definitivo llamado **tapón hemostático secundario** (Fig. 77).



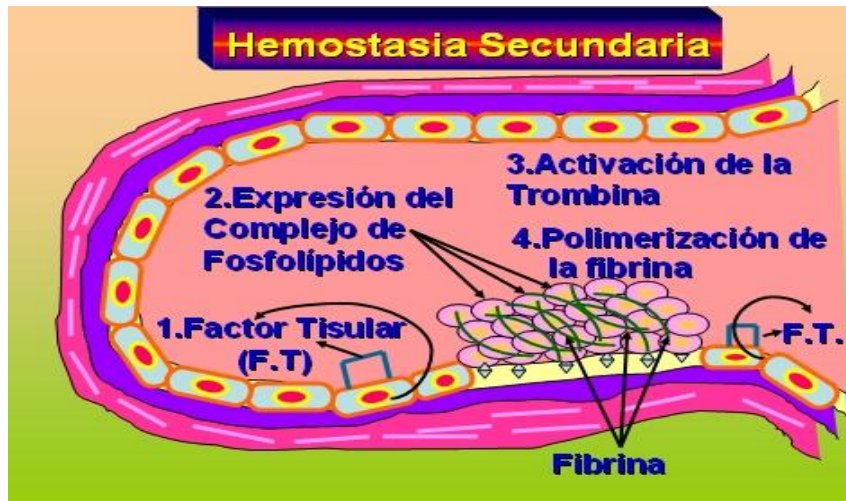


Fig. 77. Esquema de los mecanismos por los que atraviesa la hemostasia secundaria.  
(Tomada de [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co) el 28/03/08)

Después de que se ha formado el coágulo definitivo, las plaquetas causan la retracción del coágulo. Es probable que esto ocurra por acción de la actina y miosina que hay en la zona estructural de la plaqueta. La contracción del coágulo permite el retorno del flujo sanguíneo normal a través del vaso. Por último, una vez que ha servido su propósito, el coágulo es lisado por la plasmina, una enzima fibrinolítica que circula en el plasma en una forma inactiva llamada plasminógeno. Las enzimas hidrolíticas liberadas desde los gránulos lambda contribuyen en este proceso. El activador para la conversión del plasminógeno, el activador del plasminógeno tisular (TPA), deriva principalmente de las células endoteliales.

Una función adicional de las plaquetas es la de contribuir a la reparación de los tejidos lesionados más allá del vaso mismo. El factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) liberado desde los gránulos alfa estimula las células musculares lisas y los fibroblastos para que se dividan y permitan la reparación tisular. <sup>1</sup>

### III. CONCLUSIONES

- La sangre es un tejido conectivo especializado, se encarga de diferentes funciones que regulan nuestro organismo manteniéndolo en homeostasis.
- El plasma sanguíneo es un medio acuoso que le proporciona la fluidez a los elementos formes para su transporte de un tejido a otro dentro del organismo.

Entre los elementos celulares que contiene la sangre podemos encontrar:

- Glóbulos rojos o hematíes, comúnmente denominados eritrocitos, su principal función es el transporte de oxígeno, así como de los desechos de los tejidos.
- La hemoglobina proporciona el color rojo a los eritrocitos.
- Los glóbulos blancos su función principal es la defensa dando una respuesta ante un agente extraño.
- Las plaquetas se encargan de efectuar el proceso de coagulación acompañada de otros factores que se encuentran en ellas mismas o circulantes como parte de nuestro organismo.
- Es importante saber identificar cada uno de los elementos que componen la sangre, conocer su buen funcionamiento dentro y fuera del torrente sanguíneo, para poder identificar diferentes tipos de patologías que son generadas por alteraciones en alguno de sus componentes en tamaño, forma o número.

- Dichas patologías no solo alteran un elemento celular, sino que para nosotros como Dentistas una alteración en este tejido conlleva a complicaciones en algunos de nuestros tratamientos; por ejemplo, las hemorragias que se desencadenan por una alteración en el proceso de coagulación.
- Aunque muchos de nosotros no nos percatemos de la importancia que tiene el saber este tipo de cuestiones, creo que lejos de ser algo irrelevante es un tema muy interesante e importante para poder identificar alguna limitante dentro de la consulta y si existiera, saber las alternativas que tenemos como odontólogos en cuanto a tratamientos para darle una buena atención a nuestros pacientes y sobre todo saber cómo podemos manejar situaciones que aunque no creamos pueden presentarse en nuestros pacientes modificando todo nuestro plan de trabajo al que posiblemente estamos acostumbrados a emplear cotidianamente sin tener en cuenta dichos factores.

#### IV. ANEXO DE IMÁGENES EN TERCERA DIMENCIÓN.

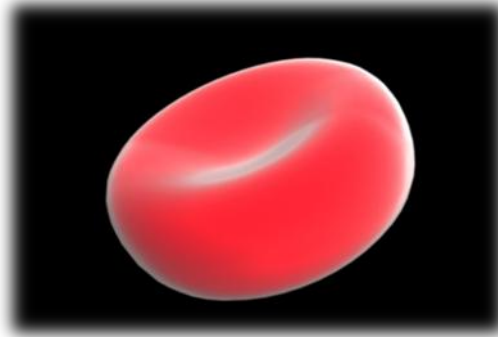
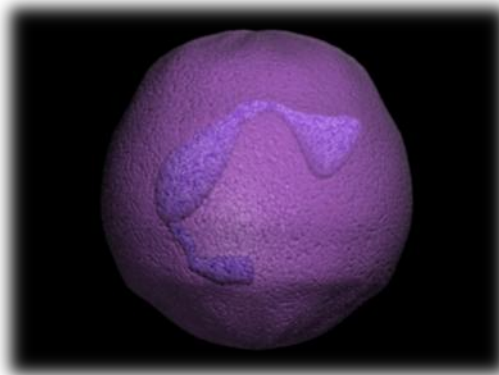


Imagen de un eritrocito.



Leucocitos

Imagen de un neutrófilo.



Imagen de un eosinófilo.

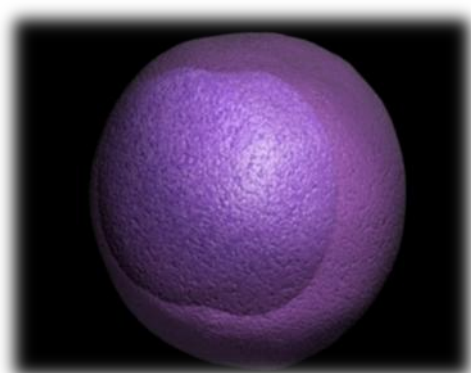
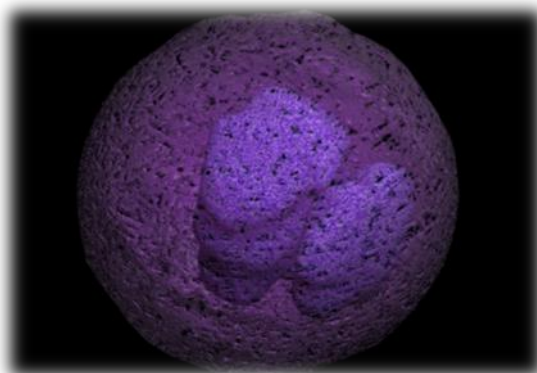


Imagen de un basófilo.

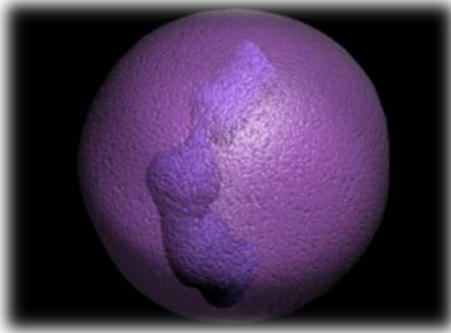


Imagen de un linfocito.

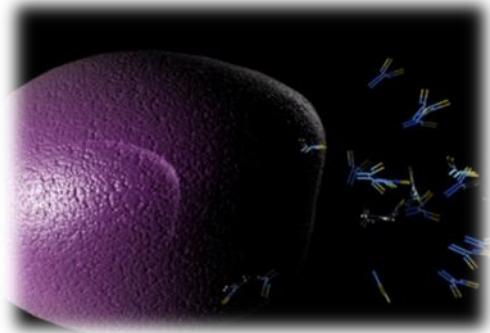


Imagen de un monocito.

Imagen de una célula plasmática.

Imágenes de proceso fagocítico de un neutrófilo.

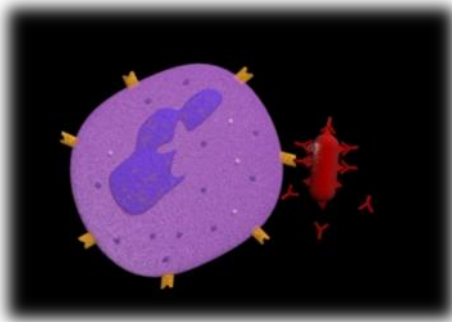


Fig. 1

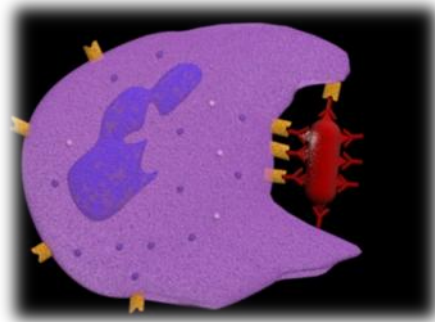


Fig. 2

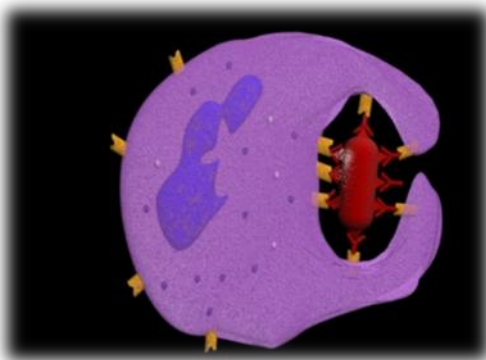


Fig. 3

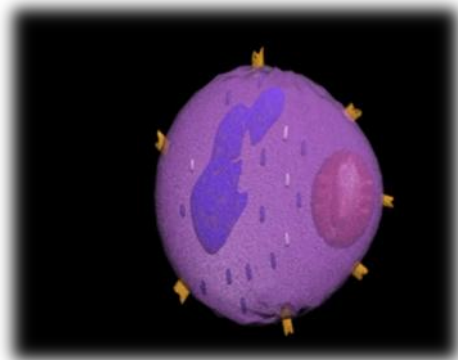


Fig. 4

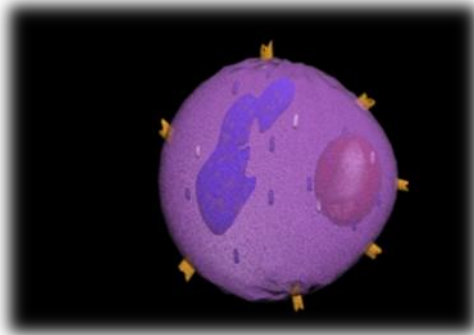


Fig. 5

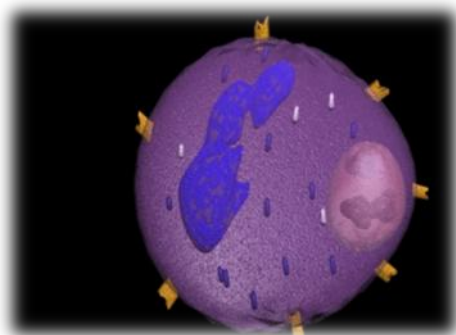


Fig. 6

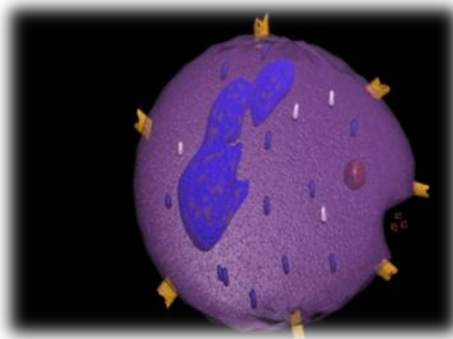


Fig. 7

**Proceso de extravasación de un neutrófilo.**

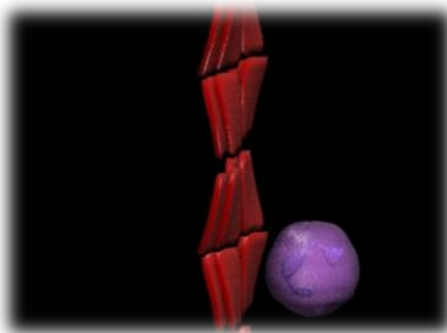


Fig. 1

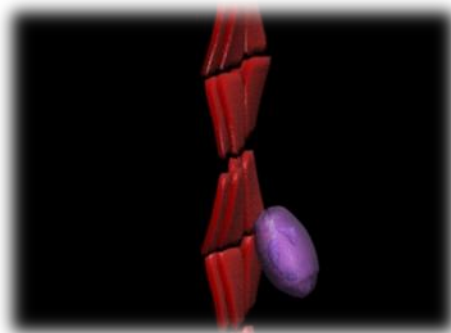


Fig. 2

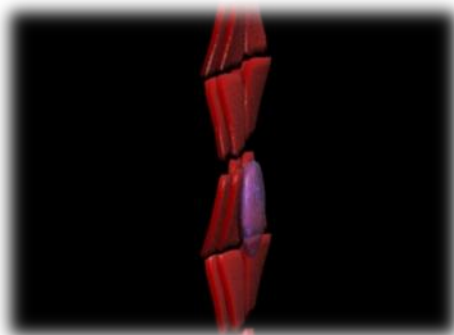


Fig. 3

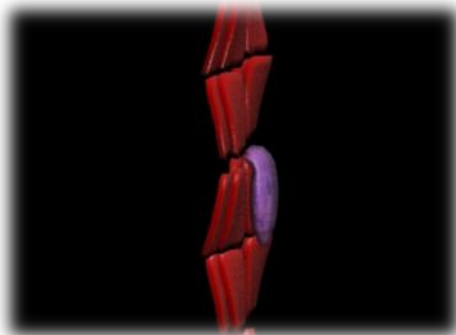


Fig.4

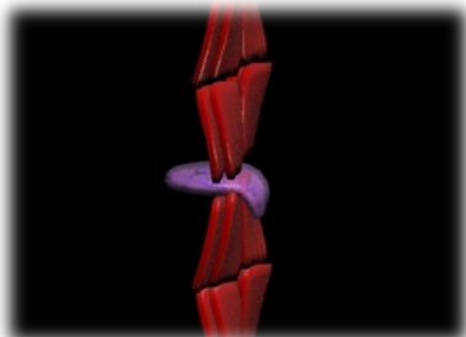


Fig. 5

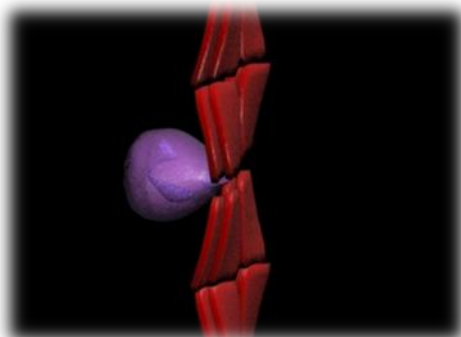


Fig. 6

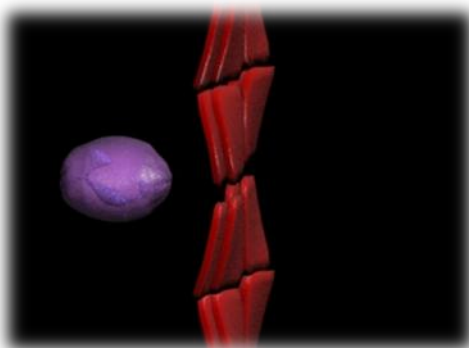


Fig. 7



Reacción antígeno-anticuerpo de un eosinófilo.

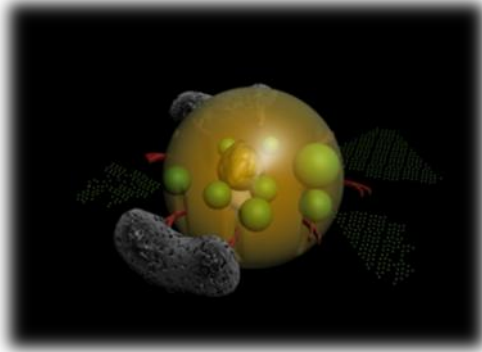


Fig. 1

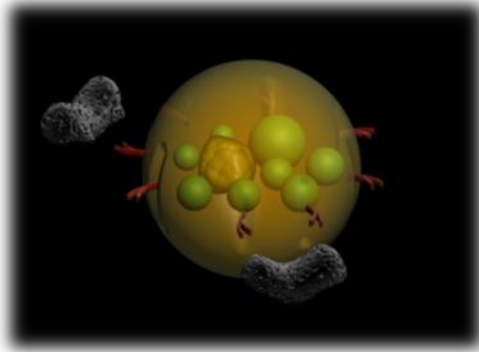


Fig. 2

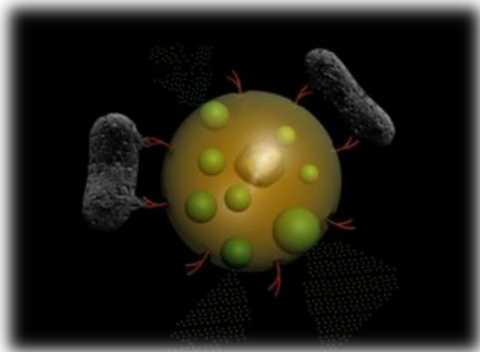


Fig. 3

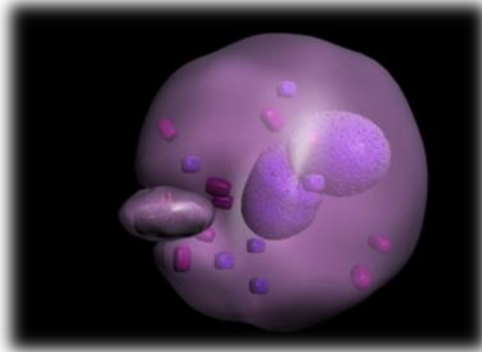


Fig.4

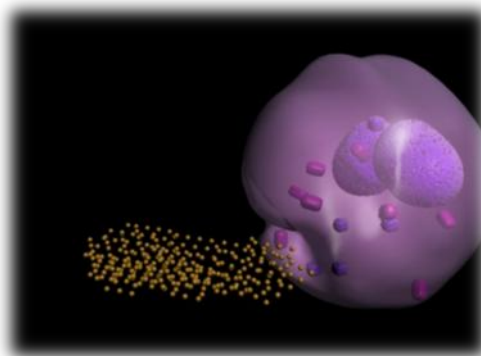
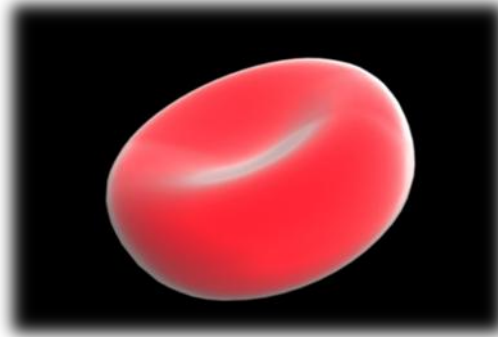
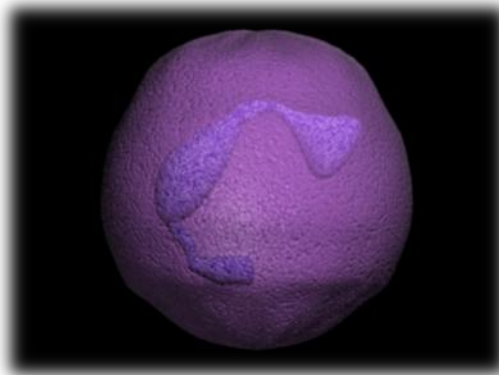


Fig. 5

**ANEXO DE IMÁGENES EN TERCERA DIMENCIÓN.**

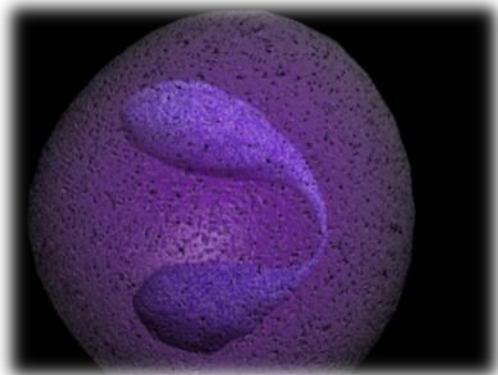


**Imagen de un eritrocito.**

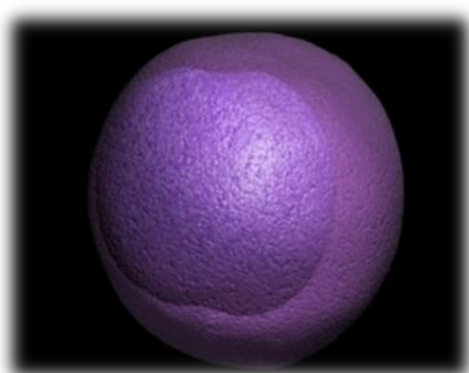
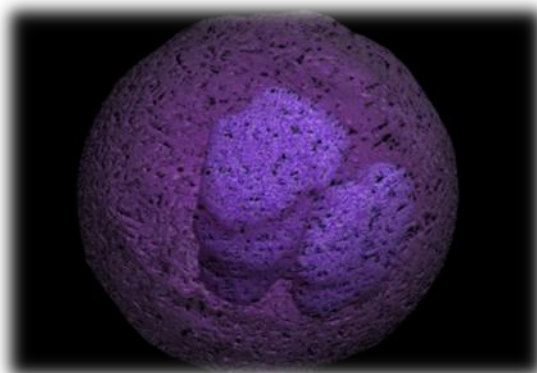


**Leucocitos**

**Imagen de un neutrófilo.**



**Imagen de un eosinófilo.**



**V BIBLIOGRAFÍA.**

1. Roos M.,Kaye G., Wojciech P. Texto y atlas con biología celular y molecular. 4ta.ed. Buenos Aires. Editorial Panamericana, 2005. Pp 147-151, 216-233.
2. Geneser F; Histología. 3ra ed. Buenos Aires. Editorial Panamericana, 2004. Pp 215-222, 235-255.
3. Gartner L.P.; Histología Texto y Alas. 1ra ed. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana, 2002. Pp 104-106, 195-210, 242-251.
4. Stevens A.; Texto y Atlas de Histología. 2da ed. Barcelona. Editorial Harcourt Brace, 1998. Pp 67-80.
5. Paulsen D. F.; Histología básica. 1ra ed. México D.F. Editorial Manual Moderno, 1995. Pp 218-227.
6. Junqueira L.C., Carneiro J.; Histología básica texto y atlas. 5ta ed. Barcelona. Editorial Masson, S.A., 2001. Pp 213-228.
7. Ham A. W.; Tratado de histología. Novena ed. Argentina. Editorial Interamericana, 1987. Pp 290-307, 309-328.
8. Fawcett D.N.; Tratado de Histología. Décimo primera ed. Madrid. Editorial Interamericana Mc Graw Hill, 1998. Pp
9. Cormack D.H.; Fundamentos de Histología. 1ra ed. México. Editorial Harla, 1986. Pp 148-162.

- 
10. Mackenzie S. Hematología Clínica. 2da edición. Editorial Manual Moderno, 2000. Pp 97 103

**Páginas consultadas en internet.**

- ([www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co) consultada el 28/03/08)
- ([medtempus.com](http://medtempus.com) consultada el 07/03/08)
- ([pathmicro.med.sc.edu](http://pathmicro.med.sc.edu) consultada el 09/03/08)
- ([www.histodonto.com](http://www.histodonto.com) consultada el 09/03/08)
- ([conganat.uninet.edu](http://conganat.uninet.edu) consultada el 07/03/08)
- ([www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) consultada el 15/03/08)
- ([www.inmunoweb.unicauca.edu.co](http://www.inmunoweb.unicauca.edu.co) consultada el 19 y 21/03/08)
- ([www.encyclopaedia.es](http://www.encyclopaedia.es) consultada el 07/03/08 y 10/03/08)
- ([www.sociedaddecitologia.org.ar](http://www.sociedaddecitologia.org.ar) consultada el 09, 10 y 12/03/08)
- ([www.gechem.org](http://www.gechem.org) consultada el 10/03/08)
- ([www.portalesmedicos.com](http://www.portalesmedicos.com) consultada el 02/03/08 y 09/03/08)
- ([www.drscope.com](http://www.drscope.com) consultada el 09/03/08)
- ([www.medwave.cl](http://www.medwave.cl) consultada el 09/03/08)
- ([www.histopat.es](http://www.histopat.es) consultada el 08/03/08)
- ([cienciaincierta.blog.com.es](http://cienciaincierta.blog.com.es) consultada el 07/03/08)
- ([www.anatomiahumana.ucv.cl](http://www.anatomiahumana.ucv.cl) consultada el 07/03/08)
- ([www.blog-medico.com.ar](http://www.blog-medico.com.ar) consultada el 02/03/08)
- (Tomada de <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy02/globulos.jpg> el 07/03/08)