



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ATLAS DE HEMATOLOGÍA DE AVES, ANFIBIOS Y REPTILES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

JAZMÍN ARACELI ARROYO CANALES

ASESOR: M en C MVZ IGNACIO CARLOS RANGEL RODRÍGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2015



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.

AGRADECIMIENTO

*Bendice, alma mía, al Señor
Y todo mi ser a su santo nombre.
Bendice, alma mía, al Señor,
no te olvides de sus favores.
Él perdona todos tus pecados,
Él sana todos tus males;
Él libra tu vida de la fosa,
te corona de amor y de ternura,
colma de bienes tu existencia,
y tú te rejuveneces como un águila.*

Salmos 103: 1-5

Gracias a Dios por cada persona, cada animal, cada circunstancia y sobre todo cada bendición que ha puesto en mi camino y que me ha hecho llegar a este momento y este lugar.

DEDICATORIA

¿Cómo se puede comprar o vender el cielo o el calor de la tierra?, esa es para nosotros una idea extraña.

Si nadie puede poseer la frescura del viento ni el fulgor del agua, ¿cómo es posible que usted se proponga comprarlos?

Cada pedazo de esta tierra es sagrado para mi pueblo. Cada rama brillante de un pino, cada puñado de arena de las playas, la penumbra de la densa selva, cada rayo de luz y el zumbido de los insectos son sagrados en la memoria y vida de mi pueblo. La savia que recorre el cuerpo de los árboles lleva consigo la historia del piel roja.

Los muertos del hombre blanco olvidan su tierra de origen cuando van a caminar entre las estrellas. Nuestros muertos jamás se olvidan de esta bella tierra, pues ella es la madre del hombre piel roja. Somos parte de la tierra y ella es parte de nosotros. Las flores perfumadas son nuestras hermanas; el ciervo, el caballo, el gran águila, son nuestros hermanos. Los picos rocosos, los surcos húmedos de las campiñas, el calor del cuerpo del potro y el hombre, todos pertenecen a la misma familia.

Por esto, cuando el Gran Jefe Blanco en Washington manda decir que desea comprar nuestra tierra, pide mucho de nosotros. El Gran Jefe Blanco dice que nos reservará un lugar donde podamos vivir satisfechos. El será nuestro padre y nosotros seremos sus hijos. Por lo tanto, nosotros vamos a considerar su oferta de comprar nuestra tierra. Pero eso no será fácil. Esta tierra es sagrada para nosotros. Esta agua brillante que escurre por los riachuelos y corre por los ríos no es apenas agua, sino la sangre de nuestros antepasados. Si les vendemos la tierra, ustedes deberán recordar de que ella es sagrada, y deben enseñar a sus niños que ella es sagrada y que cada reflejo sobre las aguas limpias de los lagos hablan de acontecimientos y recuerdos de la vida de mi pueblo. El murmullo de los ríos es la voz de mis antepasados.

Los ríos son nuestros hermanos, sacian nuestra sed. Los ríos cargan nuestras canoas y alimentan a nuestros niños. Si les vendemos nuestras tierras, ustedes deben recordar y enseñar a sus hijos que los ríos son nuestros hermanos, y los suyos también. Por lo tanto, ustedes deberán dar a los ríos la bondad que le dedicarían a cualquier hermano.

Sabemos que el hombre blanco no comprende nuestras costumbres. Una porción de tierra, para él tiene el mismo significado que cualquier otra, pues es un forastero que llega en la noche y extrae de la tierra aquello que necesita. La tierra no es su hermana sino su enemiga, y cuando ya la conquistó, prosigue su camino. Deja atrás las tumbas de sus antepasados y no se preocupa. Roba de la tierra aquello que sería de sus hijos y no le importa.

La sepultura de su padre y los derechos de sus hijos son olvidados. Trata a su madre, la tierra, a su hermano y al cielo como cosas que puedan ser compradas, saqueadas, vendidas como carneros o adornos coloridos. Su apetito devorará la tierra, dejando atrás solamente un desierto.

Yo no entiendo, nuestras costumbres son diferentes de las vuestras. Tal vez sea por que el hombre piel roja es un salvaje y no comprende.

No hay un lugar quieto en las ciudades del hombre blanco. Ningún lugar donde se pueda oír el florecer de las hojas en la primavera, o el batir las alas de un insecto. Más tal vez sea porque soy un hombre salvaje y no comprendo. El ruido parece solamente insultar los oídos.

¿Que resta de la vida si un hombre no puede oír el llorar solitario de un ave o el croar nocturno de las ranas alrededor de un lago? Yo soy un hombre piel roja y no comprendo. El indio prefiere el suave murmullo del viento encrespando la superficie del lago, y el propio viento, limpio por una lluvia diurna o perfumado por los pinos.

El aire es de mucho valor para el hombre piel roja, pues todas las cosas comparten el mismo aire - el animal, el árbol, el hombre - todos comparten el mismo soplo. Parece que el hombre blanco no siente el aire que respira. Como una persona agonizante, es insensible al mal olor. Pero si vendemos nuestra tierra al hombre blanco, él debe recordar que el aire es valioso para nosotros, que el aire comparte su espíritu con la vida que mantiene. El viento que dio a nuestros abuelos su primer respiro, también recibió su último suspiro. Si les vendemos nuestra tierra, ustedes deben mantenerla intacta y sagrada, como un lugar donde hasta el mismo hombre blanco pueda saborear el viento azucarado por las flores de los prados.

Por lo tanto, vamos a meditar sobre su oferta de comprar nuestra tierra. Si decidimos aceptar, impondré una condición: el hombre blanco debe tratar a los animales de esta tierra como a sus hermanos.

Soy un hombre salvaje y no comprendo ninguna otra forma de actuar. Vi un millar de búfalos pudriéndose en la planicie, abandonados por el hombre blanco que los abatió desde un tren al pasar. Yo soy un hombre salvaje y no comprendo cómo es que el caballo humeante de fierro puede ser más importante que el búfalo, que nosotros sacrificamos solamente para sobrevivir.

¿Qué es el hombre sin los animales? Si todos los animales se fuesen, el hombre moriría de una gran soledad de espíritu, pues lo que ocurra con los animales, en breve ocurrirá a los hombres. Hay una unión en todo.

Ustedes deberán enseñar a sus niños que el suelo bajo sus pies son la ceniza de sus abuelos. Para que respeten la tierra, digan a sus hijos que ella fue enriquecida con las vidas de nuestro pueblo. Enseñen a sus niños lo que enseñamos a los nuestros, que la tierra es nuestra madre. Todo lo que le ocurra a la tierra, le ocurrirá a los hijos de la tierra. Si los hombres escupen en el suelo, están escupiendo en sí mismos.

Esto es lo que sabemos: la tierra no pertenece al hombre; es el hombre el que pertenece a la tierra. Esto es lo que sabemos: todas las cosas están relacionadas como la sangre que une una familia. Hay una unión en todo.

Lo que ocurra con la tierra recaerá sobre los hijos de la tierra. El hombre no tejió el tejido de la vida; él es simplemente uno de sus hilos. Todo lo que hiciere al tejido, lo hará a sí mismo.

Incluso el hombre blanco, cuyo Dios camina y habla como él, de amigo a amigo, no puede estar exento del destino común. Es posible que seamos hermanos, a pesar de todo. Veremos. De una cosa estamos seguros que el hombre blanco llegará a descubrir algún día: nuestro Dios es el mismo Dios.

Ustedes podrán pensar que lo poseen, como desean poseer nuestra tierra; pero no es posible, El es el Dios del hombre, y su compasión es igual para el hombre piel roja como para el hombre blanco.

La tierra es preciosa, y despreciarla es despreciar a su creador. Los blancos también pasarán; tal vez más rápido que todas las otras tribus. Contaminen sus camas y una noche serán sofocados por sus propios desechos.

Cuando nos despojen de esta tierra, ustedes brillarán intensamente iluminados por la fuerza del Dios que los trajo a estas tierras y por alguna razón especial les dio el dominio sobre la tierra y sobre el hombre piel roja.

Este destino es un misterio para nosotros, pues no comprendemos el que los búfalos sean exterminados, los caballos bravíos sean todos domados, los rincones secretos del bosque denso sean impregnados del olor de muchos hombres y la visión de las montañas obstruida por hilos de hablar.

¿Qué ha sucedido con las plantas? Están destruidas.

¿Qué ha sucedido con el águila? Ha desaparecido.

De hoy en adelante la vida ha terminado, Ahora empieza la sobrevivencia

Jefe Piel Roja, Washington 1854

CONTENIDO

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Objetivos.....	4
4. Material y métodos.....	5
5. Desarrollo.....	9
5.1 Hematopoyesis.....	9
5.1.1 Sitios de hematopoyesis.....	9
5.1.2 Eritropoyesis.....	12
5.1.3 Leucopoyesis.....	14
5.1.4 Trombopoyesis.....	16
5.2 Sitios de obtención de Médula ósea.....	24
5.3 Obtención de muestra sanguínea.....	25
5.3.1 Aves.....	25
5.3.2 Anfibios.....	29
5.3.3 Reptiles.....	34
5.4 Descripción de células maduras.....	43
5.4.1 Aves.....	43
5.4.1.1 Eritrocitos.....	43
5.4.1.2 Leucocitos.....	44
i. Heterófilos.....	44
ii. Eosinófilos.....	45
iii. Basófilos.....	46

iv. Linfocitos.....	47
v. Monocitos.....	47
vi. Trombocitos.....	48
5.4.2 Anfibios.....	89
5.4.2.1 Eritrocitos.....	89
5.4.2.2 Leucocitos.....	90
i. Neutrófilos.....	90
ii. Eosinófilos.....	90
iii. Basófilos.....	91
iv. Monocitos.....	91
v. Linfocitos.....	92
vi. Trombocitos.....	92
5.4.3 Reptiles.....	97
5.4.3.1 Eritrocitos.....	97
5.4.3.2 Leucocitos.....	98
i. Heterófilos.....	98
ii. Eosinófilos.....	99
iii. Basófilos.....	100
iv. Linfocitos.....	100
v. Monocitos.....	101
vi. Azurófilos.....	101
vii. Trombocitos.....	102

5.5 Evaluación morfológica.....	130
5.5.1 Eritrocitos.....	130
i. Tamaño.....	130
ii. Color.....	130
iii. Forma.....	131
iv. Inclusiones.....	133
5.5.2 Leucocitos.....	141
i. Células Banda.....	141
ii. Cambios tóxicos.....	141
iii. Linfocitos reactivos.....	143
5.5.3 Trombocitos.....	144
5.6 Hemoparásitos.....	149
6. Discusión.....	161
7. Conclusiones.....	162
8. Índice de Figuras.....	163
9. Bibliografía.....	176

1. RESUMEN

La hematología se encarga del estudio de los elementos que conforman a la sangre y se vale de diversos métodos. Uno de ellos es el Conteo Diferencial Leucocitario y para su realización es necesario conocer la morfología normal de las células sanguíneas ayudándose con una referencia gráfica. Es por eso que este trabajo se ha hecho para facilitar el conocimiento e identificación de las células sanguíneas de algunas aves, anfibios y reptiles buscando ser una herramienta útil en la práctica veterinaria enfocada a esas especies.

Se logró haciendo una selección de frotis sanguíneos del Laboratorio de Patología de la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre de la Ciudad de México de especies de las 3 clases animales mencionadas y tomando fotomicrografías de campos representativos para ilustrar cada línea celular. Se incluyeron fotos de toma de muestra sanguínea y de aspiración de Médula ósea. Todo viene acompañado con texto descriptivo de cada tema.

Se abordaron 11 Órdenes de aves, 4 de reptiles y 1 de anfibios sumando 35 especies y dando un total de 167 figuras.

Este trabajo es una referencia para todo aquel que necesite conocer, comparar o evaluar células sanguíneas de aves, anfibios y reptiles por lo que es de gran utilidad para Médicos Veterinarios o profesionistas de otros rubros que se dediquen al estudio de estas especies.

2. INTRODUCCIÓN

En los animales en cautiverio es importante tener un registro de sus indicadores fisiológicos lo que ayuda para integrar un diagnóstico más certero. Uno de estos registros es el sanguíneo, ya que al analizarlo se pueden detectar condiciones como anemia, inflamación, parasitemia, neoplasia hematopoyética y desordenes de hemostasis.^{1,2,3,4,5}

La Hematología estudia los elementos celulares de la sangre (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) y la relación que guardan estos con los sistemas hematopoyético y vascular.^{6,4}

El hemograma de cualquier animal es parte integral del proceso diagnóstico e incluye el conteo total de eritrocitos, el hematocrito, determinación de hemoglobina total, conteo total y conteo diferencial de leucocitos que pertenecen a la parte cuantitativa, es decir, que pueden medirse y expresarse en unidades. La evaluación morfológica del frotis sanguíneo es la parte cualitativa.^{7,8,9,10}

El éxito del diagnóstico hematológico depende en gran medida de la correcta obtención de la muestra y de su apropiado manejo.¹¹ El frotis sanguíneo de preferencia debe realizarse a partir de sangre sin anticoagulante pero puede realizarse con sangre mezclada con anticoagulante al poco tiempo de haberse obtenido la muestra.¹²

Para que la evaluación de la morfología celular sea correcta es necesario conocer las condiciones normales de las células sanguíneas y cómo cambian en respuesta a una entidad patológica³, ya que condiciones inflamatorias e infecciosas provocan cambios importantes y específicos en las células sanguíneas.⁵ Para esto es útil examinar frotis sanguíneos de animales sanos y compararlos con aquellos de

animales que presenten alguna enfermedad además de consultar alguna referencia gráfica como lo es un atlas de hematología que ayude a identificar cada grupo celular dentro del frotis sanguíneo.^{12,13}

El número de especies de aves es casi el doble de especies de mamíferos, alrededor de 9000 especies.³ En cuanto a reptiles se calcula que hay más de 8000 especies¹⁴ y de anfibios más de 4600.¹⁵ Por lo tanto es de esperarse que existan diferencias hematológicas entre clases y órdenes taxonómicos. Sin embargo, los principios básicos de la hematología bien pueden aplicarse a la hematología de estos animales.^{1, 15} Aunque no se debe negar que las diferencias hemáticas entre mamíferos y no mamíferos representa hasta cierto grado un reto para el diagnóstico.¹⁵

Las aves, reptiles y anfibios poseen eritrocitos y trombocitos nucleados, a diferencia de los mamíferos.^{12, 16} Además, entre sus granulocitos se encuentran los heterófilos y carecen de neutrófilos, con excepción de algunos anfibios que poseen neutrófilos. En las especies que se presentan los heterófilos puede haber confusión entre éstos y los eosinófilos, así como pueden confundirse los linfocitos con los trombocitos lo cual se evita con la experiencia y la consulta de una referencia gráfica.^{13, 17}

Otro de los retos en la hematología de estas clases animales, sobre todo en animales pequeños, es la cantidad de sangre que se puede extraer. Casi como regla general es apropiado extraer el equivalente a 1% del peso corporal del animal sano pero considerando que dentro de estas clases animales hay ejemplares muy pequeños se recomienda dar prioridad a las pruebas que sean más necesarias tales como la evaluación del frotis sanguíneo.^{1, 18}

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Crear un compendio de imágenes de células sanguíneas de especies con eritrocitos nucleados (aves, reptiles y anfibios) con la finalidad de facilitar su identificación y así poder integrar un diagnóstico más completo y certero.

Objetivo específico

Describir las características de las células hemáticas de aves, reptiles y anfibios y sus particularidades por especie.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Material

- Laminillas, micropipeta, puntas para micropipeta, frotis sanguíneos, microscopio óptico con cámara digital adaptada, jeringas, aguja para aspiración de médula ósea, portaobjetos.
- Tinción Diff Quick, Ácidoetilendiaminotetraacético (EDTA), Heparina de litio, aceite de inmersión.
- Médula ósea proveniente de cadáveres de aves, reptiles y anfibios, muestras sanguíneas de aves, reptiles y anfibios.

Metodología

Se realizó una búsqueda en la base de datos del Laboratorio de Patología de la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre (DGZVS) con la finalidad de recabar todos los casos de las muestras sanguíneas provenientes de aves, reptiles y anfibios entre los años 2006 a 2011.

Una vez identificado el número de caso se realizó la búsqueda de estos casos en el archivo de frotis sanguíneo para ser recopilados y posteriormente revisados en el microscopio óptico para determinar si se encontraban bien conservados y las imágenes eran claras, de lo contrario se descartaron.

De los ejemplares de aves, reptiles y anfibios remitidos al Laboratorio de Patología de la DGZVS para necropsia se tomó aspiración de médula ósea a través de los procedimientos universalmente descritos en la bibliografía^{3,6} y las laminillas fueron teñidas con la tinción Diff Quick.

Se realizaron frotis sanguíneos con las muestras de sangre provenientes de aves, reptiles y anfibios enviadas al Laboratorio de Patología de la DGZVS para su procesamiento en el periodo en que se realizaba este trabajo; posteriormente fueron teñidos con la tinción Diff Quick.

Una vez que se tuvieron seleccionados los frotis sanguíneos del archivo, los frotis sanguíneos de muestras recién enviadas y las laminillas de aspiración de médula ósea se tomaron fotomicrografías de campos representativos, haciendo uso del microscopio óptico Carl Zeiss modelo Axiostar plus adaptado con cámara digital Sony Cyber-shot modelo DS-75 con 3.3 mega pixeles de resolución y zoom de 6x ubicado en el Laboratorio de Patología de la DGZVS.

Preparación del frotis sanguíneo

Se utilizó la técnica del portaobjetos o del portaobjetos en cuña.

Los portaobjetos utilizados estaban limpios y desengrasados.

1. Se colocó una gota de sangre de 10 μ L sobre un extremo del portaobjetos.
2. Un segundo portaobjetos se posicionó sobre el primero delante de la gota de sangre y en un ángulo de 30° a 45°. Después se deslizó hacia atrás para que por capilaridad la sangre cubriera la superficie de contacto entre ambos portaobjetos.
3. Entonces el portaobjetos extensor se deslizó hacia adelante en un movimiento firme y rápido. Con esto se logró obtener un frotis en forma de cuña.

El frotis obtenido debe ser uniforme, debe tener borde de pluma el cual debe tener una apariencia de tornasol o arcoíris.¹⁹

Obtención de Médula Ósea

1. Con un bisturí se incidieron piel y músculos de la región pectoral para facilitar el paso de la aguja de aspiración de médula ósea hasta la quilla, la aguja llegó hasta la cavidad medular siendo empujada con movimientos rotatorios en un ángulo perpendicular.
2. Una vez dentro de la cavidad medular, el estilete fue removido y se colocó una jeringa para poder aspirar suavemente la médula dentro del lumen de la aguja. Cabe señalar que la jeringa fue empapada previamente con EDTA pues la muestra tiende a coagularse rápidamente.
3. Una vez que se ha tomado la muestra, se removió la aguja del sitio de punción y la jeringa fue separada.
4. Se llenó la jeringa con aire para después volver a unirla a la aguja y entonces se usó el aire para expulsar la muestra de la aguja sobre un portaobjetos.
5. Para realizar los frotis se debe colocó una gota de la muestra en el extremo de uno o varios portaobjetos los cuales se colocaron inclinados para que la sangre que pudiera llegar a contener la muestra se desplazara al extremo inferior, entonces se colocó un portaobjetos sobre la muestra y se deslizaron ambos portaobjetos para diseminar la muestra.. Los frotis se secaron al aire para después someterlos a la tinción de Diff Quick.^{3,4,19}

Tinción de laminillas

Se utilizó la tinción Diff Quick para colorear frotis sanguíneos y muestras de médula ósea.

Es una tinción de tipo Romanowsky que consta de un fijador, una Solución I que consiste en eosina buferada y una Solución II de azul de metileno buferado.

Se utiliza en laminillas fijadas en seco para su posterior fijación en alcohol.

Una vez que la laminilla se había secado al aire se dieron 10 pases en cada solución, primero pasando por el metanol, luego solución I y posteriormente solución II.

En el caso de las laminillas de médula ósea, se dieron 15 pases en solución I y II.

Tinción Supravital con Azul de Metileno

Se utiliza para detectar reticulocitos en los frotis sanguíneos.

1. Se mezcló sangre fresca con azul de metileno en porciones iguales.
2. Se dejó homogenizar durante al menos 30 minutos.
3. Se realizó el frotis sanguíneo con los pasos anteriormente descritos.

5. DESARROLLO

5.1 Hematopoyesis

5.1.1 Sitios de hematopoyesis

En aves la hematopoyesis comienza en el saco vitelino y conforme avanza el desarrollo embrionario empieza a ocurrir en hígado y bazo. Durante el desarrollo embrionario de las aves las células precursoras de granulocitos crean focos de granulopoyesis en bazo, riñón, pulmones, timo, páncreas y otros tejidos incluyendo médula ósea.^{3, 1,18}

Después de la eclosión la hematopoyesis se lleva a cabo primeramente en la médula de vertebras y huesos largos. Se puede observar limitada actividad hematopoyética en el corazón y la serosa del intestino delgado poco después de la eclosión. En algunas aves adultas como los pollos la actividad hematopoyética de la médula ósea se asocia primeramente a eritropoyesis y posiblemente trombopoyesis, solo un pequeño porcentaje parece estar reservado para la granulopoyesis y maduración linfocítica. La eritropoyesis y tal vez trombocitopoyesis se llevan a cabo en el lumen de los sinusoides vasculares en la médula ósea.^{1,18}

Estos senos vasculares se encuentran alineados por células endoteliales asociadas a células eritrocíticas juveniles, las células maduras se localizan en el lumen de estos senos vasculares, estos senos se comunican con una vena central.¹⁸

Los granulocitos se originan de células madre presentes en los espacios extravasculares de la médula ósea. En el bazo antes de la eclosión se observa

gran actividad granulopoyética y después de la eclosión se observa más linfopoyesis. La granulopoyesis en las aves adultas es más difusa y se encuentra en gran variedad de tejidos.

En los anfibios en estados larvarios el primer sitio de eritropoyesis es el hígado y el riñón, aunque se puede incluir el bazo.^{20, 3, 17, 21}

Los eritrocitos que provienen del riñón poseen un núcleo periférico y los que provienen del hígado tienen un núcleo central.²¹

Mientras que en adultos la eritropoyesis se lleva a cabo en el hígado y el bazo, en riñón en menor medida, además en médula ósea en el caso de ranas y sapos.^{20, 22}

En salamandras y tritones la maduración de los eritrocitos se completa en la circulación sanguínea.²¹

La granulopoyesis se lleva a cabo en el hígado, riñón y médula ósea, excepto en las especies que carecen de médula ósea.^{3, 21}

Puede haber diferencias morfológicas de los eritrocitos según su sitio de producción y también existen diferencias en las moléculas de hemoglobina entre individuos jóvenes o adultos. La granulopoyesis se lleva a cabo en riñón, hígado, bazo y médula ósea.²⁰

Se cree que los reptiles están en un punto intermedio entre anfibios y aves, ya que en los anfibios el bazo es el sitio principal de linfo y eritropoyesis y en las aves la eritropoyesis es exclusiva de la médula ósea.^{3, 23, 24}

En los reptiles el primer sitio de eritropoyesis, granulopoyesis y trombopoyesis es la médula ósea. La eritropoyesis se lleva a cabo dentro de los espacios vasculares del estroma reticular además de algunos focos de eritropoyesis en hígado y bazo. En tortugas se encuentran cantidades variables de tejido hematopoyético en vértebras, huesos largos, costillas, plastrón y caparazón.^{3,23} Además células maduras en circulación que se dividen para crear células nuevas, por eso es normal ver figuras mitóticas en circulación.^{15, 25}

En cuanto a la granulopoyesis, se lleva a cabo en los espacios extravasculares del estroma reticular de la médula ósea.^{3, 26} Migran a través de las células endoteliales de los sinusoides para entrar a la circulación sanguínea. El bazo tiene funciones de leucopoyesis, en fases jóvenes se observa mayor granulopoyesis y posteriormente se observa mayor linfopoyesis. Los linfocitos se derivan desde la transmisión sanguínea de células madre las cuales probablemente son originadas del saco vitelino embrionario. Los precursores linfoides originados tanto en saco vitelino como en médula ósea colonizan el timo durante el desarrollo embrionario. Los linfocitos T originados en el timo se difunden al bazo, hígado, intestinos y otros tejidos. El origen de los linfocitos B es desconocido pues no se ha encontrado el homólogo en reptiles de la Bolsa de Fabricio de las aves.³

En algunos quelonios la médula ósea se puede obtener perforando con la aguja de biopsia el puente plastocarapacial.

Sin embargo la médula ósea de algunos quelonios no es gelatinosa y puede ser difícil obtenerla. En estos casos puede ser útil la técnica de remojo en solución salina. Consiste en remojar un trozo de hueso de aproximadamente 2mm de

espesor en solución salina de 18 a 24 horas a una temperatura de 4°C, posteriormente se agita por 30 minutos y la solución se centrifuga para obtener las células.³

5.1.2 Eritropoyesis

Las fases de desarrollo son similares en aves, reptiles y mamíferos. A diferencia de los mamíferos, las células inmaduras de aves, reptiles y anfibios suelen ser más pequeñas que las células maduras.^{3, 27}

La nomenclatura puede variar pero por lo general se manejan seis etapas de desarrollo celular. En términos generales, a medida que la célula va madurando su morfología cambia de redonda a oval, el citoplasma se torna más abundante y eosinófilo por la presencia de hemoglobina, el núcleo disminuye de tamaño y pasa de redondo a elíptico además la cromatina se condensa.^{1,3}

El núcleo se conserva, no se pierde.

Rubriblasto (Proeritroblasto, Pronormoblasto) Es una célula redonda con un gran núcleo redondo central con cromatina gruesa granular que es atípica para la mayoría de las células blásticas. Posee uno o dos prominentes nucléolos o anillos nucleolares. Tiene una gran relación núcleo citoplasma que hace ver al citoplasma como una estrecha banda que rodea al núcleo que se tiñe profundamente basófilo y contiene finos espacios claros que se conocen como espacios mitocondriales.^{1,3,23}

En los reptiles es común que esta célula presente vesículas pinocitóticas pues realizan la incorporación de ferritina que se usa para sintetizar hemoglobina.³

Prorubricito (Eritroblasto basófilo). Es parecido al rubricito pero el nucléolo está ausente o no es notorio así como han desaparecido los espacios mitocondriales, su cromatina es moderadamente más condensada. ^{1,3,23}

Luego se presentan tres fases de rubricitos. Los eritrocitos de reptiles frecuentemente son liberados a la circulación en esta fase. ³

Son redondos a ligeramente ovoides y más pequeños que las fases anteriores. El núcleo se va reduciendo en cada fase.

Los tres rubricitos son el rubricito basófilo (eritroblasto policromatófilo temprano), rubricito policromático temprano (eritroblasto policromatófilo tardío), y el rubricito policromatófilo tardío (eritroblasto ortocromático).

El rubricito basófilo tiene una gran relación núcleo citoplasma, un citoplasma basófilo homogéneo y núcleo redondo con cromatina agrupada.

El rubricito policromatófilo temprano es más pequeño que el anterior y es la primera fase en la que puede notarse hemoglobina con tinciones de Wright. La hemoglobina le confiere al citoplasma un color gris, con una apariencia ligeramente eosinófila. El núcleo es pequeño pero con la cromatina más condensada.

El rubricito policromatófilo tardío es una célula redonda u ovoide con un citoplasma eosinófilo gris a levemente eosinófilo. Posee mayor cantidad de citoplasma que la fase anterior y el núcleo se presenta oval con cromatina agrupada irregularmente.

^{1,23}

Eritrocito policromatofílico (reticulocito, eritroblasto acidófilo u ortocromático, proeritrocito) que es muy parecido al eritrocito maduro pero aún es más grande que la célula madura, posee basofilia citoplasmática ligera y la cromatina un poco menos condensada que el núcleo picnótico de la célula madura, el núcleo es un poco más redondeado. ^{1,3,23}

Es la última fase en la que puede observarse mitosis. ¹⁷

5.1.3 Leucopoyesis

Granulopoyesis

Las fases de maduración de los granulocitos son mieloblasto (granuloblasto), progranulocito (promielocito), mielocito, metamielocito y granulocito maduro aunque la nomenclatura puede variar según el autor.

El mieloblasto es la fase común para todos los granulocitos; es una célula grande, y redonda con un pequeño borde de citoplasma menos basófilo que el de los rubriblastos. El núcleo es grande y redondo de posición central aunque puede verse ligeramente ovoide, con un delicado patrón de cromatina reticular. Se distingue un prominente nucléolo. ^{1,3,23}

La siguiente fase es el progranulocito (promielocito). Es una célula grande con gránulos citoplasmáticos y un citoplasma azul claro. Su núcleo es excéntrico con un delicado patrón de cromatina. La apariencia de los gránulos es variable según la línea celular a la que dan origen. El progranulocito heterófilo tiene gránulos esféricos naranjas o gránulos primarios y puede contener anillos o gránulos magenta. ^{1,3,23} Se piensa que las formas de anillo son los característicos de la línea de heterófilos. El progranulocito eosinófilo tiene gránulos en forma de esfera

y de coloración naranja brillante.^{1,3} El progranulocito basófilo posee gránulos magenta más pequeños que los del progranulocito heterófilo y tiene pocos gránulos en forma de anillo lo que ayuda a diferenciarlo del progranulocito heterófilo.²³ El núcleo de todos los progranulocitos por general es excéntrico, tiene un patrón de delicada cromatina reticular con márgenes irregulares.^{1,3}

El mielocito es más pequeño que el progranulocito y su núcleo es más condensado. Contiene gránulos específicos o gránulos secundarios para cada línea celular. Los mielocitos heterófilos son células redondas con citoplasma levemente basófilo que aun contiene gránulos primarios, gránulos magenta y anillos, además de gránulos definitivos redondos los cuales ocupan menos del 50% del volumen citoplasmático. Los mielocitos eosinófilos tienen gránulos primarios y secundarios, estos últimos son escasos aún. El mielocito basófilo posee gránulos con una ligera coloración eosinófila y gránulos secundarios. El núcleo es redondo y posee cromatina gruesa granular.^{1,23}

El metamielocito se parece al mielocito excepto en que es un poco más pequeño y el núcleo es levemente edentado y puede tener la cromatina organizada de manera diferente. El metamielocito heterófilo tiene gránulos definitivos redondos que ocupan más del 50% del citoplasma aunque aún puede haber algunos pocos gránulos primarios o magenta, lo mismo ocurre con el metamielocito eosinófilo y basófilo.^{1,23}

Algunos autores mencionan una última fase de maduración, la célula banda. Es muy parecida a los granulocitos maduros pero el núcleo es alargado sin lóbulos (en caso de que la célula madura los posea).²³

Linfopoyesis

Hay tres fases que se reconocen en el desarrollo de los linfocitos, linfoblasto, prolinfocito y linfocito.

El linfoblasto es una célula grande, redonda con una gran relación núcleo citoplasma. El núcleo es redondo y posee cromatina lisa además de un nucléolo visible. Su citoplasma se tiñe fuertemente basófilo.

El prolinfocito es de menor tamaño que la fase anterior, el nucléolo no es visible y su citoplasma no es tan basófilo. ¹

5.1.4 Trombopoyesis

Los precursores de trombocitos suelen ser irreconocibles de los de eritrocitos. ²³

Las fases de maduración de trombocitos son el tromboplasto, trombocito inmaduro temprano, trombocito inmaduro medio, trombocito inmaduro tardío y trombocito maduro. ^{1,3} Mientras el trombocito va madurando va disminuyendo en tamaño, el citoplasma es menos basófilo y su forma cambia de redonda a elíptica al igual que el núcleo cambia de redondo a oval y su cromatina se observa más densa. ³

El tromboplasto es grande de forma redonda o amiboide con un angosto anillo de citoplasma profundamente basófilo que rodea el núcleo. Su núcleo es redondo con cromatina punteada lo que dificulta la identificación del nucléolo, pero posee uno o más nucleolos. El citoplasma puede contener espacios claros. ^{1,23}

El trombocito inmaduro temprano es más pequeño que la fase anterior. Su núcleo es redondo a oval y con una relación núcleo-citoplasma menor al estadio anterior. El citoplasma es basófilo con pequeños espacios claros. La cromatina se agrupa irregularmente y no presenta nucléolo. ^{1,23}

El trombocito inmaduro medio se observa un poco más alargado o irregular con un citoplasma azul claro y presenta vacuolas. En esta fase se observan gránulos citoplasmáticos de color rojo. El núcleo posee cromatina agrupada.

El trombocito inmaduro tardío es una célula oval que solo se diferencia al trombocito maduro por su citoplasma color azul claro y su cromatina es menos condensada.

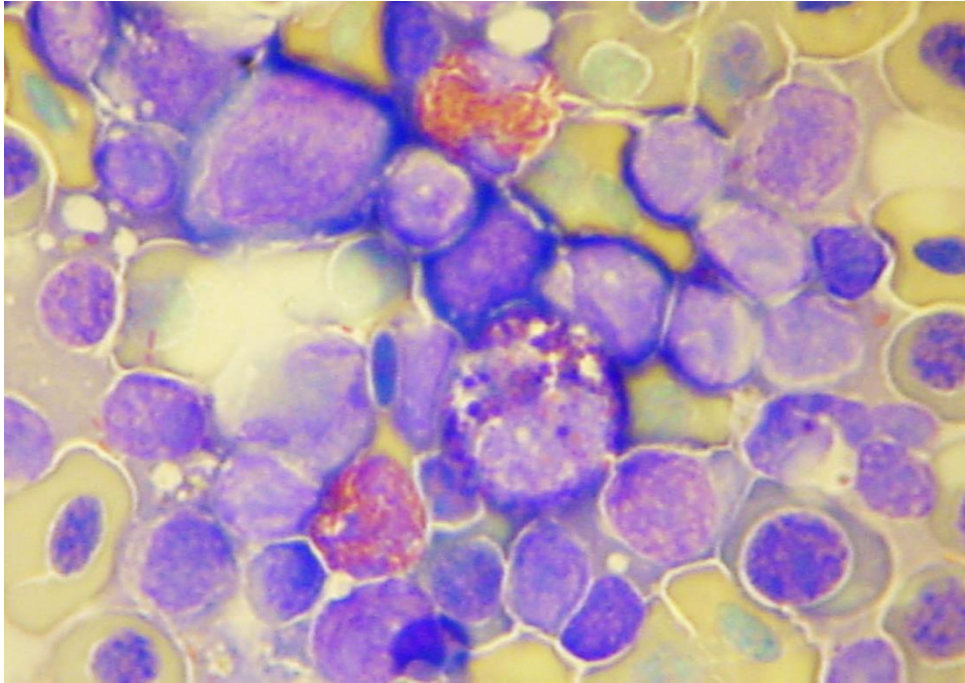


Figura 1. Aspirado de Médula ósea. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff Quik 1000x.

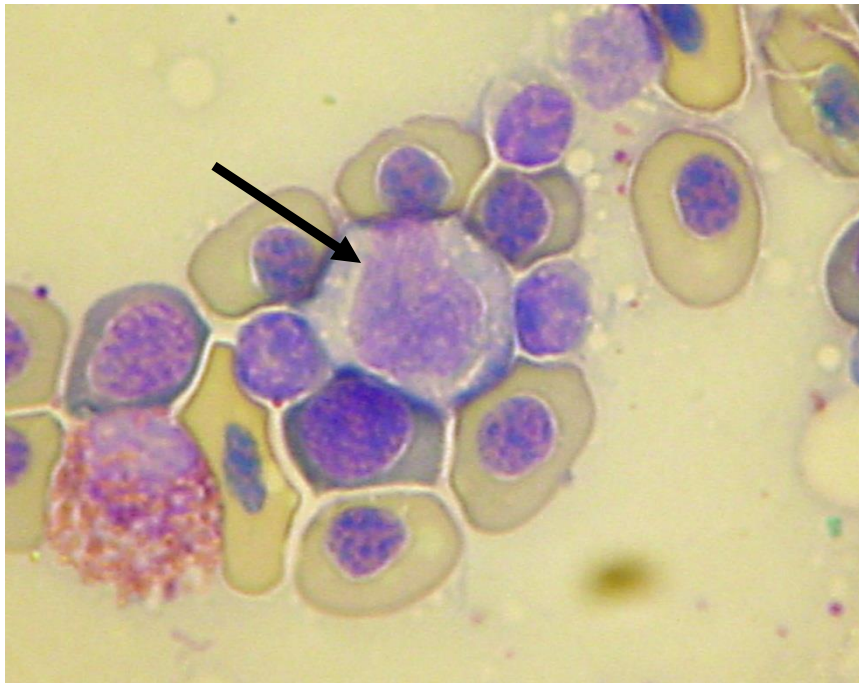


Figura 2. Aspirado de Médula ósea. Mieloblasto. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff Quik 1000x.

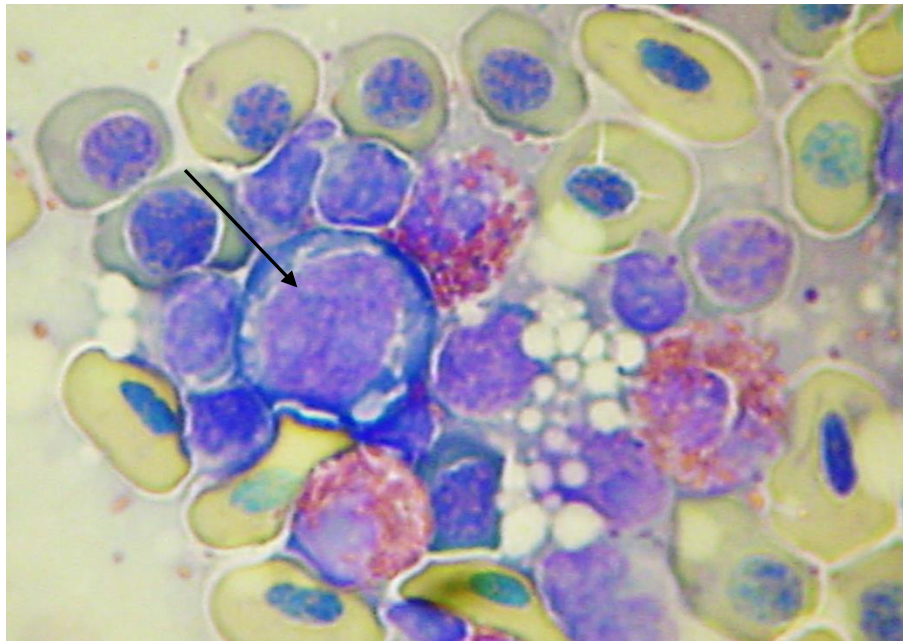


Figura 3. Aspirado de Médula ósea. Rubriblasto. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff Quik 1000x.

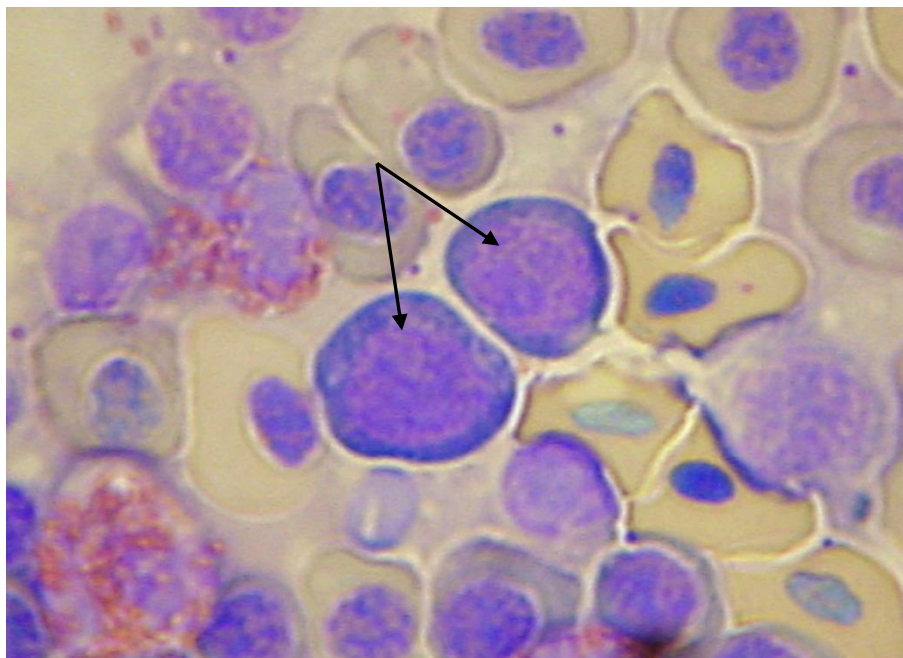


Figura 4. Aspirado de Médula ósea. Rubriblastos. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff Quik 1000x.

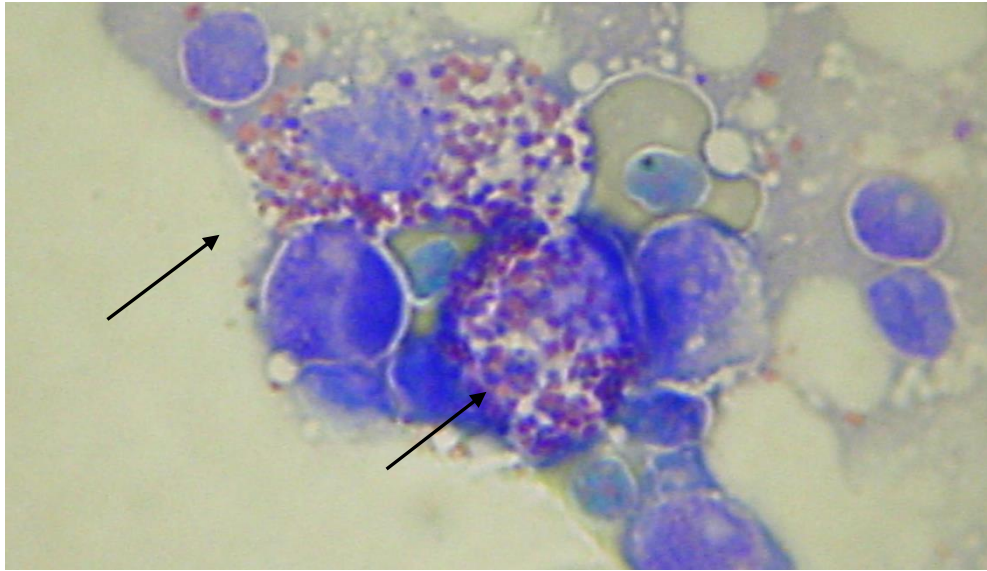


Figura 5. Aspirado de Médula ósea. Mielocitos. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff
Quik 1000x.

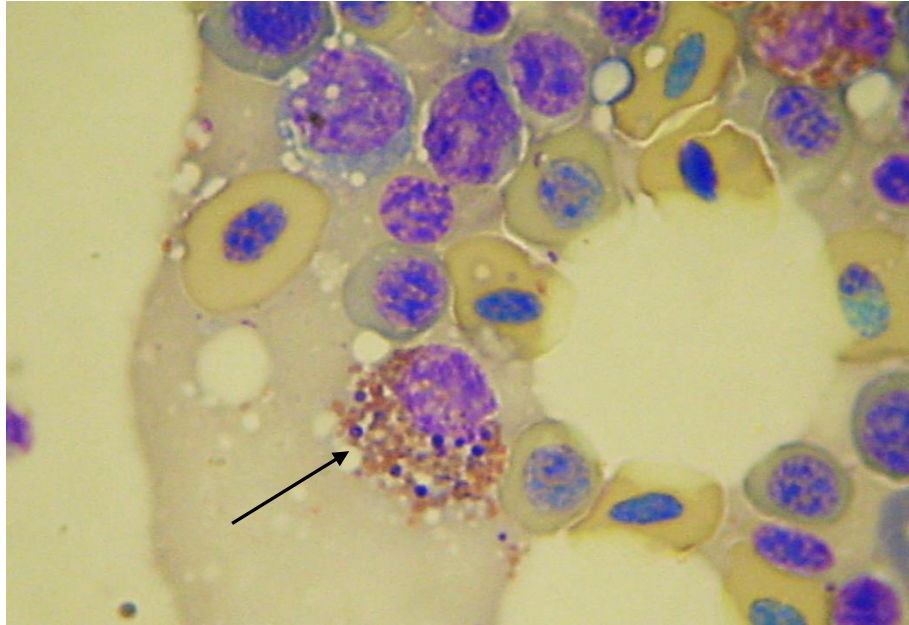


Figura 6. Aspirado de Médula ósea. Mielocito. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff
Quik 1000x.

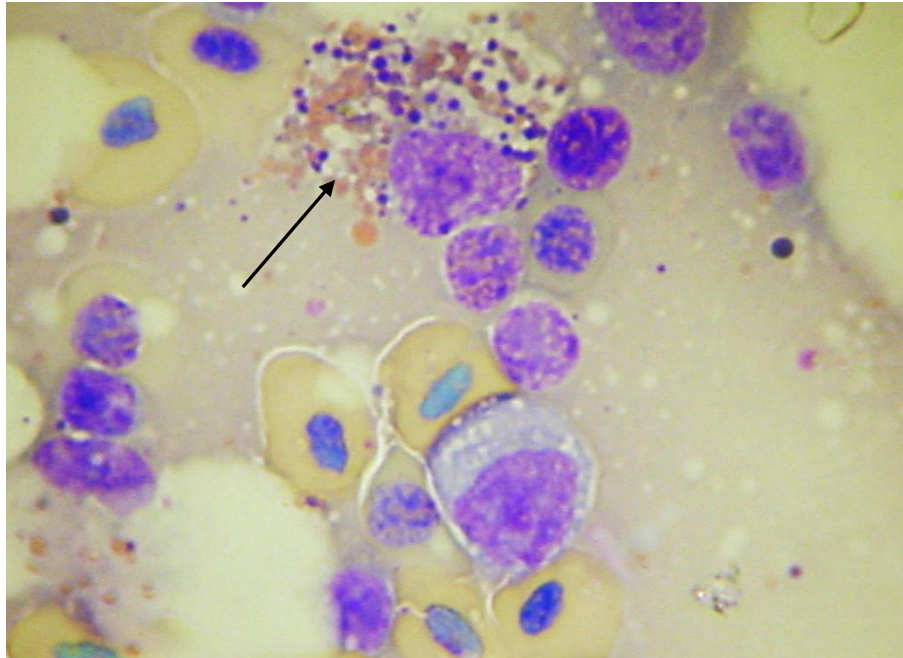


Figura 7. Aspirado de Médula ósea. Mielocito. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff

Quik 1000x.

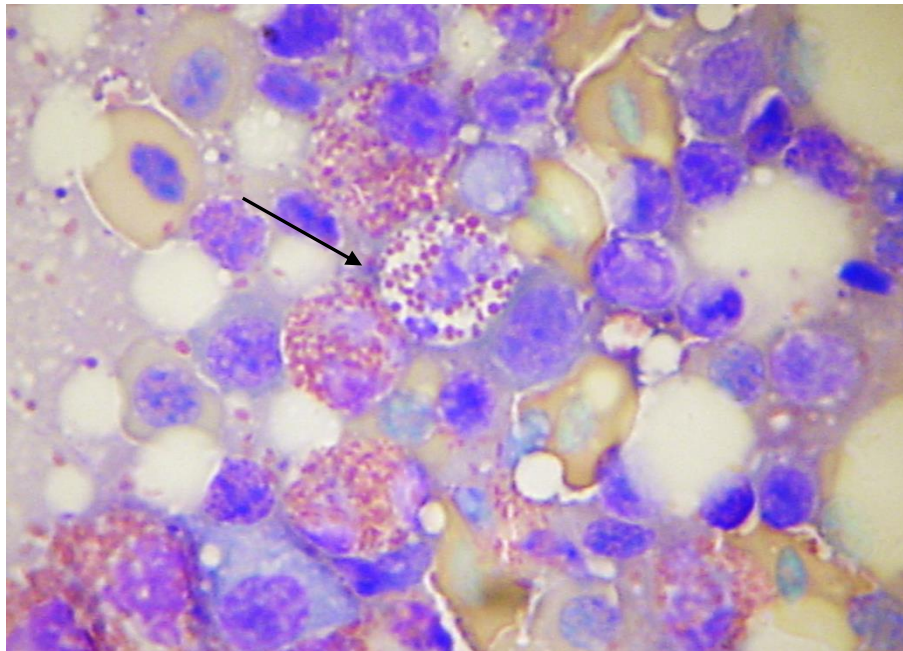


Figura 8. Aspirado de Médula ósea. Mielocito. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff

Quik 1000x.

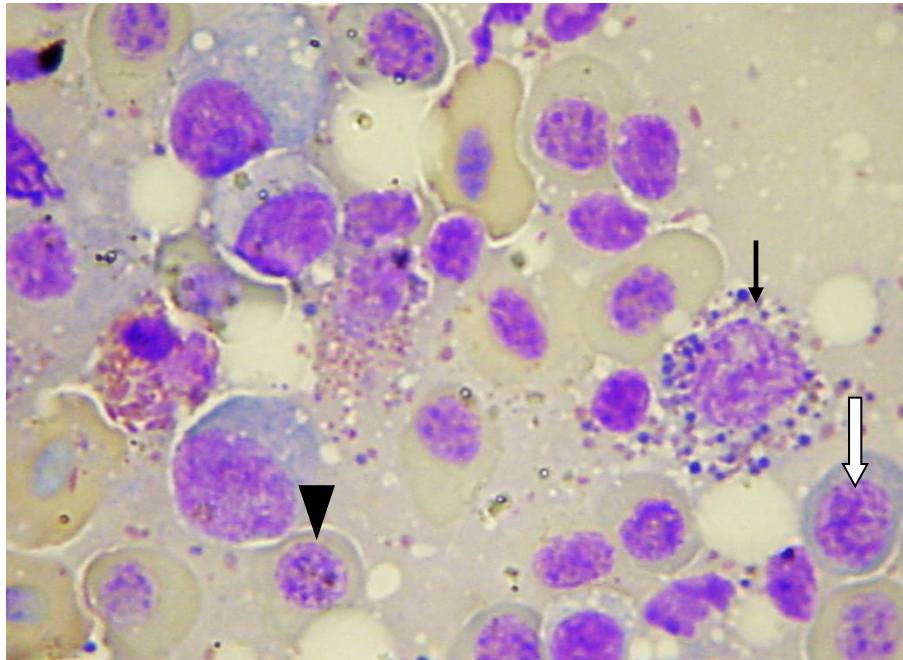


Figura 9. Aspirado de Médula ósea. Mielocito (flecha oscura), eritrocito policromatófilo (cabeza de flecha), rubricito (flecha clara) Chachalaca común (*Ortalis*). Diff Quik 1000x.

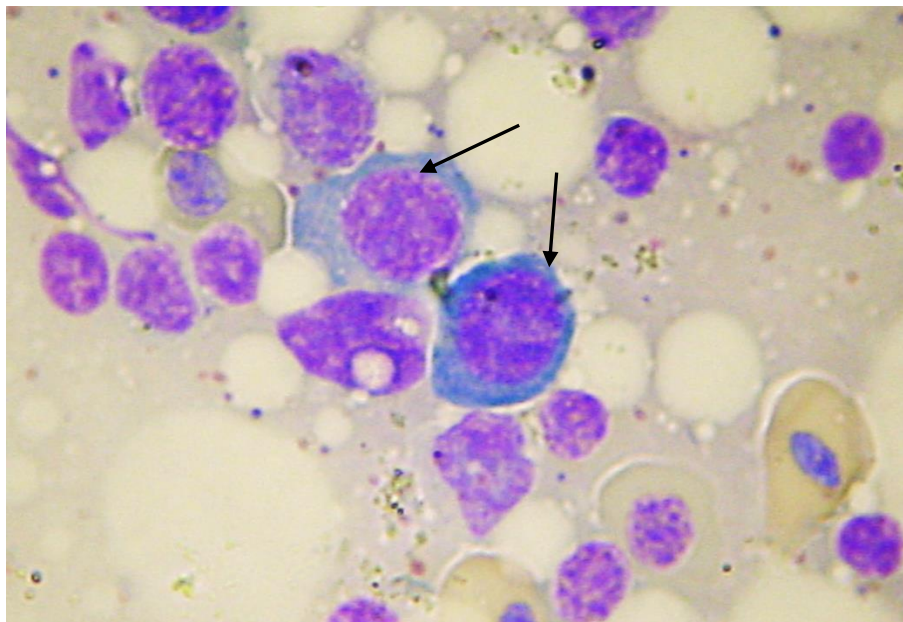


Figura 10. Aspirado de Médula ósea. Prorrubricitos. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff Quik 1000x.

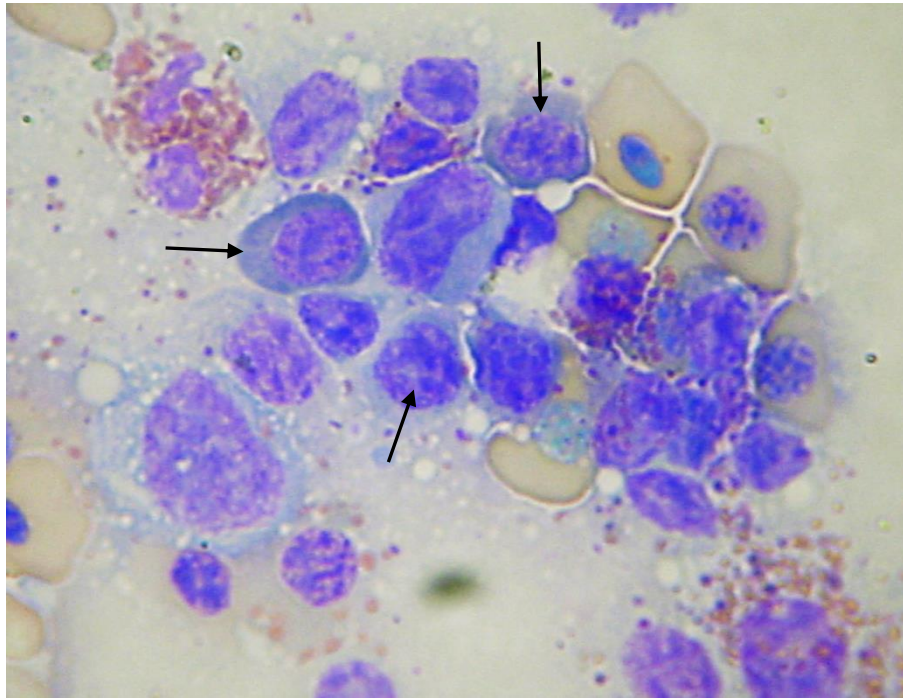


Figura 11. Aspirado de Médula ósea. Rubricitos. Chachalaca común (*Ortalis*). Diff
Quik 1000x.

5.2 Sitios de obtención de Médula Ósea

La mejor fuente de médula ósea en la mayoría de las aves es el tibiotarso proximal, justo por debajo de la articulación de la rodilla.^{18,1} También puede ser colectada del esternón (quilla) y de la mayoría de los huesos largos excepto los huesos neumáticos.^{18,3}

El esternón es un sitio de aspiración sobre todo en aves galliformes. En este sitio la aguja se inserta en la parte más amplia de la cresta esternal (quilla).^{1,3}

La médula ósea puede obtenerse del fémur o tibia de lagartos, cocodrilos y algunos quelonios. La fosa intertrocantérica del fémur proximal así como la cara craneal de la tibia proximal justo por debajo de la articulación de la rodilla son sitios comunes para aspiración de médula ósea en lagartos.³

En algunos quelonios la médula ósea se puede obtener perforando con la aguja de biopsia el puente plastral. Sin embargo la médula ósea de algunos quelonios no es gelatinosa y puede ser difícil obtenerla. En estos casos puede ser útil la técnica de remojo en solución salina. Consiste en remojar un trozo de hueso de aproximadamente 2mm de espesor en solución salina de 18 a 24 horas a una temperatura de 4°C, posteriormente se agita por 30 minutos y la solución se centrifuga para obtener las células.^{3,23}

5.3 Obtención de muestra sanguínea

5.3.1 Aves

El sitio de elección para recolectar la muestra sanguínea en las aves se debe de escoger según la especie aviar, su estado de salud, el volumen sanguíneo que se necesita y las preferencias del personal colector. El volumen sanguíneo que puede ser recolectado sin causar daños en la salud del ejemplar también depende del tamaño y salud del animal ^{1,2}. Un estimado del volumen sanguíneo de las aves es de entre el 6% y el 12% de su peso corporal. En términos generales la recolección de menos del 10% del volumen sanguíneo circulante no será perjudicial a la salud del ave^{2, 3}.

Para el muestreo se debe de considerar también que la mayoría de las aves requieren ser contenidas físicamente para inmovilizar alas, patas y cabeza y evitar un daño al personal que lo realice y al ave misma, pudiendo ayudarse de una toalla o paño para contener al ave².

La sangre venosa es la recomendada para los estudios de laboratorio y la formación de hematomas es más frecuente en aves que en mamíferos ^{1, 2, 3}

Para evitar problemas como la formación de coágulos en la muestra y de hematomas en el ave se recomienda el uso de dispositivos de microcolección.

El tamaño y calibre de la aguja y el tamaño de la jeringa se deben de elegir según el vaso sanguíneo al que se vaya a recurrir y el volumen de sangre que se necesite. ^{1, 2}.

Vena Yugular

Es el sitio de elección en aves pequeñas que no tienen otra vena más grande para puncionar.³ Se origina de la V. Craneal y la V. Cefálica Caudal. Por lo general la Vena Yugular derecha es más prominente que la izquierda^{1, 2, 3, 4} y tiene un curso más ventral a través de la región cervical craneal por lo cual es la de elección².

Siempre se debe de cuidar el no impedir los movimientos respiratorios con la contención además de poner atención a los signos de estrés del ave.⁵

El personal que ejecutará la venopunción debe tener una buena visualización de la vena⁵ para lo cual se puede humedecer al cuello del animal con alcohol^{1,2,3,4,5}, después de lo cual la vena debe ser estabilizada tensando la piel del cuello para evitar su movimiento lateral debido a que su gran movilidad puede frustrar la obtención sanguínea. Además, el amplio espacio subcutáneo que rodea a esta vena predispone la formación de hematomas si la venopunción no se hace considerando las adecuadas medidas de contención.^{2,3,4}

Se necesitará una aguja del tamaño adecuado según el ave con una jeringa o en algunos casos se puede usar un catéter de mariposa que ayuda a la estabilización de la aguja. Se aplica presión en la parte craneal de la entrada de la vena a la cavidad celómica para distenderla, se introduce la aguja dentro de la vena y se aplica presión negativa para que la sangre entre en la jeringa, si la presión es excesiva la vena puede colapsarse, formar hematomas o causar hemólisis de la muestra.³

Vena Basilica (Ulnar cutánea o Braquial)

Provee un adecuado acceso vascular en gran cantidad de especies aviares.² Se encuentra cruzando la cara ventral de la articulación del codo (húmero -

radioulnar). Este método requiere de dos personas ya que una estará a cargo de la contención del ave mientras que la otra realiza el muestreo.

Se puede humedecer el área con alcohol para poder visualizar mejor la vena, el ave debe mantenerse en decúbito dorsal con el ala lo más extendida posible.

Con la aguja correcta según el tamaño del ave se penetra el vaso sanguíneo y la sangre se colecta por aspiración dentro de una jeringa o permitiendo el goteo desde la cubeta de la aguja hacia tubos de microcolección con anticoagulante.

Debido a que existe el riesgo de la formación de hematomas, se debe de aplicar presión en la vena después de retirar la aguja.^{1, 2, 3} (Figura 12)

Vena Metatarsiana Medial o Tibial Caudal

Esta vena corre de la cara medial del Tibiotarso a la articulación tibiotarso - metatarsiana.¹ Se encuentra rodeada por los músculos de la pierna lo que disminuye los riesgos de la formación de hematomas.

El ave debe sujetarse en decúbito lateral o dorsal y la pierna debe estar bien extendida, se introduce la aguja con el bisel hacia arriba y se succiona con la jeringa lentamente o si se prefiere, puede permitirse el goteo hacia un tubo de microcolección. (Figura 13)

Seno Venoso Occipital

Dentro del cráneo de las aves es un espacio vascular que contiene sangre venosa. Se encuentra justo bajo la piel en el espacio entre la base del cráneo y la primera vértebra cervical y se localiza por simple palpación digital.^{2, 4}

Este sitio de venopunción solo debe ser elegido antes de la eutanasia del animal debido al gran riesgo de dañar el cerebro, además el ave debe estar totalmente contenida física o químicamente. Se requiere el uso de tubos vacoutainer con aguja adecuada.

El ave debe sujetarse con el cuello extendido de manera que la cabeza se posicione en línea recta con la vértebra cervical, posteriormente la cabeza debe flexionarse ventralmente. La aguja debe penetrar la piel en un ángulo de 30 a 40° con respecto a las vértebras cervicales, entonces el tapón del tubo vacoutainer es perforado y la aguja avanza pocos milímetros hasta que alcanza el seno lo cual resulta en un gran flujo de sangre.^{1, 3, 4}

Punción cardiaca

Es un método que compromete la vida del animal, por lo tanto se debe reservar para aves antes de su eutanasia.^{1, 3, 4}

Se puede realizar por una aproximación lateral o anterior, teniendo cuidado de no dañar el buche del animal. Si se desea realizar la aproximación anterior el ave debe estar en decúbito dorsal y la aguja se inserta cerca de la V formada por la fúrcula y se direcciona hacia la línea media dorsal y caudalmente al corazón. Cuando se ha penetrado adecuadamente el corazón se puede sentir el latido a través de la jeringa. Para la aproximación lateral el ave debe estar en decúbito lateral insertando la aguja con jeringa en el cuarto espacio intercostal y se direcciona hacia la línea media. Este método resulta en una gran cantidad de sangre colectada.^{3, 4}

Corte de uña

Es un método poco común por causar gran dolor al ave y porque debido a que es sangre capilar y no venosa, se pueden encontrar detritus celulares y células que no se encuentran regularmente en la circulación como macrófagos, osteoblastos y osteoclastos. La uña se debe limpiar con alcohol y el corte se hace rápido para permitir el libre flujo sanguíneo. Al finalizar la colección sanguínea se debe aplicar algún agente para controlar el sangrado.^{3,4}

Anticoagulantes

Varios autores¹⁻⁴ refieren que la Heparina de Litio interfiere con la tinción de las células sanguíneas y provoca que células como trombocitos y leucocitos formen agrupaciones que provocan erróneos conteos celulares. Es por eso que recomiendan el uso del EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) en las muestras sanguíneas aviares. Sin embargo otros autores comentan que con el EDTA se han reportado casos de hemólisis en muestras de grullas, avestruces, coraciformes, cuervos y algunos pingüinos; en estos animales se recomienda el uso de Heparina de Litio.^{5,6}

5.3.2Anfibios

Se conocen alrededor de 4000 especies de anfibios clasificados en tres órdenes, Gymnophiona en el cual se incluyen las Cecilias, Caudata en el que se clasifican las salamandras, tritones y sirenas, y Anura, el orden con más especies, donde se encuentran sapos y ranas.²¹

Varios factores pueden hacer que el volumen sanguíneo tenga alguna variación, tales como la especie, el estado de salud y la época del año.²⁰

Es totalmente seguro extraer un volumen sanguíneo de no más del 1% del peso corporal del animal si es que este goza de buena salud, de lo contrario se recomienda extraer máximo 0.5 %. Es indispensable dar prioridad a realizar las pruebas más necesarias ya que algunas veces el volumen sanguíneo obtenido puede no ser suficiente para realizar todas las pruebas hematológicas y bioquímicas.^{3, 17} La cantidad de sangre extraída va a variar según la especie animal, el tamaño del paciente y la sangre que se requiere según los exámenes que se requiere practicar al animal.

Algunos ejemplares pueden contenerse solo físicamente y algunos necesitan contención química.^{20, 21}

Se recomienda usar guantes para el manejo de estos animales, sin embargo no deben ser de látex ya que se ha probado que son letales en anfibios en fase larvaria.²⁰

Es muy importante la asepsia del sitio a puncionar, lo cual puede realizarse enjuagando levemente la piel del animal con agua limpia y opcionalmente puede ser rociada con algún antiséptico a base de Cloruro de Benzalconio^{3, 20}

Se suelen usar agujas calibre 25 a 26, sin embargo pueden causar lisis celular por su reducido tamaño, si esto sucede se requerirá cambiar el calibre a alguno de mayor tamaño.²¹

Plexo Venoso Lingual

Al manipular la cavidad oral del animal se debe tener cuidado de no dañar los delicados huesos de la mandíbula para lo cual sería muy útil que una persona

detenga la boca del ejemplar mientras otra será la que tome la muestra sanguínea.^{17, 20} El Plexo es visible al abrir la boca del animal y jalar su lengua hacia delante y hacia arriba ayudándose tal vez con un cotonete común, así el plexo se observa justo entre la parte inferior de la lengua y el piso de la cavidad oral.

El exceso de saliva debe ser retirado para evitar contaminación de la muestra.

Se utiliza una aguja calibre 25 o 26 y un tubo capilar heparinizado o un tubo de microcolección. La aguja debe penetrar delicadamente y, según sea el caso, se aplica presión negativa con la jeringa para que ingrese la sangre, o se permite el goteo hacia el tubo de microcolección.

Es necesario realizar presión sobre el área algunos segundos después de la colección sanguínea para evitar la formación de hematomas.^{3, 17}

Vena Abdominal Media

Se encuentra subcutáneamente a lo largo de la línea media ventral. Para la venopunción se usa una aguja calibre 25 a 27 según el tamaño del animal la cual se inserta justo a la mitad de la distancia entre el esternón y la pelvis con una dirección cráneo dorsal. En este sitio de colección sanguínea es probable que ocurra contaminación linfática de la muestra.^{3, 17, 18,20}

Cardiocentesis

Un sitio recomendado en animales del Orden Anura^{17, 20} Es sumamente recomendable que el animal se encuentre bajo anestesia general ya que cualquier

movimiento de su parte podría causarle grandes daños al músculo cardíaco o incluso a algún otro órgano.²⁰

El animal se coloca en decúbito dorsal y el corazón se localiza por el latido o con el uso de un dispositivo Doppler, incluso en algunos animales funciona la transiluminación. Una vez localizado el corazón, la aguja se inserta penetrando la piel y los músculos y una vez que la aguja haya avanzado aproximadamente 2 mm se empieza a aplicar presión negativa con el émbolo de la jeringa y así la aguja avanza o retrocede lentamente hasta que la sangre comience a entrar en la jeringa tras cada latido.^{3,17,20}

Se debe tener en cuenta que la sangre debe fluir lentamente hacia la jeringa ya que por el pequeño calibre de la aguja se puede producir hemólisis de la muestra y porque la presión sanguínea de los anfibios es menor comparada con aves y mamíferos.²⁰

Si acaso fuera líquido amarillento el que fluye, se debe retirar la aguja pues seguramente se trata de líquido pericárdico.^{3, 17} Si el primer intento es fallido se debe redirigir la aguja o incluso retirarla pero solo se debe intentar una segunda vez el muestreo, no más.^{17,20}

Vena Ventral Caudal (V. Coccígea Ventral)

Este método se usa en salamandras y tritones.^{17, 20, 21} La vena corre justo bajo los cuerpos vertebrales caudales, en la línea media sobre la cara ventral de la cola.

El animal se coloca en decúbito dorsal y la aguja se inserta en la línea media ventral justo caudalmente a la abertura cloacal con un ángulo de 30° a 45°, mientras ingresa se aplica algo de presión negativa deteniéndose justo antes de

tocar los cuerpos vertebrales donde empieza a fluir la sangre dentro de la jeringa.

3, 17, 18, 20

Se debe tener en consideración que algunas especies llevan a cabo la autotomía caudal por lo cual este método sería inadecuado.^{3, 17, 18, 21}

Algunos autores mencionan la amputación de cola o de alguna extremidad como método de colección sanguínea, sin embargo es un método doloroso y deformante por lo cual se considera inaceptable.²¹

Anticoagulantes

En estos animales se recomienda el uso de Heparina de Litio para la conservación de la muestra sanguínea ya que el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) tiende a provocar lisis celular. Sin embargo Wrigh KM, 2001 y Tristan 2010; mencionan que el EDTA debe usarse para muestras sanguíneas de *Ambystoma mexicanum*.

A veces es necesario humedecer el interior de las jeringas con el anticoagulante para que al entrar la muestra se vaya mezclando, o de lo contrario, permitir el goteo desde la aguja directamente hacia el tubo de colección sanguínea.^{3, 17, 18}

Además también existe la opción de utilizar tubos capilares heparinizados si la muestra es muy pequeña.²⁰

5.3.3 Reptiles

Dentro de la Clase Reptilia se encuentra el orden Squamata, Chelonia, Crocodyla y Ryncocephalia así que los sitios de venopunción llegan a ser muy variados.

El sitio de elección para la venopunción se determina según la especie, la condición física del animal, el volumen sanguíneo que se requiere y las preferencias del colector.

El volumen sanguíneo de los reptiles se calcula entre el 5 % y el 8% de su peso corporal del cual el animal puede tolerar una extracción del 10% (1% del peso corporal).

En lo reptiles puede llegar a presentarse la contaminación linfática de la muestra debido a que los vasos linfáticos a menudo acompañan a los vasos sanguíneos.

El sitio de venopunción debe ser desinfectado antes del procedimiento.

Quelonios

Según el tamaño del ejemplar se puede utilizar una aguja calibre 21 a 25 con una jeringa de 1 a 3 ml.⁷

Vena Yugular

Es un sitio de venopunción común en estos animales^{3,7-12}. Se encuentra en la cara lateral del cuello desde el ángulo de la mandíbula a la entrada craneal del caparazón o en algunos casos desde la membrana timpánica hasta la entrada craneal del caparazón, es por eso que la tortuga debe ser sostenida por un asistente con la cabeza y el cuello extendidos para que no se esconda dentro de su caparazón. Se puede aplicar una ligera presión en la base del cuello para que la vena se haga más evidente. La vena Yugular se encuentra justo debajo de la

piel por lo que solo se requiere una inserción poco profunda de la aguja^{3,7,11} Una vez colectada la sangre se debe almacenar en un tubo con anticoagulante.

Vena Coccígea Dorsal

La desinfección en esta área es fundamental ya que a menudo se encuentra contaminada con materia fecal.

Se utiliza una aguja de calibre 22 a 25 con una jeringa de 1 a 3 ml según sea el tamaño del ejemplar.¹⁰

La muestra obtenida de este sitio puede encontrarse diluida con linfa.

Este vaso sanguíneo se encuentra ubicado en la línea media dorsal de la cola por lo tanto la aguja se debe insertar con un ángulo de 45° a 90° lo más craneal posible en la línea media dorsal de la cola, si acaso se llega a tocar con la aguja una vértebra, se debe retirar lentamente y redirigir.^{3, 7, 8,10} (FIGURA 14)

Vena Braquial

Cuando se pretende obtener sangre de los vasos sanguíneos de los miembros de estos animales, por lo general se dice que es un muestreo a ciegas debido a que estos vasos son poco visibles a través de la piel; además es frecuente en estos sitios la contaminación linfática de la muestra.^{3, 11,12}

La vena se encuentra ubicada en la parte posterior del codo, en su cara flexora. La aguja debe de insertarse en la "V" formada por la unión del tendón del bíceps y el radio de forma perpendicular y poco profunda, y aplicando un poco de presión negativa en la jeringa la sangre empezará a entrar en la misma.^{7,11}

Seno subcarapacial (Supravertebral)

Se forma por la unión de las ramas intercostales comunes y cervicales caudales de las Venas yugulares externas además de vasos linfáticos lo que causa contaminación de la muestra. ^{3, 11, 13}

Se localiza en el ángulo donde se une la octava vértebra cervical y el caparazón.

Se puede acceder al seno venoso con la cabeza del animal extendida o retraída, la aguja se inserta en la parte dorsal del cuello en la línea media donde la piel se une al caparazón, con una dirección caudal.

Debido a que los mayores vasos linfáticos se localizan craneales al seno venoso, cada intento de muestreo debe hacerse cada vez más caudal si es que en el primer intento no se obtiene la muestra sanguínea. ^{4, 8, 10}

Seno supravertebral (Vena dorsal crevical, Postoccipital o Seno Occipital)

Se localiza dorsal a las vértebras cervicales detrás de la protuberancia occipital del cráneo. ^{3, 10, 11}

Se forma por las Venas Temporales izquierda y derecha. ¹⁴

Este sitio es un poco peligroso debido a que si se inserta muy profunda la aguja puede entrar al canal espinal y dañarlo. El cuello debe estar extendido con la cabeza ligeramente hacia abajo, la aguja se inserta en un ángulo de 90°. en la línea media dorsal del cuello justo detrás de la protuberancia occipital y con algo de presión negativa se logra la extracción de sangre. ^{3, 10, 11}

Cardiocentesis. Es una técnica cuyo uso debe de considerarse solo en animales neonatos o animales para investigación ya que si no es así se necesita realizar un agujero en el plastrón taladrando a través de él. ^{4, 11, 12}

Ofidios o serpientes

Vena Coccígea Ventral

Se localiza en la línea media ventral de la cola. Para llegar a este sitio es necesario que el animal se encuentre en decúbito dorsal. La aguja se inserta con un ángulo de 45° posterior al orificio cloacal un 25% a 50% entre este y la punta de la cola justo en la línea media ventral con una dirección cráneo dorsal. Se debe tener cuidado en los ejemplares machos de no dañar los hemipenes. Si acaso se tocara con la aguja una vértebra, se debe retirar y redirigir. ^{3, 7, 10, 12, 15} (FIGURA 16)

Cardiocentesis

El animal debe colocarse en decúbito dorsal. El corazón se encuentra en el tercio craneal del cuerpo y se puede localizar por observación y palpación del latido o con un dispositivo Doppler. ^{4, 7, 12}

Es indispensable una buena contención del animal, de lo contrario se puede producir una tamponada cardiaca. ^{12, 15}

Para realizar la punción el corazón debe ser inmovilizado entre el dedo índice y pulgar, entonces la aguja se inserta en el ápice con dirección cráneo dorsal y al aspirar con la jeringa, la sangre entra tras cada latido. ^{3, 7, 8, 12} Se debe mantener la presión digital 30 o 60 segundos después de la extracción ¹⁵

Vena Palatina

No es un sitio muy recomendado para la extracción sanguínea debido al gran riesgo de formación de hematomas y trauma a la frágil mucosa oral. Es fácilmente visible en la parte ventral de la cavidad oral. ^{3, 7, 15}

Iguanas o lagartos

Se requiere del uso de agujas calibre 21 a 25 y jeringas de 1 a 3 ml según sea el tamaño del animal.

Vena Abdominal

Es un sitio de gran riesgo debido a que se pueden producir hemorragias intracelómicas o perforación de algún órgano.^{3, 10, 15}

Se localiza en la línea media ventral del abdomen justo debajo de la piel. Se aborda justo craneal a la cicatriz umbilical insertando la aguja en dirección cráneo dorsal para posteriormente aplicar presión negativa con la jeringa y así la sangre comienza entrar a la misma.^{3, 15}

Vena Yugular

La aproximación a este vaso sanguíneo se suele realizar “a ciegas” debido a que es difícilmente visible; corre sobre una línea imaginaria que va desde el tímpano hasta el hombro del animal. El animal se debe colocar en decúbito lateral y la aguja se inserta en dirección caudal en la línea imaginaria antes mencionada.^{4, 7, 15}

Vena Coccígea Ventral

Se localiza en la línea media ventral de la cola. Su aproximación se puede realizar ventral o lateral.

Para la aproximación ventral se puede mantener al animal en decúbito dorsal o ventral. La aguja se inserta justo en la línea media ventral de la cola en dirección cráneo dorsal con una inclinación de 45° a 90°. Si un cuerpo vertebral es alcanzado se debe retroceder un poco y redirigir.

Para la aproximación lateral la aguja se introduce en el surco lateral que se forma por los músculos de la cola con un ángulo de 45° en dirección cráneo medial. Con esta aproximación es menos probable la contaminación linfática de la muestra.^{3, 7, 8, 10, 11, 12} (FIGURA 16)

Crocodilios

Vena Supravertebral

Para realizar el muestreo en este sitio se debe tener mucho cuidado al introducir la aguja ya que si se introduce muy profundamente se puede llegar a dañar la médula espinal. La aguja se inserta inmediatamente caudal de la cresta occipital del cráneo (occipucio) sobre la línea media, aplicando ligera presión negativa para que la sangre pueda fluir dentro de la jeringa.^{3, 11}

Otro sitio de toma de muestra sanguínea es la Vena Coccígea Ventral aplicando la misma técnica que se realiza en iguanas.^{11, 15}

Anticoagulantes

Debido a que el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) causa lisis celular sobre todo en muestras sanguíneas de quelonios, la Heparina de Litio es de elección cuando se trata de muestras sanguíneas provenientes de reptiles además de que el plasma heparinizado se puede utilizar para realizar pruebas bioquímicas. Sin embargo, se ha reportado que la heparina provoca aglomerados de trombocitos y leucocitos en la muestra así como una tinción demasiado azul al frotis sanguíneo. Es por esto que se recomienda realizar el frotis sanguíneo de una gota directamente de la aguja con sangre sin anticoagulante.^{6, 8, 10, 12, 15, 16}



Figura 12. Venopunción de V. Ulnar de Guacamaya Verde (*Ara militaris*)



Figura 13. Venopunción de V. Metatarsiana de Cónдор de California (*Gymnogyps californianus*)



Figura 14. Venopunción de V. Coccígea dorsal de Tortuga Orejas Rojas (*Trachemys scripta pelegans*)



Figura 15. Venopunción de V. Coccígea Ventral de Boa constrictora (*Boa constrictor*)



Figura 16. Venopunción de V. Coccígea Ventral de Varano del Nilo (*Varanus niloticus*)

5.4 Descripción de células maduras

5.4.1 Aves

5.4.1.1 Eritrocitos

Son más grandes que los eritrocitos de mamíferos pero más pequeños que los de reptiles y anfibios.²⁸

Su vida media es de 28 a 45 días.^{28, 29}

Son células elípticas con un núcleo central redondo u oval que posee cromatina condensada, y mientras más maduro sea la célula el núcleo se nota más condensado y oscuro.^{1, 3, 18} (Figura 18)

Los eritrocitos de Galliformes suelen presentarse más redondeados.² (Figura 43)

El citoplasma es abundante y se tiñe de rosa a naranja homogéneo.^{1, 3, 28} Su tamaño varía según la especie pero se encuentra en rangos de $10.7 \times 6.1 \mu\text{m}$ y $15.8 \times 10.2 \mu\text{m}$.^{1, 3, 4, 6} Los eritrocitos de aves ratites son más grandes que aquellos de otras especies aviarias, el núcleo de los eritrocitos de avestruz puede presentar morfología de gota.²³ (Figura 60)

Los reticulocitos son eritrocitos que al ser teñidos con alguna tinción supravital como azul de metileno, presentan agregados granulares de ARN que rodean al núcleo.

Es normal encontrar 1% o 2% de reticulocitos en la circulación y se presentan como células más redondeadas y basófilas que las maduras.²⁹

Funcionalmente son similares a los eritrocitos de los mamíferos. Además, participan en la respuesta inmune produciendo factores parecidos a las citoquinas.

5.4.1.2 Leucocitos

Suelen clasificarse en granulocitos y agranulocitos, dentro del primer grupo están heterófilos, basófilos y eosinófilos y en el segundo linfocito y monocito.

i. Heterófilos

Son los leucocitos más abundantes en el frotis sanguíneo ^{4, 29} excepto en algunas aves en las que es el leucocito más abundante es el linfocito. ³

El heterófilo es una célula redonda con un diámetro de aproximadamente 13 μm ²³ y ocasionalmente puede presentar pseudópodos. Su núcleo es basófilo y normalmente tienen de dos a tres lóbulos. Su citoplasma usualmente se observa incoloro. Posee gránulos citoplasmáticos eosinófilos los cuales son ovalados o fusiformes aunque pueden llegar a observarse esféricos pues el tamaño y forma de los gránulos puede variar según la especie animal a la que pertenezcan. (Figura 19,54) En pollos y pavos se presentan redondos, en psitácidos se observan alargados. ^{23, 28} (Figura 45, 72)

Los gránulos fusiformes son los más abundantes y miden 1.5 μm por 0.5 μm y frecuentemente poseen un cuerpo refráctil central que por lo general es circular aunque no todas las aves lo presentan, entre los que lo presentan están los psitácidos. (Figura 68) Pueden poseer otros gránulos más pequeños, de 0.5 μm de diámetro y menor densidad. Existen otros gránulos terciarios que miden 0.1 μm . ^{1, 3, 23}

Es normal encontrar heterófilos inmaduros en sangre de aves ratites sanas. ²³

Se sabe que poseen funciones en la respuesta inflamatoria aguda y que sus gránulos poseen enzimas lisosomales y no lisosomales usadas en actividad bactericida, además de tener función fagocítica. Fagocitan y destruyen microorganismos usando mecanismos dependientes y no dependientes de oxígeno. Las defensinas son proteínas antimicrobiales almacenadas en sus gránulos lisosomales. ^{1, 3, 23}

Entre las enzimas que poseen los gránulos citoplasmáticos están la fosfatasa ácida, arilsulfatasa, β -glucuronidasa, fosforilasa, uridina difosfato glucosa-glucógeno glicosiltransferasa, α -glucosidasa ácida y neutral, trimetafosfatasa ácida y lisozima. En las primeras fases de una infección bacteriana los heterófilos se movilizan y se puede notar un decremento en la circulación. ^{1, 3, 4} Han mostrado su participación en citotoxicidad dependiente de anticuerpos, poseen receptores tipo Toll y usan trampas extracelulares para matar antígenos.

ii. Eosinófilos

En aves rapaces se presentan en gran cantidad. ²⁹

Los eosinófilos son redondos con un diámetro aproximado de entre $7.9 \mu\text{m}$ ¹ o $12 \mu\text{m}$. ²³ Poseen gránulos citoplasmáticos eosinófilos redondos u ovoides que carecen de cuerpo refráctil central además de que suelen observarse más brillantes o intensos que los gránulos de los heterófilos. ^{1, 4, 23, 18,28}. (Figura 32, 40, 57, 88)

En aves psitácidas dichos gránulos pueden observarse azules. ²⁷

En los eosinófilos de aves rapaces suelen observarse más gránulos que en los heterófilos. ²³

En la mayoría de las aves los gránulos pueden tener variadas cualidades tintoriales en el mismo frotis sanguíneo. Su citoplasma se observa de un azul pálido y su núcleo es lobulado un poco más oscuro que el de los heterófilos además de más notable.^{1, 2, 3, 4, 18, 23} (Figura 47, 53)

Sus gránulos poseen grandes concentraciones de arginina y enzimas como peroxidasa, fosfatasa ácida, arilsulfatasa, lisozimas y arginina. Hay evidencias de que su función es diferente a los eosinófilos de mamíferos, ocasionalmente se han reportado eosinofilia en animales con nematodos gastrointestinales o con severo daño tisular.^{28, 29} Sin embargo, se cree que los antígenos parasitarios no inducen a la eosinofilia en aves.²⁸

Algunos estudios reportan que los eosinófilos participan en reacciones de hipersensibilidad tipo IV. También pueden servir como moduladores de la inflamación en la respuesta de la hipersensibilidad retardada.³

A diferencia de los heterófilos, los eosinófilos son inmóviles y no fagocíticos.¹⁸

iii. Basófilos

Los basófilos son un poco más pequeños que los heterófilos, aproximadamente 12 μm . Tienen un citoplasma pálido con gránulos basófilos los cuales suelen disolverse o unirse al usarse tinciones como Diff Quick lo cual hace que el citoplasma se observe vacuolado. Su núcleo es redondo u oval con localización central de coloración azul pero suele ser escondido por los gránulos citoplasmáticos.^{1, 3, 4, 23, 27, 29} (Figura 39, 63, 75, 79, 89)

Parecen participar en la fase inicial de la inflamación aguda y en las reacciones de hipersensibilidad Tipo IV.^{1, 3, 23} Producen, almacenan y liberan histamina por lo

tanto su función se asocia en reacciones de hipersensibilidad inmediata, liberación de mediadores para la activación de trombocitos, causar leves contracciones musculares, iniciar edema y cierto efecto en la coagulación.³

Se debe tener cuidado de no confundirlos con los heterófilos tóxicos en los cuales las granulaciones son basófilas.²⁹

iv.Linfocitos

En algunas especies aviares como pollos, pavos, gansos, patos, loro del Amazonas y aves *Passeriformes* los linfocitos son los leucocitos más abundantes. Se clasifican, según su tamaño, en pequeño, mediano y grande siendo los más comunes pequeño y mediano.^{4, 23, 28, 29} Los grandes pueden ser confundidos con monocitos.

Son células redondas con una gran relación núcleo citoplasma, aunque su forma puede verse modificada por las células adyacentes a él. Su núcleo por lo general es central a ligeramente excéntrico, redondo aunque puede llegar a presentar ligeras muescas, la cromatina está densamente agrupada o reticulada. Presenta escaso citoplasma débilmente basófilo y uniforme. (Figura 22) Algunos linfocitos pueden contener gránulos azurófilos citoplasmáticos o su citoplasma puede presentar ciertas proyecciones.^{1, 3, 4, 23, 28, 29} (Figura 78)

v.Monocitos

Los monocitos son los leucocitos más grandes encontrados en la sangre aviar con aproximadamente 14 μm de diámetro y son de forma variable, desde redondo hasta irregulares. Poseen gran cantidad de citoplasma que tiene una apariencia

fina granular de coloración azul grisácea opaca y frecuentemente posee vacuolas. (Figura 35,37, 41, 90) Se pueden observar dos zonas diferentes del citoplasma, una clara rodeando al núcleo y otras más oscura en la periferia. A veces pueden contener gránulos azurófilos citoplasmáticos. Su núcleo es claro y puede ser redondo o bilobulado con cromatina levemente agrupada. Realizan fagocitosis y viajan a los tejidos para convertirse en macrófagos. ^{1, 3, 4, 23, 29} (Figura 25, 62)

vi. Trombocitos

Su vida media parece durar unas cuantas horas. Son la segunda célula más abundante en aves psitácidas. ²³

Son células pequeñas ovoides un poco más redondeadas y pequeñas que los eritrocitos. Poseen un núcleo central picnótico grande y redondo u oval con cromatina densamente agrupada, su citoplasma es abundante, de incoloro a gris pálido y de apariencia reticular, puede contener gránulos rojos en los polos que contienen 5'-hidroxitriptamina primaria. (Figura 26, 33) Además, pueden presentar pequeñas vacuolas o espacios vacíos, las vacuolas se asocian a trombocitos activados o fagocíticos. (Figura 71) Se diferencian de los linfocitos por su citoplasma más claro y no homogéneo, y por tener una menor relación núcleo citoplasma, además los trombocitos suelen encontrarse agrupados gracias a su participación en los procesos de hemostasis. (Figura 86) Se diferencian de los eritrocitos por poseer una mayor relación núcleo citoplasma y su núcleo es más redondo que el de los eritrocitos. ^{1, 4, 28}

Al igual que las plaquetas de mamíferos, juegan un importante papel en la hemostasis, por lo tanto secretan tromboplastina la cual polimeriza fibrógeno en la

formación del coágulo. Poseen receptores de fibrinógeno que localizan cuando los trombocitos han sido activados facilitando su agregación. También tienen funciones fagocíticas además de que remueven materiales extraños de la sangre, aunque sean menos fagocíticos que los heterófilos pueden actuar como fagocitos de barrido no específicos.^{1, 3, 18, 23, 29}

Pueden transportar oxígeno, tal como los eritrocitos, en una anemia muy grave.²⁹

ANSERIFORMES

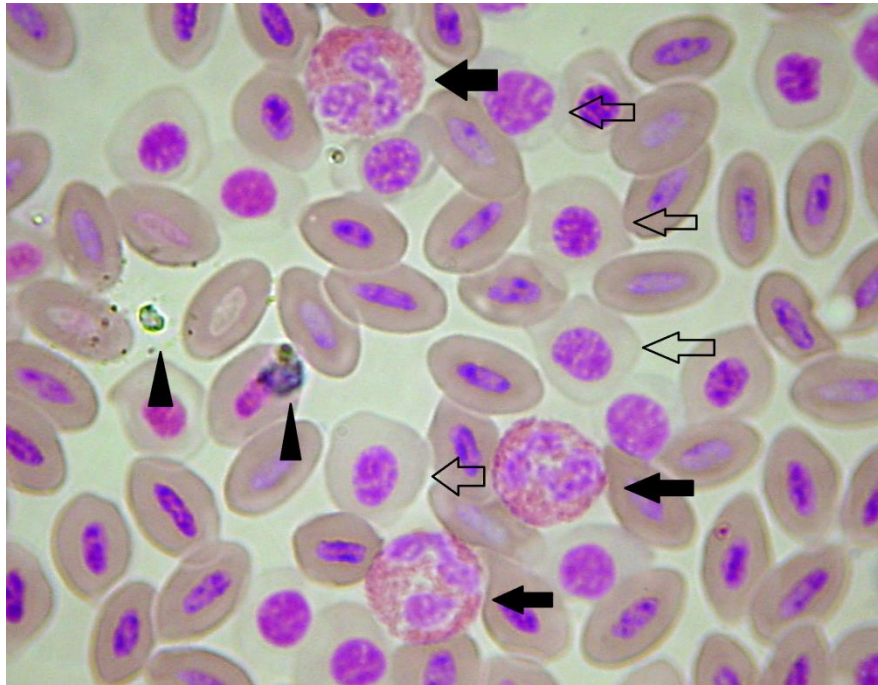


Figura 17. Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiaca*). Eritrocitos, eritrocitos policromatófilos (flecha transparente), heterófilos (flechas negra) y artefactos (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x

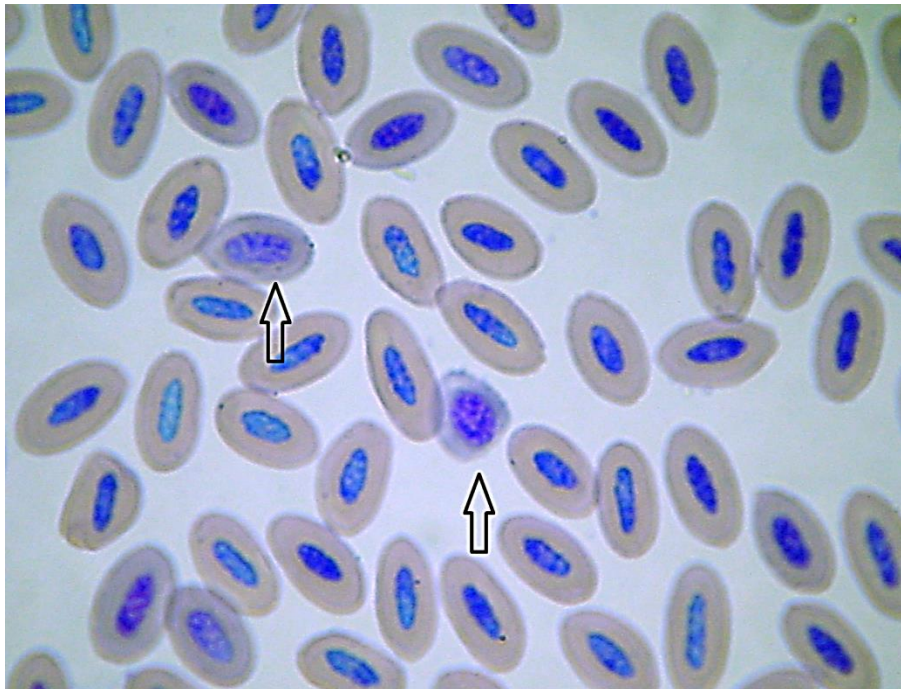


Figura 18. Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiaca*). Eritrocitos maduros y policromatófilos (flechas). Diff Quik 1000x.

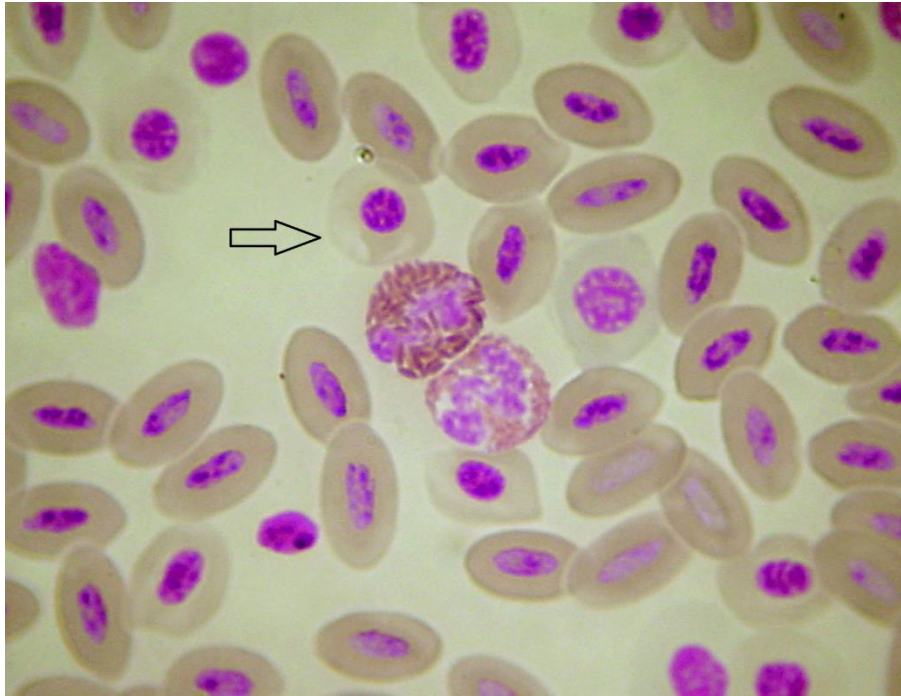


Figura 19. Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiaca*). Dos heterófilos al centro, eritrocito con hipocromasia (flecha). Diff Quik 1000x.

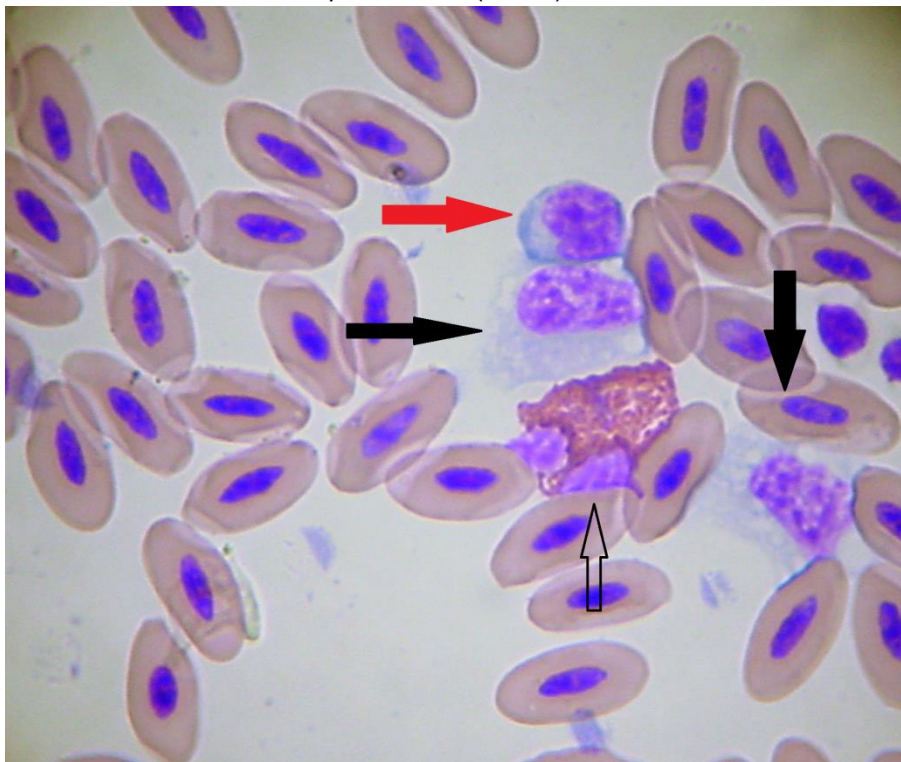


Figura 20 . Frotis sanguíneo de Cisne negro (*Cygnatus atratus*). Heterófilo (flecha transparente), dos monocitos (flechas oscuras) y linfocito (flecha roja). Diff Quik 1000x

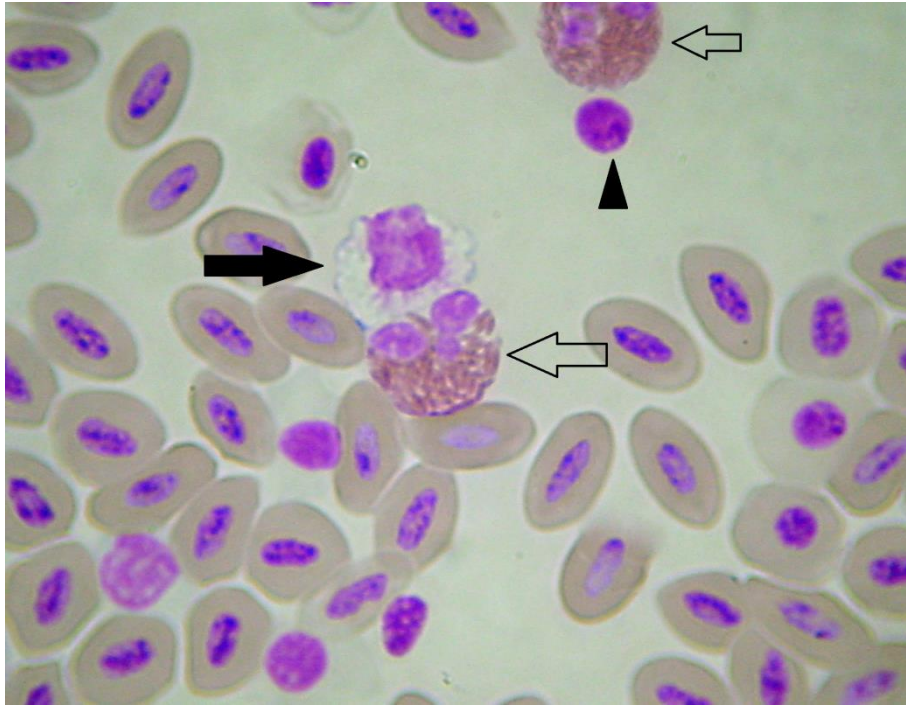


Figura 21. Frotis sanguíneo de ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*). Dos heterófilos (flechas claras), basófilo degranulado (flecha negra) y núcleo desnudo (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

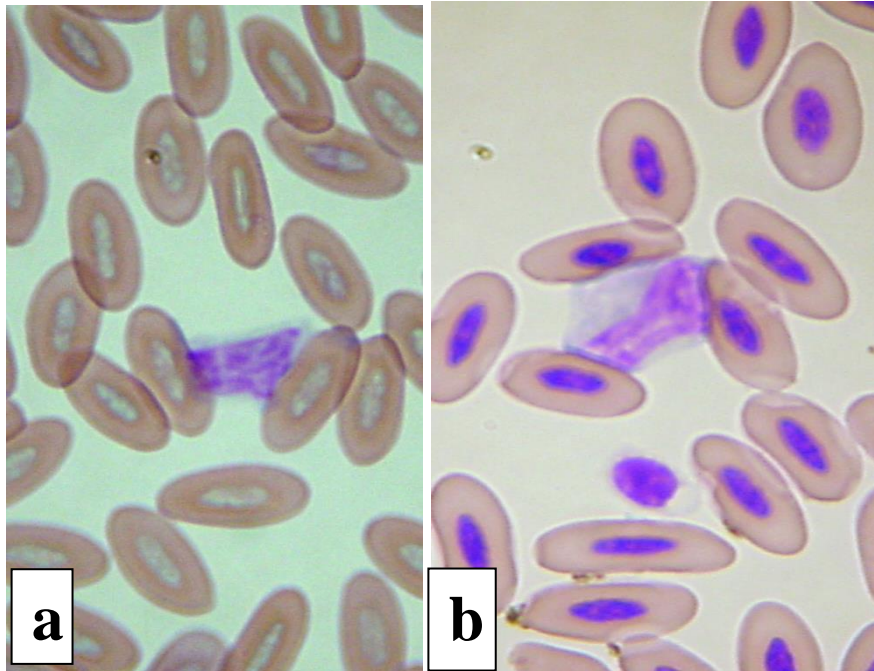


Figura 22 . Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*) (a), Cisne (*Cygnus olor*) (b). Linfocitos. Diff Quik 1000x.

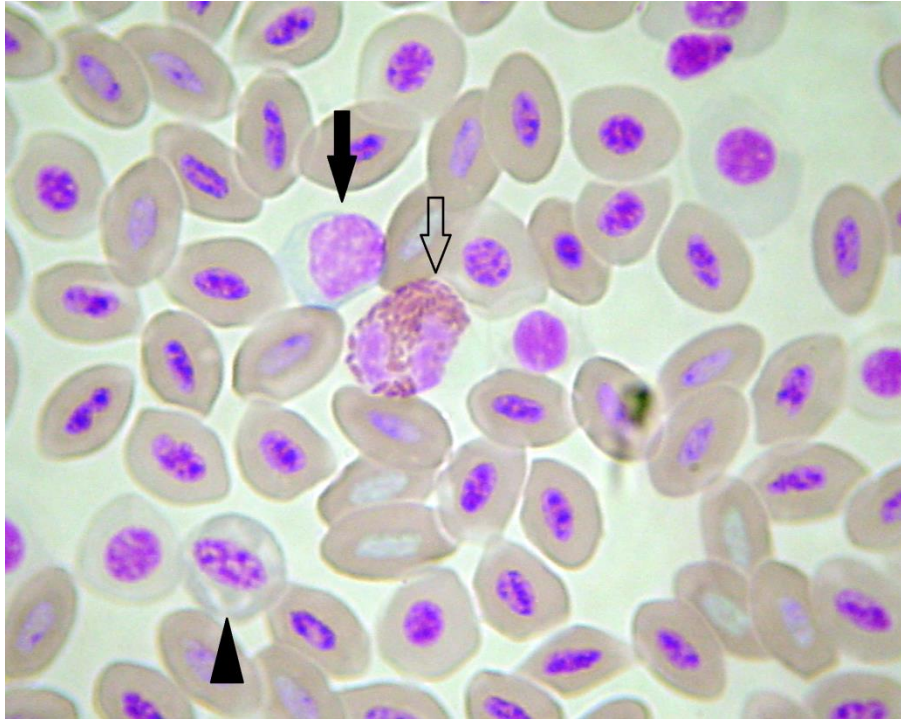


Figura 23 .Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiaca*). Eritrocito hipocromático (cabeza de flecha), Heterófilo (flecha clara), Linfocito (flecha oscura). Diff Quik 1000x.

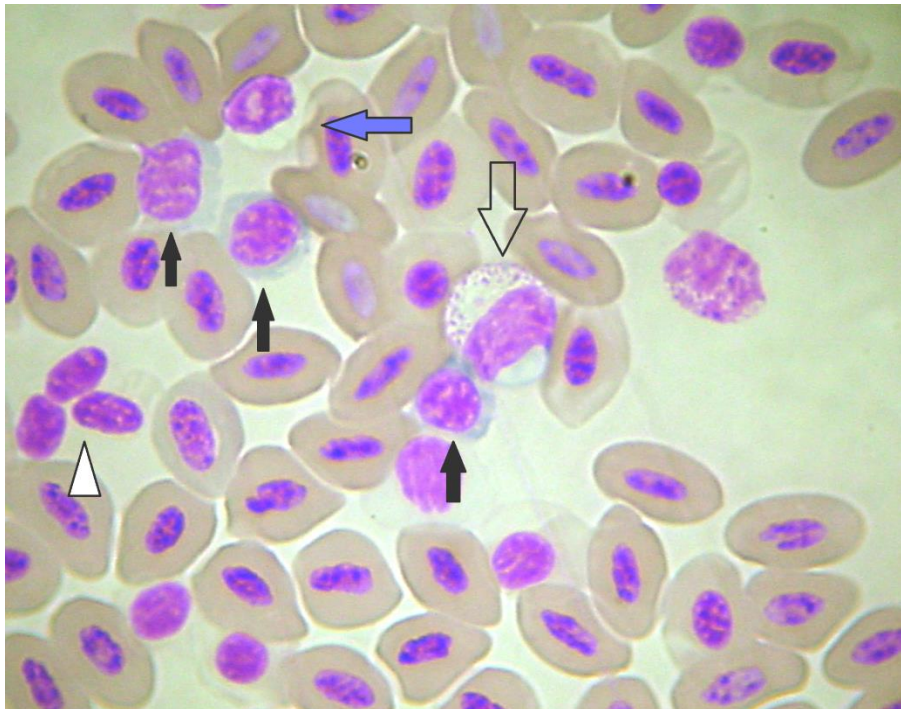


Figura 24 .Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiaca*). Eritrocitos policromatófilos (flechas oscuras), Monocito (flecha clara), Trombocito (flecha azul) y núcleos desnudos (cabeza de flecha blanca). Diff Quik 1000x.

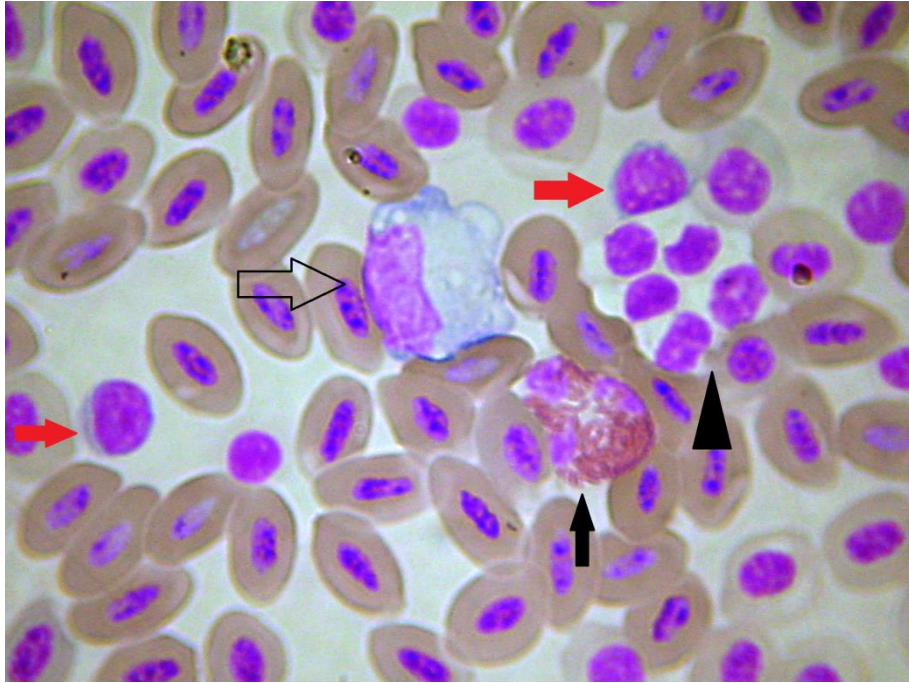


Figura 25. Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*). Monocito (flecha clara), heterófilo (flecha oscura), linfocitos (flecha roja) y trombocitos agrupados (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

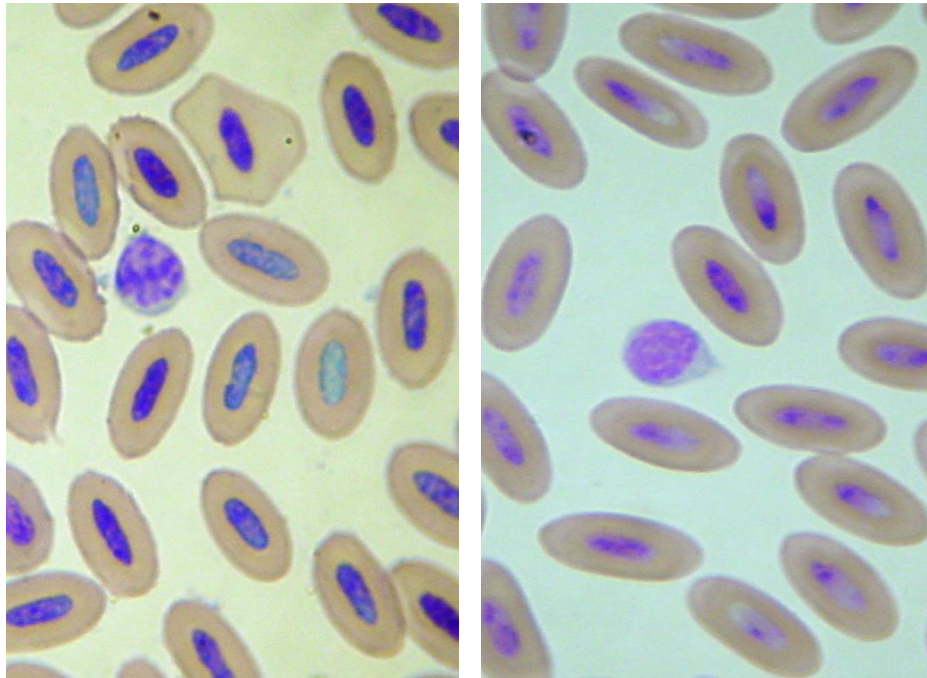


Figura 26 . Frotis sanguíneo de Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiaca*). Trombocitos. Diff Quik 1000x.

COLUMBIFORMES

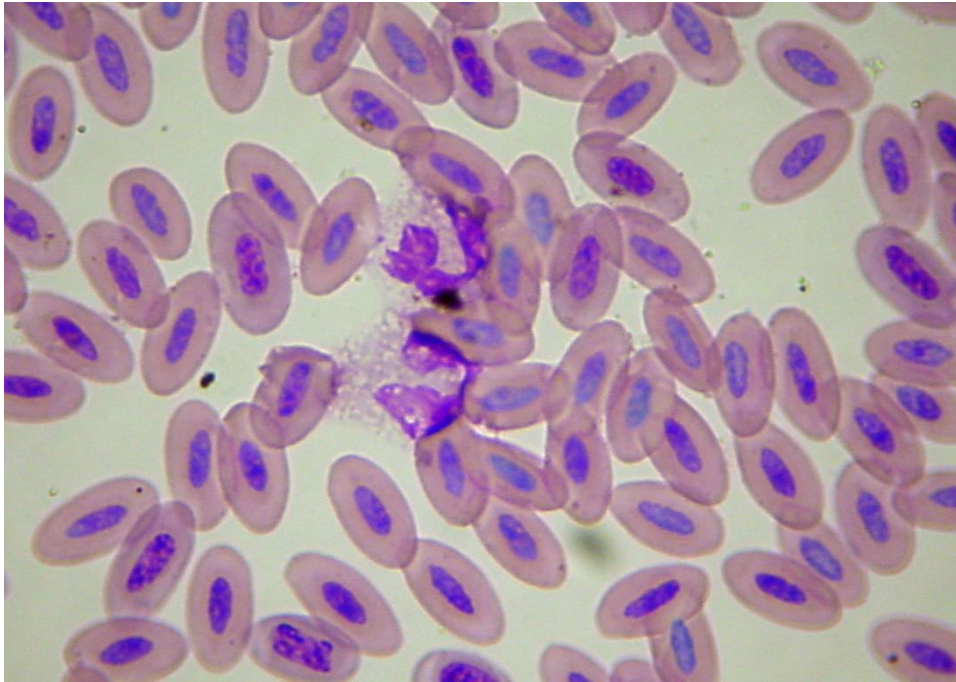


Figura 27. Frotis sanguíneo de Paloma común (*Columba livia*). Heterófilos en el centro. Diff Quik 1000x.

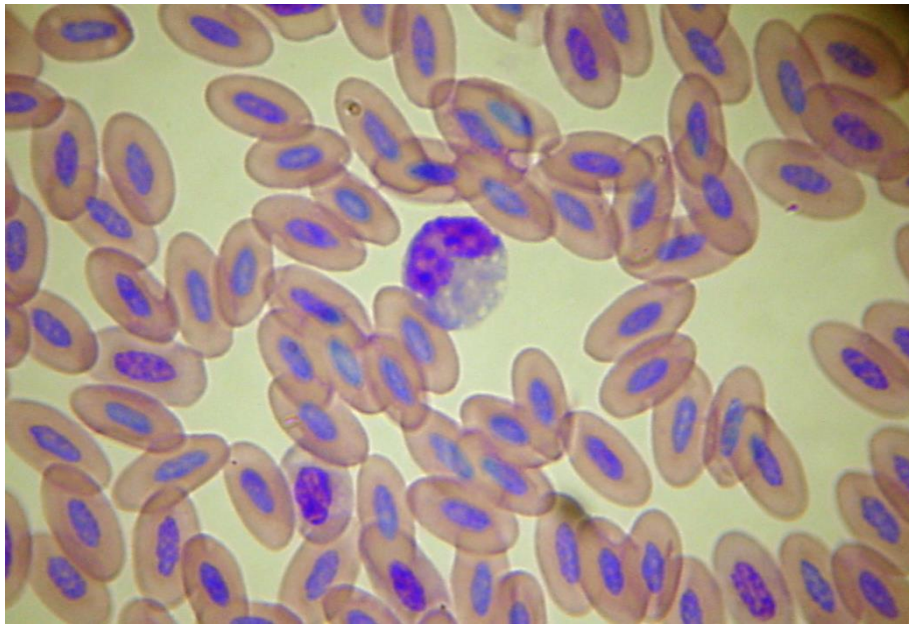


Figura 28. Frotis sanguíneo de Paloma común (*Columba livia*). Monocito. Diff Quik 1000x

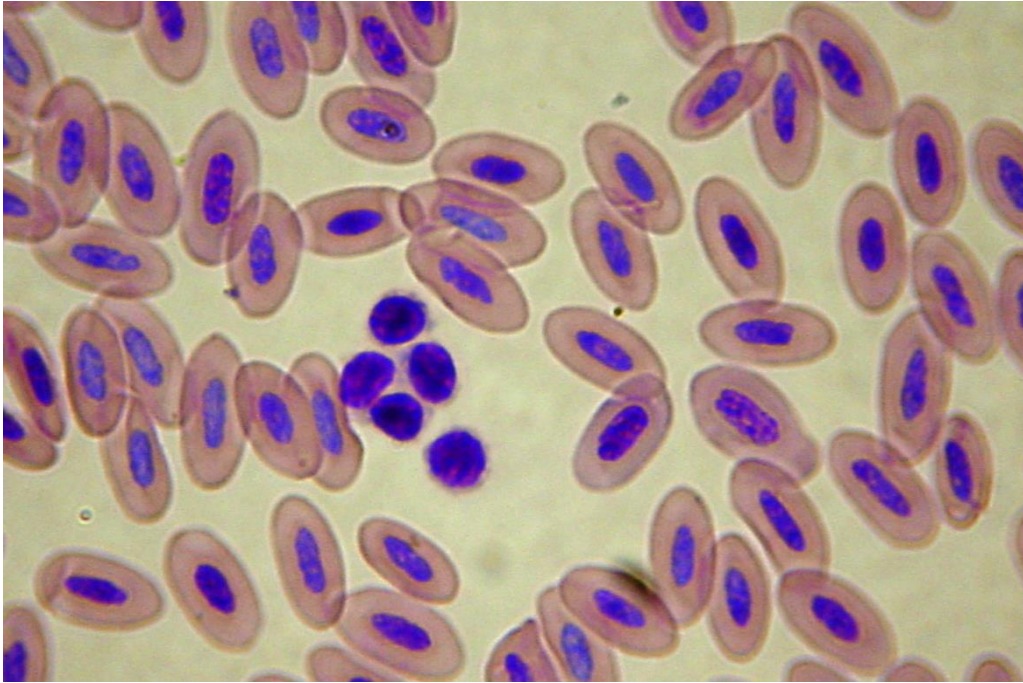


Figura 29. Frotis sanguíneo de Paloma común (*Columba livia*). Cúmulo de trombocitos. Diff Quik

1000x.

FALCONIFORMES

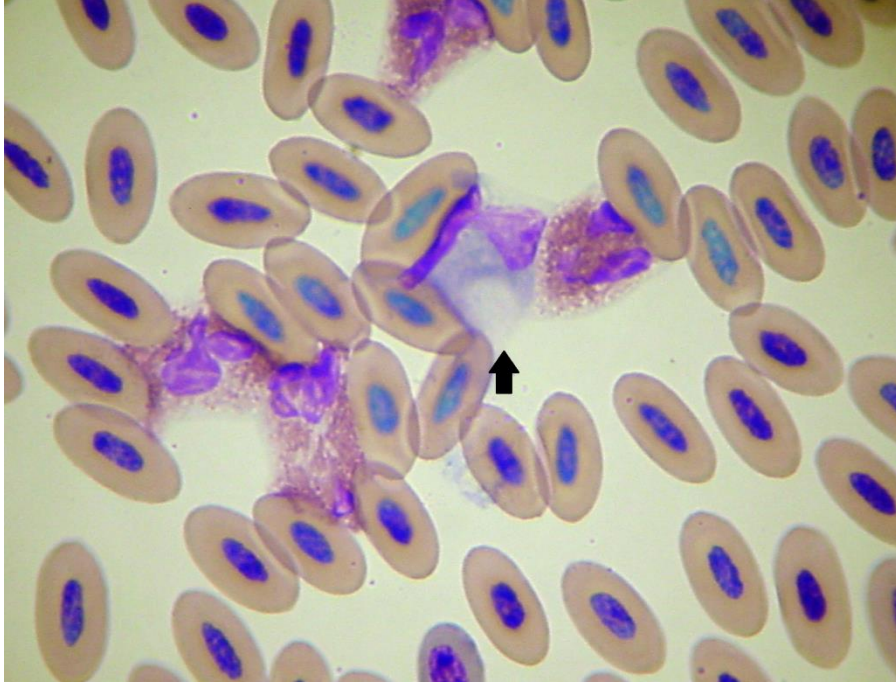


Figura 30. Frotis sanguíneo de Cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*). Cuatro heterófilos y un monocito (flecha). Diff Quik 1000x

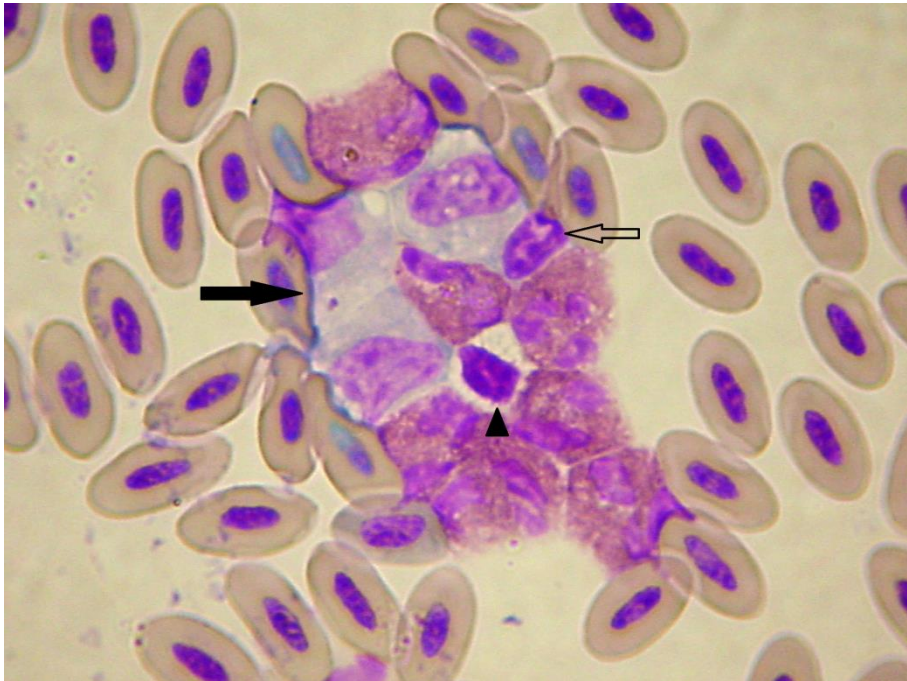


Figura 31. Frotis sanguíneo de Cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*). Tres monocitos (flecha negra), un linfocito (flecha clara) y un trombotocito (cabeza de flecha) entre una agrupación de heterófilos. Diff Quik 1000x.

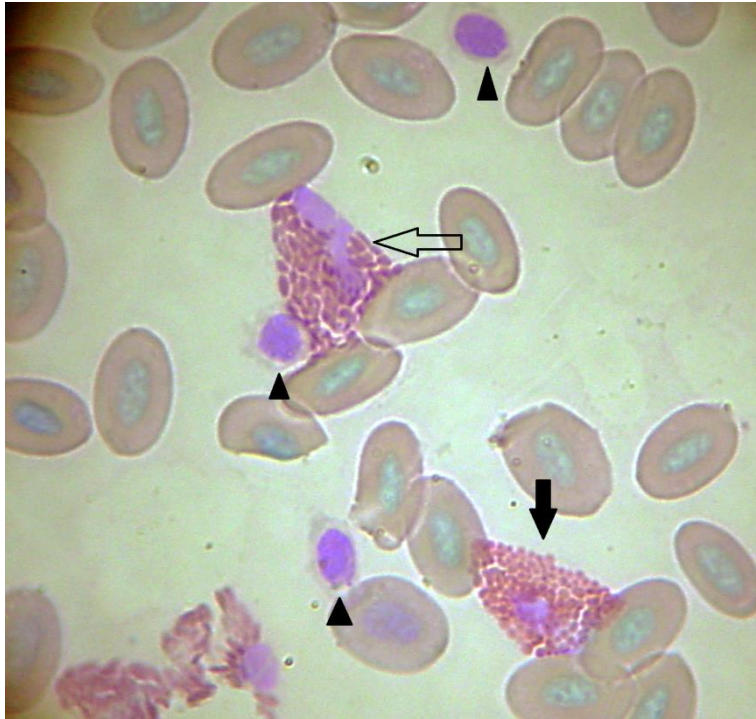


Figura 32. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Heterófilo (flecha clara), eosinófilo (flecha oscura) y trombocitos (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

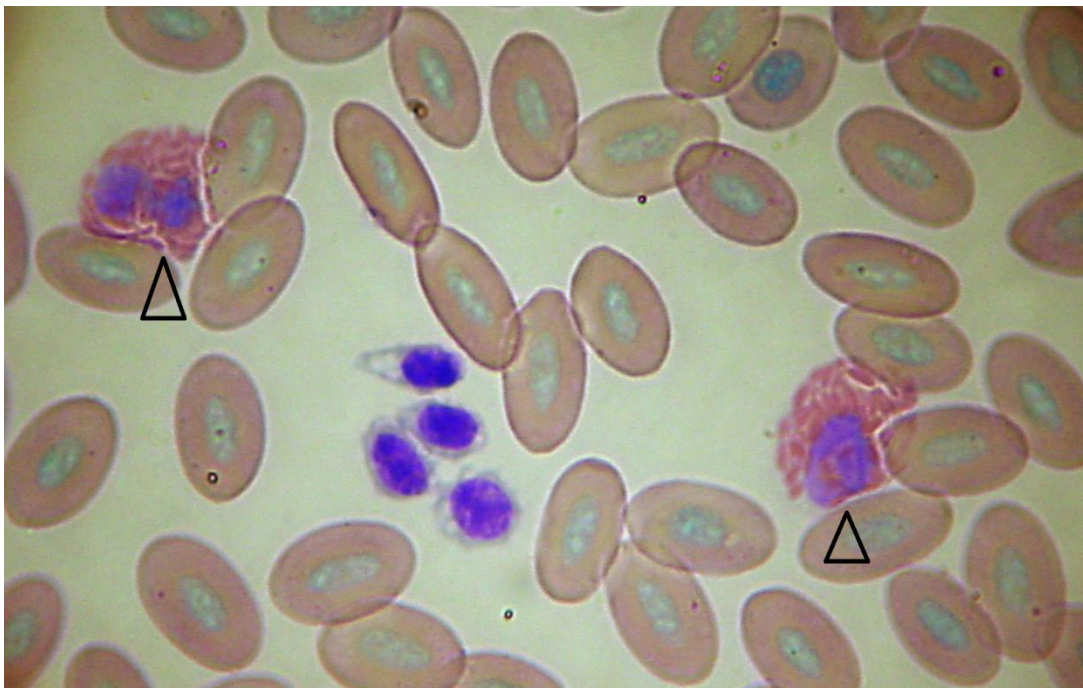


Figura 33. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Heterófilos (cabeza de flecha) y cúmulo de trombocitos en el centro. Diff Quik 1000

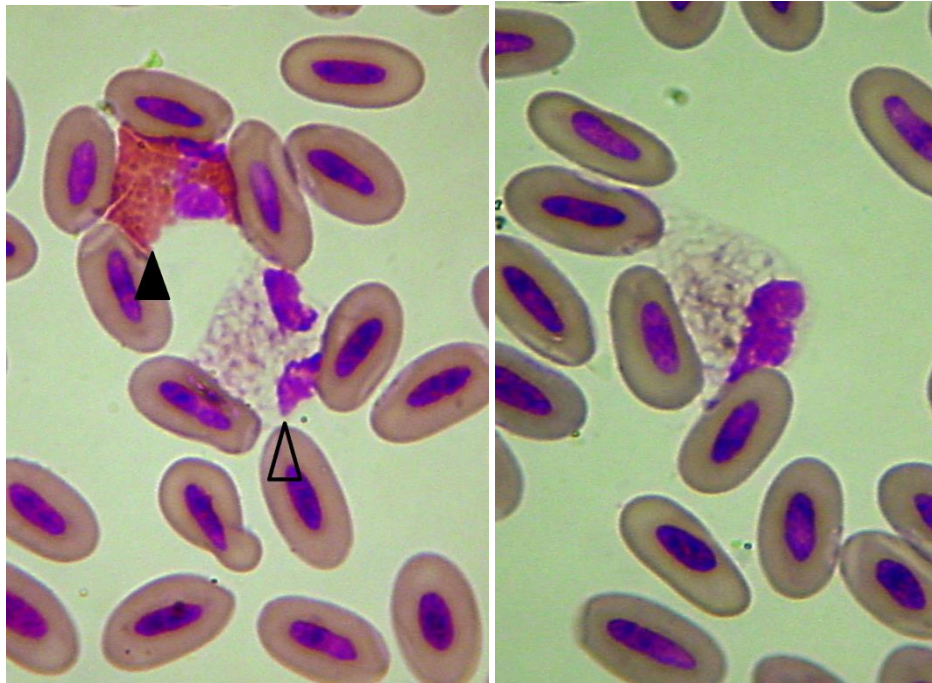


Figura 34. (A) Y (B). Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). (A) Heterófilo (cabeza de flecha clara) y eosinófilo (cabeza de flecha oscura), (B) heterófilo. Diff Quik 1000x.

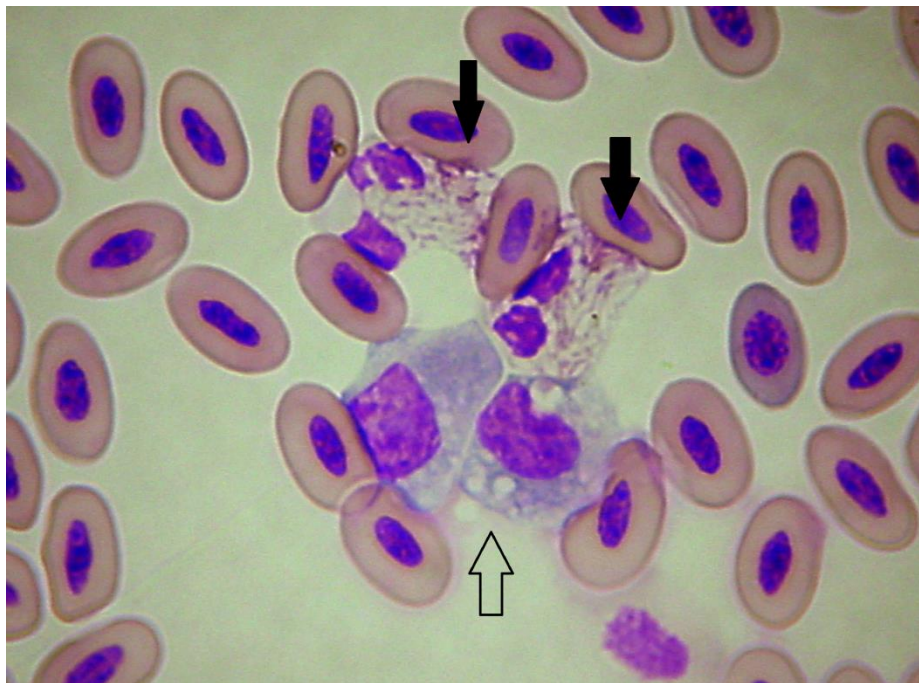


Figura 35. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Dos heterófilos (flechas oscuras) y dos monocitos (flecha clara). Diff Quik 1000x.

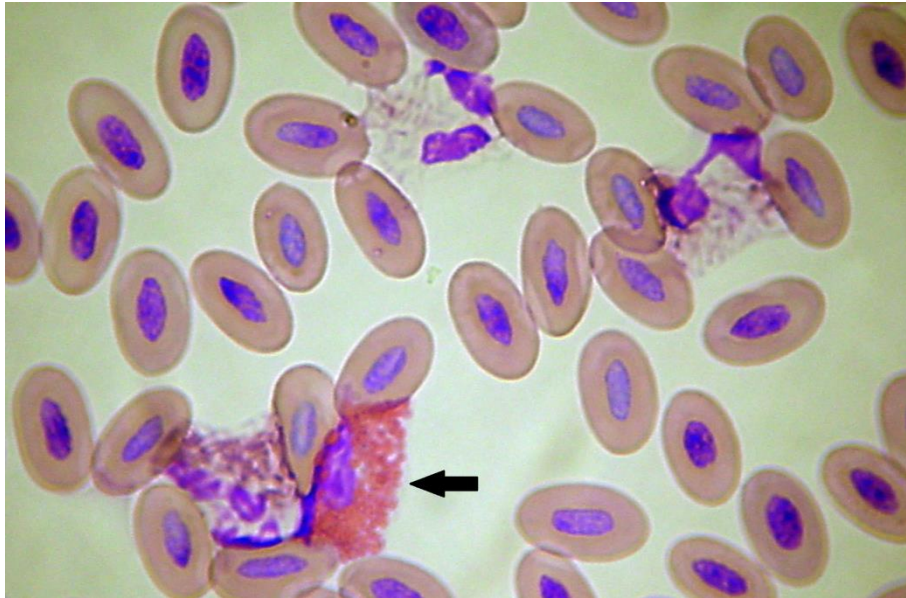


Figura 36. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Tres heterófilos y un eosinófilo (flecha). Diff Quik 1000x.

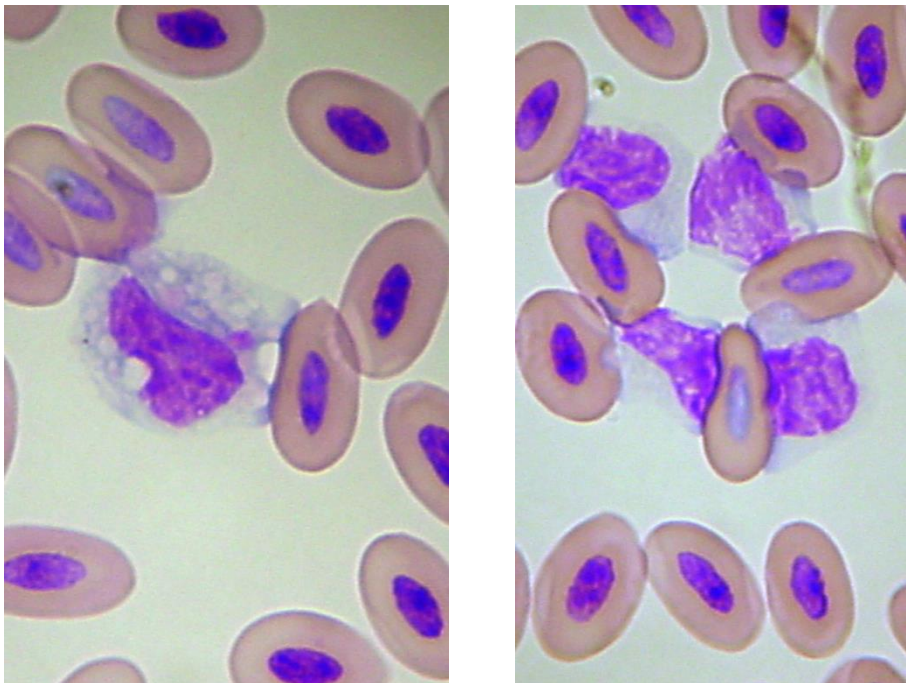


Figura 37. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Monocitos. Diff Quik 1000x.

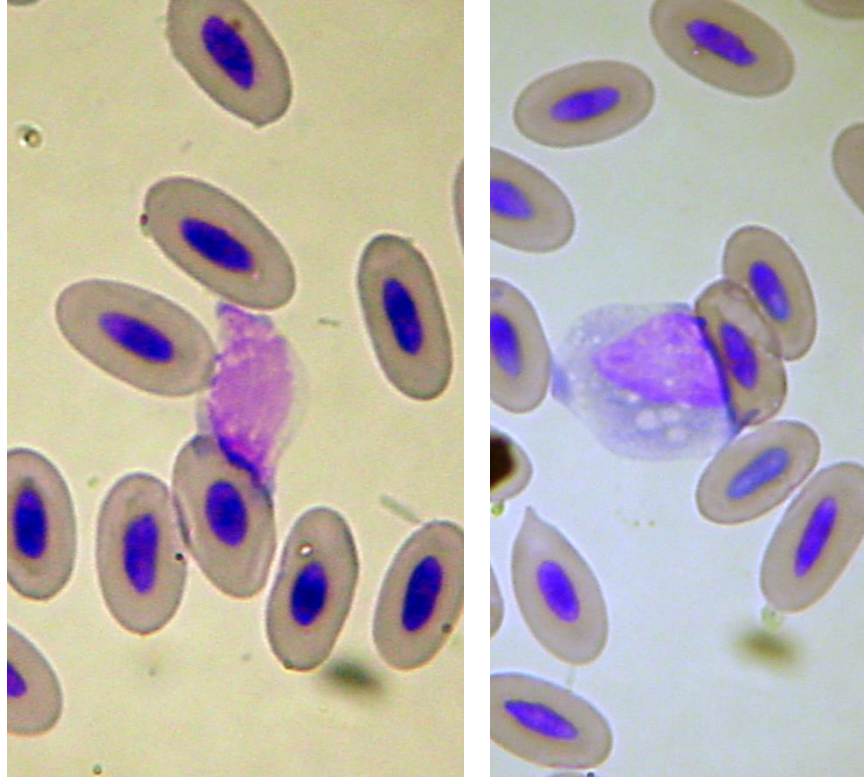


Figura 38. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Linfocito (izquierda) y monocito (derecha). Diff Quik 1000x.

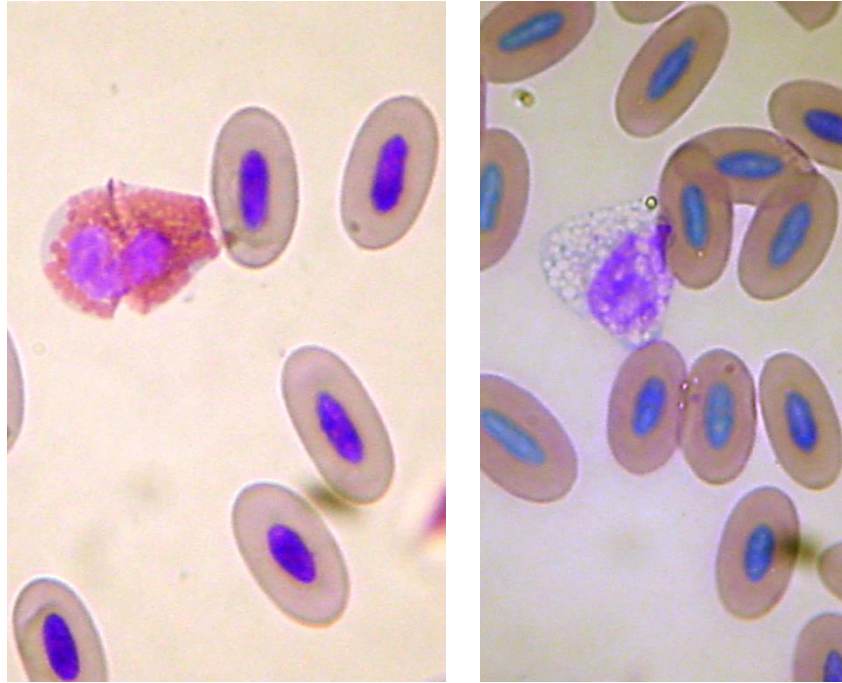


Figura 39. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). Eosinófilo (izquierda) y basófilo (derecha), los gránulos se disolvieron por el tipo de tinción. Diff Quik 1000x.

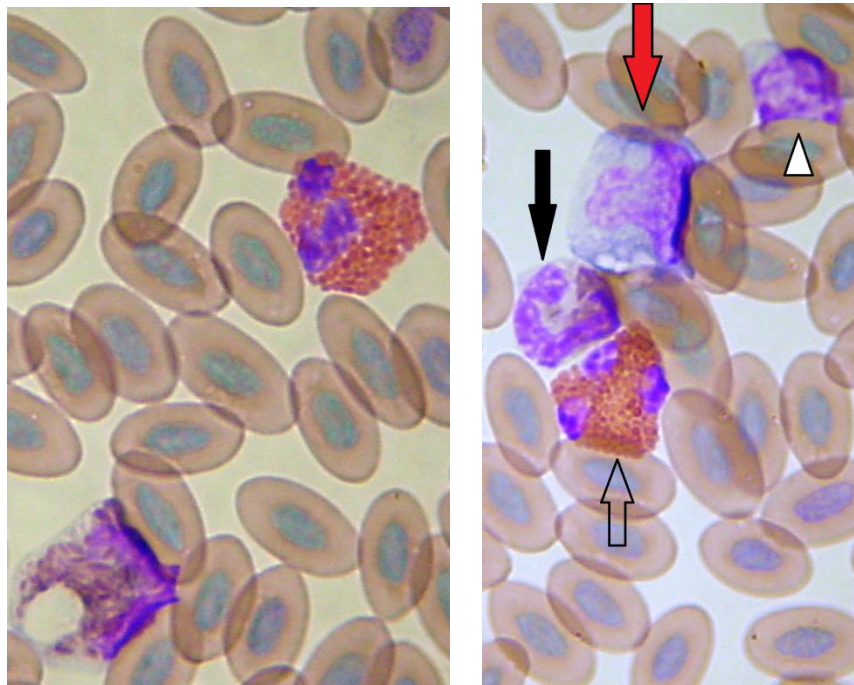


Figura 40. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chryseatos*). (A) y (B). (A) Heterófilo (abajo) y eosinófilo (arriba). (B) Heterófilo (flecha negra), linfocito (cabeza de flecha), monocito (flecha roja) y eosinófilo (flecha clara). Diff Quik 1000x.

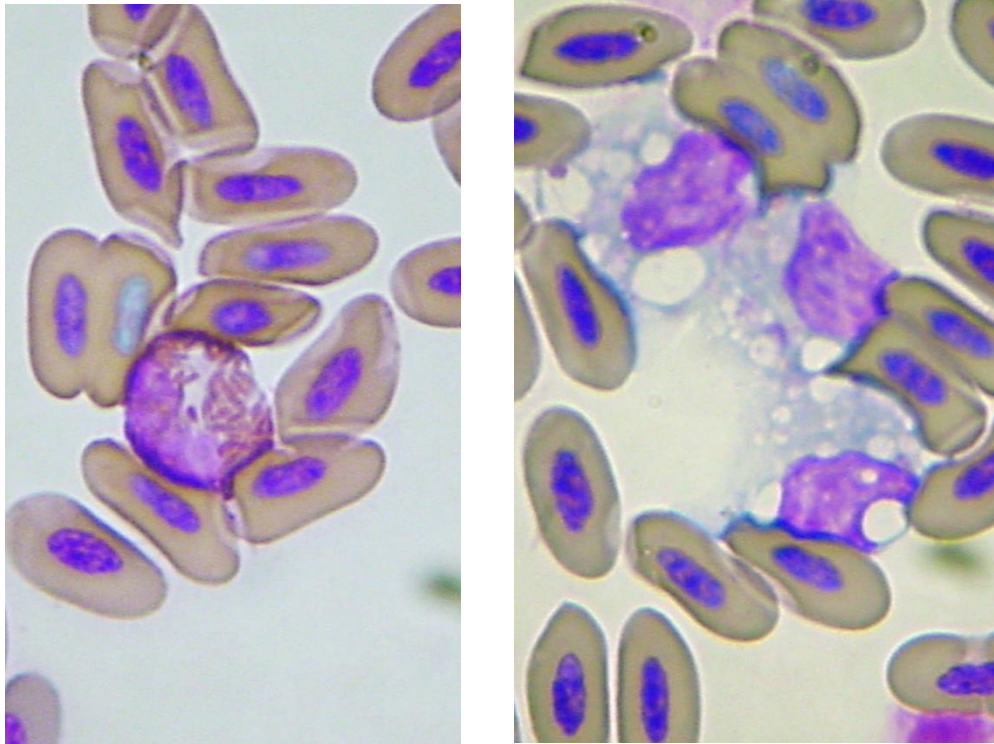


Figura 41. Frotis sanguíneo de Cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*). Heterófilo (izquierda) y monocitos (derecha). Diff Quik 1000x.

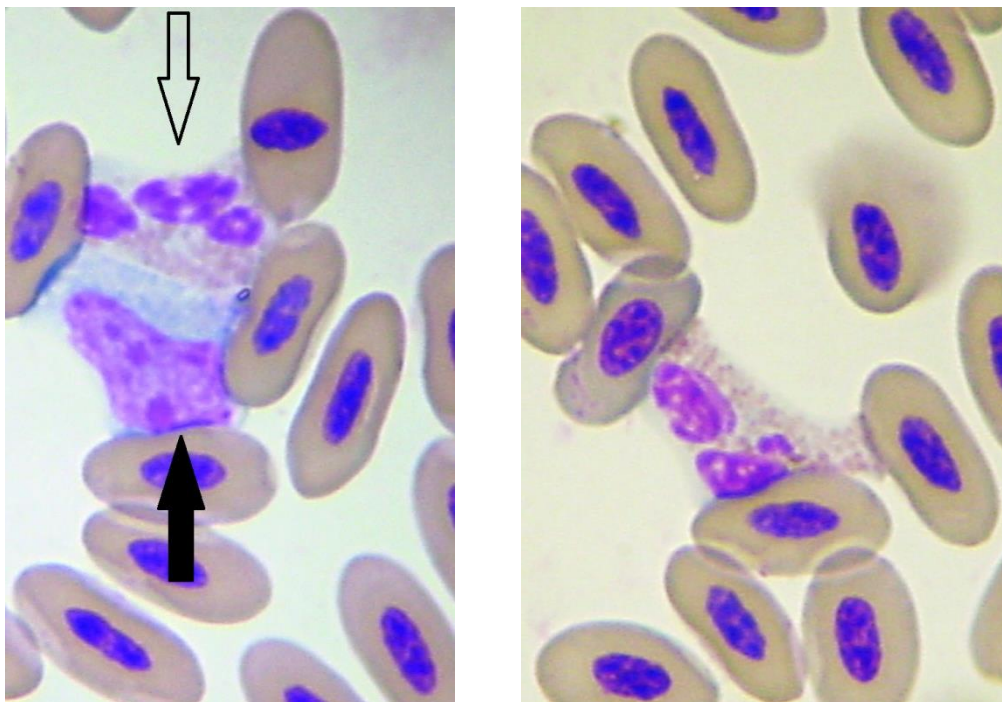


Figura 42. Frotis sanguíneo de Cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*). (A) y (B). (A) Monocito (flecha oscura) y eosinófilo (flecha clara). (B) Eosinófilo. Diff Quik 1000x.

GALLIFORMES

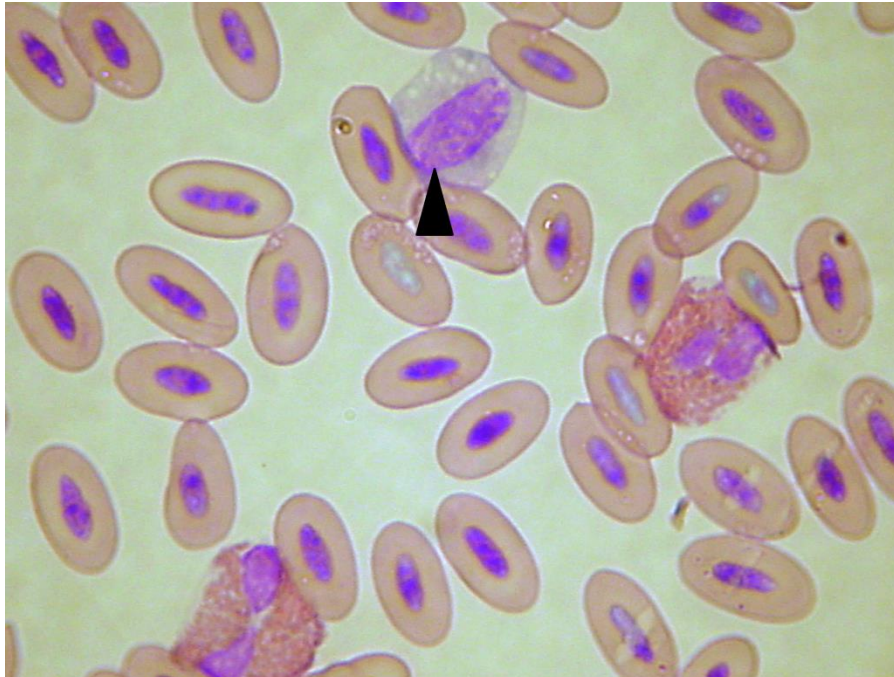


Figura 43. Frotis sanguíneo de Faisán común (*Phasianus colchicus*). Dos heterófilos y un monocito con vacuolas (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

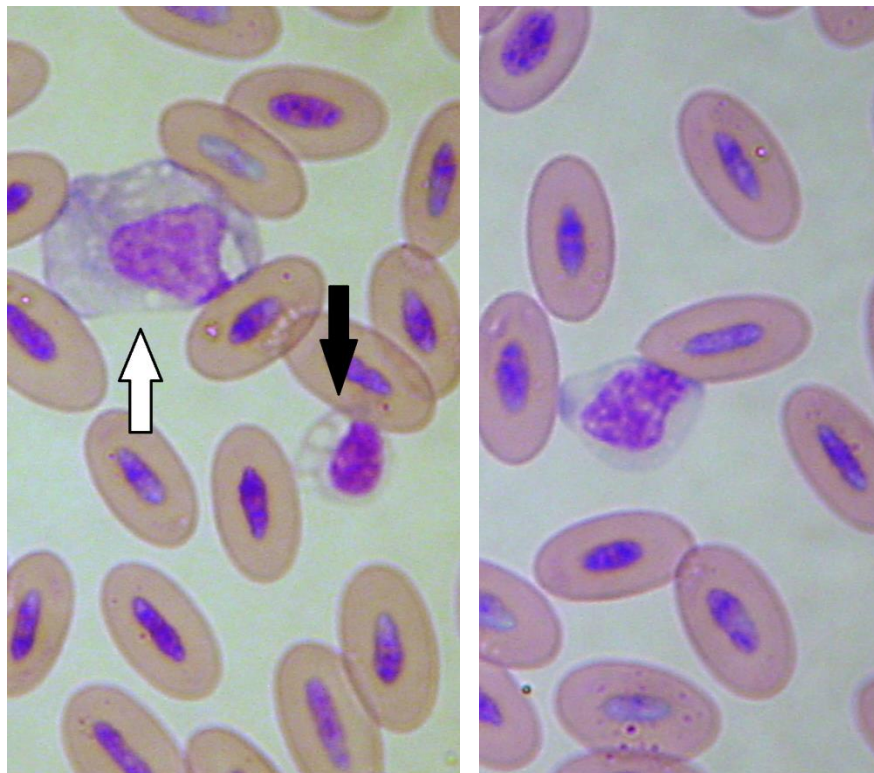


Figura 44. Frotis sanguíneo de Faisán común (*Phasianus colchicus*). Izquierda: Monocito (flecha clara) y trombocito (flecha oscura). Derecha: linfocito. Diff Quik 1000x.

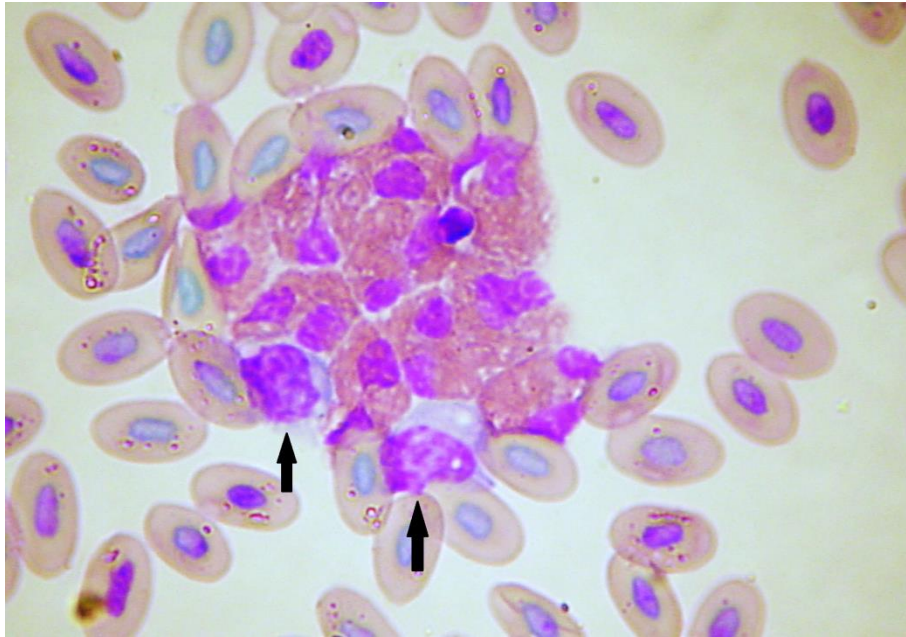


Figura 45. Frotis sanguíneo de Faisán común (*Phasianus colchicus*). Dos linfocitos (flechas) en un cúmulo de heterófilos. Diff Quik 1000x

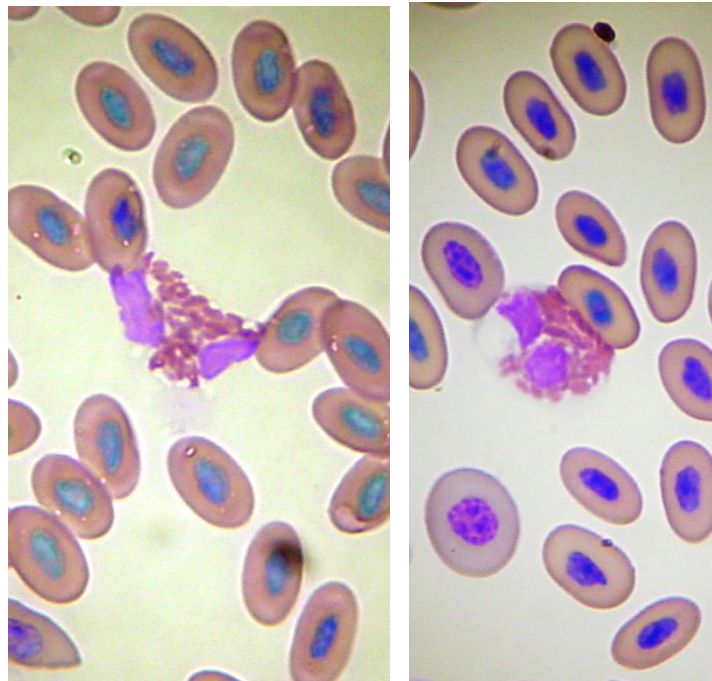


Figura 46. Frotis sanguíneo de Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*). Heterófilos. El de la izquierda tiene una vacuola citoplasmática. Diff Quik 1000x.

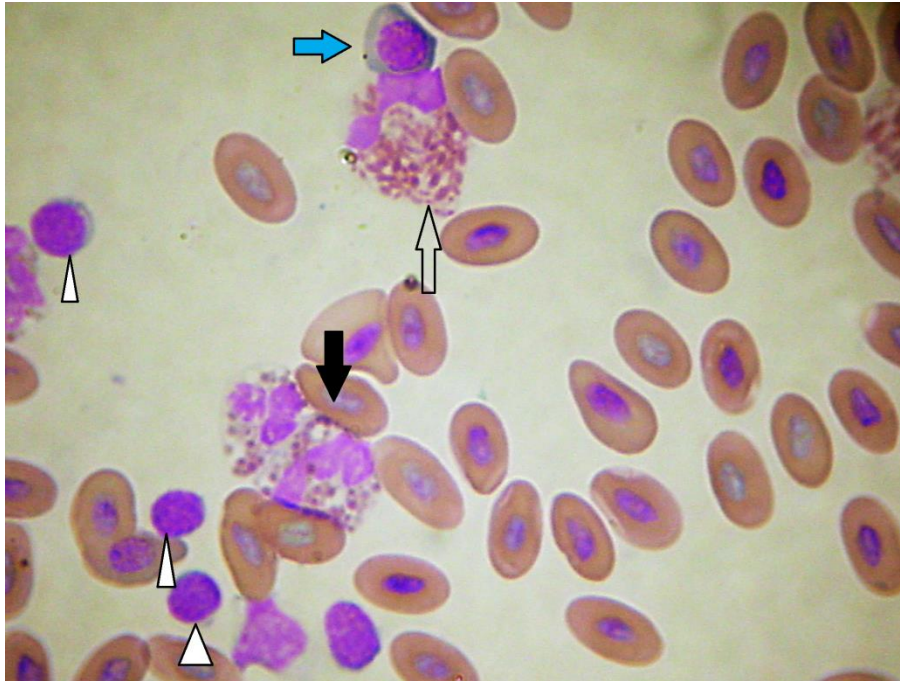


Figura 47. Frotis sanguíneo de Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*). Heterófilo (flecha clara), dos eosinófilos (flecha oscura), trombocitos (cabezas de flecha) y eritrocito policromatófilo (flecha azul). Diff Quik 1000x.

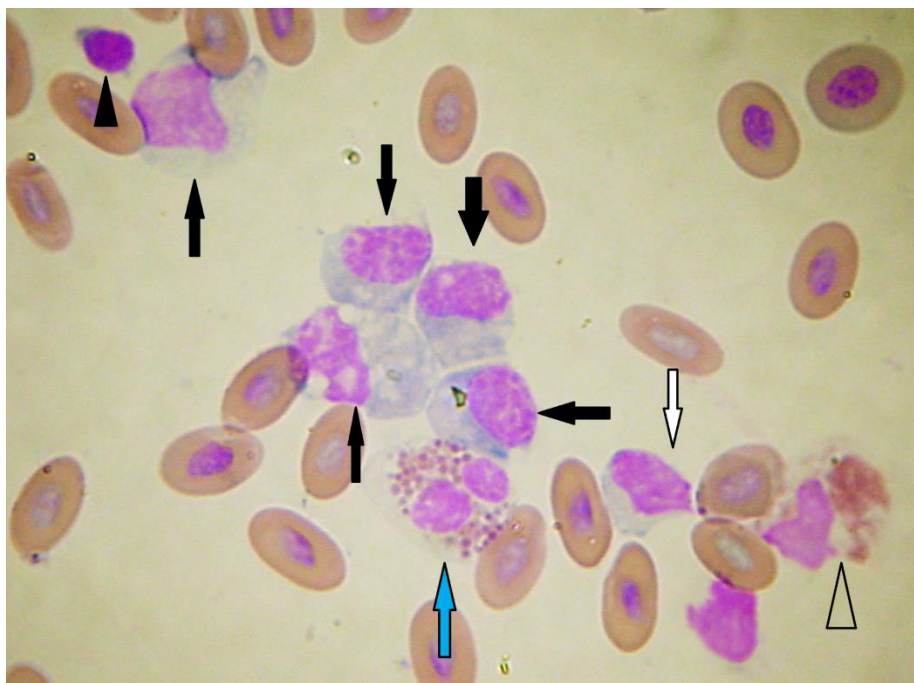


Figura 48. Frotis sanguíneo de Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*). Cinco monocitos (flechas oscuras), un linfocito (fleca clara), un eosinófilo (flecha azul), un trombocito (cabeza de flecha oscura) y heterófilo roto (cabeza de flecha clara). Diff Quik 1000x.

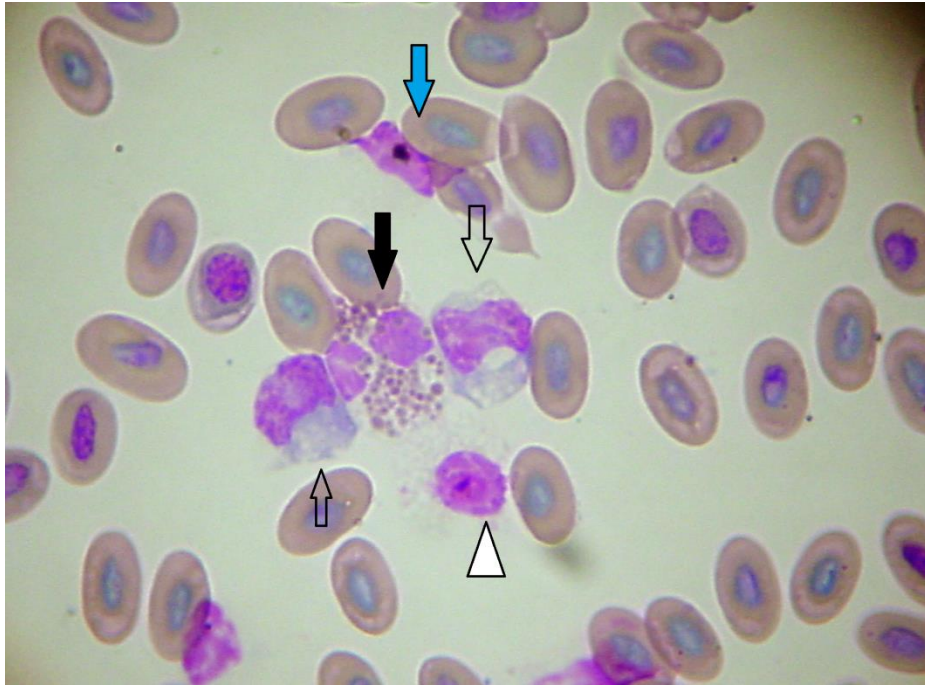


Figura 49. Frotis sanguíneo de Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*). Dos monocitos (flechas claras), eosinófilo (flecha oscura), linfocito (flecha azul) y basófilo cuyos gránulos se disolvieron (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

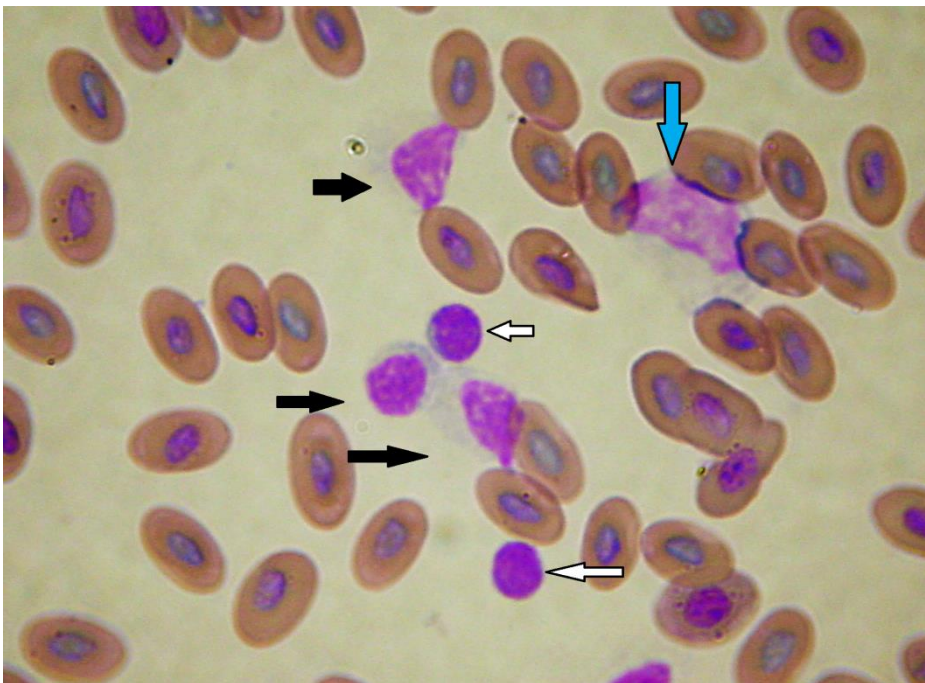


Figura 50. Frotis sanguíneo de Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*). Tres linfocitos (flechas oscuras), monocito (flecha azul) y trombocitos (flechas claras). Diff Quik 1000x.

GRUIFORMES

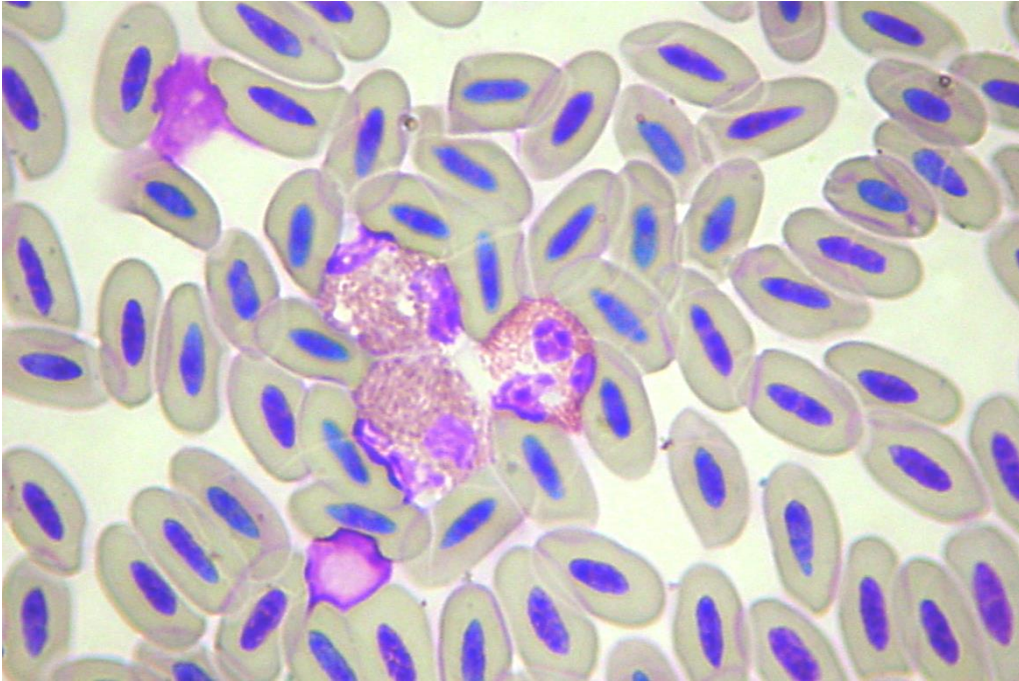


Figura 51. Frotis sanguíneo de Grulla coronada (*Balearica regulorum*). Tres heterófilos en el centro.
Diff Quik 1000x.

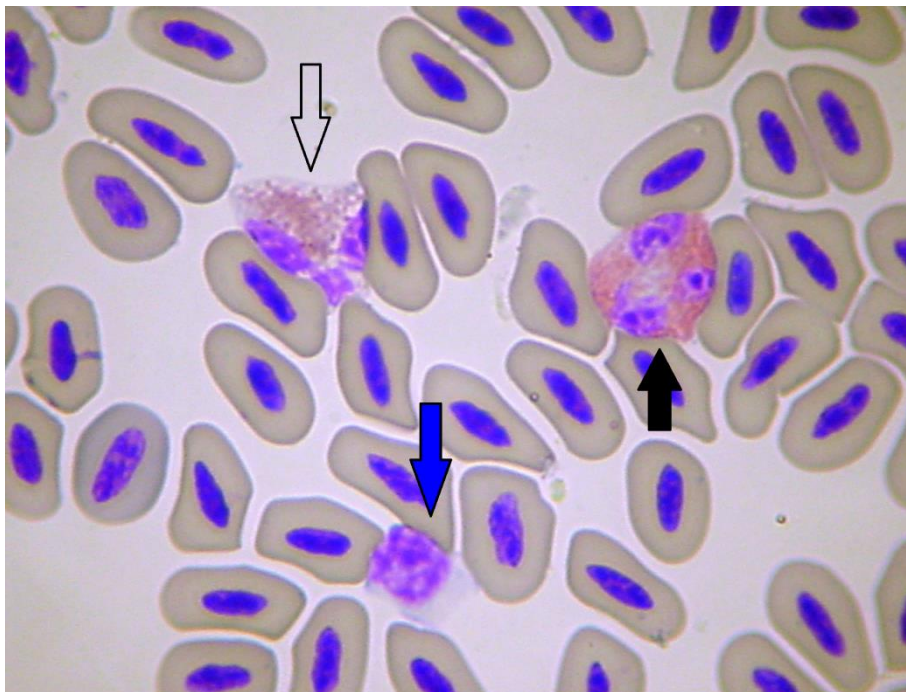


Figura 52. Frotis sanguíneo de Grulla coronada (*Balearica regulorum*). Heterófilo (flecha negra),
linfocito (flecha azul) y eosinófilo (flecha clara). Diff Quik 1000x.

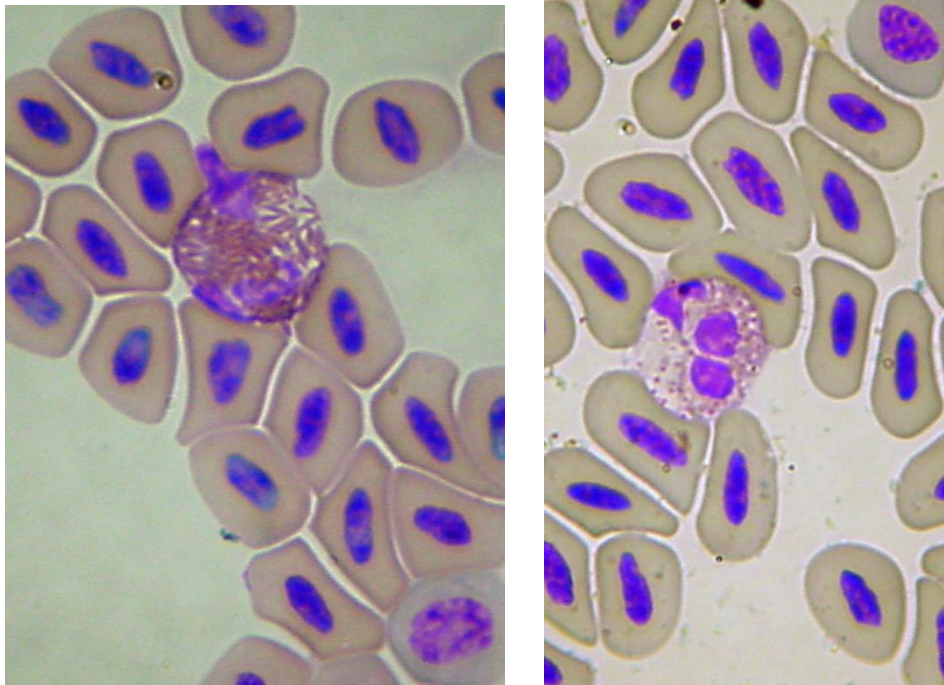


Figura 53. Frotis sanguíneo de Grulla coronada (*Balearica regulorum*). Heterófilo (izquierda) y eosinófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

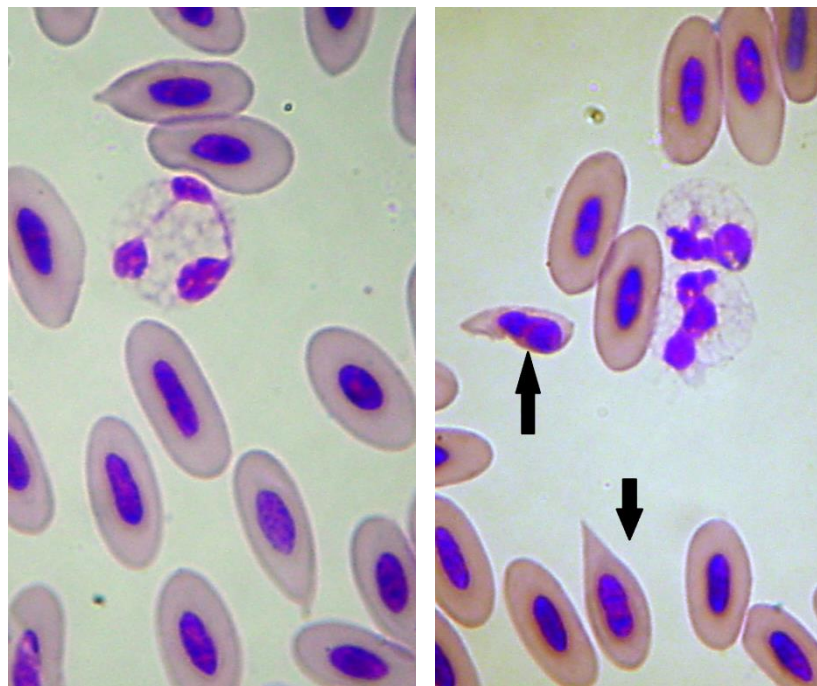


Figura 54. Frotis sanguíneo de Focha (*Fulica americana*). Heterófilo (izquierda), un par de heterófilos y eritrocitos con alteración morfológica (izquierda). Diff Quik 1000x.

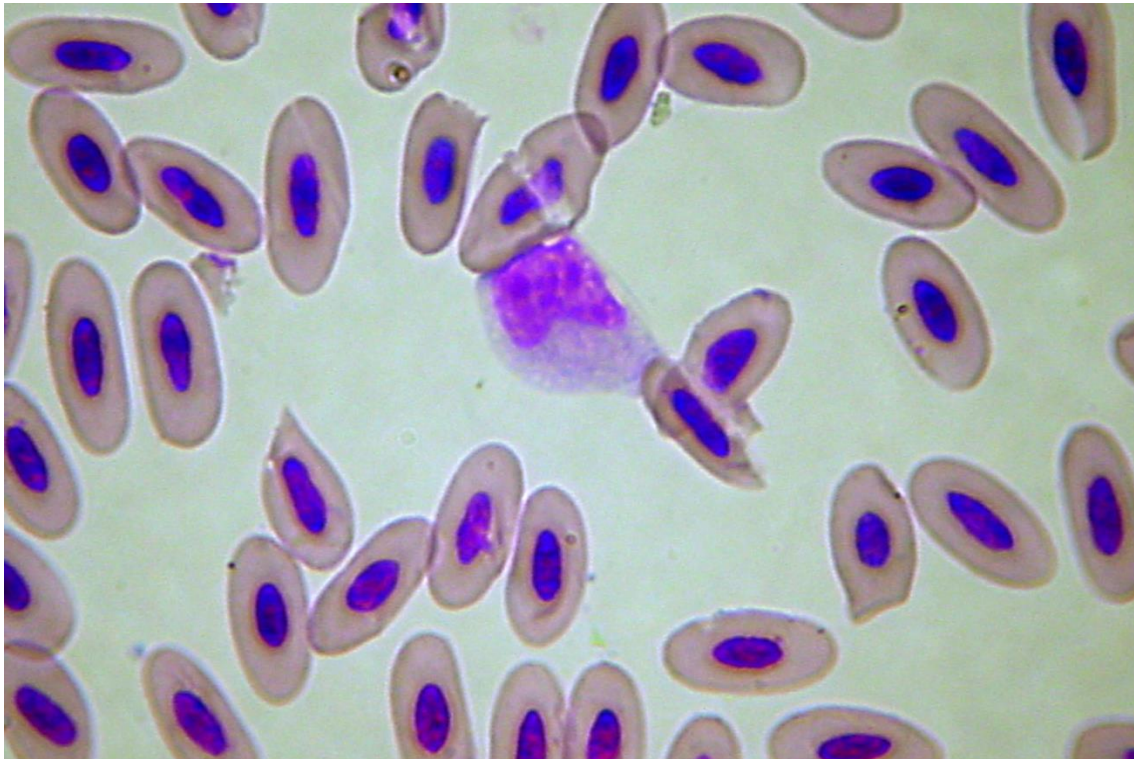


Figura 55. Frotis sanguíneo de Focha (*Fulica americana*). Monocito. Diff Quik 1000x.

PHOENICOPTERIFORMES

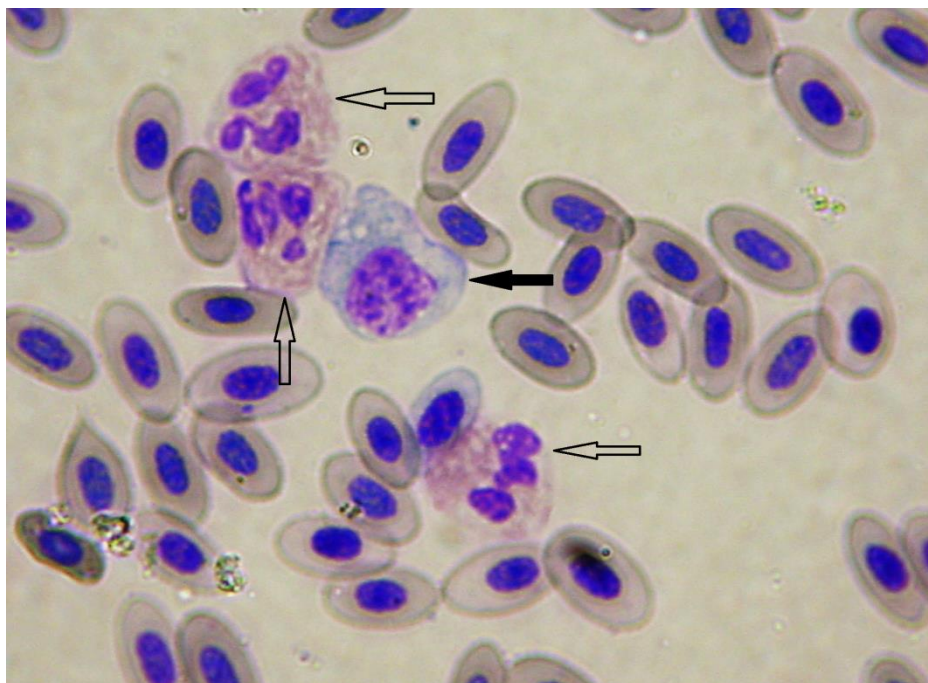


Figura 56. Frotis sanguíneo de Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*). Heterófilos (flechas claras), monocito (flecha oscura). Diff Quik 1000x.

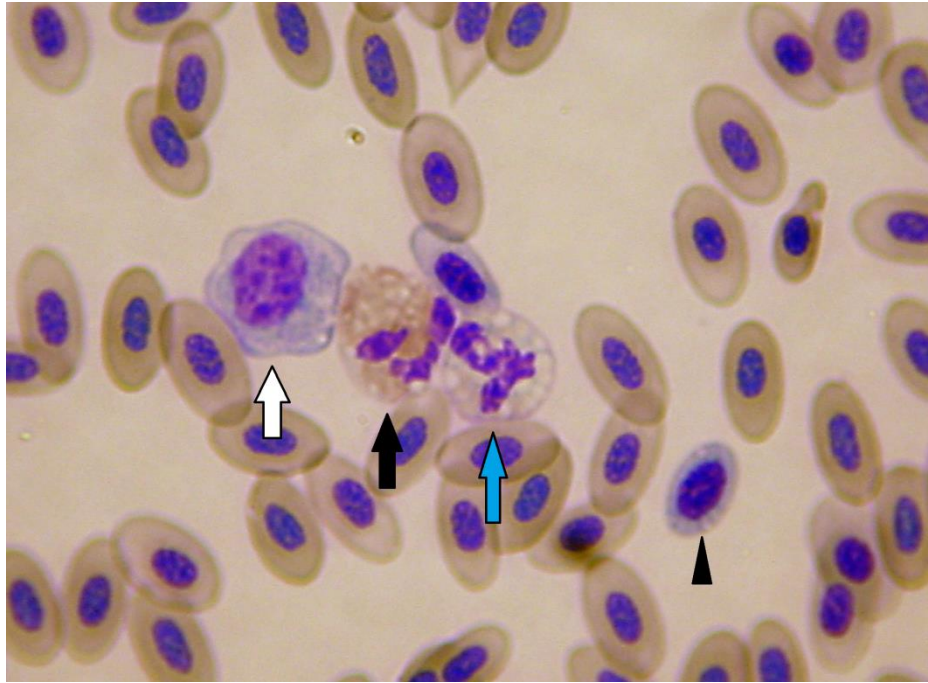


Figura 57. Frotis sanguíneo de Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*). Monocito (flecha clara), heterófilo (flecha negra), eosinófilo (flecha azul) y eritrocito policromatófilo (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

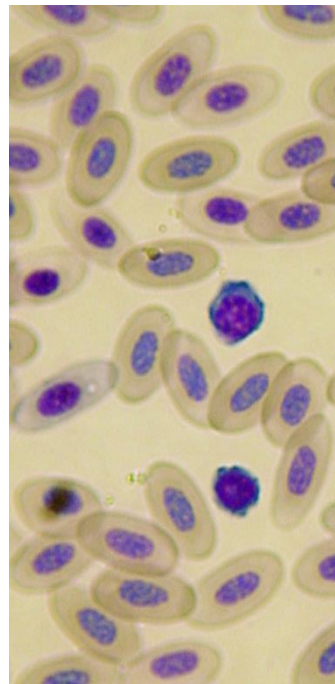
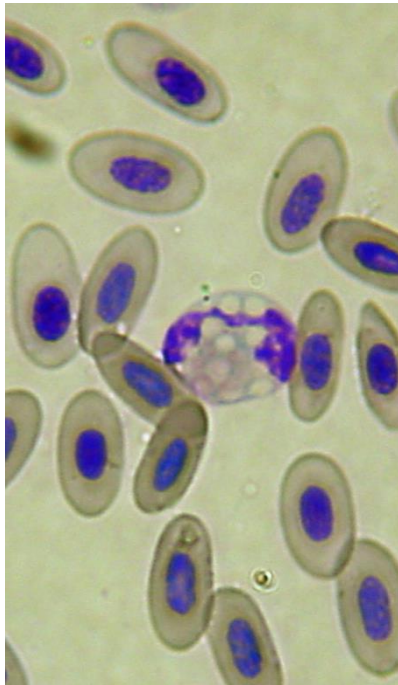


Figura 58. Frotis sanguíneo de Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*). Eosinófilo (izquierda) y trombocitos (derecha). Diff Quik 1000x

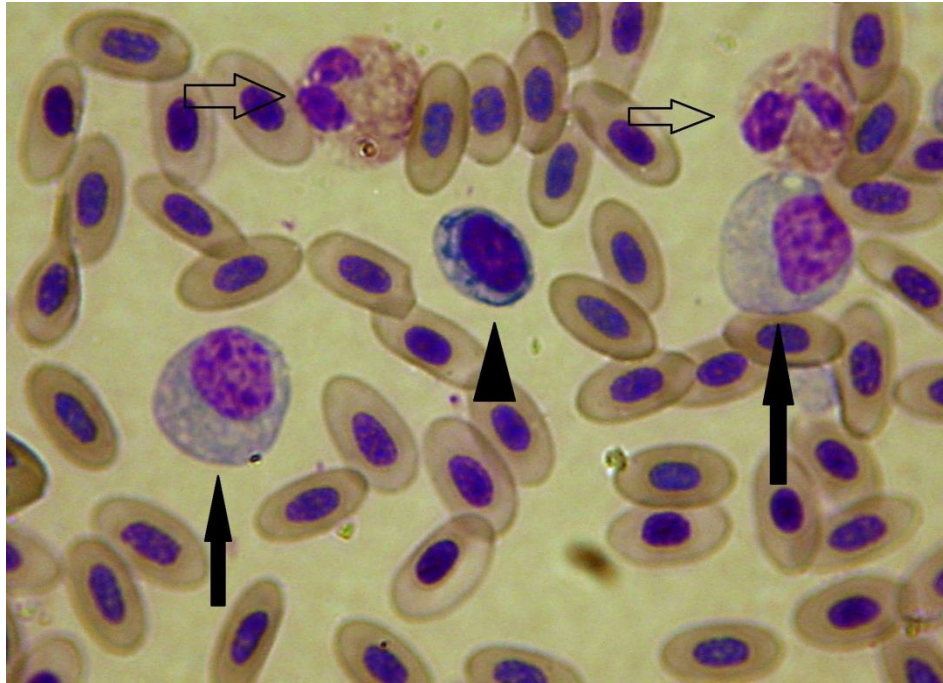


Figura 59. Frotis sanguíneo de Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*). Dos heterófilos (flechas claras), dos monocitos (flechas oscuras) y trombocito (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

STRUTHIONIFORMES

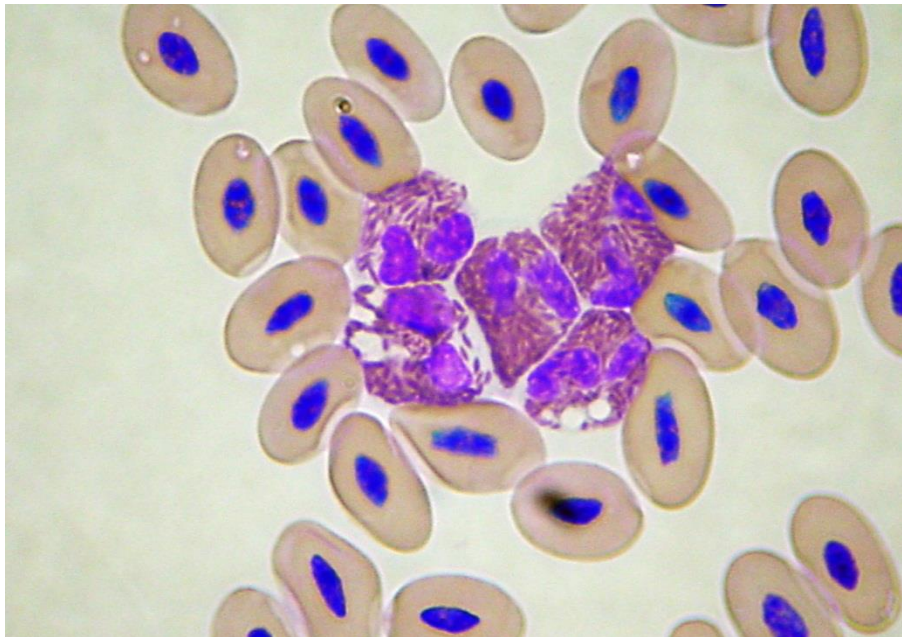


Figura 60. Frotis sanguíneo de Avestruz (*Struthio camelus*). Heterófilos. Diff Quik 1000x.

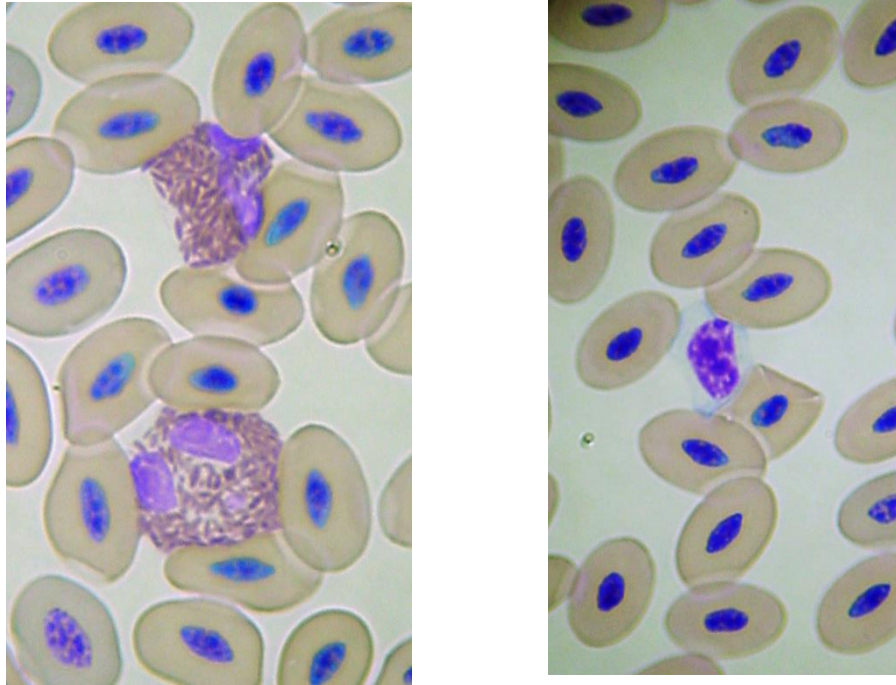


Figura 61. Frotis sanguíneo de Avestruz (*Struthio camelus*). Heterófilos (derecha) y linfocito (izquierda). Diff Quik 1000x.

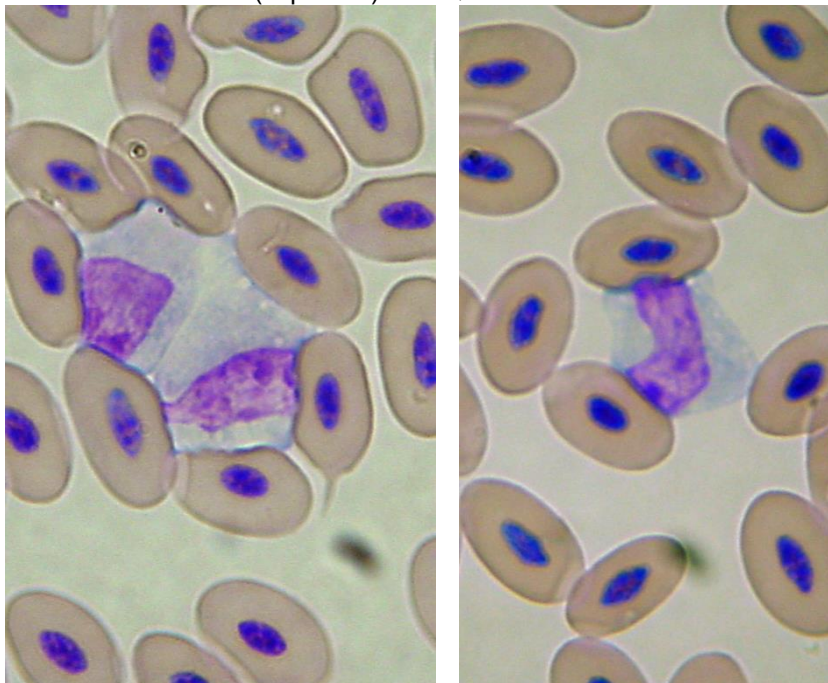


Figura 62. Frotis sanguíneo de Avestruz (*Struthio camelus*). Monocitos. Diff Quik 1000x.

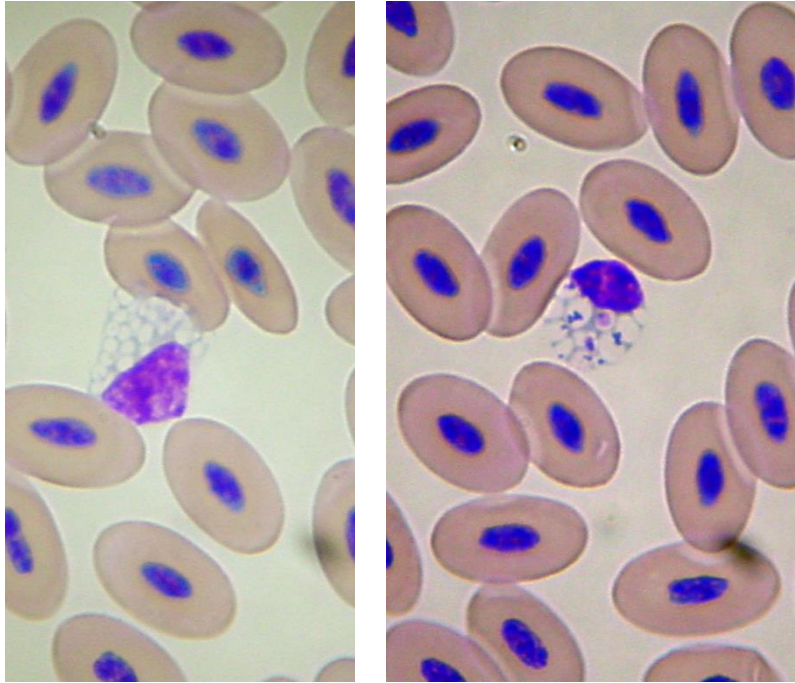


Figura 63. Frotis sanguíneo de Avestruz (*Struthio camelus*). Basófilos cuyos gránulos se disolvieron. Diff Quik 1000x.

PASSERIFORMES

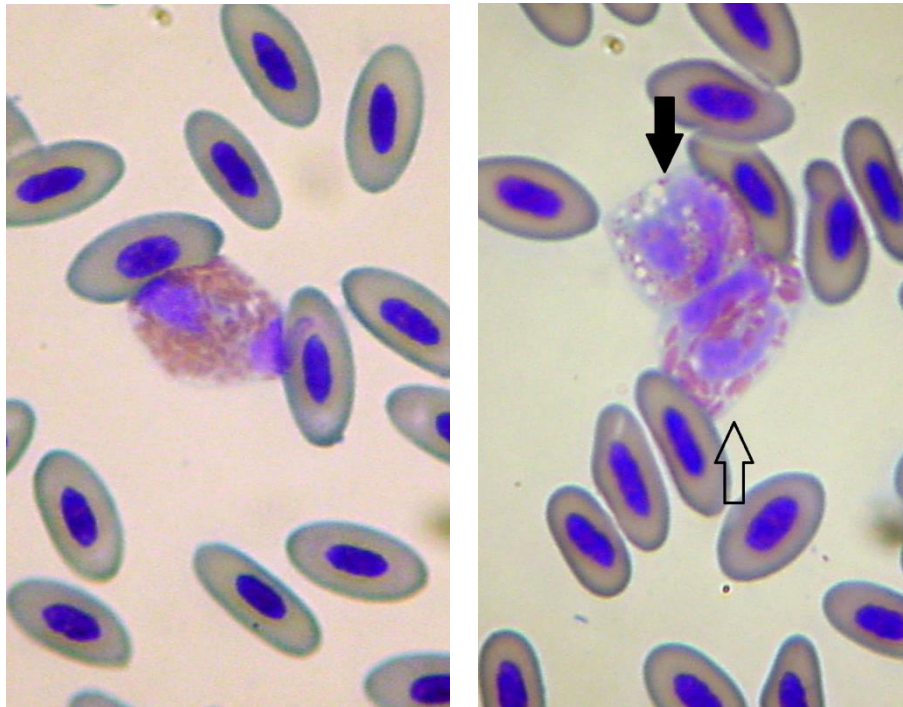


Figura 64. Frotis sanguíneo de Cuervo (*Corvus corax*). Heterófilo (derecha). Heterófilo (flecha clara) y eosinófilo (flecha oscura). Diff Quik 1000x.

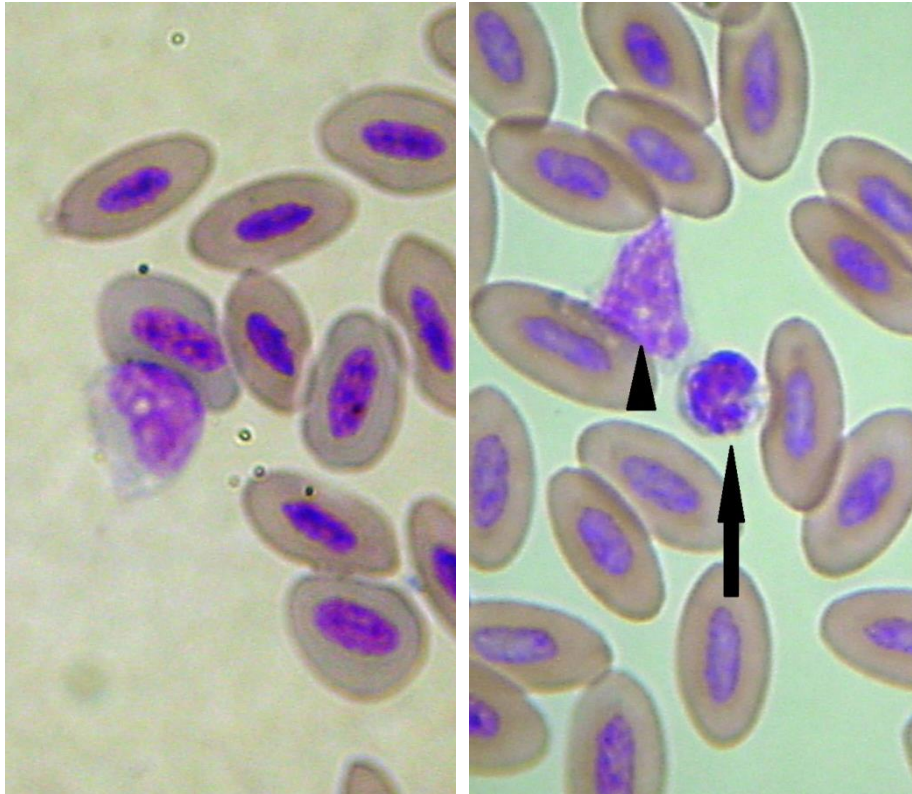


Figura 65. Frotis sanguíneo de Cuervo (*Corvus corax*). Izquierda: Linfocito (cabeza de flecha) y trombocito (flecha). Diff Quik 1000x.

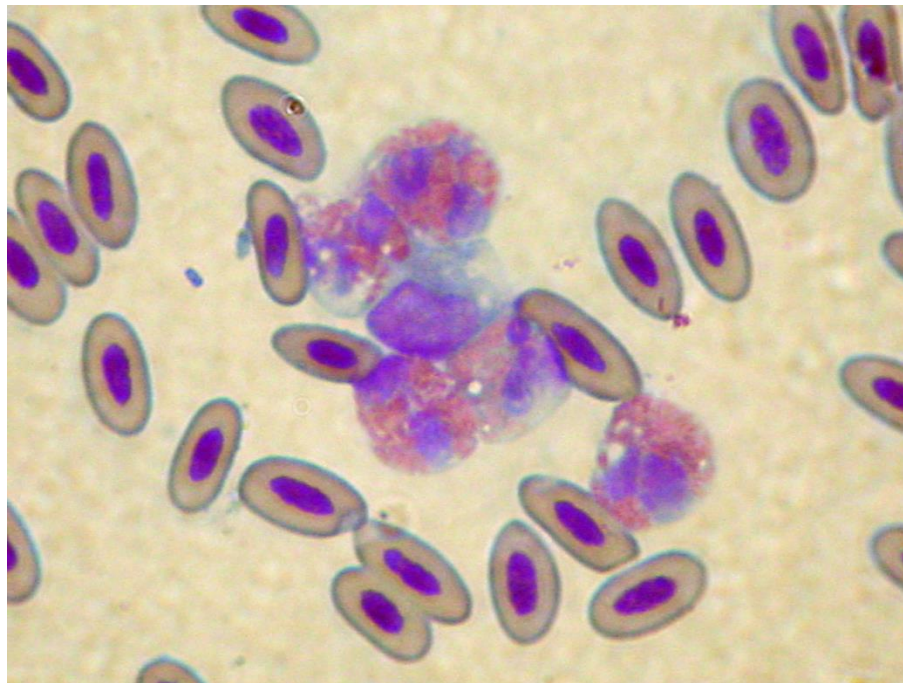


Figura 66. Frotis sanguíneo de Cuervo (*Corvus corax*). Monocito entre varios heterófilos. Diff Quik 1000x.

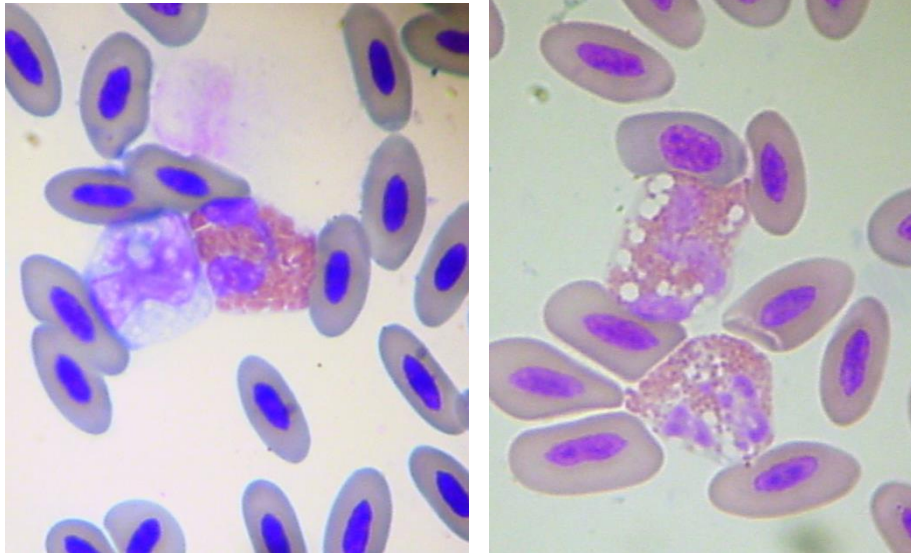


Figura 67. Frotis sanguíneo de Cuervo (*Corvus corax*). Izquierda: monocito y heterófilo. Derecha: Eosinófilos. Diff Quik 1000x.

PSITTACIFORMES

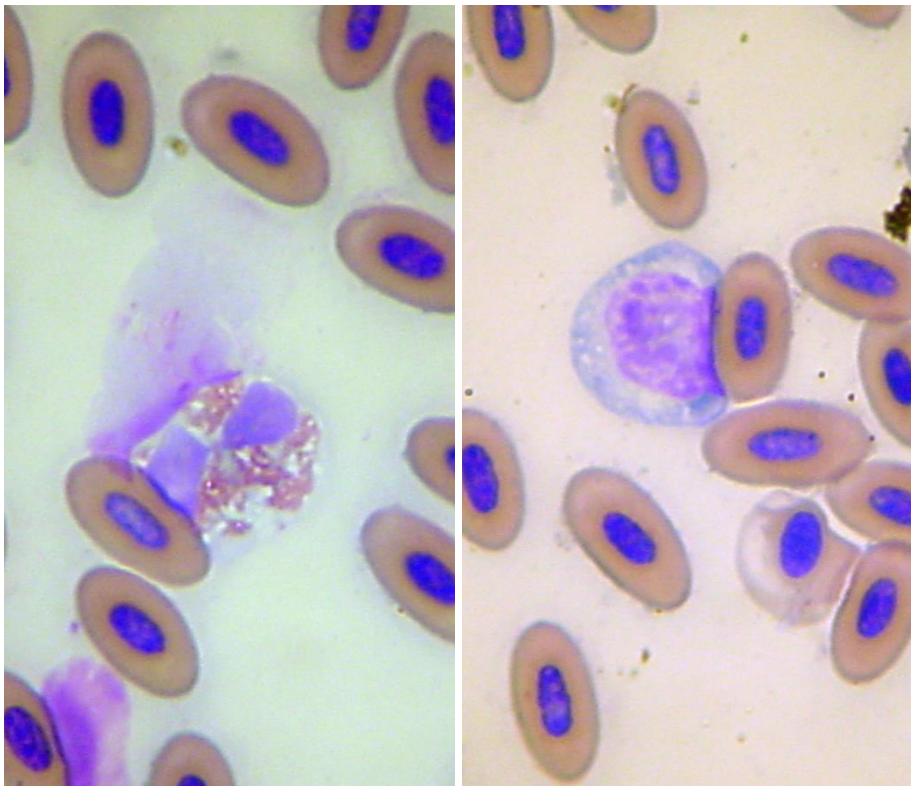


Figura 68. Frotis sanguíneo de Cotorra cabeza azul (*Psittacula cyanocephala*). Izquierda: heterófilo en el que se puede ver el cuerpo refráctil central de los gránulos. Derecha: monocito. Diff Quik 1000x.

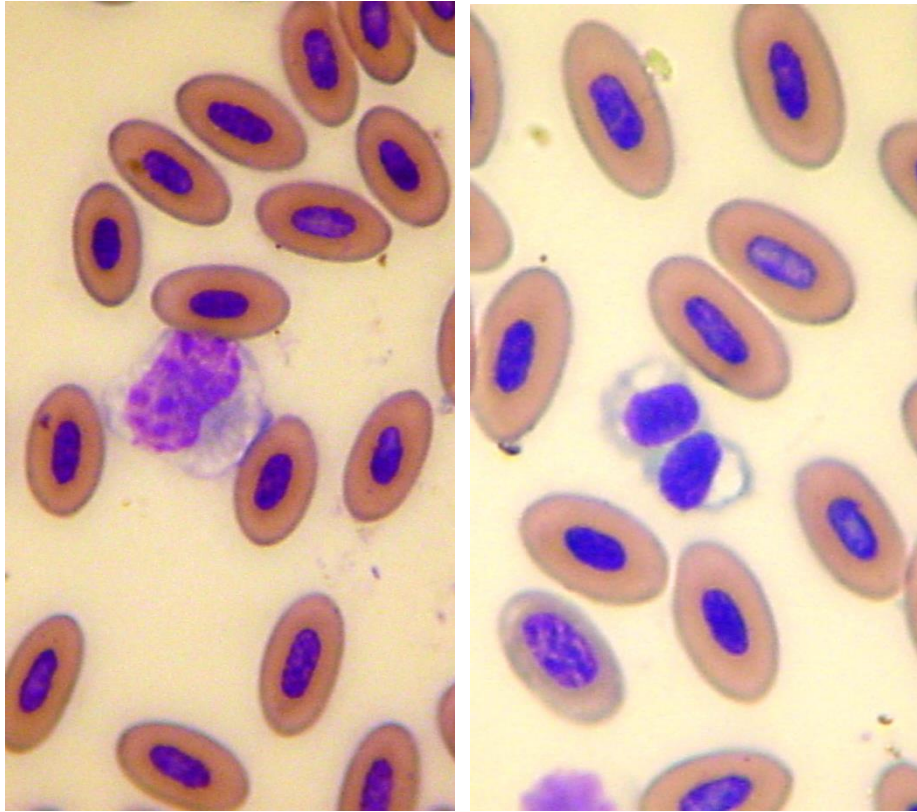


Figura 69. Frotis sanguíneo de Cotorra cabeza azul (*Psittacula cyanocephala*). Izquierda: monocito. Derecha: dos trombocitos y un eritrocito policromatófilo. Diff Quik 1000x.

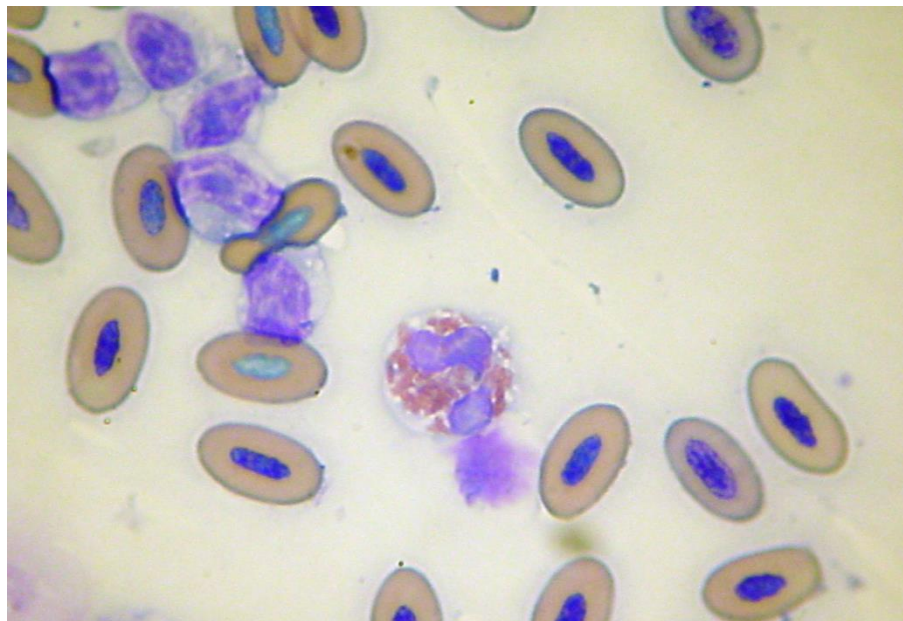


Figura 70. Frotis sanguíneo de Loro frente azul (*Amazona aestiva*). Un heterófilo en el centro y cinco linfocitos en el extremo superior izquierdo. Diff Quik 1000x.

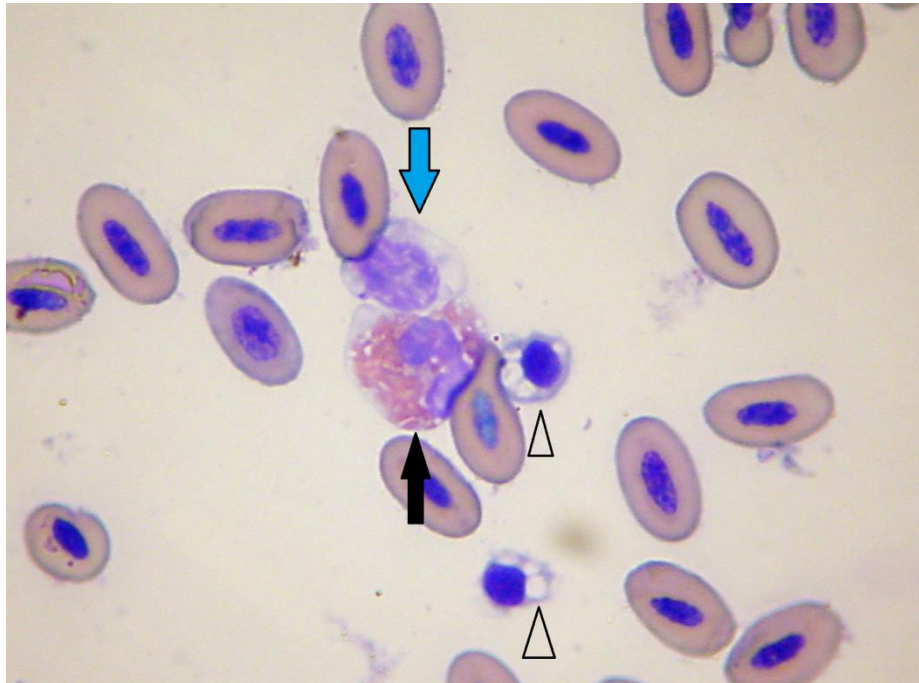


Figura 71. Frotis sanguíneo de Loro frente azul (*Amazona aestiva*). Heterófilo (flecha negra), linfocito (flecha azul) y trombocitos (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

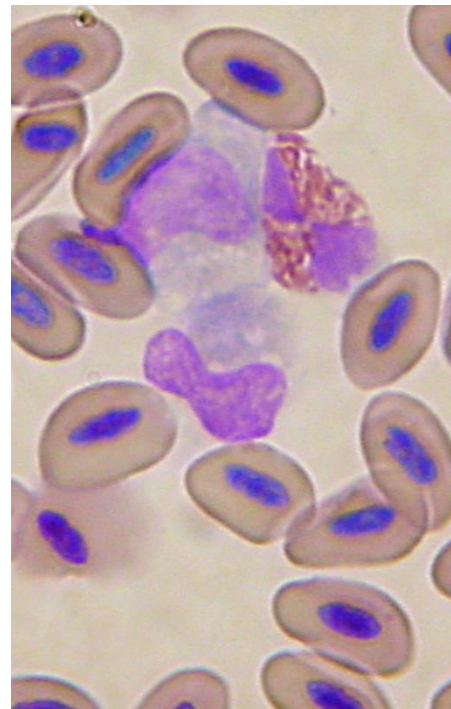
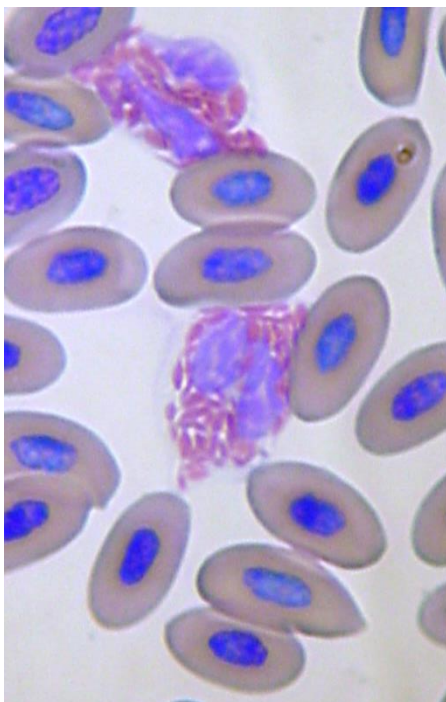


Figura 72. Frotis sanguíneo de Loro gris africano (*Psittacus erithacus*). Izquierda: heterófilos. Derecha: heterófilo y dos monocitos. Diff Quik 1000x.

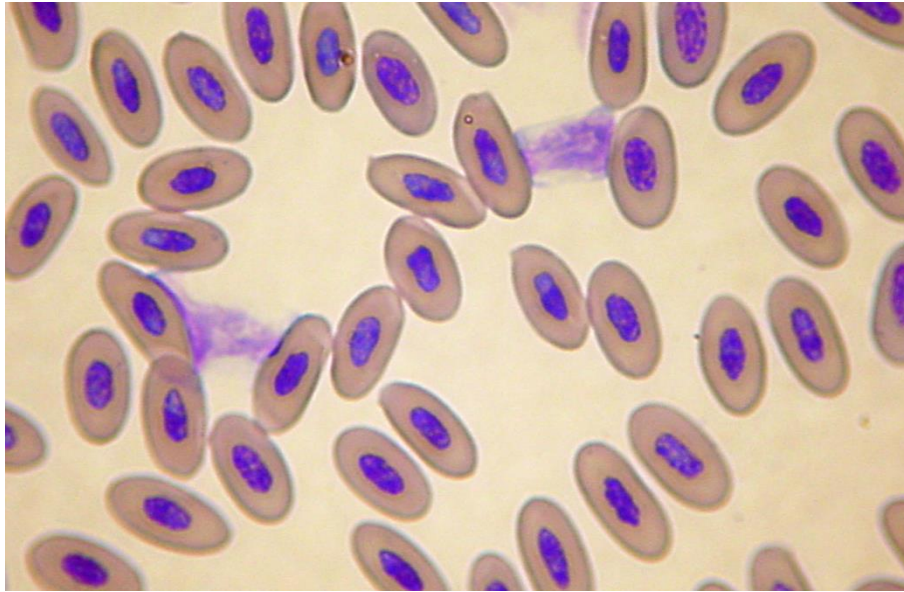


Figura 73. Frotis sanguíneo de Loro gris africano (*Psittacus erithacus*). Dos linfocitos entre eritrocitos maduros. Diff Quik 1000x.

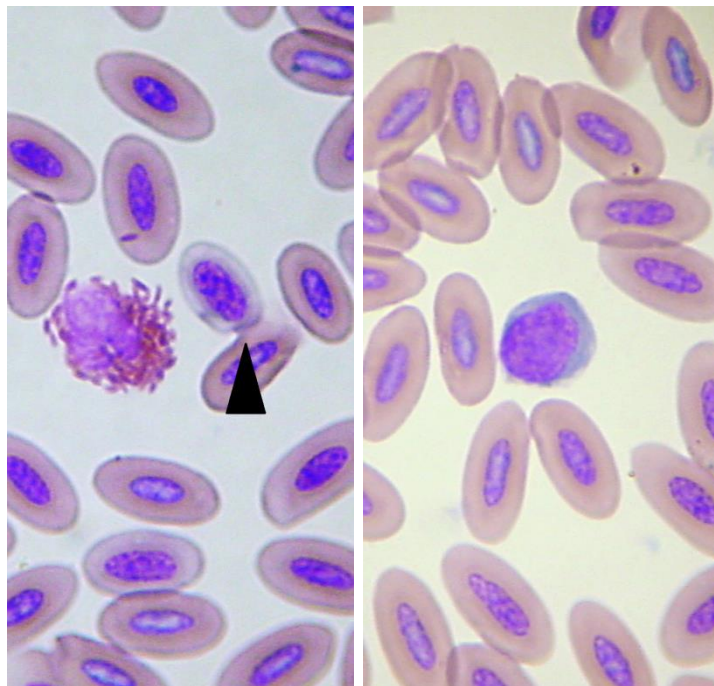


Figura 74. Frotis sanguíneo de Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*). Izquierda: heterófilo roto y eritrocito policromatófilo (cabeza de flecha). Derecha : Linfocito. Diff Quik 1000x.

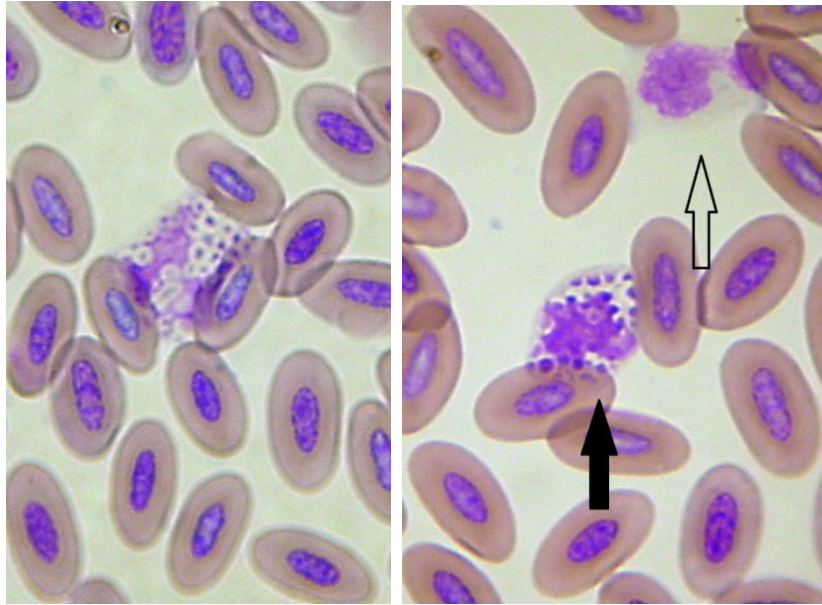


Figura 75. Frotis sanguíneo de Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*). Izquierda: Basófilo. Derecha: Monocito (flecha clara) y basófilo (flecha oscura). Diff Quik 1000x.

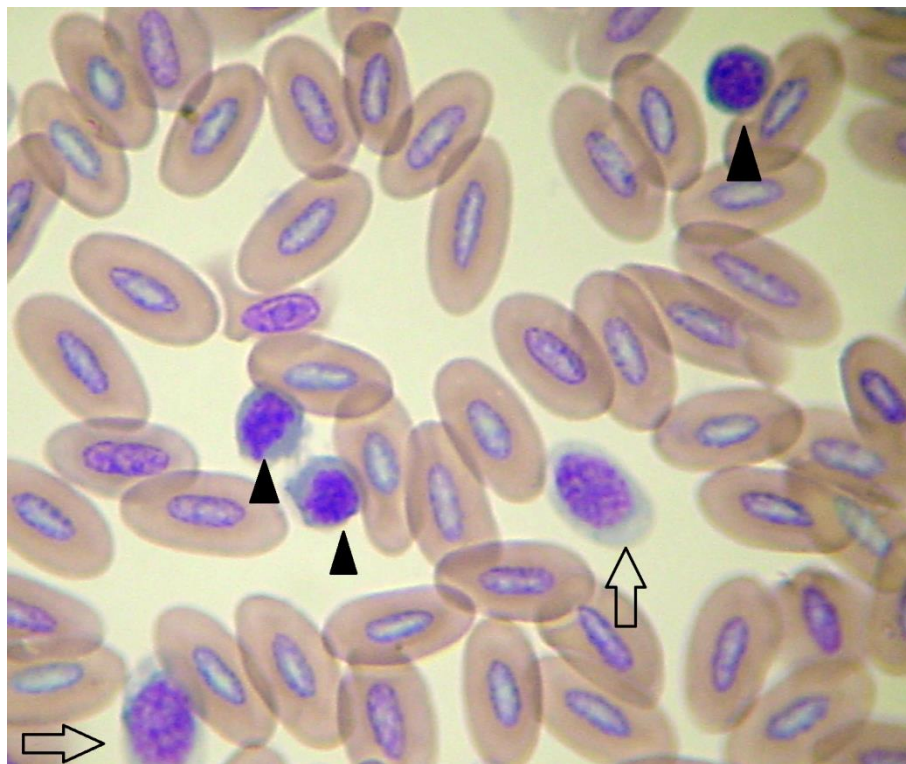


Figura 76. Frotis sanguíneo de Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*). Trombocitos (cabeza de flecha) y eritrocitos inmaduros (flechas claras). Diff Quik 1000x.

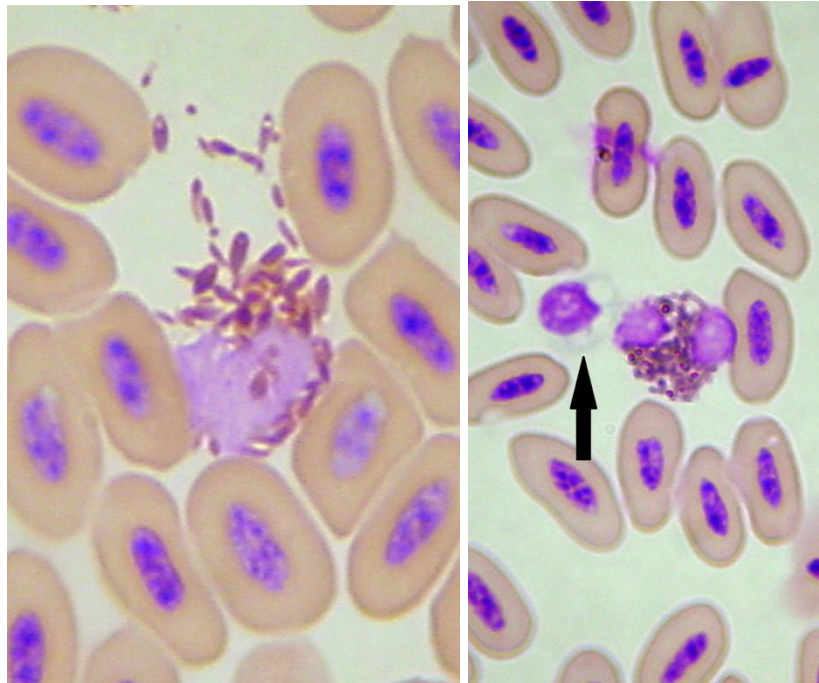


Figura 77. Frotis sanguíneo de Guacamaya verde. (*Ara militaris*). Izquierda: heterófilo roto.
Derecha: heterófilo y trombocito (flecha negra). Diff Quik 1000x.

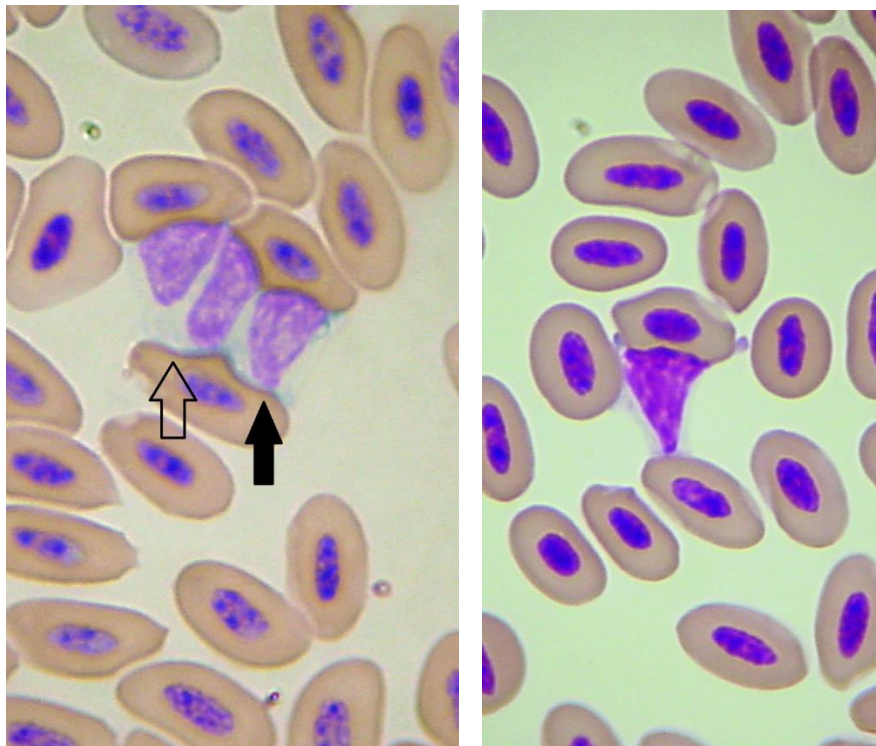


Figura 78. Frotis sanguíneo de Guacamaya verde. (*Ara militaris*). Izquierda: monocito (flecha clara)
y linfocito (flecha oscura). Derecha: linfocito. Diff Quik 1000x.

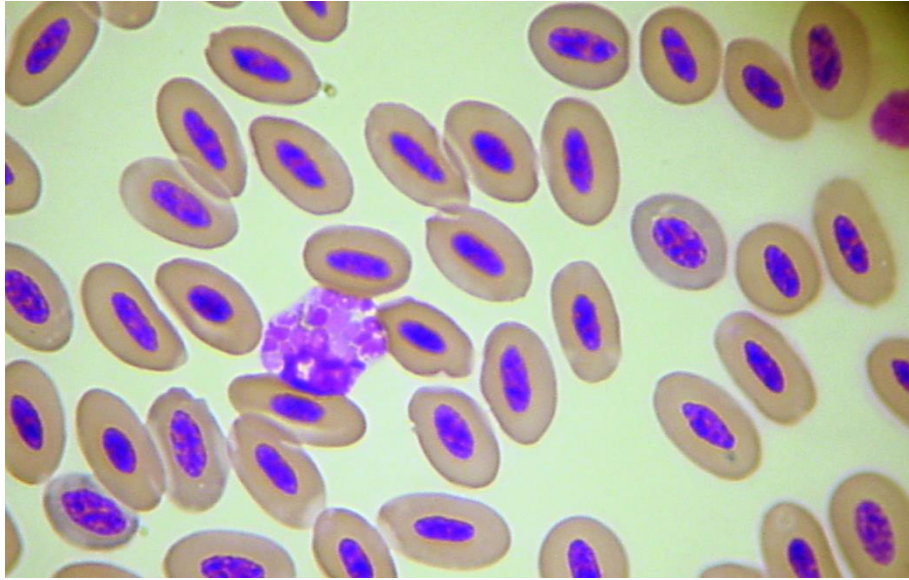


Figura 79. Frotis sanguíneo de Guacamaya verde. (*Ara militaris*). Basófilo. Diff Quik 1000x.

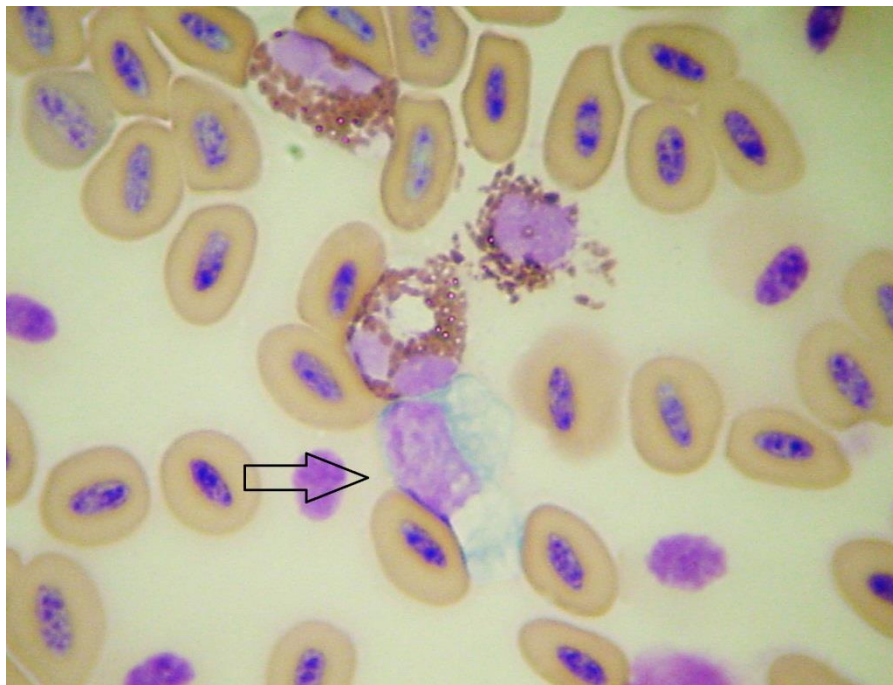


Figura 80. Frotis sanguíneo de Guacamaya verde. (*Ara militaris*). Tres heterófilos en los que se puede ver el cuerpo refráctil central de sus gránulos y un monocito (flecha clara). Diff Quik 1000x.

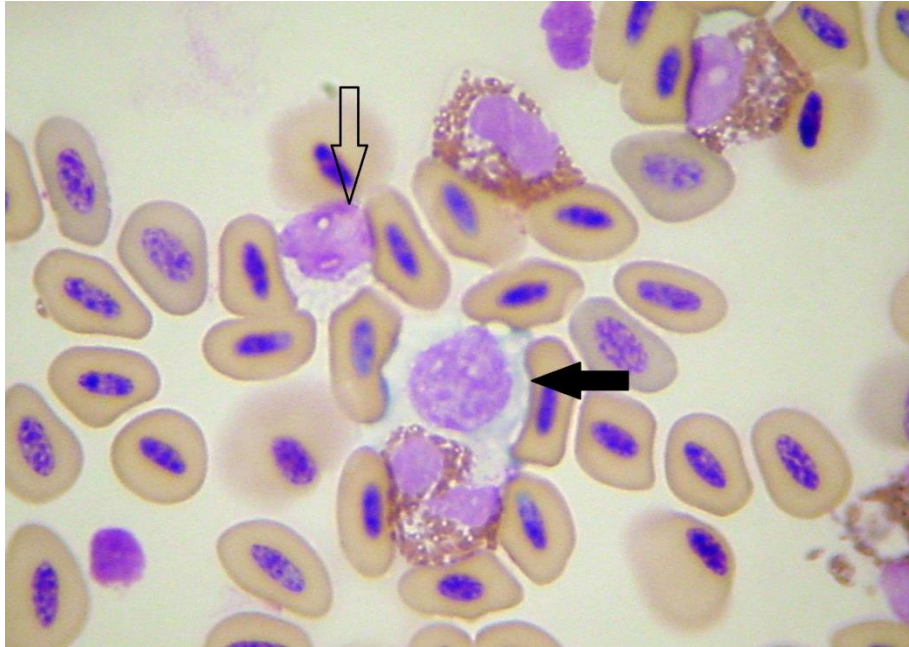


Figura 81. Frotis sanguíneo de Guacamaya verde. (*Ara militaris*). Tres heterófilos, un monocito (flecha oscura) y un basófilo degranulado (flecha clara). Diff Quik 1000x.

SPHENISCIFORMES

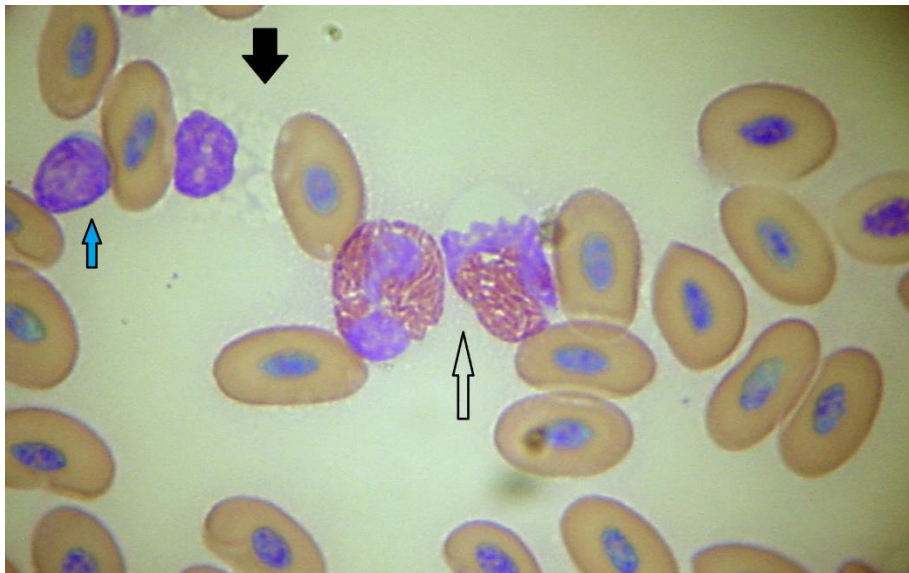


Figura 82. Frotis sanguíneo de Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). Dos heterófilos en el centro (flecha clara), linfocito (flecha azul) y basófilo degranulado (flecha negra). Diff Quik 1000x.

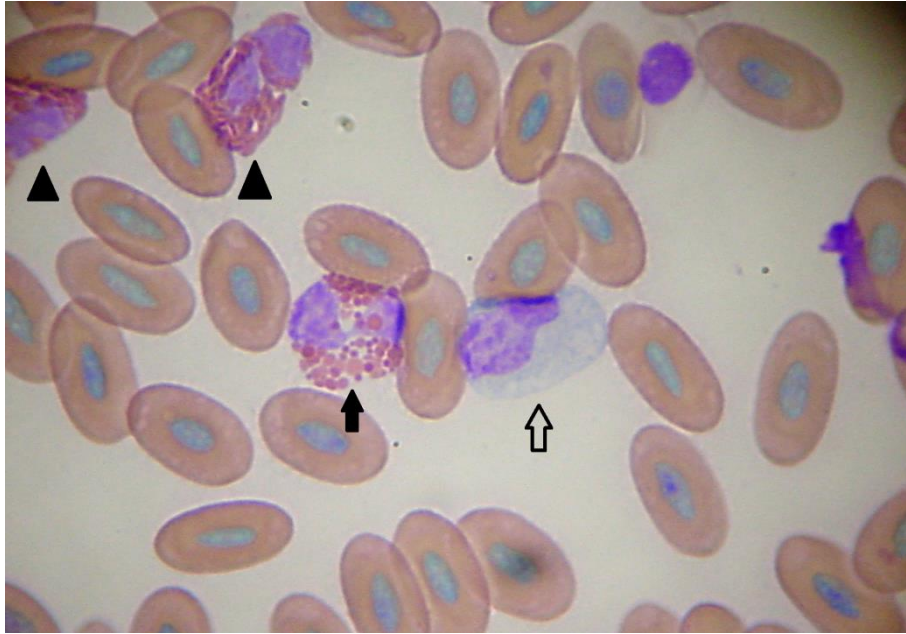


Figura 83. Frotis sanguíneo de Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). Heterófilos (cabeza de flecha), eosinófilo (flecha negra) y monocito (flecha clara). Diff Quik 1000x.

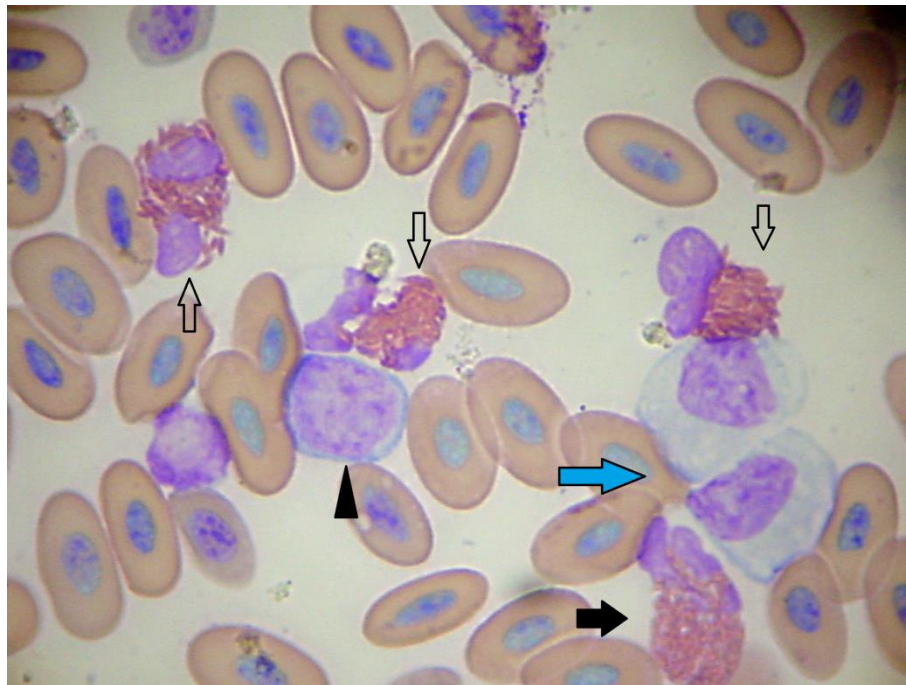


Figura 84. Frotis sanguíneo de Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). Heterófilos (flechas claras), eosinófilo (flecha negra), linfocito (cabeza de flecha) y monocitos (flecha azul). Diff Quik 1000x.

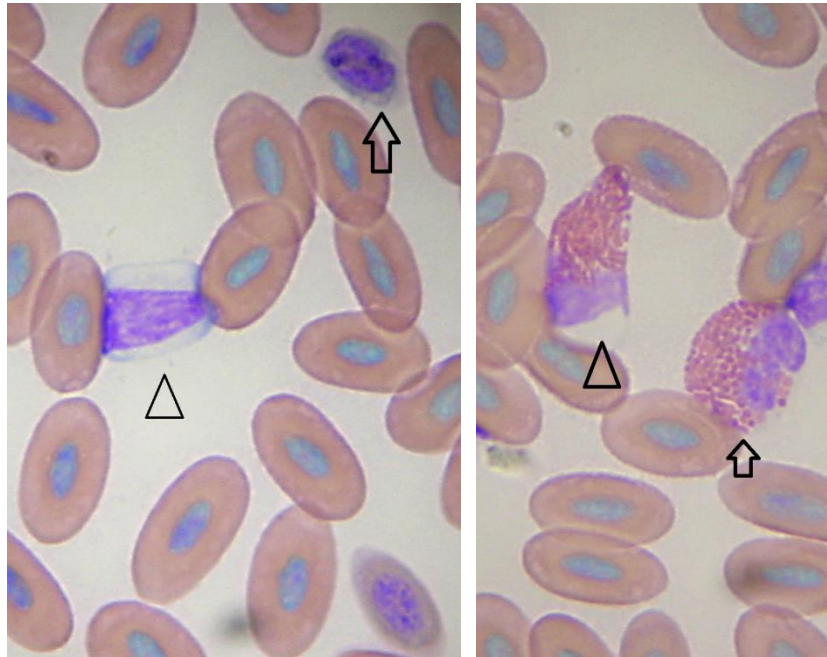


Figura 85. Frotis sanguíneo de Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). Izquierda: linfocito (cabeza de flecha) y trombocito (flecha). Derecha: heterófilo (cabeza de flecha) y eosinófilo (flecha). Diff Quik 1000x.

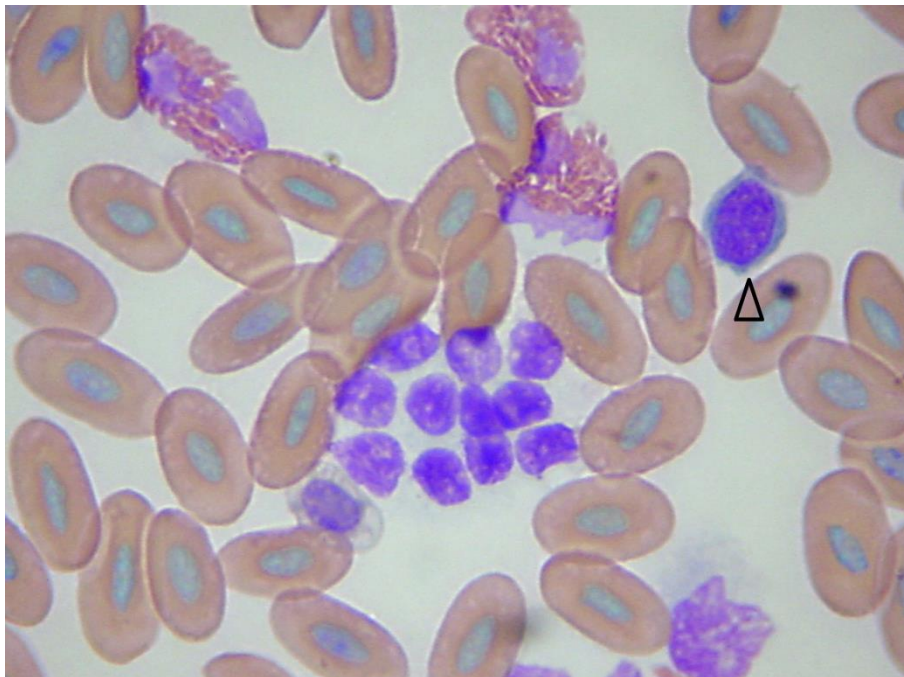


Figura 86. Frotis sanguíneo de Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). En el centro un cúmulo de trombocitos, arriba tres heterófilos y de un lado un eritrocito inmaduro (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

STRIGIFORMES

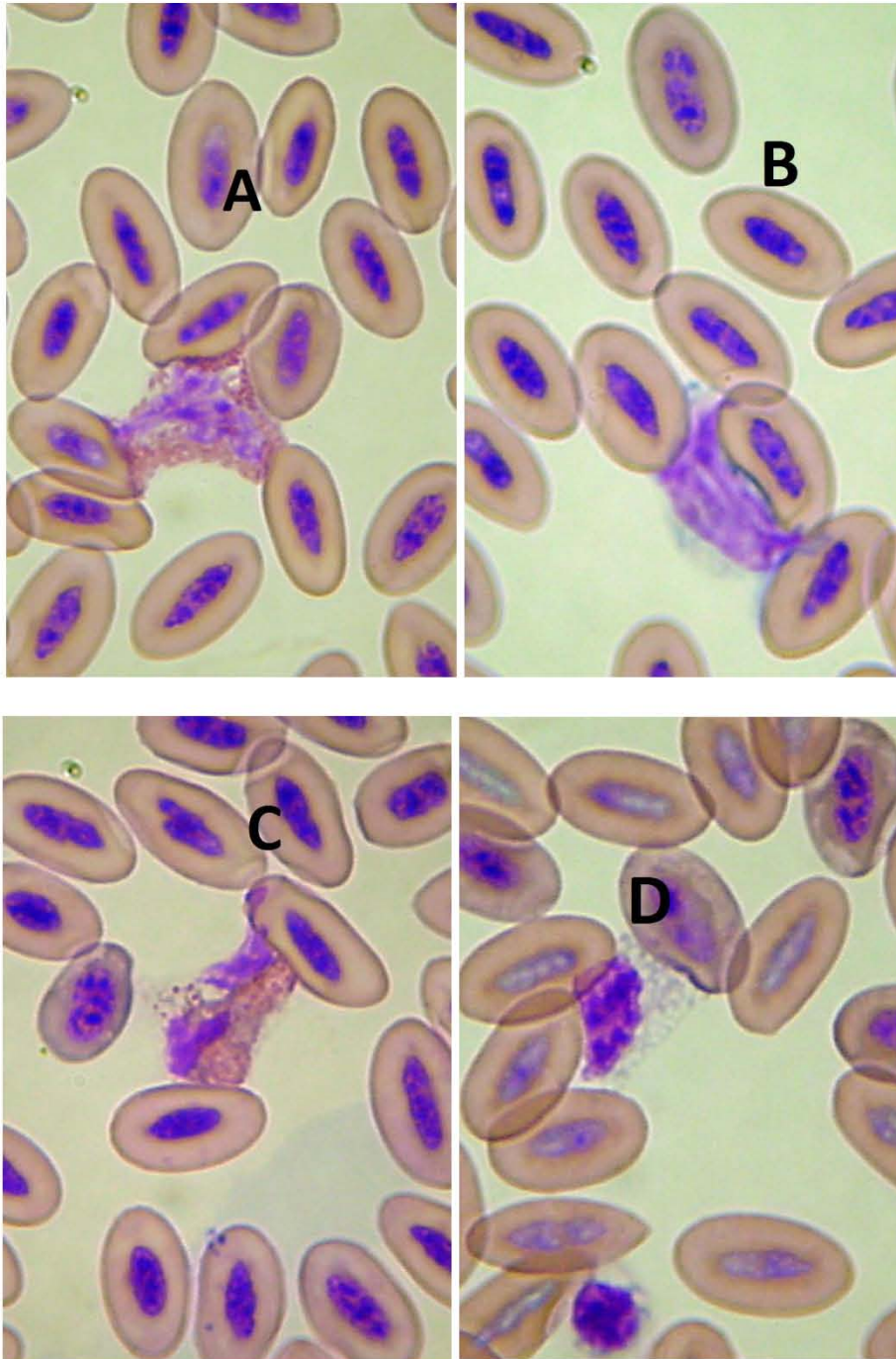


Figura 87. Frotis sanguíneo de Lechuza de campanario (*Tyto alba*). A: heterófilo B: Linfocito C: Eosinófilo D: Basófilo degranulado (arriba) y trombocito (abajo). Diff Quik 1000x.

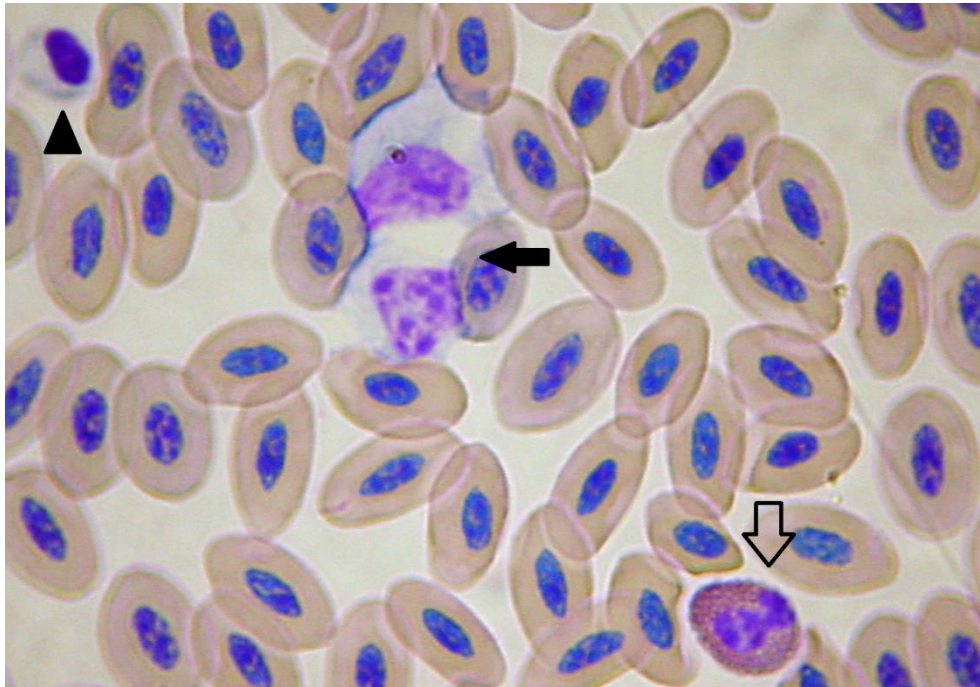


Figura 88. Frotis sanguíneo de Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Eosinófilo (flecha clara), monocitos (felcha clara) y trombocito (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

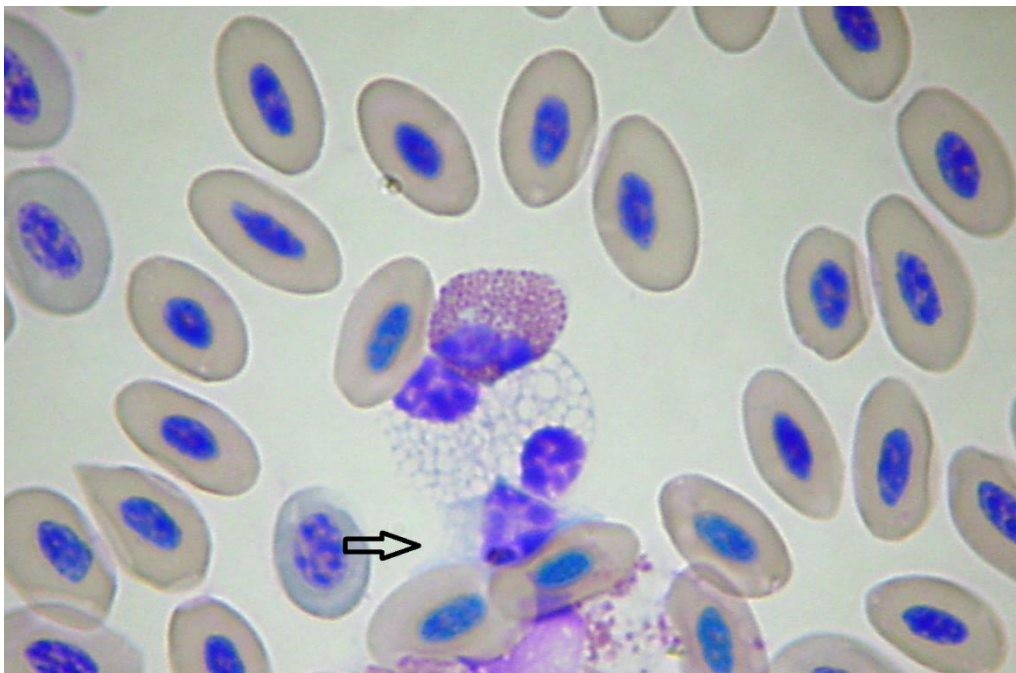


Figura 89. Frotis sanguíneo de Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Eosinófilo sobre dos basófilos cuyos granulos se disolvieron y un linfocito (flecha). Diff Quik 1000x.

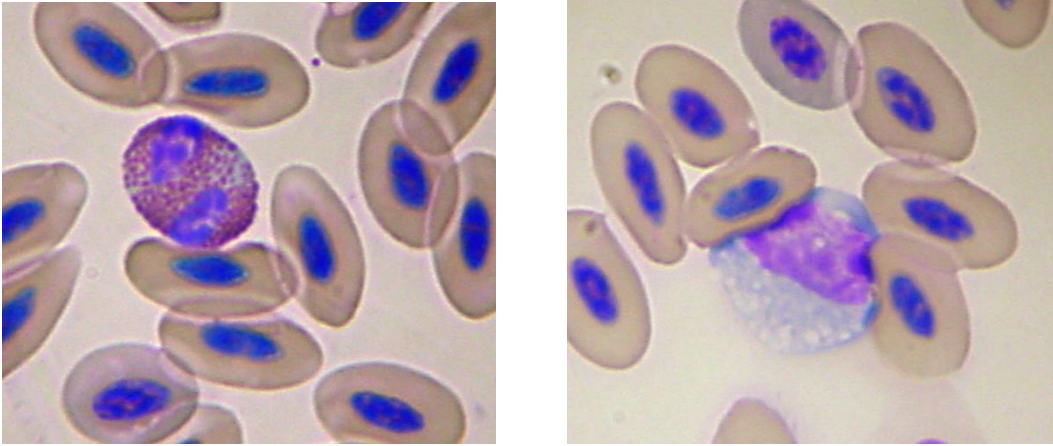


Figura 90. Frotis sanguíneo de Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Izquierda: eosinófilo. Derecha: monocito. Diff Quik 1000x.

5.4.2 Anfibios

5.4.2.1 Eritrocitos

Tienen un tiempo de vida mayor a 100 días.^{17, 21} Son células nucleadas más grandes que aquellos de mamíferos, aves y reptiles, su tamaño oscila de 10 a 70 μm de diámetro.^{3, 17, 20, 21} Son de forma ovalada con núcleo alargado de cromatina densa y márgenes irregulares.^{3, 17}

De manera normal presentan anisocitosis.²¹

En algunas especies de anuros terrestres y algunas salamandras se han encontrado eritrocitos anucleados.^{3, 17, 21}

El núcleo de las células inmaduras carece de agrupaciones de cromatina densa mientras que las células más viejas presentan un núcleo picnótico.³

Su citoplasma es homogéneamente eosinófilo aunque en salamandras y tritones puede presentarse un citoplasma granular y vacuolar por la presencia de eritrocitos inmaduros.²¹

Se han observado inclusiones citoplasmáticas pequeñas de forma redonda a irregular de color basófilo y son consideradas normales.²⁰ En algunas especies existen diferencias morfológicas según el sitio de eritropoyesis.¹⁷

Los eritrocitos de salamandras y tritones completan su maduración en la circulación periférica y el citoplasma de los eritrocitos inmaduros es no homogéneo.⁴ (Figura 91)

5.4.2.2 Leucocitos

i. Neutrófilos

En algunas especies éstas células carecen de gránulos citoplasmáticos, mientras que en otras se observan prominentes gránulos eosinofílicos. Aquellas células que muestran éstos gránulos eosinofílicos son llamadas Heterófilos.^{3, 17} Algunos autores consideran a los neutrófilos como una subpoblación de los heterófilos.¹⁷

Es una célula redonda, los gránulos son pequeños con forma redonda u ovalada, a diferencia de los gránulos de los eosinofílicos que son redondos y un poco más grandes.^{17, 20} El citoplasma es incoloro, su núcleo es lobulado^{3, 20, 21} sin embargo se han observado heterófilos con pocas lobulaciones en animales clínicamente sanos.²⁰ (Figura 92, 94)

Los heterófilos tienen la capacidad de fagocitar bacterias.^{17, 21}

ii. Eosinófilos

Es el leucocito más abundante en *Ambystoma mexicanum*⁴⁴

El citoplasma se presenta levemente basófilo. Su núcleo es por lo general menos lobulado comparado con el del heterófilo/neutrófilo y los gránulos citoplasmáticos son redondos u ovalados de un tamaño variable por lo general más grandes que los de heterófilos/neutrófilos.^{3, 17, 20, 21} Esta célula suele ser del mismo tamaño que el heterófilo.^{3, 17} (Figura 93)

Funcionalmente responden a las infestaciones parasitarias.²¹

iii. Basófilos

Representan en general menos del 1% de los leucocitos circulantes. Son de tamaño variable según la especie. Poseen grandes gránulos citoplasmáticos basófilos redondeados u ovalados y un núcleo redondo no lobulado y levemente excéntrico que suele estar oculto por los gránulos citoplasmáticos. Es común observar basófilos degranulados en la circulación.^{17, 20} Esto es frecuente con tinciones como Diff Quick.^{3, 27} (Figura 95)

Se han encontrado sustancias parecidas a la heparina en estas células. Su degranulación en animales enfermos puede contribuir a la formación de petequias y equimosis además de que parecen tener un papel de vigilancia y reclutamiento de eosinófilos en infestaciones de helmintos.¹⁷

iv. Monocitos

Su morfología es muy similar a los de otras especies, sin embargo se han descrito azurófilos además de monocitos o en vez de ellos, hay otra teoría que dice que los azurófilos son monocitos inmaduros o seniles.^{3, 17, 20, 21}

Los monocitos se observan como células con abundante citoplasma azul o gris, pueden presentar vacuolas y pueden tener gránulos azurófilos, incluso pueden observarse pseudópodos. El núcleo es de morfología variable, redondo, arriñonado o en forma de herradura con cromatina menos agrupada que la observada en linfocitos.^{3, 17, 21}

Los monocitos son fagocíticos y dejan la sangre para llegar a los tejidos y convertirse en macrófagos. Además de matar a los agentes patógenos en la

fagocitosis, monocitos y macrófagos parecen procesar los antígenos para estimular la producción de anticuerpos por parte de los linfocitos.¹⁷

Los azurófilos poseen un citoplasma claro azul grisáceo con finos e irregulares gránulos a los cuales deben su nombre.¹⁷ Sin embargo la clasificación no es aún exacta y pueden ser considerados monocitos.

v.Linfocitos

En algunas especies como *Acris c. crepitans* y varios anuros son el leucocito más abundante.⁴⁴

Es más común observar las formas pequeñas que las grandes.²¹ Son de forma redonda a ovoide y se les observa poco citoplasma de coloración azul. En los linfocitos de ranas pueden encontrarse de forma normal gránulos citoplasmáticos azurófilos.²¹

El núcleo suele ser redondo pero puede llegar a observarse lobulado o hendido; la cromatina se observa densa y agrupada. Además en algunas especies se pueden observar gránulos azurófilos en el citoplasma, sobre todo ranas.^{3, 17} (Figura 96)

vi.Trombocitos

Son células nucleadas de elípticas a fusiformes.^{17, 20} Se cree que cuando se presentan ovaladas son trombocitos no activados y fusiformes son trombocitos activados.²¹ El núcleo puede ser redondo u oval. El citoplasma por lo general es claro. Los trombocitos pueden encontrarse solos o en grupos lo cual puede ayudar a diferenciarlos de los linfocitos con los cuales pueden ser confundidos pues, los linfocitos jamás se encontraran en agrupaciones. Su función al igual que en mamíferos es de coagulación.^{17, 21}

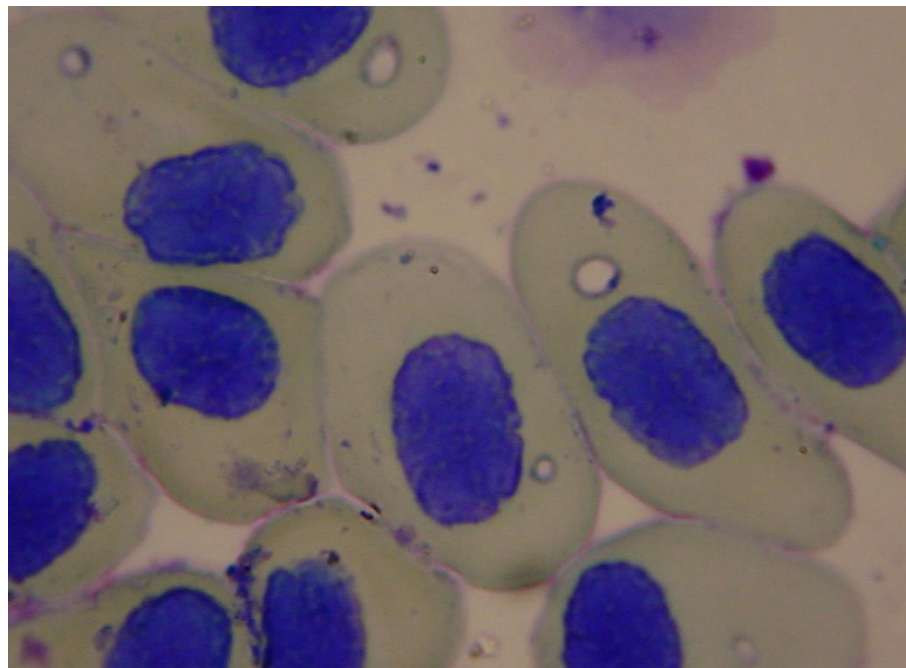
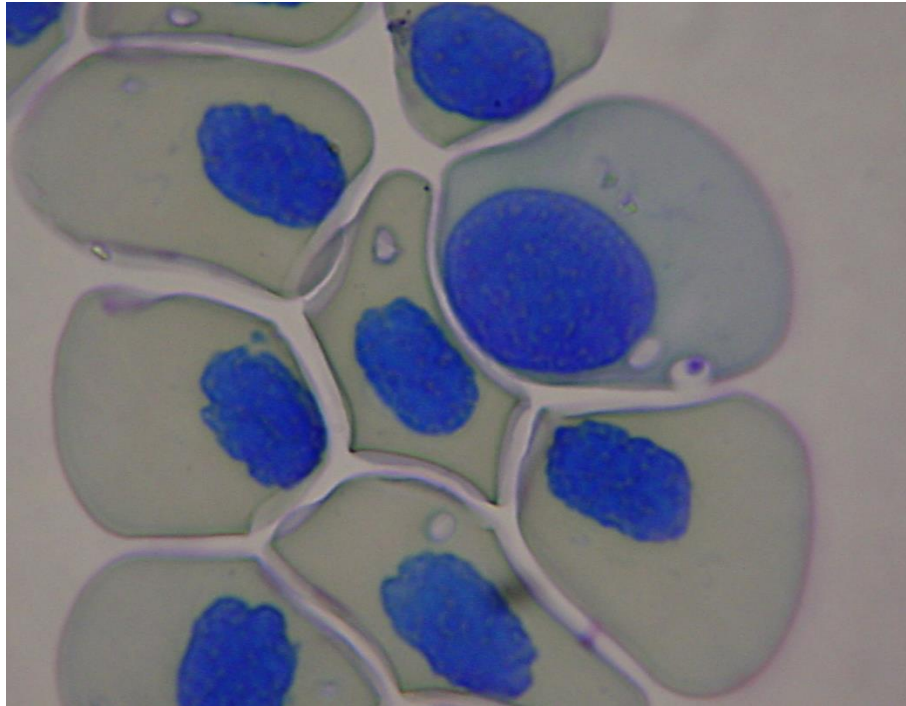


Figura 91. Frotis sanguíneo de Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Eritrocitos maduros. Diff Quik 1000x.

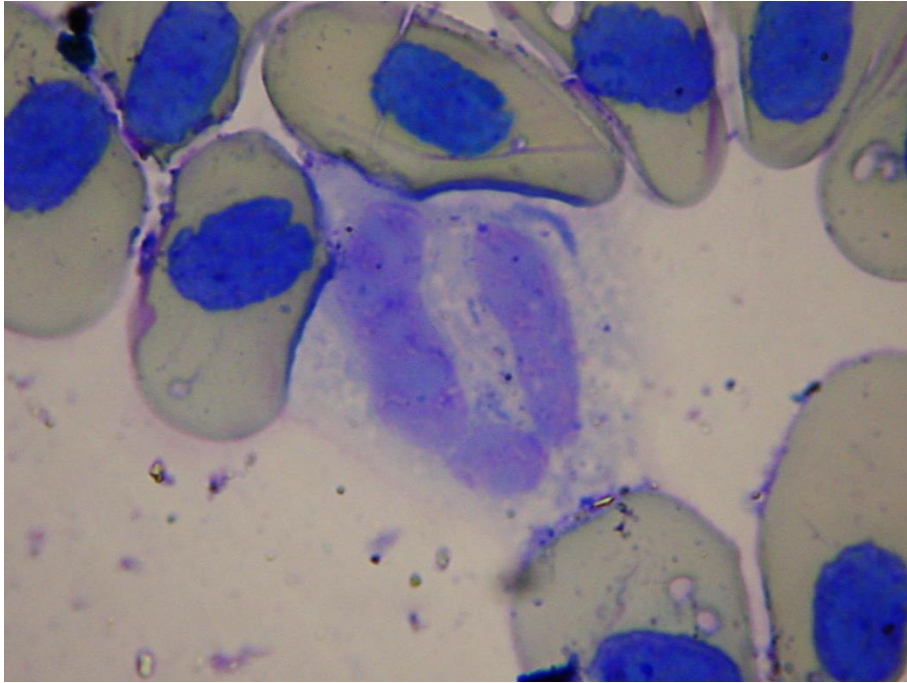


Figura 92. Frotis sanguíneo de Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Neutrófilo. Diff Quik 1000x.

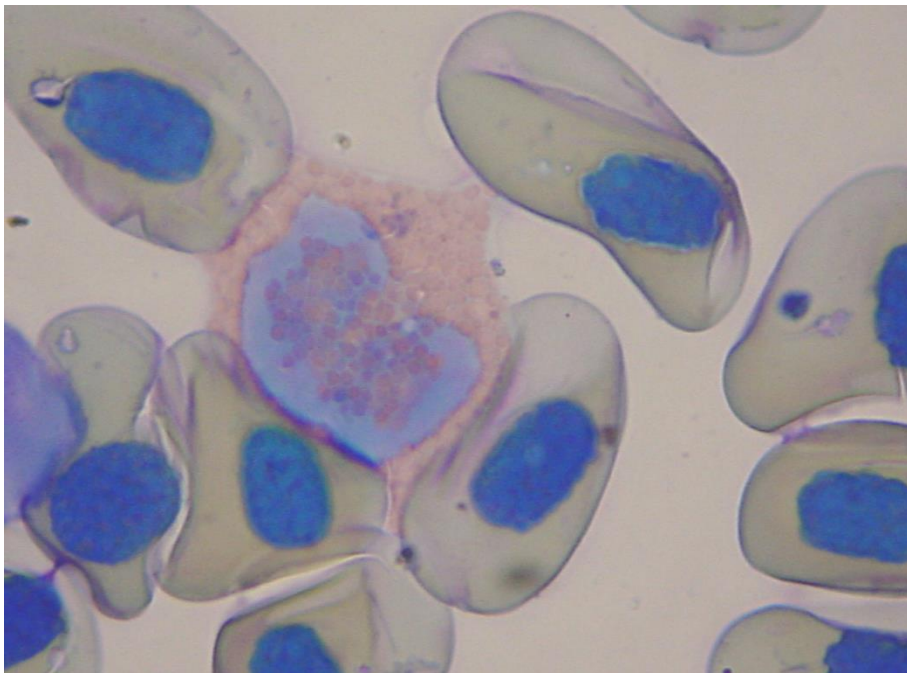


Figura 93. Frotis sanguíneo de Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Eosinófilo. Diff Quik 1000x.

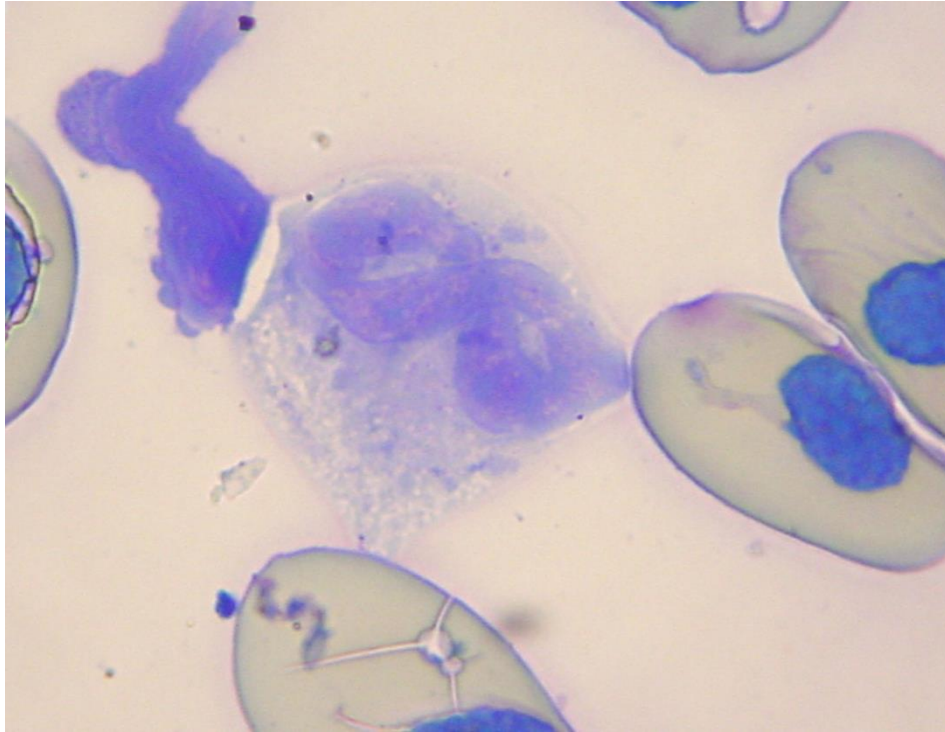


Figura 94. Frotis sanguíneo de Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Neutrófilo. Diff Quik 1000x.

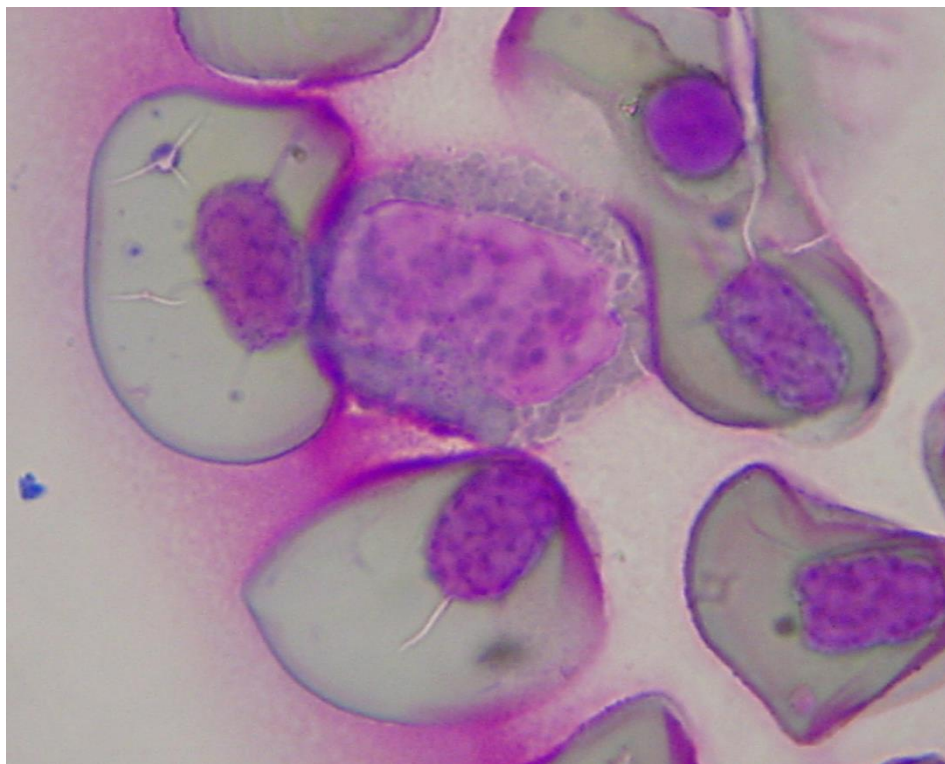


Figura 95. Frotis sanguíneo de Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Basófilo. Diff Quik 1000x.

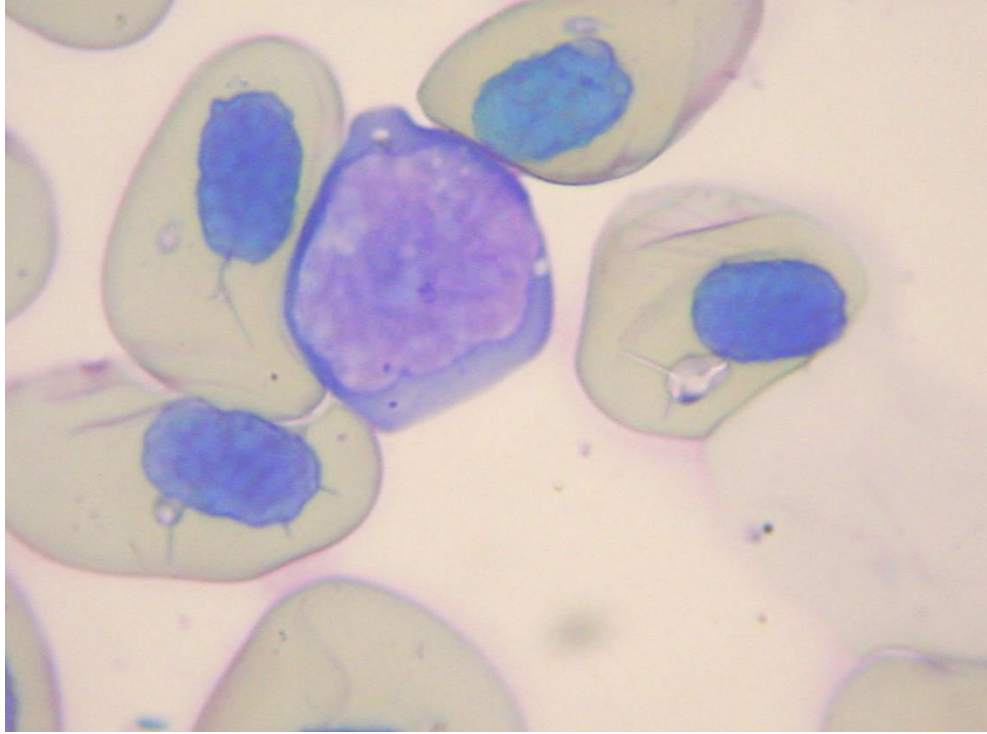


Figura 96. Frotis sanguíneo de Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Linfocito. Diff Quik 1000x.

5.4.3 Reptiles

5.4.3.1 Eritrocitos

Aproximadamente miden $12 \times 5 \mu\text{m}$.³³ Pero también hay publicaciones en las que se señala un tamaño de va de $14 \times 8 \mu\text{m}$ a $23 \times 14 \mu\text{m}$.¹⁵ Son más grandes que los eritrocitos de las aves pero más pequeños que aquellos de los anfibios. En esta clase las especies que poseen los eritrocitos más grandes son la tortuga *Sphenodon punctatus* y los cocodrilos, y los de eritrocitos más pequeños son aquellos de la familia *Lacertidae*.³⁰

Su vida media es de 600 a 800 días. Son células elípticas de polos redondeados aunque pueden observarse casi redondas en algunas tortugas y serpientes.^{15, 31, 32} (Figura 117, 119, 133)

Su núcleo es central y puede ser redondo u oval con márgenes irregulares, orientado en el sentido longitudinal de la célula el cual posee cromatina púrpura densa la cual se condensa más conforme aumenta la edad de la célula. El citoplasma es uniforme y se tiñe de un color naranja-rosa con tinciones de Romanovsky.^{3,10, 15, 23, 25,33, 34} (Figura 105, 115)

En algunas especies de lagartos y quelonios se han encontrado inclusiones citoplasmáticas pequeñas de coloración basófila y se cree que son organelos degenerados.³⁵

Es común observar eritrocitos inmaduros en la circulación, sobre todo de aquellos animales en ecdisis.^{18, 23}

5.4.3.2 Leucocitos

i. Heterófilos.

Son el leucocito más abundante en la sangre de reptiles, principalmente de quelonios y cocodrilos.^{10, 25, 36}

Los heterófilos tienen un tamaño de 10 a 23 μm pero puede variar según la especie, son redondos aunque pueden presentar márgenes irregulares incluso con pseudópodos. Su citoplasma incoloro que contiene gránulos eosinófilos, naranja brillante, refráctiles que son redondos o fusiformes. (Figura 128, 134) En una misma células se pueden observar gránulos refráctiles y opacos. Los gránulos de los heterófilos de cocodrilos suelen ser más grandes que los de lagartos o serpientes, sin embargo se observan en menor en cantidad. Los gránulos de serpientes y tortugas se presentan en gran cantidad incluso ocultando el núcleo de la célula.^{3, 10, 15, 31, 34, 36} (Figura 105, 117A, 120, 143)

En algunas especies los gránulos pueden llegar a verse oscuros o incluso degranulaciones además de presentar núcleo multilobulado y menor tamaño celular durante la hibernación.³³

Su núcleo es excéntrico de morfología redonda u oval y cromatina densamente agrupada. Algunos lagartos como *Iguana iguana* tienen heterófilos con un núcleo lobulado.^{3, 23, 15} (Figura 112)

Funcionalmente se asemejan a los neutrófilos aunque se asemejan a los heterófilos aviares en que dependen en primer lugar en mecanismos independientes de oxígeno para destruir microorganismos fagocitados. Sin

embargo los heterófilos de *Iguana iguana* y *Agama agama* pueden poseer propiedades oxidativas.

Responden rápidamente a inflamación tisular y tienen una importante función de fagocitosis.^{3, 10, 23}

Novoa Fajardo señalan que en *Iguana iguana* se presentan heterófilos y neutrófilos por separado y en un estudio en tortugas *Phrynops hilarii* solo se mencionan neutrófilos en vez de heterófilos.³⁷

ii. Eosinófilos

Los eosinófilos miden de 11 a 17 μm , las víboras presentan grandes eosinófilos y los lagartos eosinófilos pequeños. Son redondos o incluso ovalados con citoplasma azul pálido y un núcleo redondo a oval (lobulado en algunos lagartos y quelonios) el cual puede ser levemente excéntrico.^{3, 10, 15, 23, 25, 31, 38} (Figura 117C, 118)

El citoplasma posee numerosos gránulos esféricos que van de rojo brillante a naranja aunque pueden llegar a observarse de coloración violeta.³⁶ (Figura 110)

Los gránulos de *Iguana iguana*, *Pogona vitticeps*, *Agamidae agama* y algunos lagartos *Tupinambis* pueden tener cierta coloración verde-azul, azul grisáceo o magenta con tinciones de Romanowsky^{3, 10, 14, 15, 23, 25}

En general se diferencian de los heterófilos por sus gránulos más rojizos y redondos, citoplasma basófilo y núcleo redondo y excéntrico.³⁵ (Figura 120)

No todos los reptiles presentan eosinófilos, particularmente serpientes.^{25, 32}

En *Chelydra serpentina* se ha reportado que los eosinófilos son capaces de fagocitar complejos inmunes. En el cocodrilo americano han mostrado actividad fagocítica y microbicida contra *Staphylococcus aureus*.¹¹

Se ha demostrado la actividad antihelmíntica de eosinófilos del lagarto *Ameiva ameiva*. y algunas tortugas.³⁹

iii. Basófilos

En algunas especies de tortugas son el leucocito más abundante.^{15, 25, 32}

Los basófilos son pequeños, de 8 a 15 μm de diámetro, los lagartos suelen tener basófilos pequeños a diferencia de aquellos de tortugas y cocodrilos. Son redondos y contienen gránulos citoplasmáticos redondos basófilos. Los gránulos pueden disolverse con tinciones como Diff Quick lo cual haría que la célula presentara citoplasma vacuolado. (Figura 97, 129) El núcleo por lo general es ocultado por dichos gránulos pero cuando es visible se aprecia redondo u oval y levemente excéntrico.^{3, 23, 27, 34} (Figura 112, 115, 118, 140)

Se ha reportado la presencia de lóbulos en algunos quelonios.³⁷

Debe tenerse cuidado de no confundir un basófilo con un heterófilo con granulaciones tóxicas las cuales son basófilas.^{25, 31}

iv. Linfocitos

En muchas especies de reptiles esta célula es la más abundante en circulación como algunos lagartos, dragón de agua chino y serpientes como la Boa común. Los linfocitos son células redondas que pueden ser pequeñas, de 5 a 10 μm , o grandes de 15 μm o más y pueden observarse irregulares pues su forma puede

distorsionarse por las células adyacentes. (Figura 116, 120, 128) Los linfocitos pequeños pueden confundirse con trombocitos.(Figura 108, 113D) El núcleo es redondo central a veces un poco edentado o incluso un poco excéntrico, su cromatina está fuertemente unida. Su citoplasma es homogéneo muy levemente basófilo. Es normal encontrar gránulos citoplasmáticos azurófilos o hialinos en algunos linfocitos. En general los linfocitos poseen una gran relación núcleo citoplasma.^{3, 10, 23, 36, 38,34, 35, 40} (Figura 141)

v.Monocitos

Los monocitos suelen ser los leucocitos más grandes, aproximadamente 17 x 14 µm, varían en su forma desde redondos hasta una forma ameboidea, su núcleo también varía de forma pues puede observarse redondo, oval, lobulado o arriñonado. Su cromatina es menos densa que la de los linfocitos. Poseen abundante citoplasma y se tiñe con un pálido azul grisáceo aunque puede ser un poco opaco y espumoso. Además en el citoplasma pueden llegar a verse material fagocitado, vacuolas o gránulos azurófilos.^{3, 23, 33} (Figura 119, 125, 129, 136, 139)

vi.Azurófilos

Son células que solo se encuentran en los reptiles y entre estos se hallan en mayor número en los órdenes Squamata y Crocodilia y en menor cantidad en los Testudines. En algunas especies de la familia Boidae el azurófilo es el leucocito predominante.^{11, 14, 41}

Son células redondas con un citoplasma azul grisáceo de bordes irregulares, su núcleo es redondo u oval aunque puede llegar a observarse bilobulado, en

posición excéntrica con cromatina densa, a veces se puede observar un pequeño nucléolo. En el citoplasma pueden observarse pequeños y finos gránulos de coloración que puede ir de azurófila a púrpura. Es posible encontrar vacuolas citoplasmáticas y llegan a presentar pseudópodos. Se diferencian de los monocitos al ser más pequeños y poseer un citoplasma más oscuro.^{3, 31, 32, 34, 36, 42, 43} (Figura 111, 132, 133)

Citoquímicamente los azurófilos de serpientes son semejantes a los neutrófilos mamíferos pero los de los lagartos son semejantes a los monocitos.

Su número se ve aumentado en inflamación e infecciones bacterianas agudas.⁴³

vii. Trombocitos

Los trombocitos son células más pequeñas que los eritrocitos, aproximadamente 6.5 x 5.5 μm , elípticos o fusiformes y tienen un núcleo central de forma oval o redonda y con cromatina densa. En algunos trombocitos el núcleo presenta una línea pálida en todo lo ancho. El citoplasma por lo general es incoloro o de un tenue color azul además puede contener algunos gránulos azurófilos. Cuando están activados se agrupan y su volumen citoplasmático se reduce hasta incluso parecer que carecen de citoplasma además de que los márgenes se vuelven irregulares hasta incluso llegar a presentar pseudópodos así como pueden presentarse vacuolas.^{3, 10, 15, 23,25, 31, 33} (Figura 103, 106, 121, 133, 134)

Poseen importancia en la hemostasis como las plaquetas de mamíferos, además también se les reconoce actividad fagocítica e incluso de transporte de oxígeno en casos de anemia.³⁴

CROCODILIOS

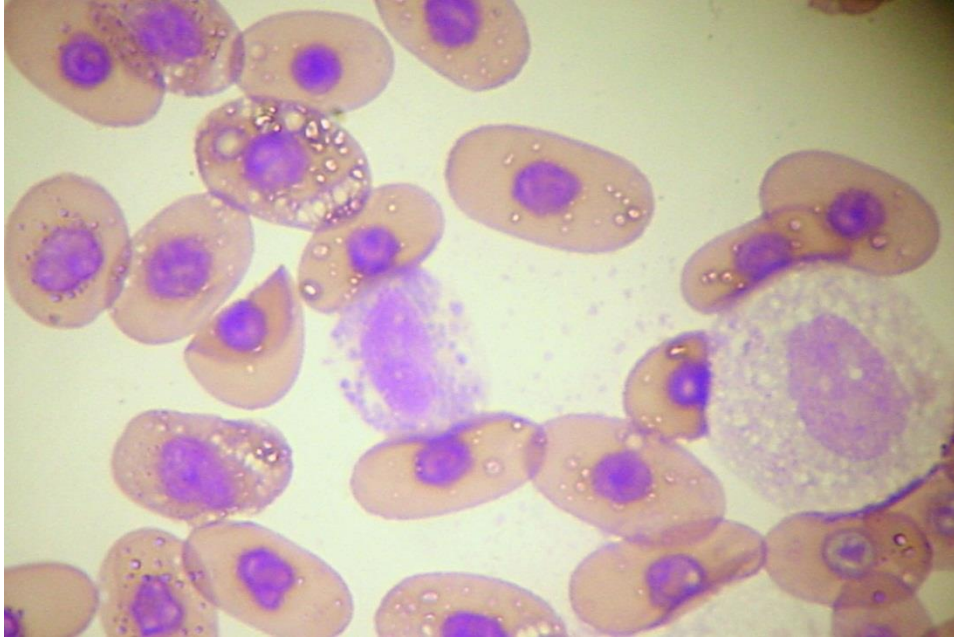


Figura 97. Frotis sanguíneo de Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Heterófilo (derecha) y basófilo en el centro. Diff Quik 1000x.

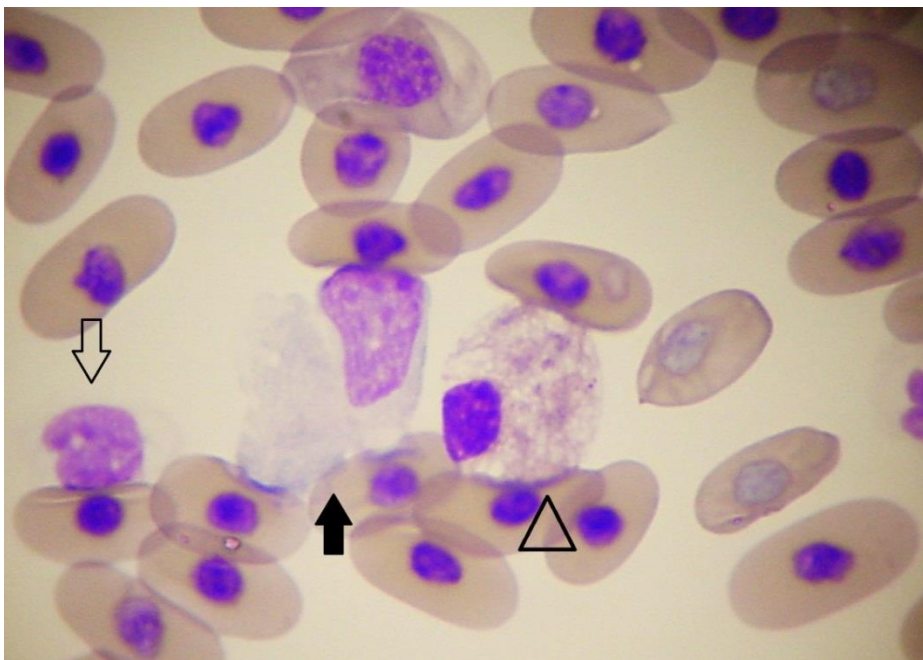


Figura 98. Frotis sanguíneo de Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Heterófilo (cabeza de flecha), monocito (flecha oscura) y trombocito (flecha clara). Diff Quik 1000x.

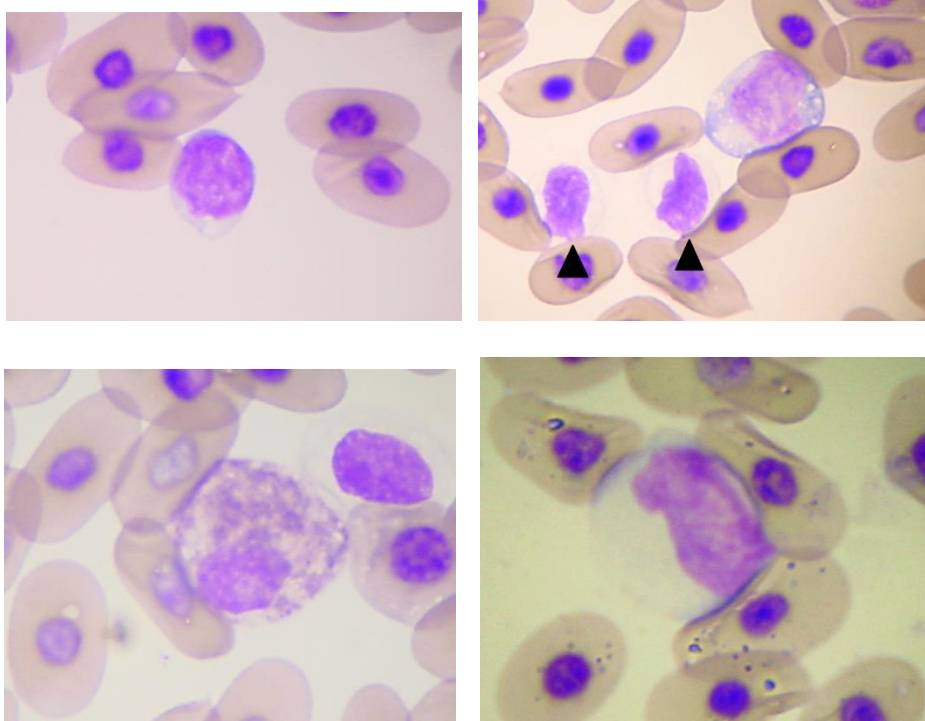


Figura 99. Frotis sanguíneo de Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Arriba izquierda: linfocito. Arriba derecha: monocito y dos trombocitos. Abajo izquierda: basófilo. Abajo derecha: linfocito. Diff Quik 1000x.

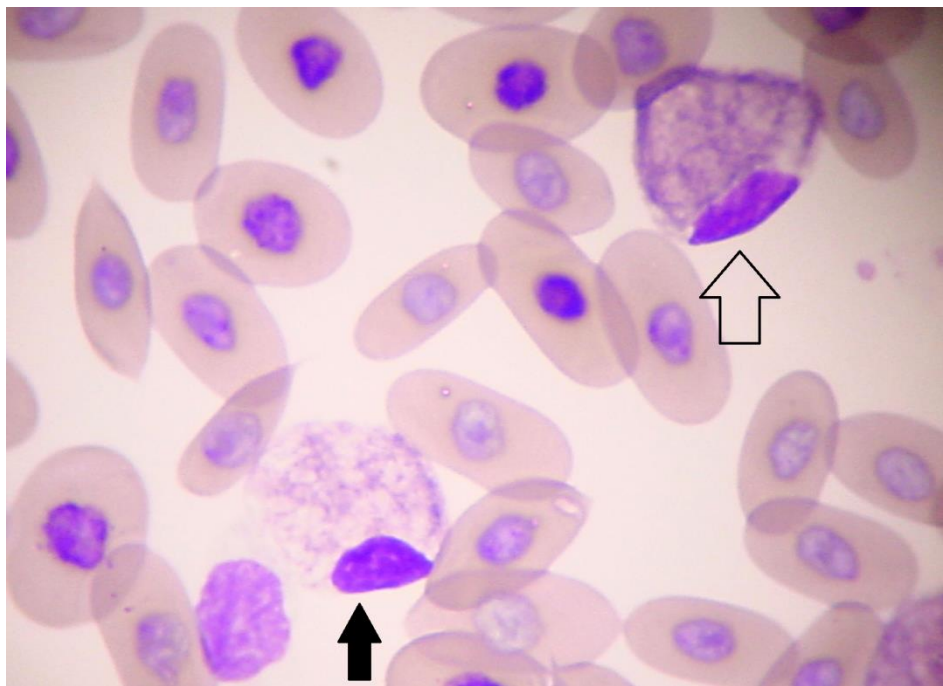


Figura 100. Frotis sanguíneo de Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Heterófilo (flecha oscura) y basófilo (flecha clara). Diff Quik 1000x.

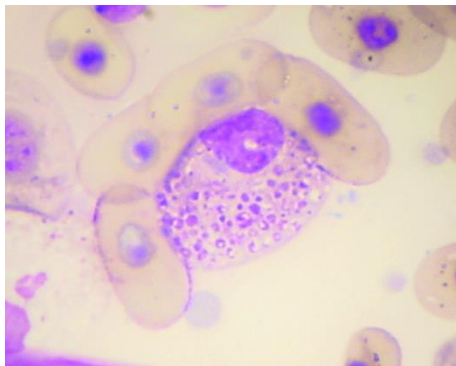
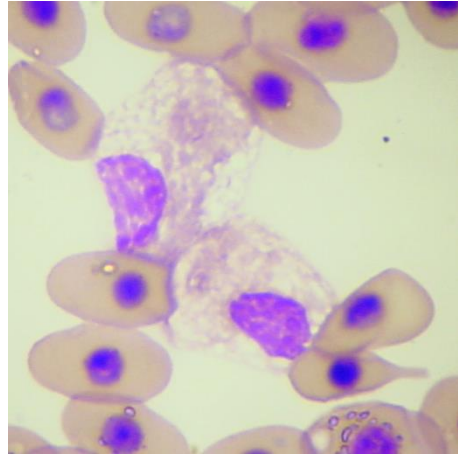
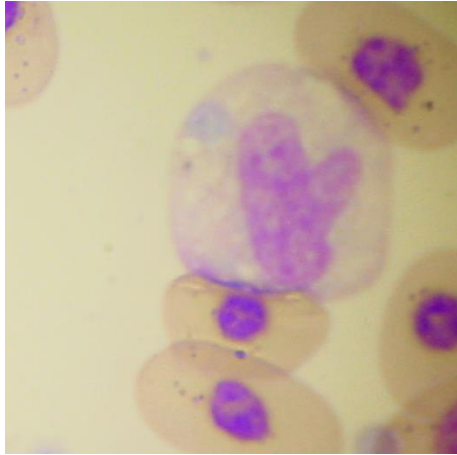


Figura 101. Frotis sanguíneo de Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreleti*). Arriba izquierda: monocito. Arriba derecha: heterófilos. Abajo: basófilo. Diff Quik 1000x.

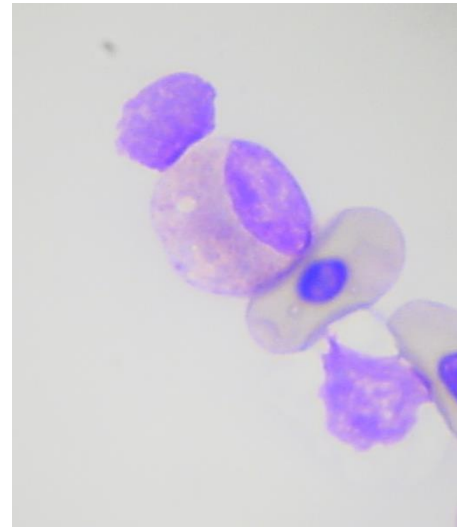
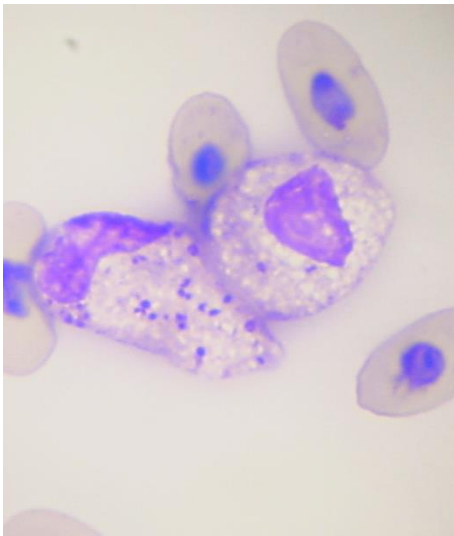
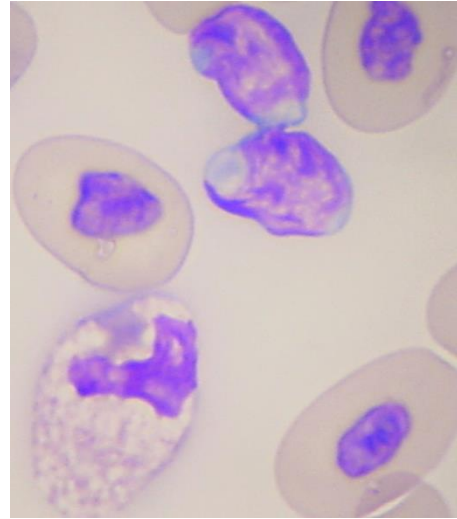
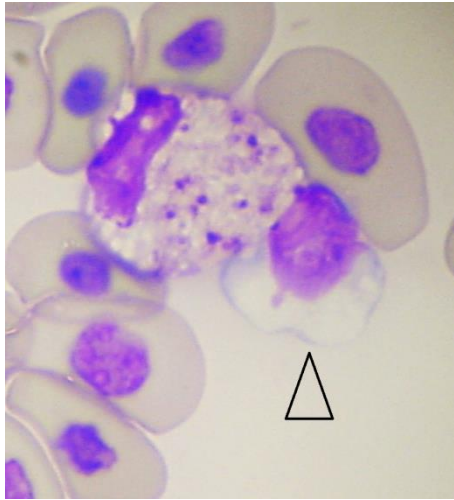


Figura 102. Frotis sanguíneo de Caimán (*Caiman*). Arriba izquierda: linfocito (cabeza de flecha) y basófilo. Arriba derecha: heterófilo y dos linfocitos. Abajo izquierda: dos basófilos. Abajo derecha: monocito. Diff Quik 1000x.

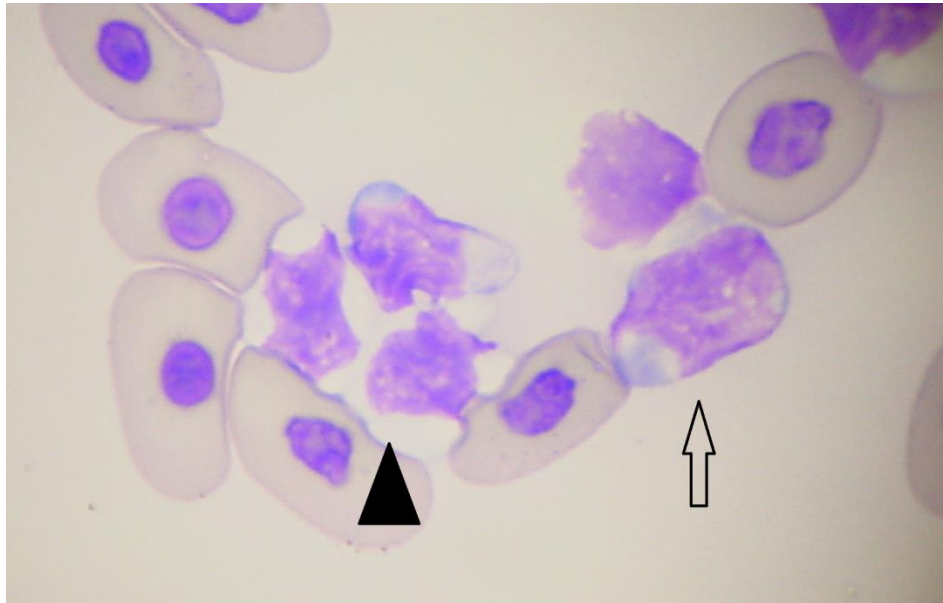


Figura 103. Frotis sanguíneo de Caimán (*Caiman*). Trombocitos (cabeza de flecha) y linfocito (flecha clara) Diff Quik 1000x.

LAGARTOS

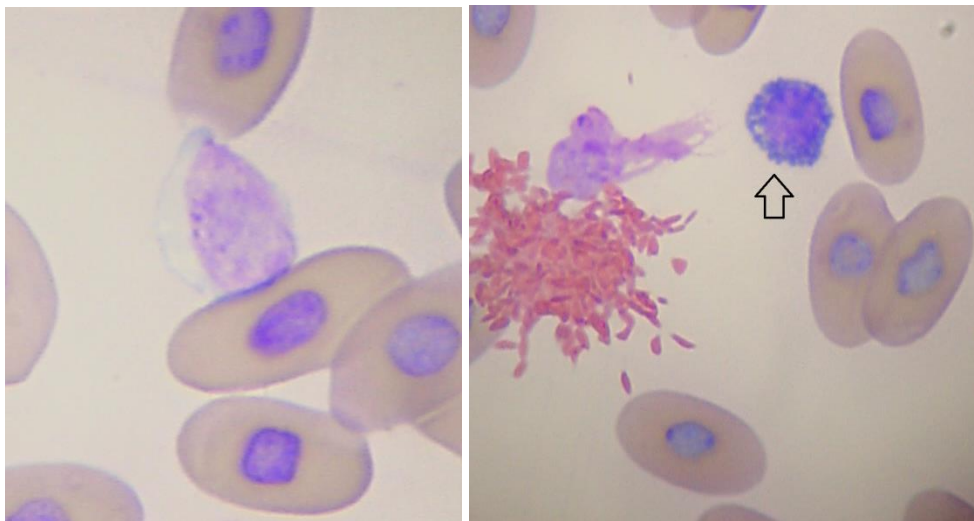


Figura 104. Frotis sanguíneo de Varano del Nilo (*Varanus niloticus*). Izquierda: linfocito. Derecha: basófilo (flecha) y heterófilo roto. Diff Quik 1000x.

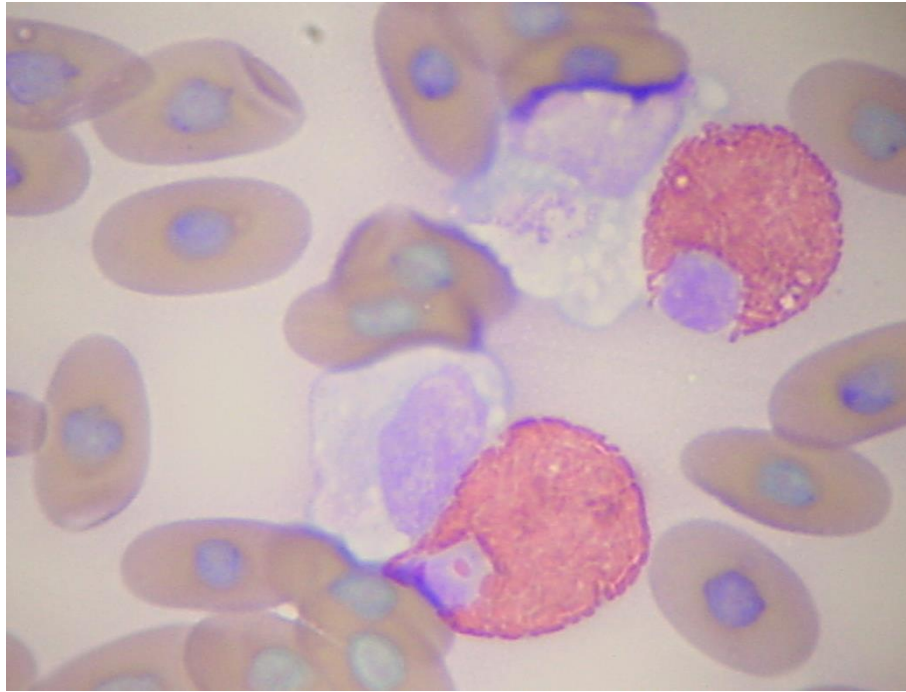


Figura 105. Frotis sanguíneo de Varano del Nilo (*Varanus niloticus*). Dos heterófilos y dos monocitos. Diff Quik 1000x.

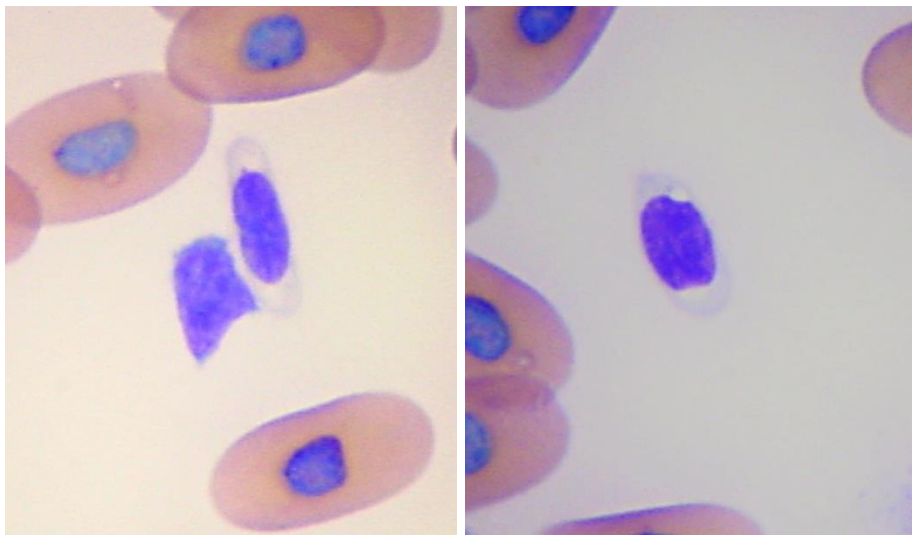


Figura 106. Frotis sanguíneo de Varano del Nilo (*Varanus niloticus*). Trombocitos. Diff Quik 1000x.

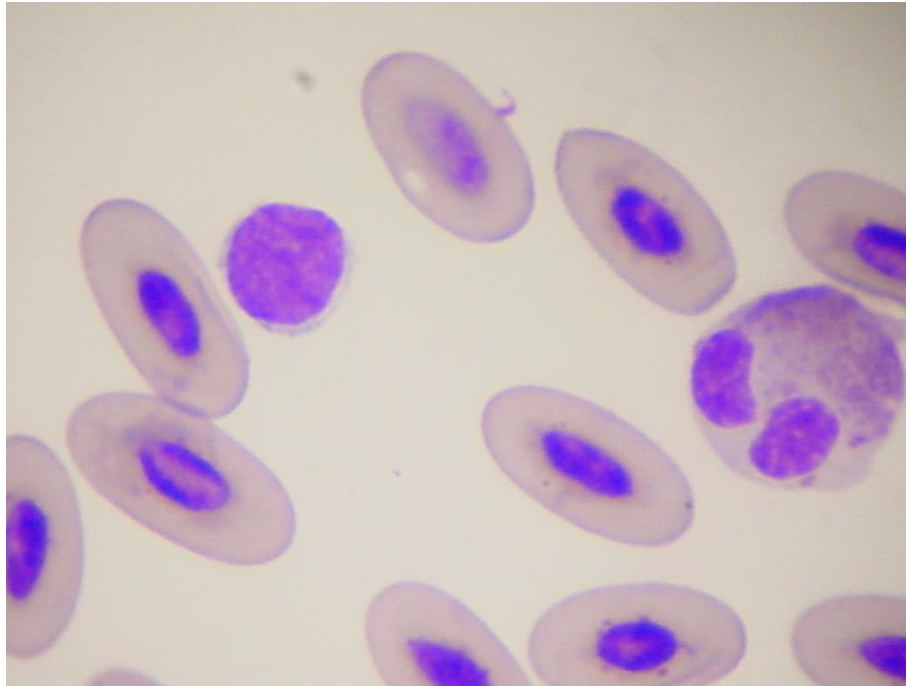


Figura 107. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Heterófilo (derecha) y linfocito (izquierda). Diff Quik 1000x.

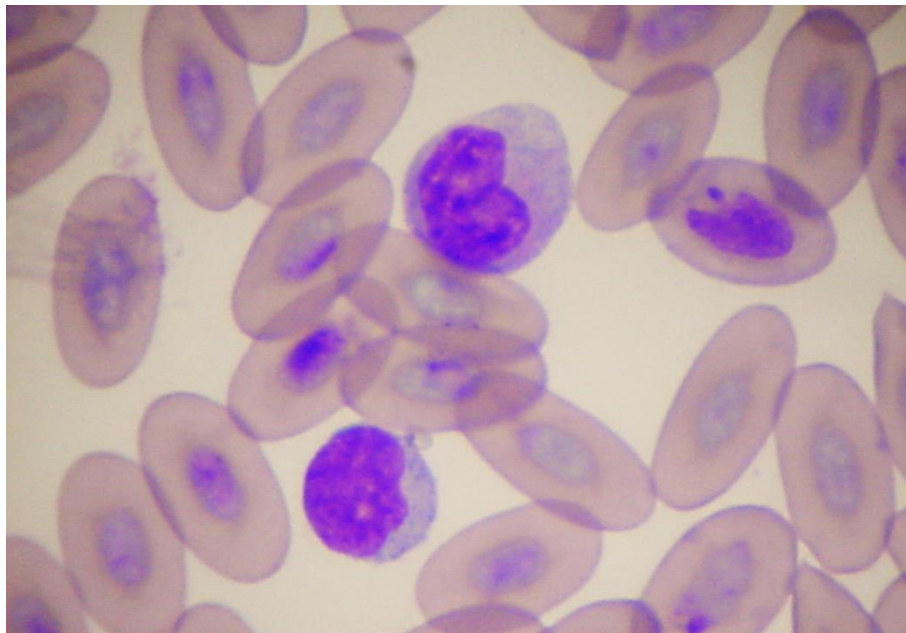


Figura 108. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Monocito (arriba) y linfocito (abajo). Diff Quik 1000x.

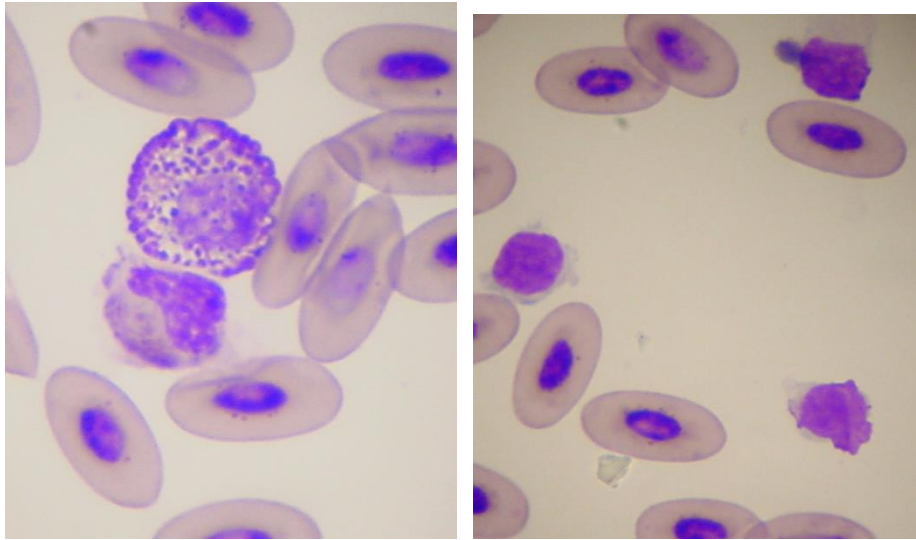
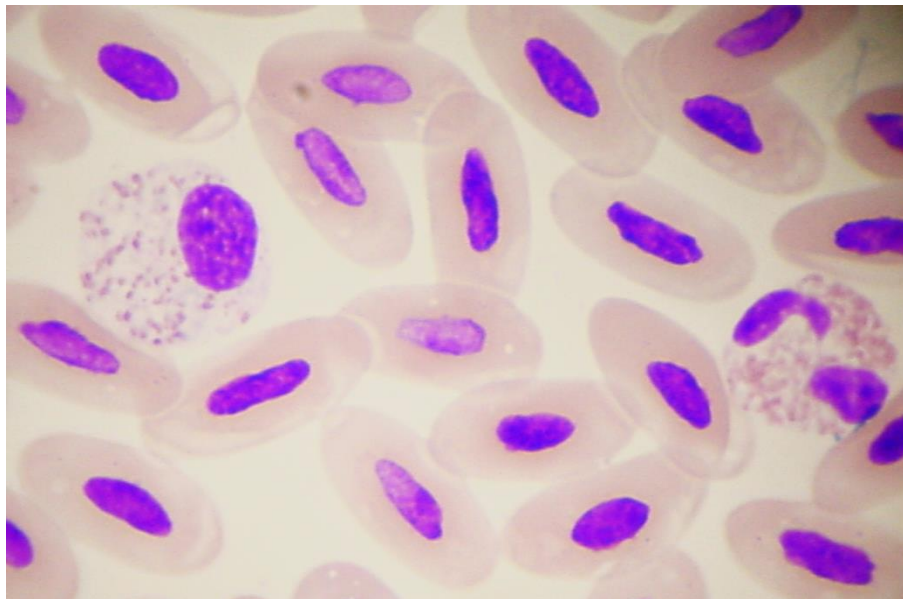


Figura 109. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Basófilo y heterófilo (izquierda) y trombocitos (derecha). Diff Quik 1000x.



Fifrua 110. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Eosinófilo (izquierda) y heterófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

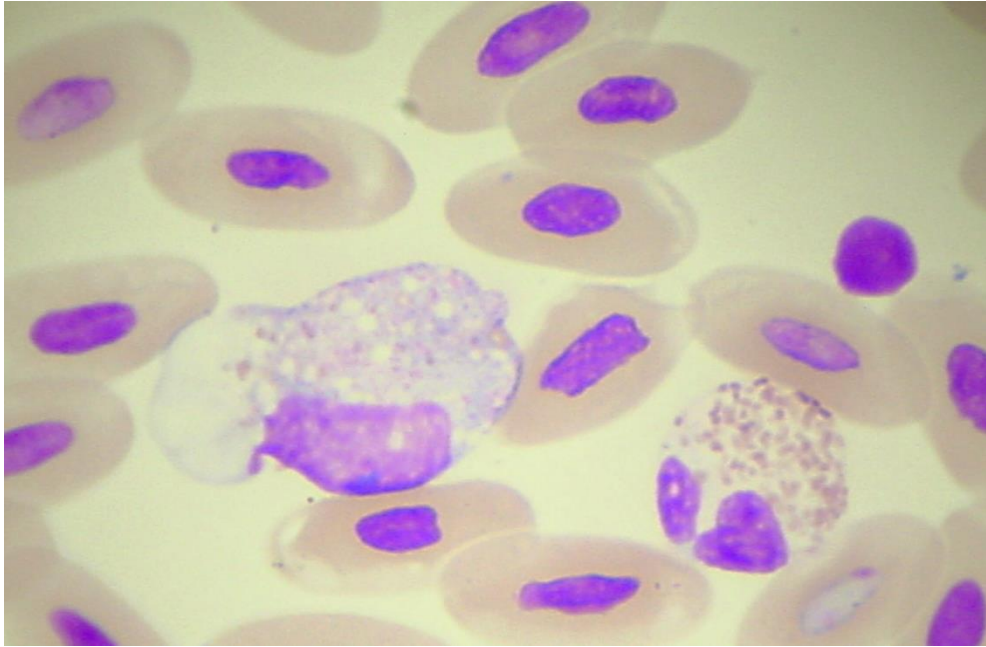


Figura 111. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Monocito vacuolado y con granulaciones azurófilas (izquierda) y heterófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

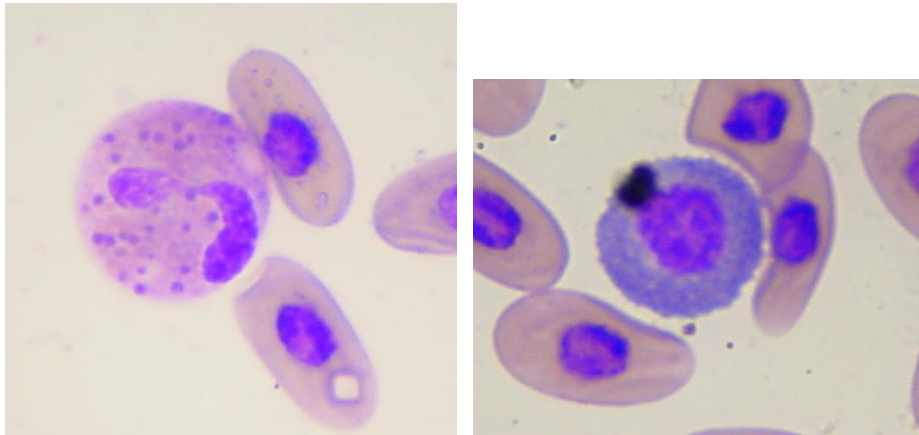


Figura 112. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Heterófilo (izquierda) y basófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

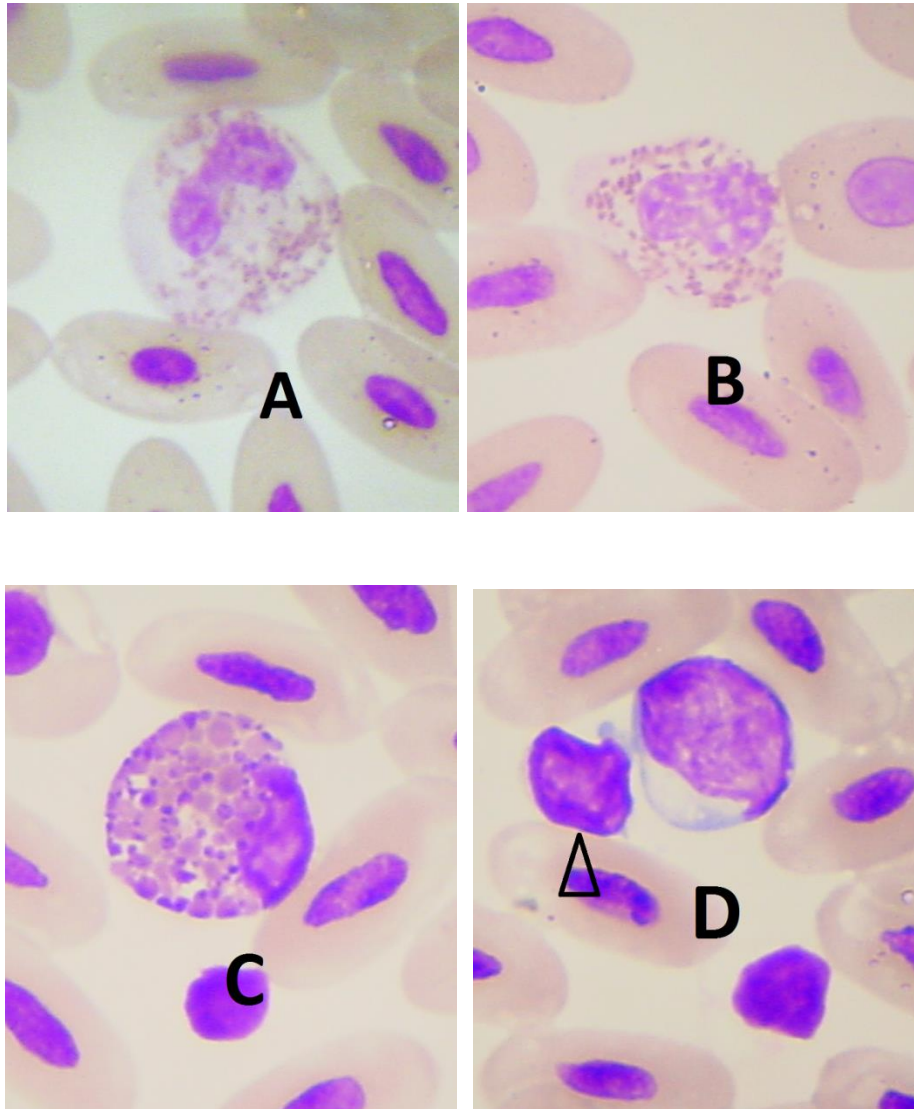


Figura 113. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). A y B heterófilos. C: Basófilo
D: Trombocito (cabeza de flecha) y linfocito. Diff Quik 1000x.

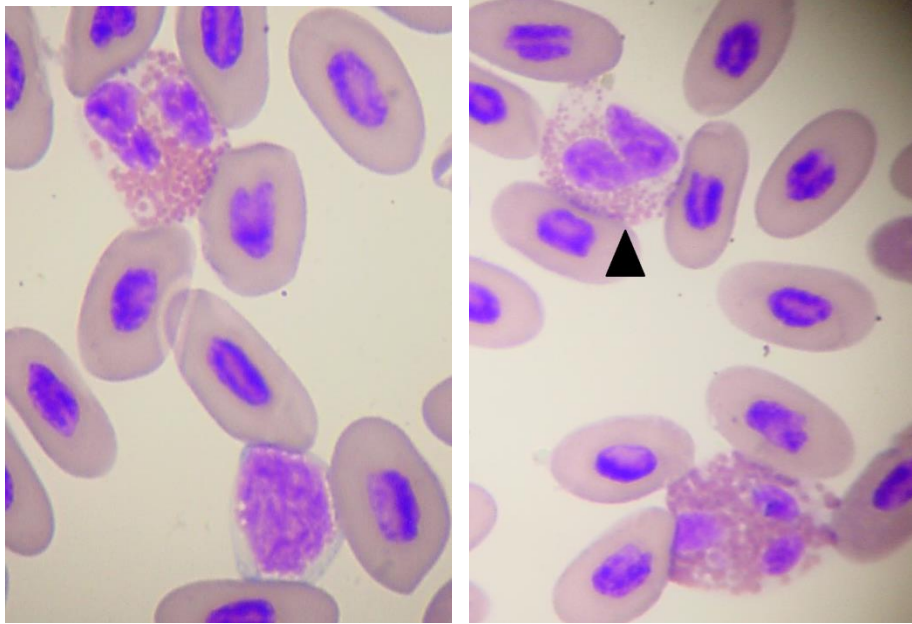


Figura 114. Frotis sanguíneo de Iguana verde (*Iguana iguana*). Izquierda: heterófilo y linfocito.
Derecha: eosinófilo (cabeza de flecha) y heterófilo. Diff Quik 1000x.

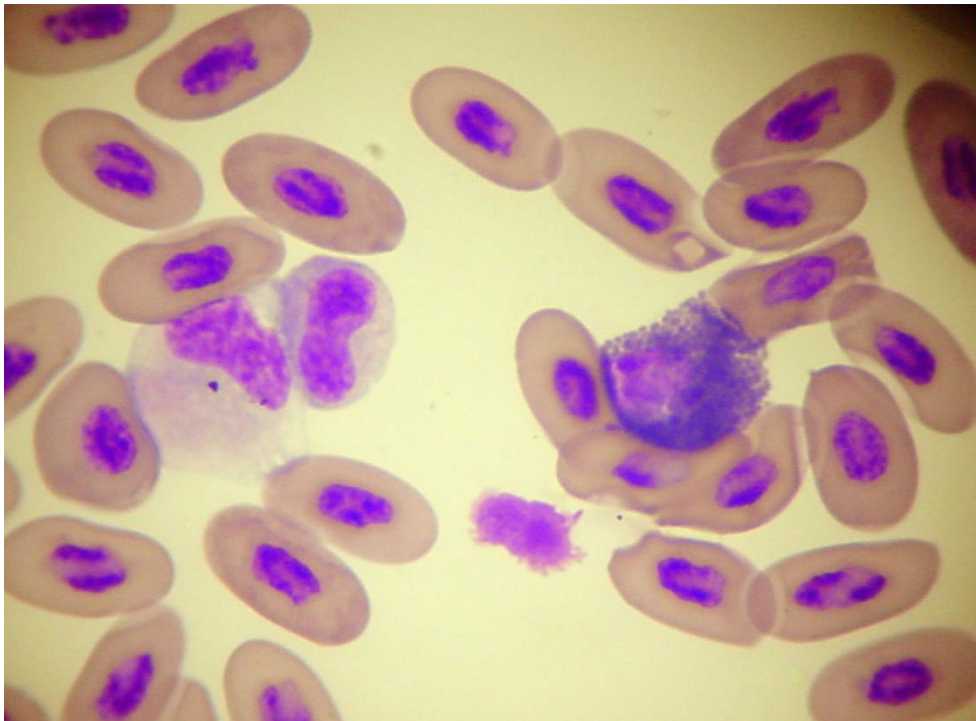


Figura 115. Frotis sanguíneo de Iguana verde (*Iguana iguana*). Dos monocitos y basófilo. Diff Quik 1000x.

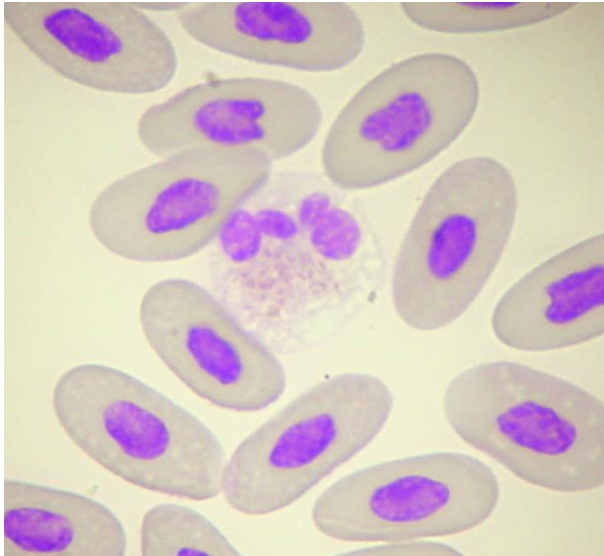
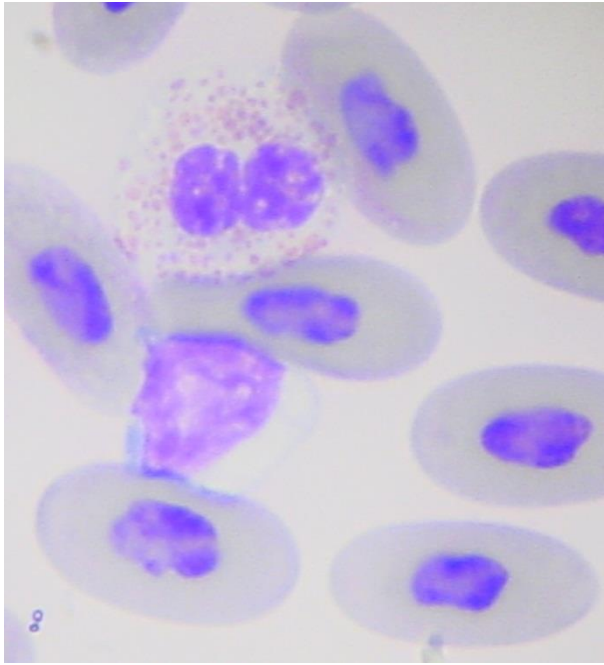


Figura 116. Frotis sanguíneo de Iguana verde (*Iguana iguana*). Arriba: eosinófilo y linfocito. Abajo: heterófilo degranulado. Diff Quik 1000x.

QUELONIOS

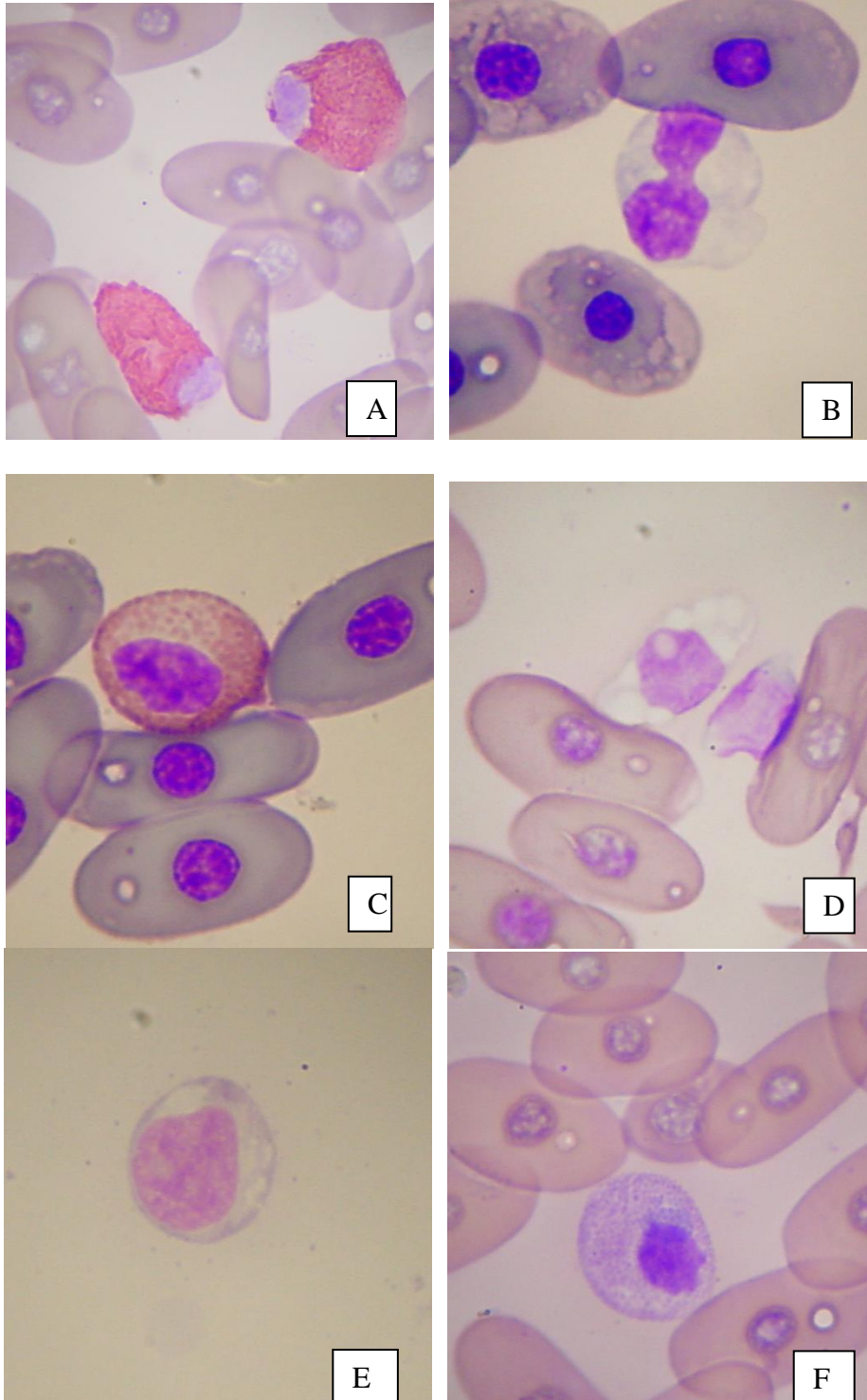


Figura 117. Frotis Sanguíneo de Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*). A: heterófilos. B: monocito. C: Eosinófilo. D: Trombocito y linfocito pequeño. E: Linfocito. F: Basófilo. Diff Quik 1000x.

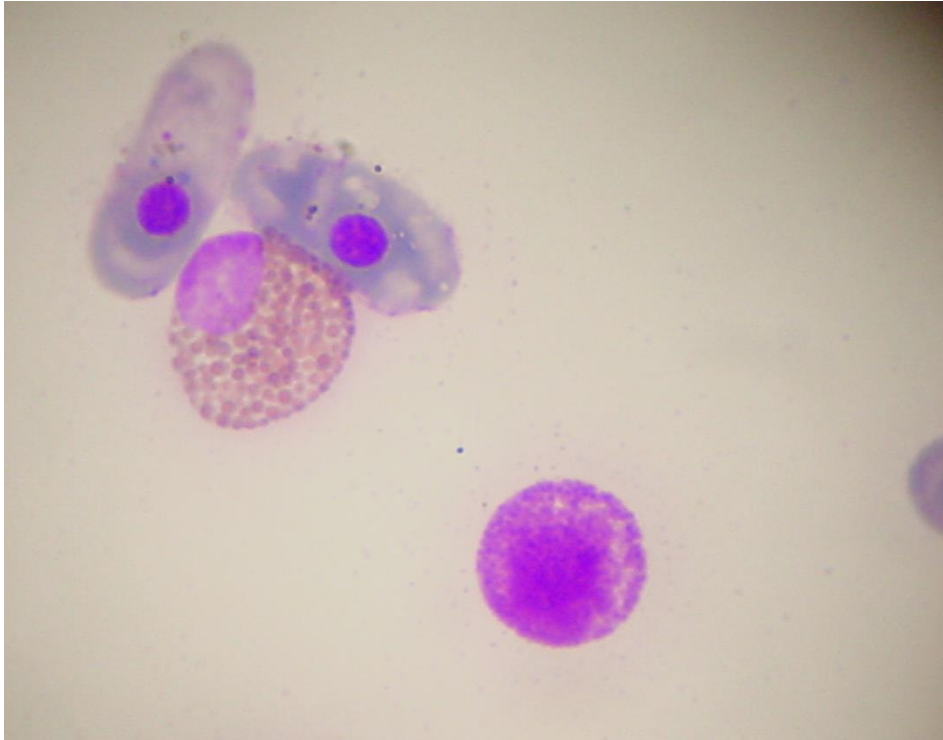


Figura 118. Frotis Sanguíneo de Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*). Eosinófilo y basófilo. Diff Quik 1000x.

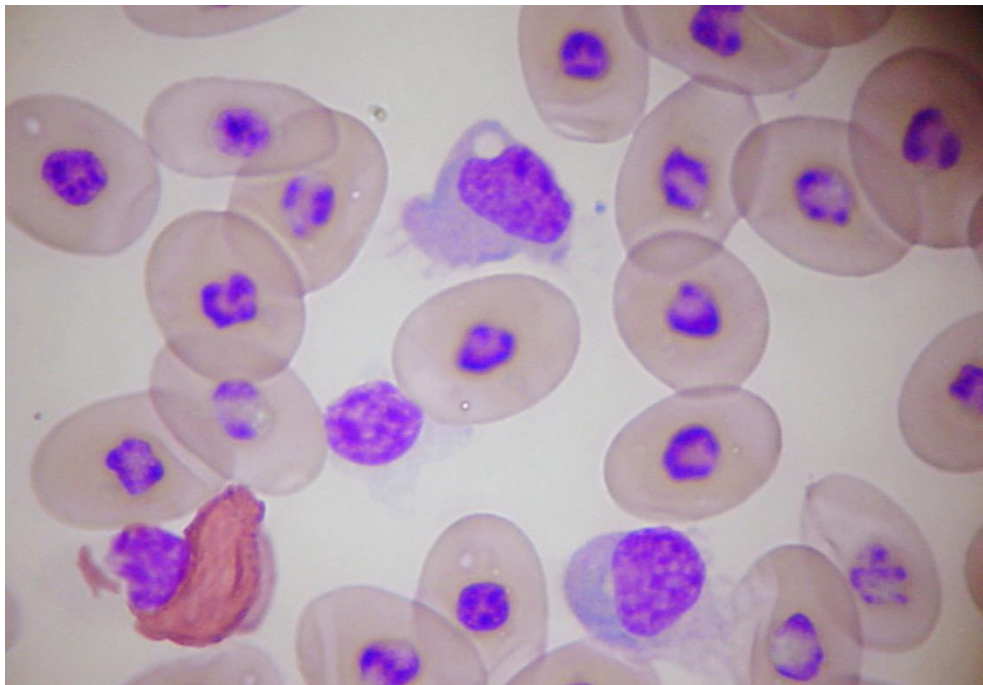


Figura 119. Frotis sanguíneo de Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*). Heterófilo y dos monocitos. Diff Quik 1000x.

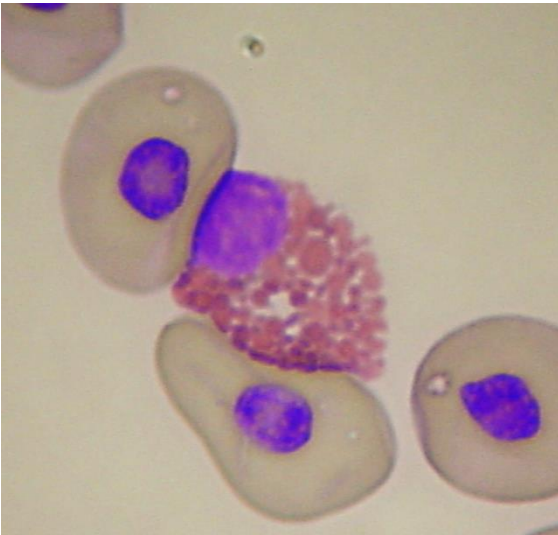
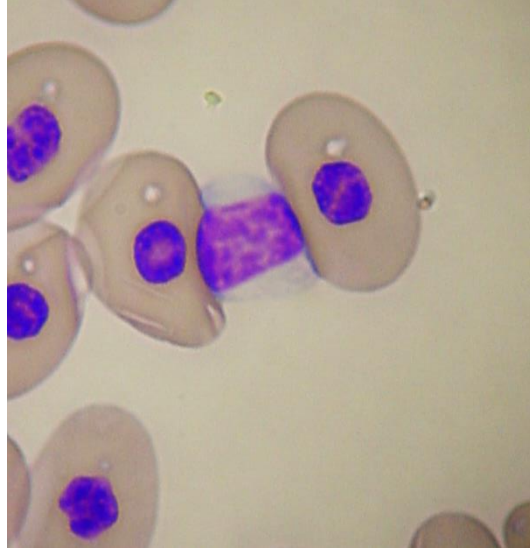
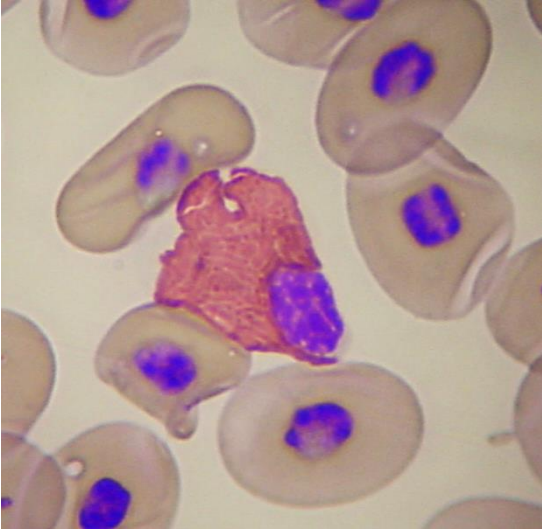


Figura 120. Frotis sanguíneo de Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*). Arriba: heterófilo y linfocito. Abajo: eosinófilo. Diff Quik 1000x.

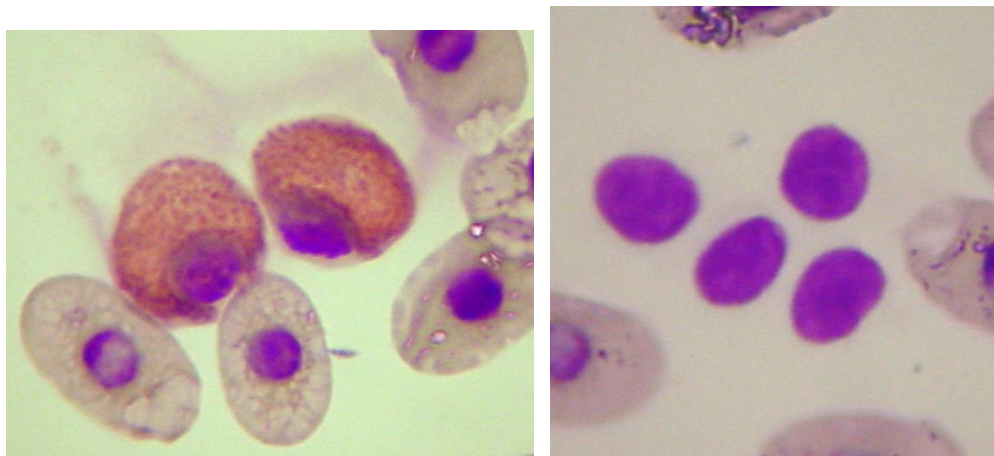


Figura 121. Frotis sanguíneo de tortuga africana de espolones (*Geochelone sulcata*). Heterófilos (izquierda) y trombocitos (derecha). Diff Quik 1000x.

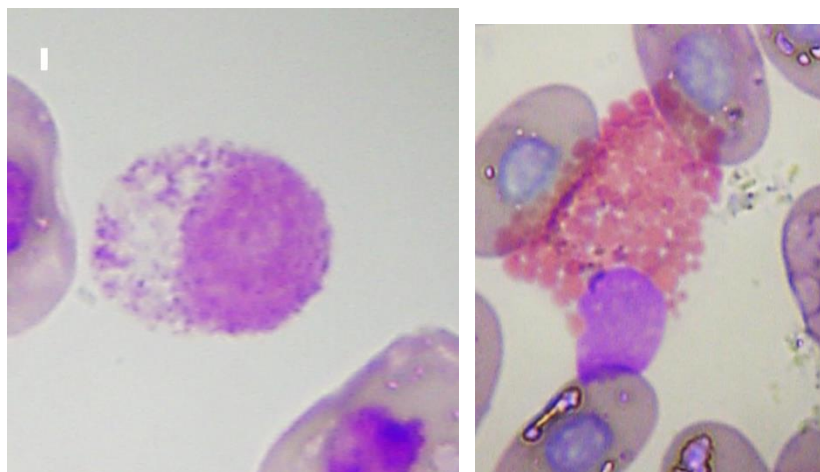


Figura 122. Frotis sanguíneo de tortuga africana de espolones (*Geochelone sulcata*). Basófilo (izquierda) y eosinófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

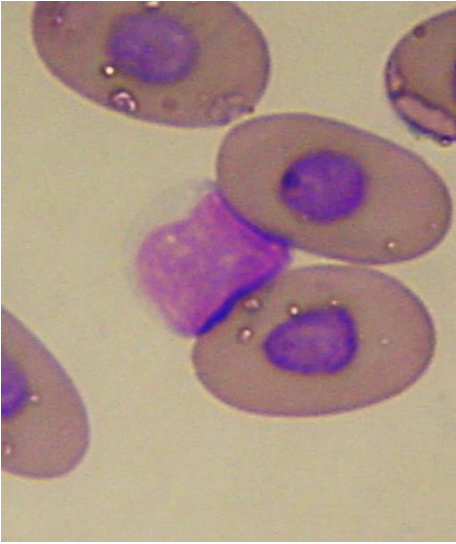


Figura 123. Frotis sanguíneo de tortuga africana de espolones (*Geochelone sulcata*). Linfocito. Diff Quik 1000x.

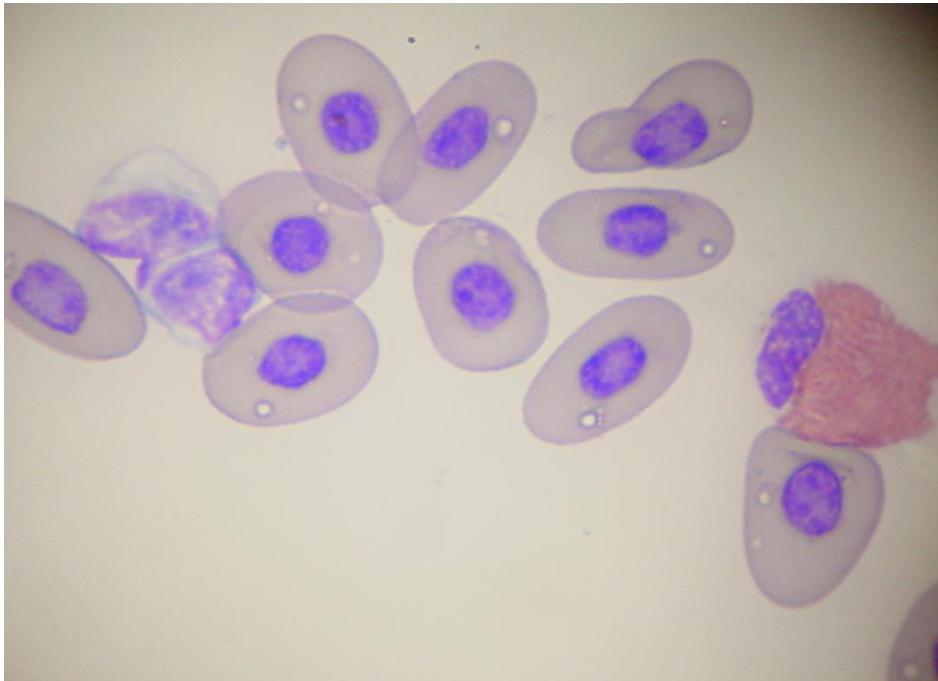


Figura 124. Frotis sanguíneo de Tortuga de orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*). Dos linfocitos (izquierda) y un heterófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

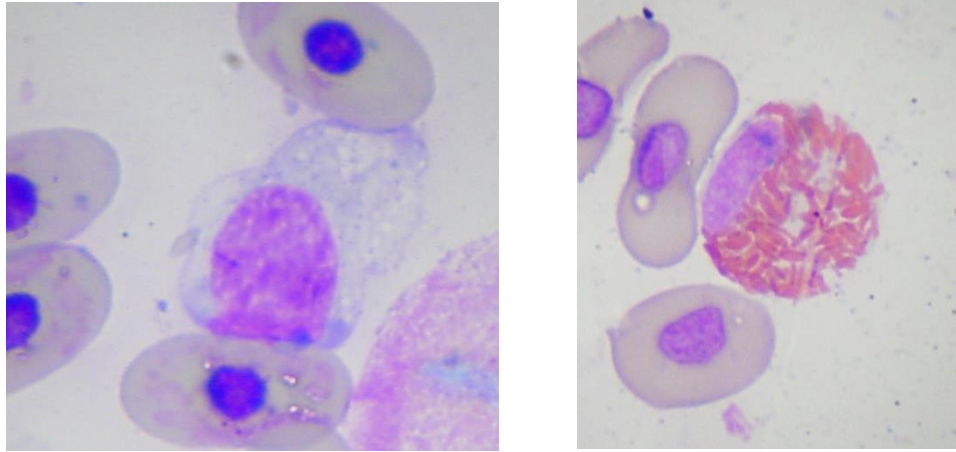


Figura 125. Frotis sanguíneo de Tortuga de orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*). Monocito (izquierda) y heterófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

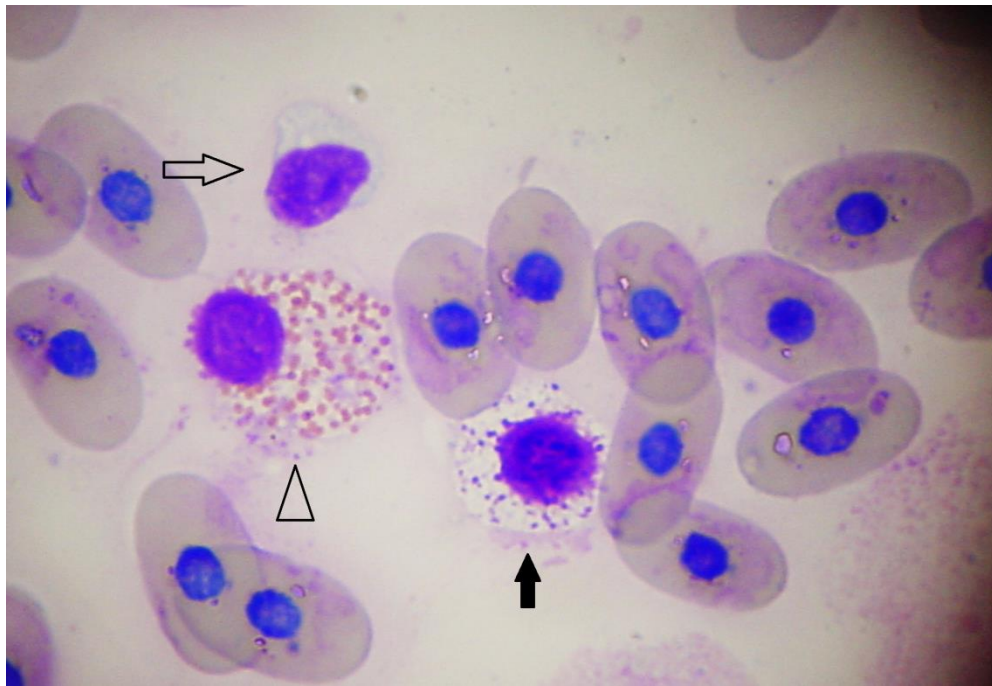


Figura 126. Frotis sanguíneo de Tortuga de orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*). Eosinófilo (cabeza de flecha), trombocito (flecha clara) y basófilo (flecha oscura). Diff Quik 1000x.

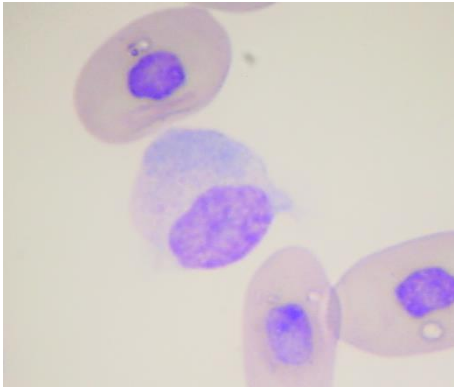


Figura 127. Frotis sanguíneo de Tortuga de orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*). Monocito con granulaciones azurófilas. Diff Quik 1000x.

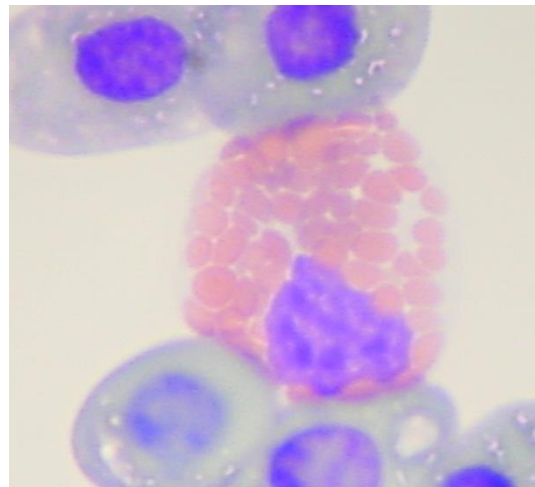
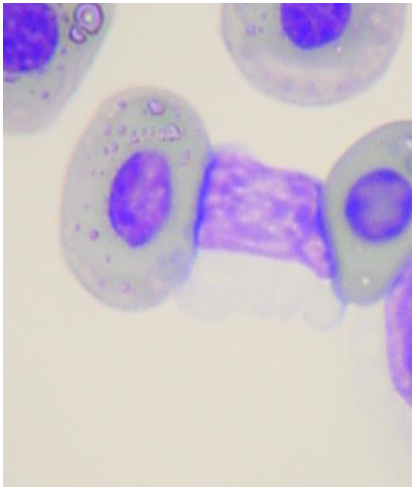


Figura 128. Frotis sanguíneo de Tortuga patas amarillas (*Chelonia denticulata*). Linfocito (izquierda), heterófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

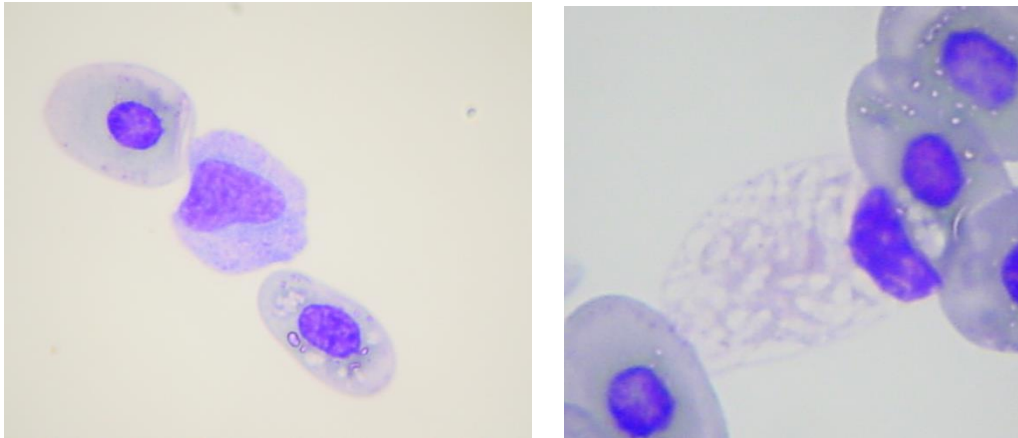


Figura 129. Frotis sanguíneo de Tortuga patas amarillas (*Chelonia denticulata*). Monocito entre dos eritrocitos (izquierda) y basófilo degranulado (derecha). Diff Quik 1000x.

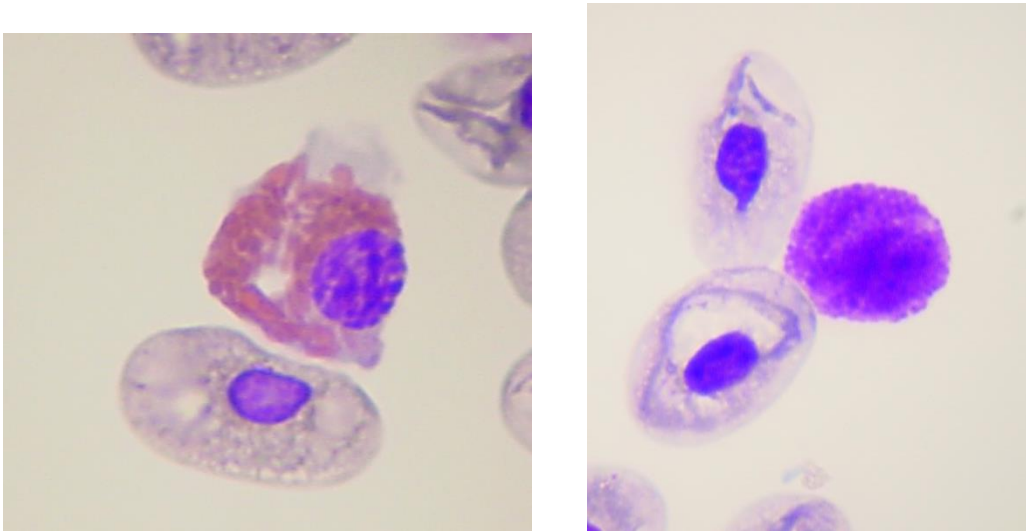


Figura 130. Frotis sanguíneo de Tortuga de concha blanda (*Pelodiscus sinensis*). Heterófilo (izquierda) y basófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

OFIDIOS

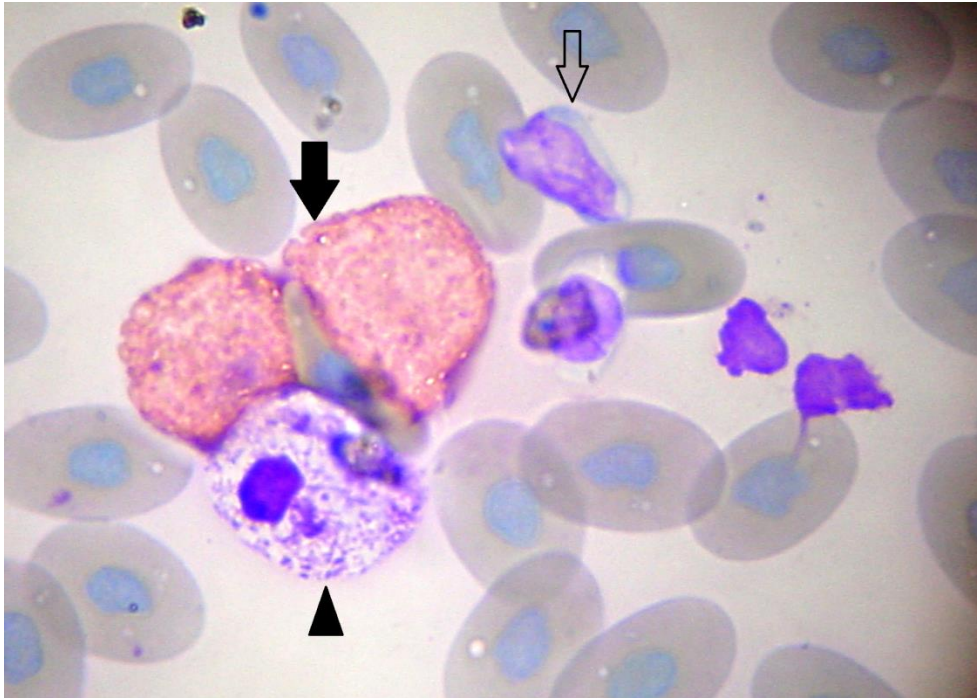


Figura 131. Frotis sanguíneo de *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Heterófilos (flecha oscura), linfocito (flecha clara) y basófilo (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

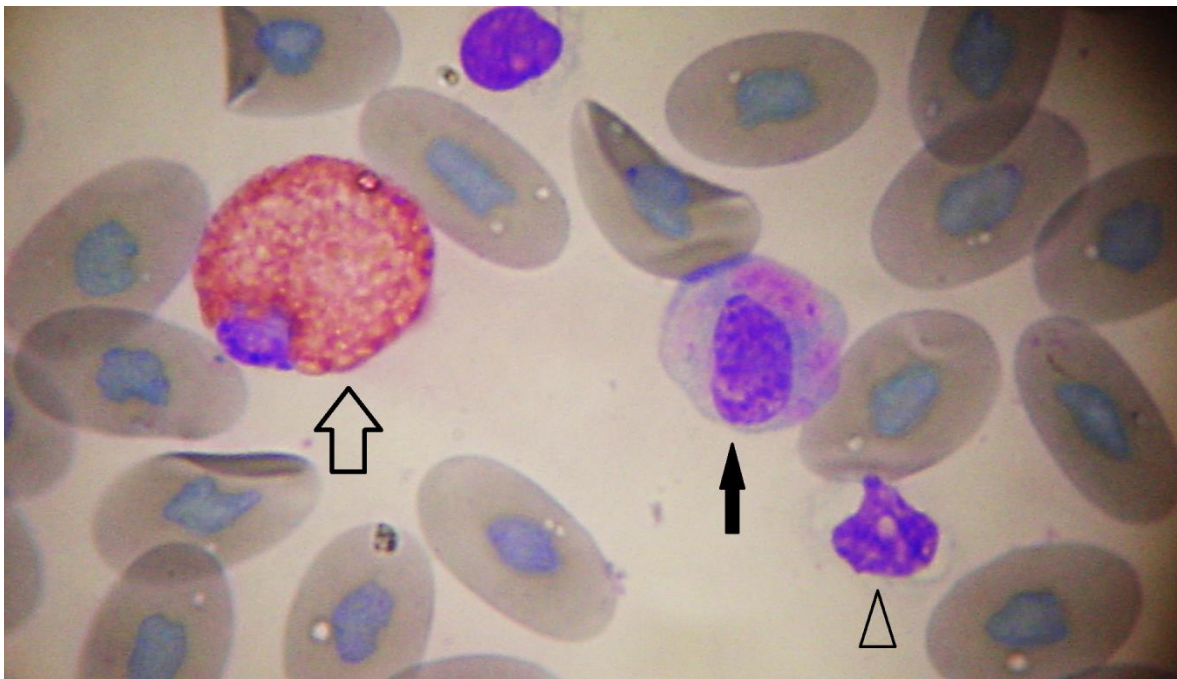


Figura 132. Frotis sanguíneo de *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Heterófilo (flecha clara), trombocito (cabeza de flecha) y azurófilo (flecha oscura). Diff Quik 1000x.

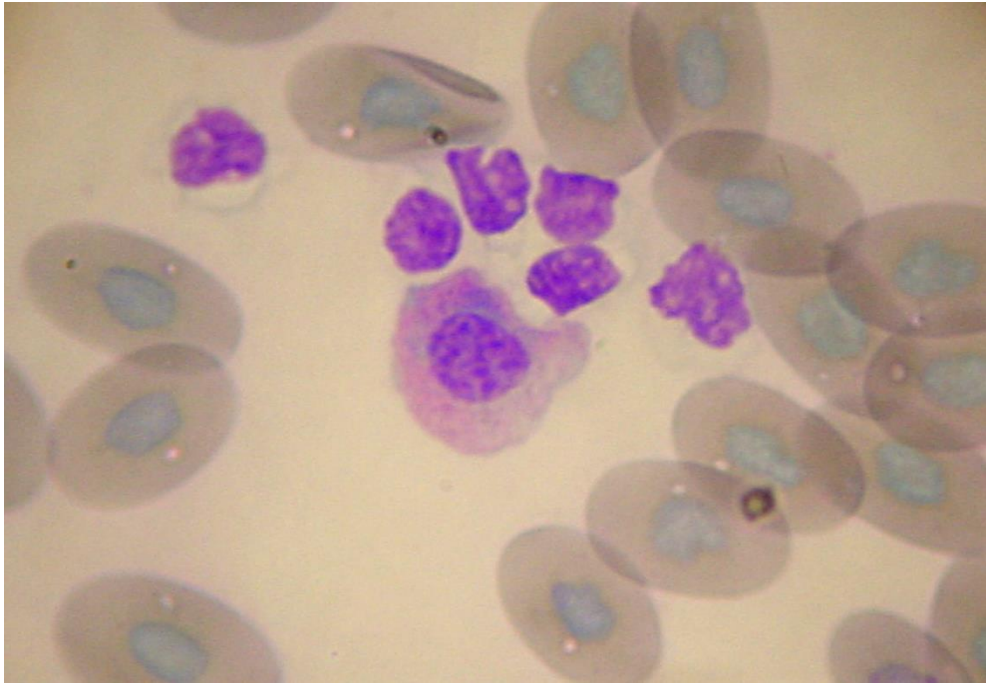


Figura 133. Frotis sanguíneo de *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Cúmulo de trombocitos y un azurófilo. Diff Quik 1000x.

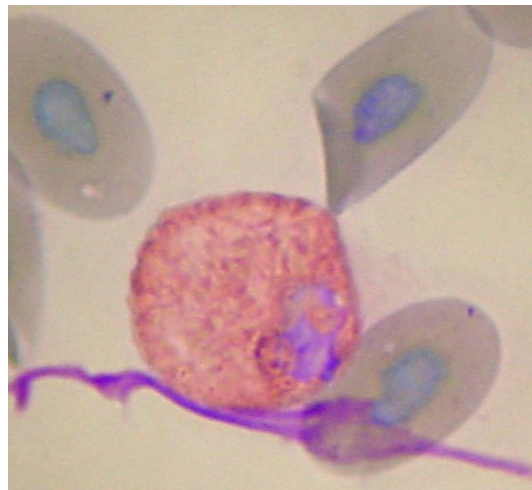
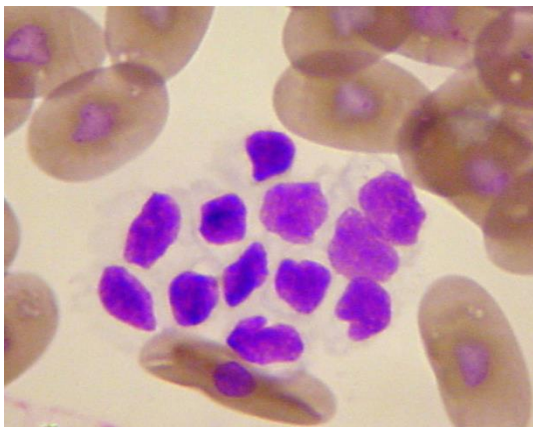


Figura 134. Frotis sanguíneo de *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Trombocitos (izquierda) y heterófilo (derecha).

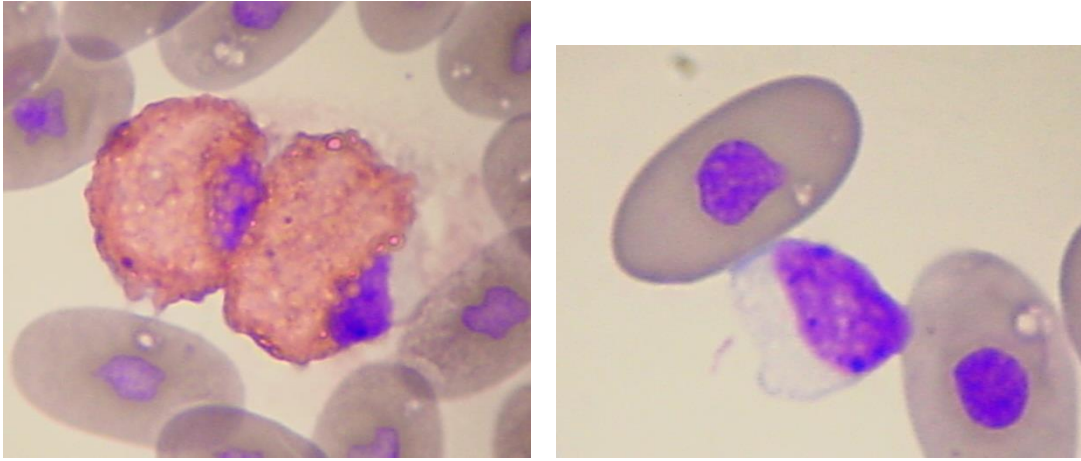


Figura 135. Frotis sanguíneo de *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Heterófilos (izquierda) y linfocito (derecha). Diff Quik 1000x.

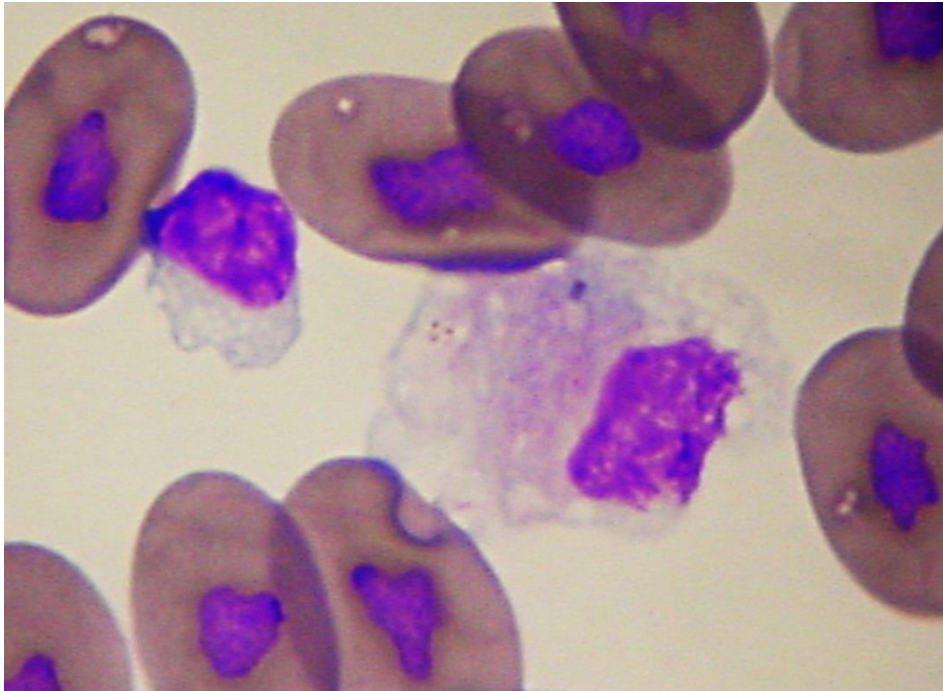


Figura 136. Frotis sanguíneo de *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Linfocito y monocito con granulaciones azurófilas. Diff Quik 1000x.

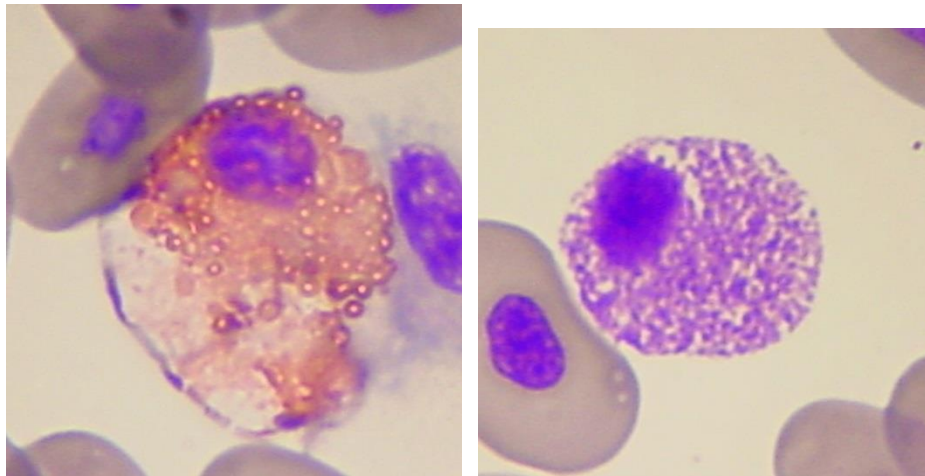


Figura 137. Frotis sanguíneo de Boa constrictora (*Boa constrictor*). Eosinófilo (izquierda), basófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

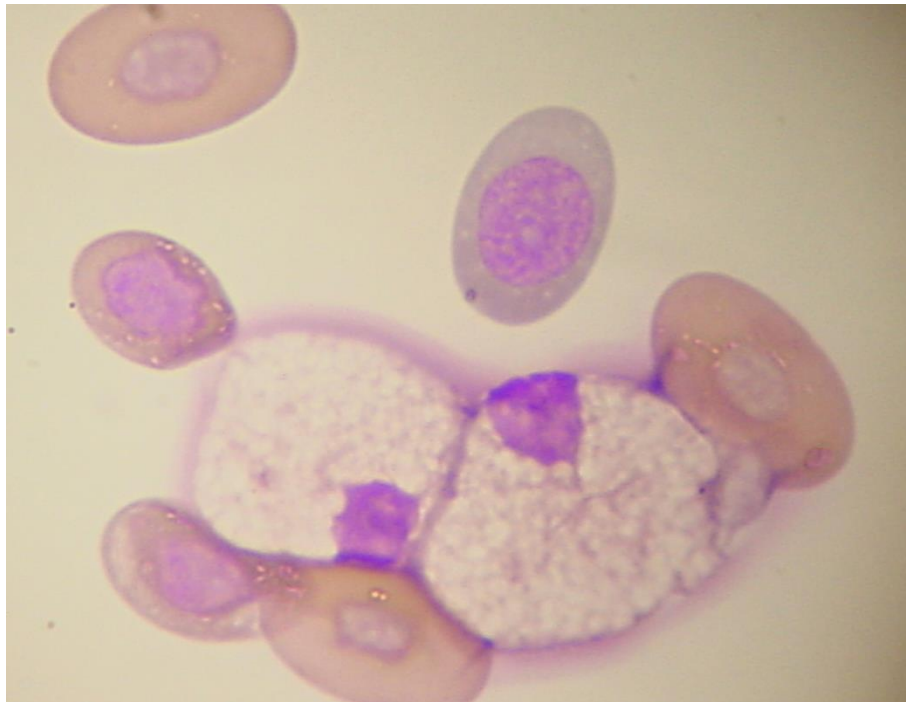


Figura 138. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus dirissus*). Heterófilos. Diff Quik 1000x.

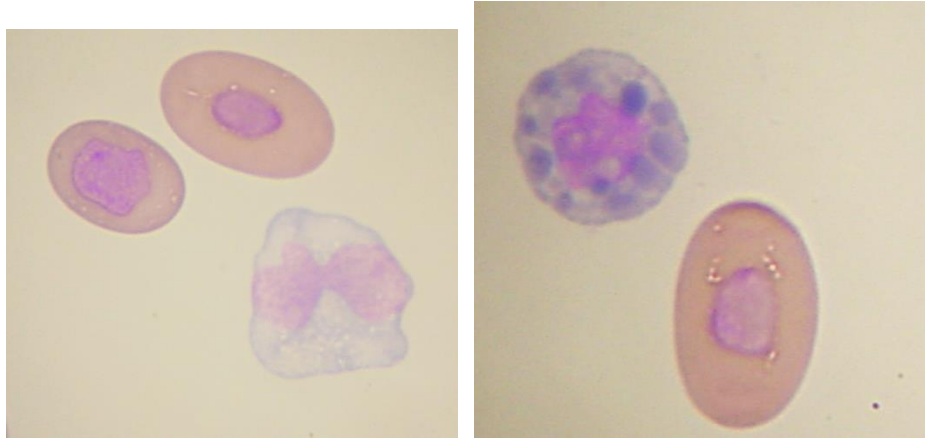


Figura 139. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus dirissus*). Monocito (izquierda) y basófilo (derecha). Diff Quik 1000x.

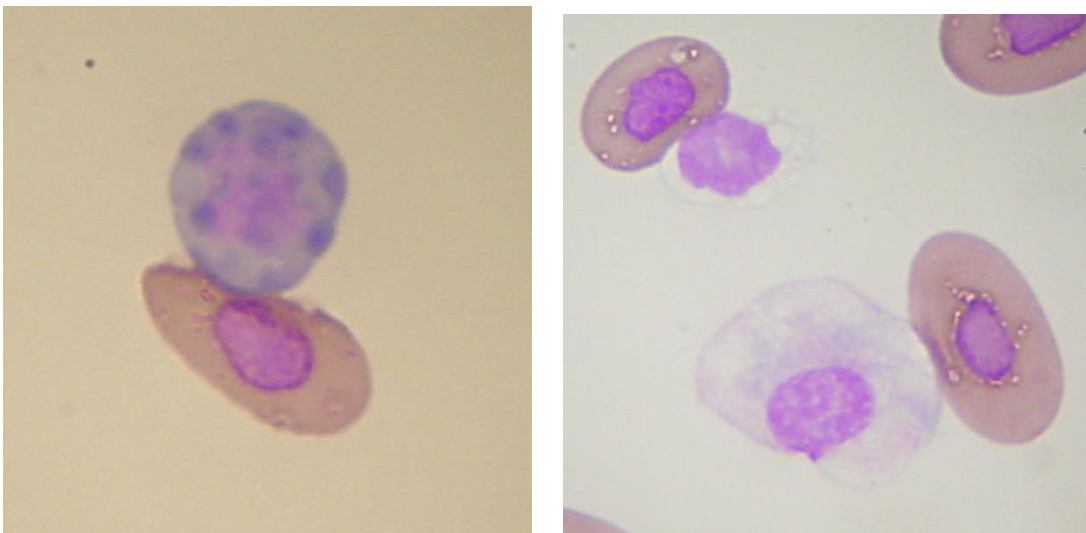


Figura 140. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus dirissus*). Basófilo (izquierda) y monocito (derecha). Diff Quik 1000x.

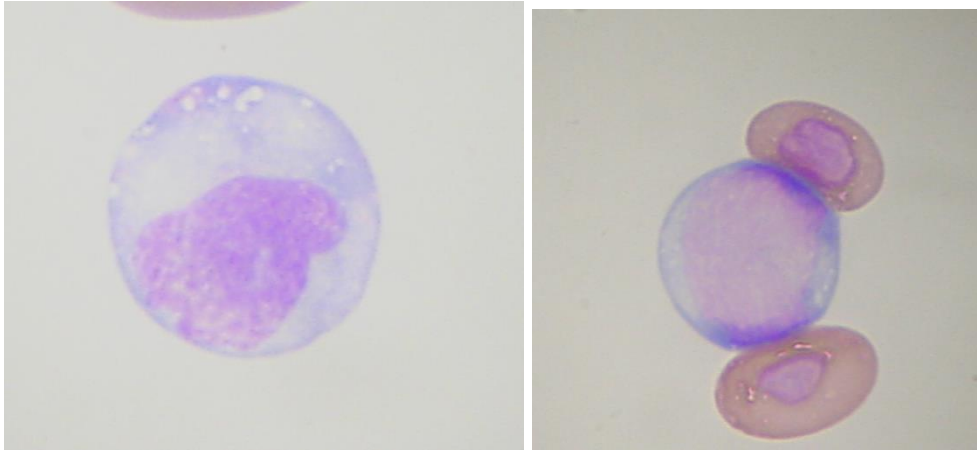


Figura 141. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus dirissus*). Monocito (izquierda) y linfocito (derecha). Diff Quik 1000x.

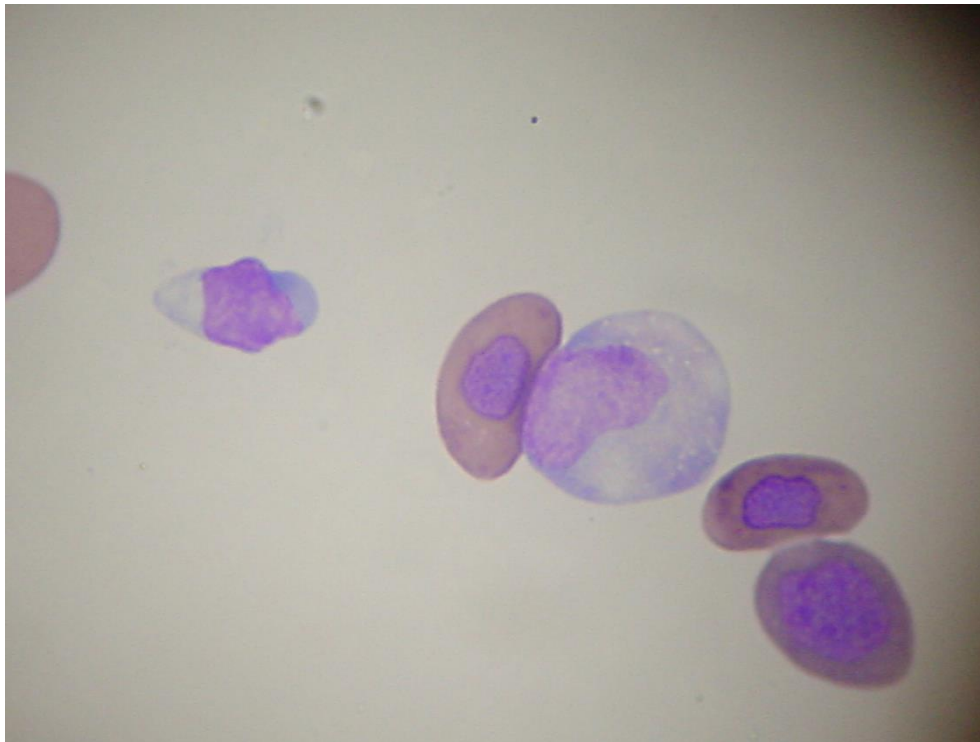


Figura 142. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus dirissus*). Trombocito (izquierda) y monocito (derecha). Diff Quik 1000x.

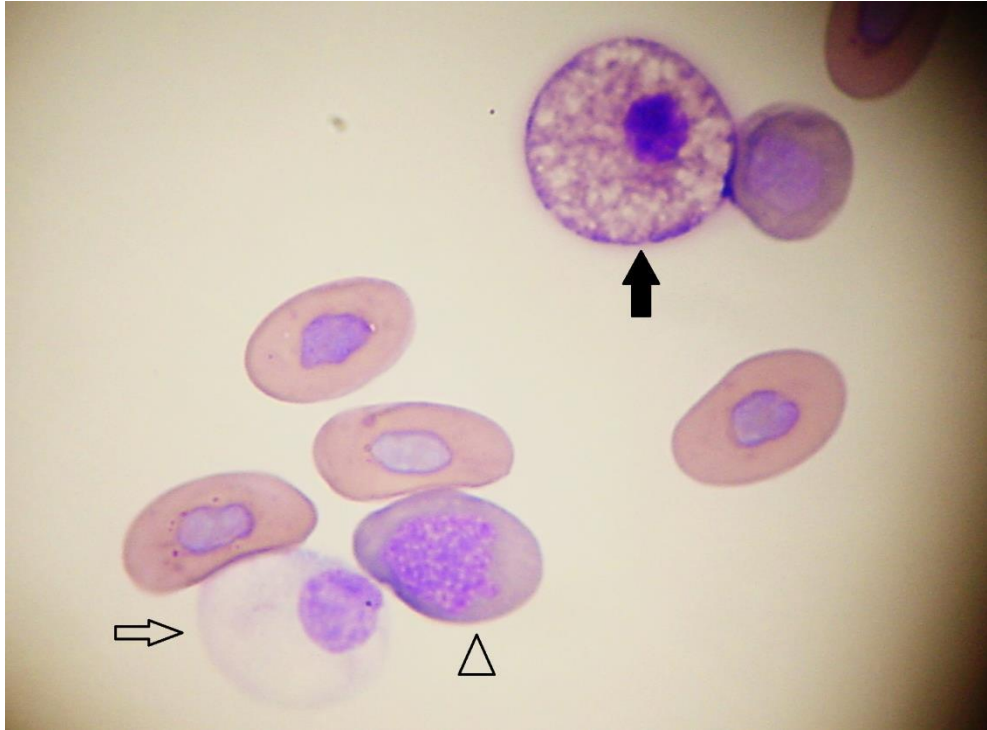


Figura 143. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus dirissus*). Monocito (flecha clara), heterófilo (flecha oscura) y eritrocito inmaduro (cabeza de flecha). Diff Quik 1000x.

5.5 Evaluación Morfológica

5.5.1 Eritrocitos

i. Tamaño

Los microcitos son eritrocitos más pequeños y se asocian a deficiencia de hierro.¹

Un macrocito es una célula muy grande con abundante citoplasma y un núcleo condensado y fuera de lugar. Estas células se observan en ciertas formas de anemias.

ii. Color

La Hipocromasia se refiere a la disminución de hemoglobina teñida en los eritrocitos y por lo tanto se observa como eritrocitos pálidos además de contener un área de palidez citoplasmática que ocupa más de la mitad del volumen citoplasmático, además pueden contener vacuolas y núcleo picnótico.^{1, 3, 28} (Figura 150)

Se suele asociar con ciertas deficiencias nutricionales especialmente de hierro, aunque también puede observarse en la intoxicación por plomo lo cual también provocaría una dicotomía de la población de eritrocitos en el frotis sanguíneo de aves no anémicas.^{1, 3}

También se observa en graves pérdidas de sangre e inflamación.²⁸

Los eritrocitos policromatófilos presentan un citoplasma más basófilo que los maduros además la cromatina nuclear se observa menos condensada. En cuanto

al tamaño, suelen ser muy similares a los eritrocitos maduros. En animales sanos pueden encontrarse hasta en un 5%. ^{1, 2, 3} (Figura 144)

Los reticulocitos, que son la penúltima fase de maduración, también llamados eritrocitos policromáticos, se pueden encontrar en circulación, son células más grandes que la célula madura, un núcleo con cromatina menos condensada y el citoplasma es basófilo. Al teñir el frotis con una tinción supravital como azul de metileno se puede observar agregados granulares de RNA en un anillo rodeando al núcleo. (Figura 154) En aves sanas el conteo de reticulocitos puede estar entre el 1% al 5%. ^{1, 3, 4} Si un ave anémica presenta estos valores se considera que tiene poca respuesta regenerativa o no ha pasado el suficiente tiempo para que la muestra, si en cambio posee 10% o más se considera una importante respuesta regenerativa.

En reptiles es normal encontrarlos en un 4% o menos. ¹⁵

iii. Forma

Un poiquilocito es una célula de silueta diferente a la descrita para eritrocitos normales y estas formas pueden ir de redondeado a poseer una forma irregular como por ejemplo de gota. ¹ (Figura 147)

En aves anémicas es frecuente encontrar eritrocitos redondos con núcleo oval; esto sugiere una maduración asincrónica entre el núcleo y el citoplasma por la acelerada eritropoyesis.

Los cambios en la morfología nuclear suelen asociarse a diseritropoyesis o una producción acelerada de eritrocitos o a intoxicación crónica con plomo.²⁸

El núcleo puede variar en su localización y puede presentar muescas, contracciones o protusiones e incluso segmentaciones.^{1, 2} (Figura 146, 156) Además pueden observarse bandas acromáticas en el núcleo que son resultado de la ruptura del núcleo, o líneas cromofóbicas que sugieren cromatolisis^{3,4}

A veces se puede observar actividad mitótica y sugiere una respuesta regenerativa. (Figura 152) Raramente se encuentran eritrocitos binucleados, pero de ser así y aunado a otros hallazgos sugiere neoplasia o enfermedad viral o genética. (Figura 148) Los eritrocitos anucleados o eritroplástidos, se observan raramente en el frotis sanguíneo y es normal que se encuentren en un 1% del total de eritrocitos aunque su implicación en alguna patología es desconocida.² (Figura 145)

En reptiles la mitosis, binucleación y otros hallazgos nucleares indican respuestas regenerativas, enfermedades inflamatorias, post-hibernación, post-cirugía o neoplasia eritroide.³¹

El artefacto más común es la ruptura de los eritrocitos lo que se produce al realizar el extendido sanguíneo, los núcleos libres se observan como material amorfo de coloración rosa o púrpura.^{1, 3}

iv. Inclusiones

Ciertas veces se puede observar un punteado basófilo en el citoplasma y se asocia a cambios degenerativos del ARN asociado a respuesta a la anemia.^{3, 28}

En reptiles post hibernación es un hallazgo normal.²⁷

Los cuerpos de Heinz son el resultado de la desnaturalización de la hemoglobina. Se observan como pequeñas protusiones en la membrana interna citoplasmática, son refráctiles y redondas fuertemente teñidas en tinciones de Wright.^{3, 28} (Figura 149) En aves marinas se han observado cuando han sido expuestas a productos desechos petroleros y en gansos se han observado al ser alimentados con cebollas.^{27, 28}

En los eritrocitos de tortugas se pueden encontrar inclusiones citoplasmáticas pequeñas de coloración azul las cuales no parecen tener algún significado clínico, sin embargo estas mismas inclusiones en caimanes se asocian a septicemia. Si las inclusiones son múltiples se consideran siempre anormales.¹⁰

En cuanto a los hallazgos que se clasifican como artefactos, encontramos vacuolas citoplasmáticas difusas sin refracción que sugerirían edema celular por pérdida de integridad de membrana, pero frecuentemente se debe a daño celular durante la realización del frotis sanguíneo.

Otros artefactos son las vacuolas retractiles que se forman por agua o aire atrapado entre la membrana celular y el aceite de inmersión o la sustancia con la

que fue montada la laminilla; este artefacto comúnmente puede ser confundido con un hemoparásito. ^{1, 3, 32} (Figura 155)

A veces se observan anillos perinucleares sin embargo suelen ser artefactos de la tinción. ⁴

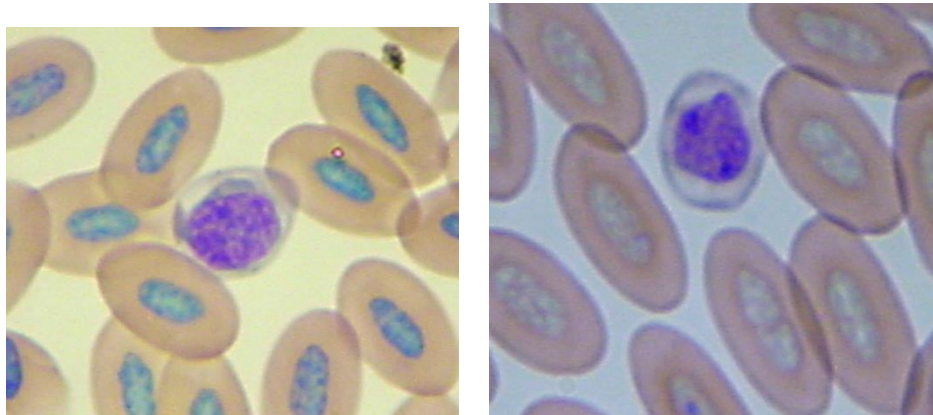


Figura 144. Frotis sanguíneo de Loro gris africano (*Psittacus erithacus*) (izquierda), Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*) (derecha). Eritrocitos policromatófilos. Diff Quik 1000x.

Figura 145 Frotis sanguíneo de Guacamaya verde (*Ara militaris*). Eritroplástido en el centro. Diff Quik 1000x.

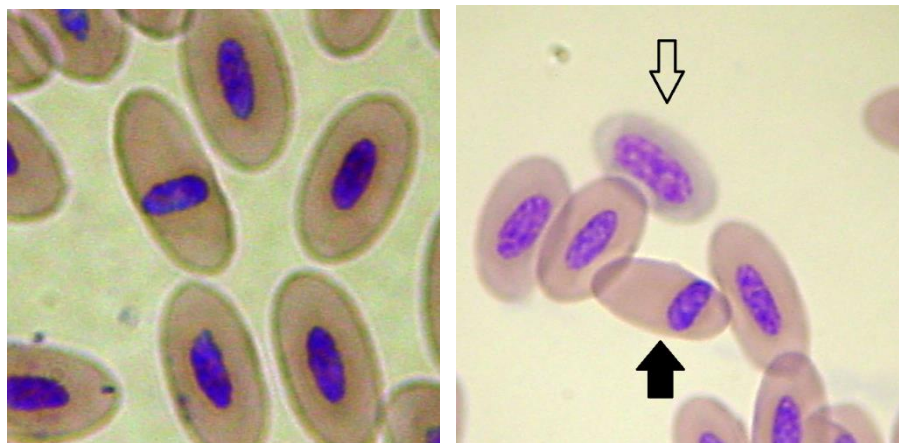
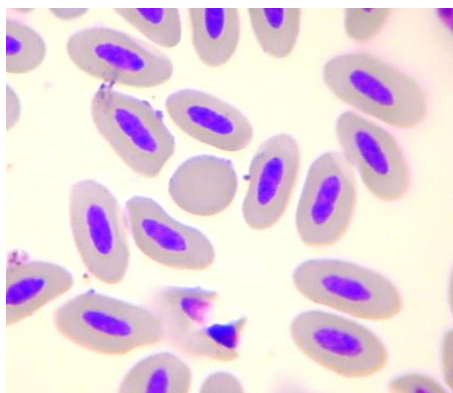


Figura 146. Izquierda: Frotis sanguíneo de Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*). Núcleo orientado lo ancho de la célula. Derecha: Frotis sanguíneo de Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*). Núcleo orientado a lo ancho de la célula. (flecha oscura) y eritrocito policromatófilo (flecha clara). Diff Quik 1000x.

Figura 147. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chrysaetos*)
Poiquilocito. Diff Quik

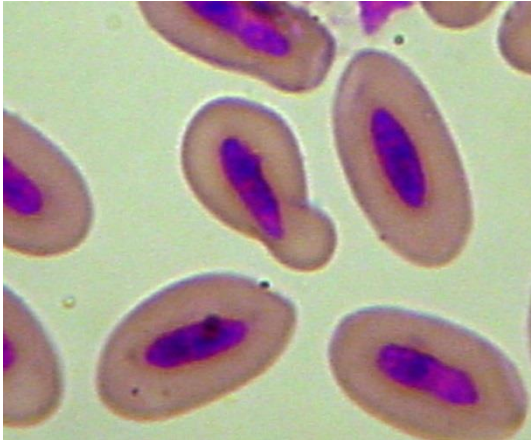


Figura 148. Frotis sanguíneo de Lechuza de campanario (*Tyto alba*). Eritrocito binucleado. Diff Quik 1000x.

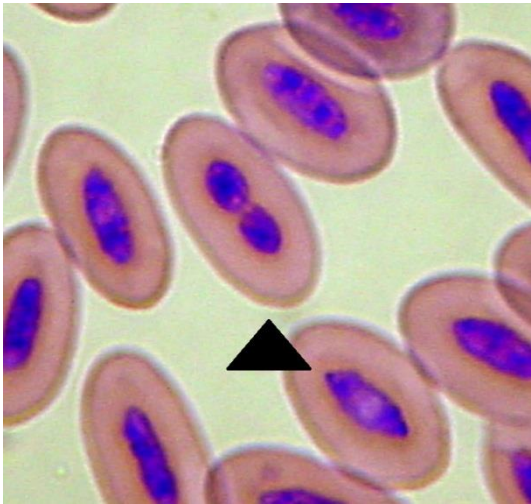


Figura 149. Frotis sanguíneo de Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Eritrocito con Cuerpo de Heinz. Diff Quik 1000x.

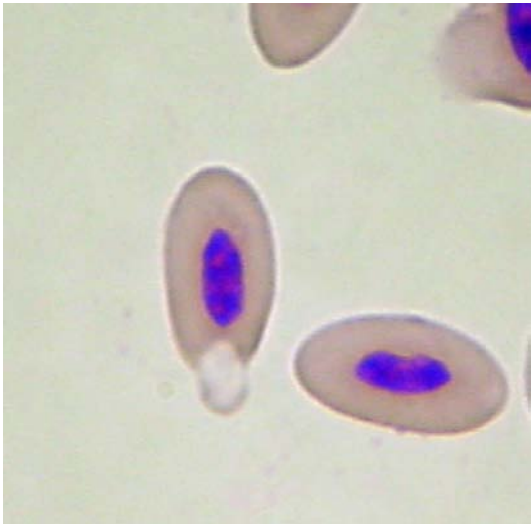


Figura 150. Frotis sanguíneo de Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Eritrocitos hipocrómicos. Se observan zonas de palidez citoplasmática. Diff Quik 1000x.

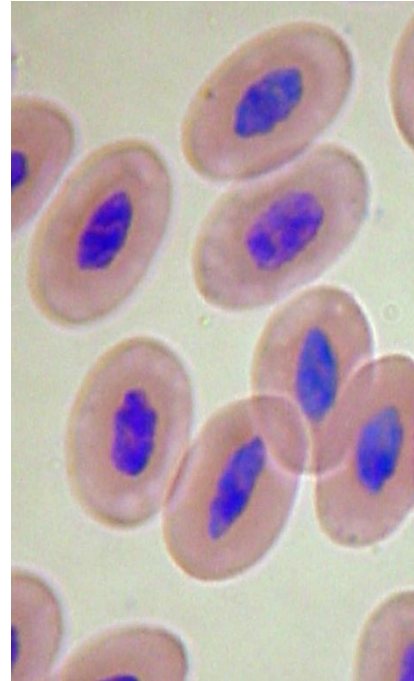
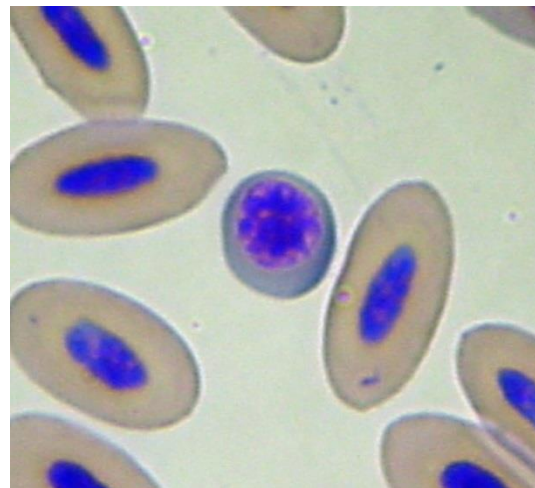


Figura 151. Frotis sanguíneo de Cóndor De California (*Gymnogyps californianus*). Rubricito policromatófilo. Diff Quik 1000x.



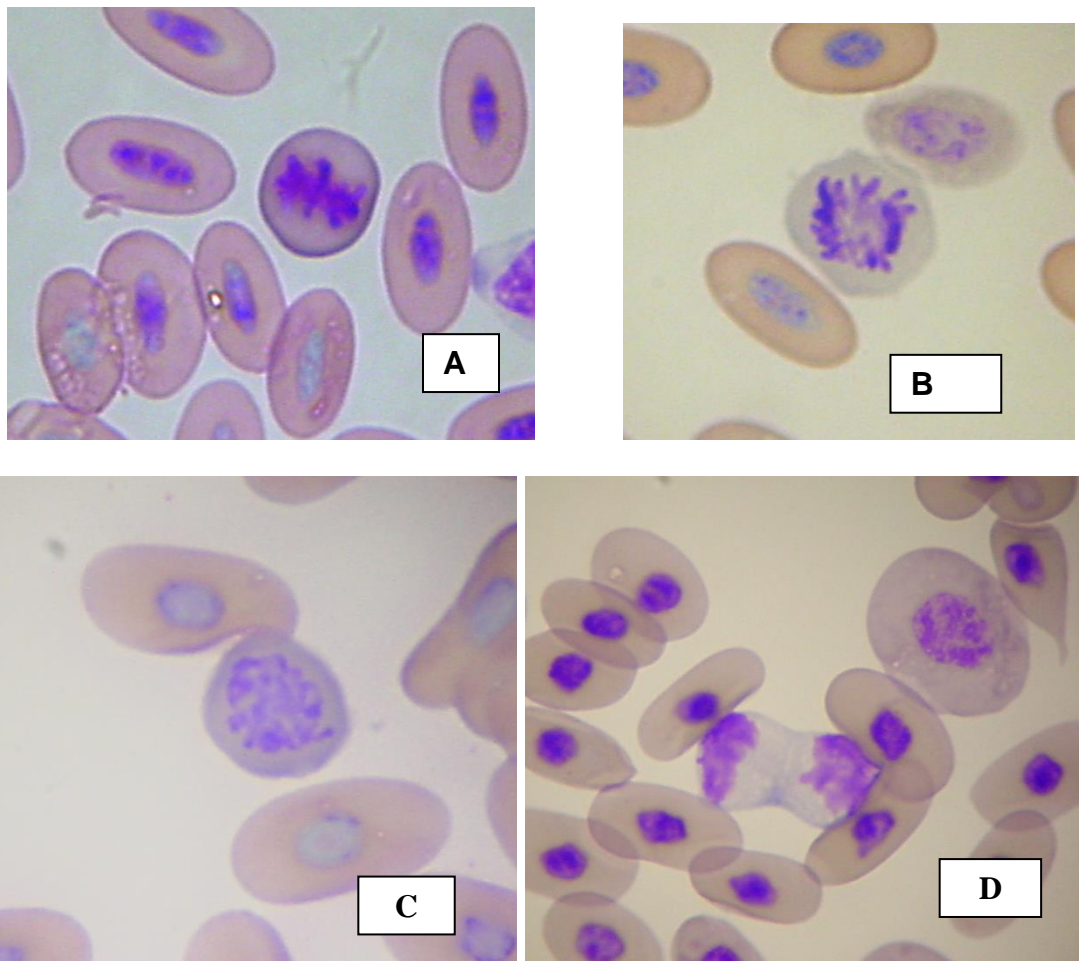


Figura 152. Frotis sanguíneo de A: Faisán común (*Phasianus colchicus*).
Metafase. B: Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). Profase C: Varano
del Nilo (*Varanus niloticus*). Profase D: Cocodrilo común (*Cocodrilo mmoreletii*).
Telofase. Diff Quik 1000x.

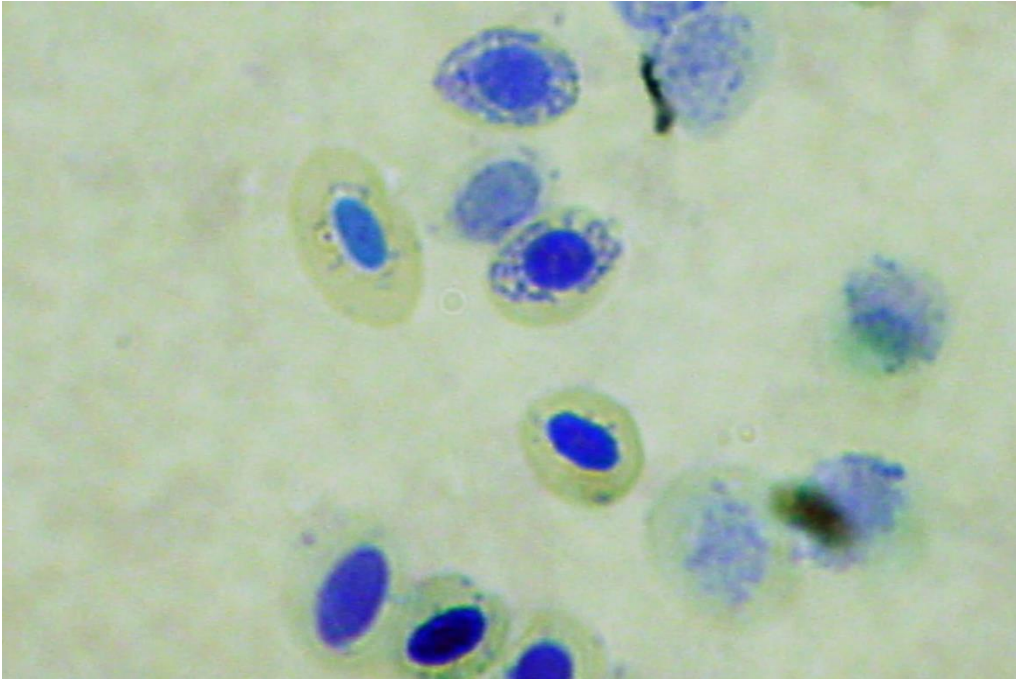


Figura 153. Frotis sanguíneo de Flamenco (*Phoenicopterus ruber*). Tinción supravital con azul de metileno. 1000x.

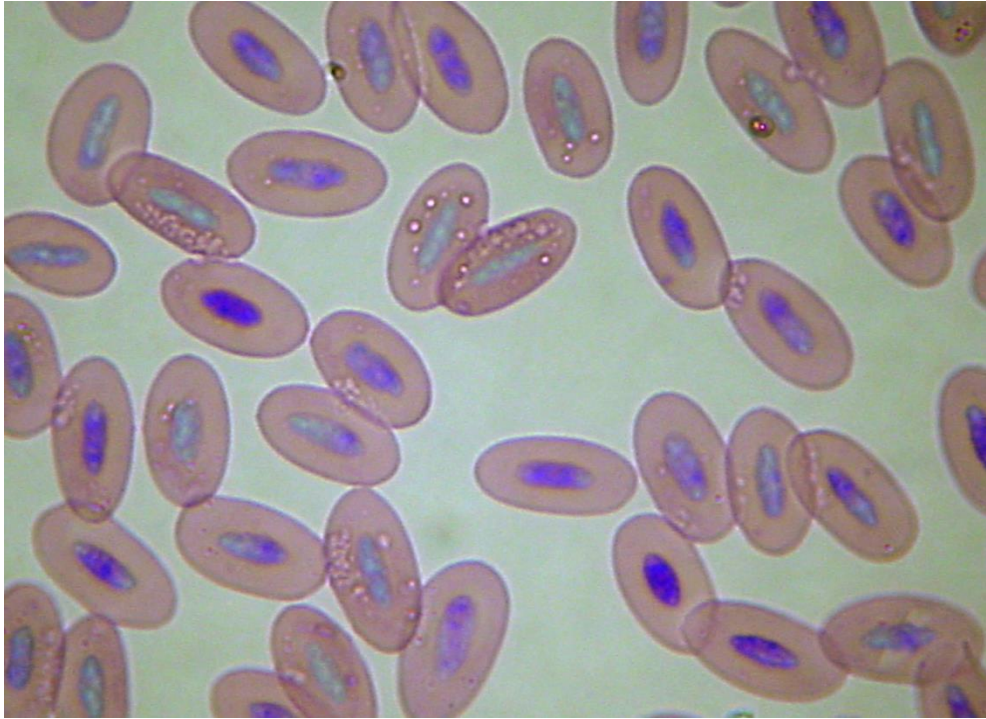


Figura 154. Frotis sanguíneo de Faisán común (*Phasianus colchicus*). Eritrocitos con vacuolas citoplasmáticas que se consideran artefactos. Diff Quik 1000x.

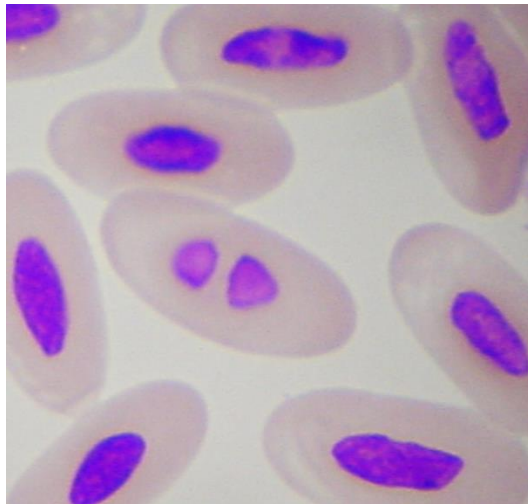


Figura 155. Frotis sanguíneo de Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Eritrocito con núcleo fragmentado. Diff Quik 1000x.

5.5.2 Leucocitos

i. Células Banda

Cuando hay una gran demanda de células por inflamación se empiezan a observar heterófilos banda, metamielocitos o mielocitos.

Las células banda presentan un núcleo no segmentado, los metamielocitos presentan un núcleo reniforme y los mielocitos presentan un núcleo ovoide, la cromatina está menos condensada que en una célula madura. Esto aplica en las células de aves y anfibios pues los heterófilos de la mayoría de los reptiles presentan un núcleo sin segmentaciones. Suelen presentarse en una severa respuesta inflamatoria en las primeras 12 a 24 horas. ^{1, 3, 4, 28}

ii. Cambios tóxicos

La aparición de cambios tóxicos en los heterófilos se asocia con un empeoramiento repentino de la enfermedad. La presencia de heterófilos tóxicos sugiere una afectación sistémica como septicemia, toxemia, viremia, infecciones por clamidias, infecciones micóticas o severa necrosis tisular. El número de heterófilos tóxicos es un indicador de la severidad y sugiere el tiempo de duración de la respuesta inflamatoria. ^{1, 3, 4} (Figura 157)

Los heterófilos con cambios tóxicos poseen funciones normales pero su morfología se ve modificada por producción alterada desde la médula ósea pues ésta responde a la respuesta inflamatoria aumentando la tasa de producción. Los signos de toxicidad en los heterófilos incluyen hinchazón celular, basofilia citoplasmática incrementada, vacuolas citoplasmáticas, gránulos anormales (con

marcada basofilia o agrupados), degranulación, retención de gránulos primarios y degeneración del núcleo que incluye cariorrexis o cariolisis.^{1, 3, 4} Los gránulos anormales son aquellos diferentes a los típicos gránulos alargados eosinófilos pudiendo observarse pálidos, redondos o pequeños o incluso de coloración basófila. (Figura 158, 159, 160, 161, 164) En reptiles es anormal encontrar heterófilos con núcleo lobulado e indica severa inflamación, excepto en aquellas especies en que la lobulación del núcleo es normal.³

El grado de toxicidad se reporta en escala de 1+ a 4+. El número 1+ se da a heterófilos con incremento de basofilia citoplasmática. El número 2+ es para células con marcada basofilia citoplasmática y ligera degranulación. El número 3+ se otorga al presentar fuerte basofilia citoplasmática, degranulación moderada, granulación anormal y vacuolas citoplasmáticas. Los heterófilos con una toxicidad de 4+ muestra una profunda basofilia citoplasmática, de moderada a marcada degranulación, gránulos anormales, vacuolización y cariorrexis o cariolisis. Se clasifica según el número de heterófilos tóxicos en leve de 5% a 10%, moderado 11% a 30% y marcado mayor al 30%.^{1, 3, 4}

iii. Linfocitos reactivos

Un linfocito reactivo es aquel de tamaño medio o pequeño, cromatina nuclear fuertemente agrupada, con basofilia citoplasmática marcada, granúlos azurófos citoplasmáticos. ^{1, 3, 4, 28} (Figura 163)

Los linfocitos reactivos se asocian con enfermedades inflamatorias como salmonelosis, tuberculosis, clamidiosis y aspergilosis, estos sintetizan inunoglobulinas, linfocinas y otros agentes involucrados en la inmunidad. ⁴

Algunas veces se pueden observar algún linfocito aislado con bordes festoneados pero si una gran cantidad de linfocitos tienen esta característica se considera un hallazgo de proliferación anormal como leucosis linfoide o neoplasia. ^{1, 4}

También se considera anormal la vacuolización citoplasmática en los linfocitos así como aquellos con núcleos edentados o parcialmente lobulados. ⁴

Los linfocitos blásticos son células grandes con citoplasma abundante basófilo, el núcleo tiene cromatina lisa en la que puede llegar a apreciarse el nucleolo y posee un área clara perinuclear en la que se puede notar el aparato de Golgi. Encontrar linfocitos inmaduros siempre se considera anormal y pueden ser neoplásicos o el resultado de estimulación inmunológica. ^{2, 3, 28}

5.5.3 Trombocitos

En el frotis sanguíneo pueden encontrarse trombocitos activados los cuales suelen estar agrupados y poseen un citoplasma difuso eosinófilo (que sugieren degranulación) con márgenes irregulares tendiendo a ser más alargados o incluso pueden presentar pseudópodos además de núcleo picnótico.

En reptiles que padecen enfermedades inflamatorias severas los trombocitos presentan núcleo polimorfo.³

En general en las células sanguíneas pueden observarse de manera anormal grandes vacuolas citoplasmáticas que por lo general son artefactos en de la tinción, sin embargo otra pueden ser células con Cuerpos de Russell.⁴

Otro tipo de inclusiones que se han encontrado en tortugas son aquellas que corresponden a Herpesvirus. Son inclusiones intracitoplasmáticas de los glóbulos rojos que miden de 2 a 4 μm de forma circular.³¹

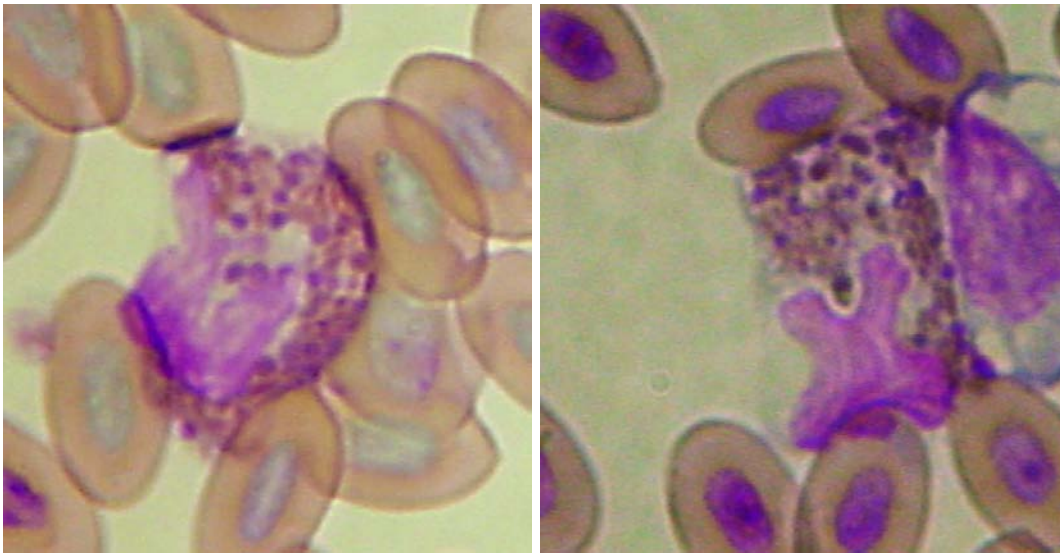


Figura 156. Frotis sanguíneo de Águila real (*Aquila chrysaetos*). Heterófilos tóxicos que poseen gránulos anormales. Diff Quik 100x.

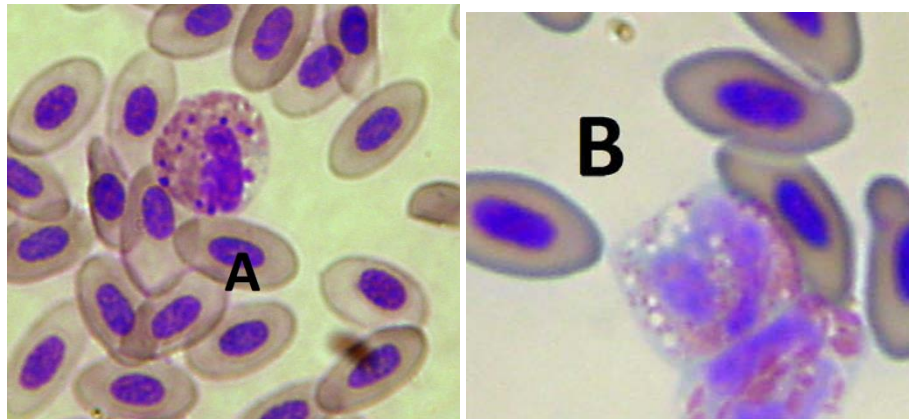


Figura 157. Frotis sanguíneo de A: Flamenco (*Phoenicopterus ruber*). Heterófilo con granulaciones tóxicas. B: Frotis sanguíneo de Cuervo común (*Corvus corax*). Heterófilo tóxico con vacuolas citoplasmáticas. Diff Quik 1000x.

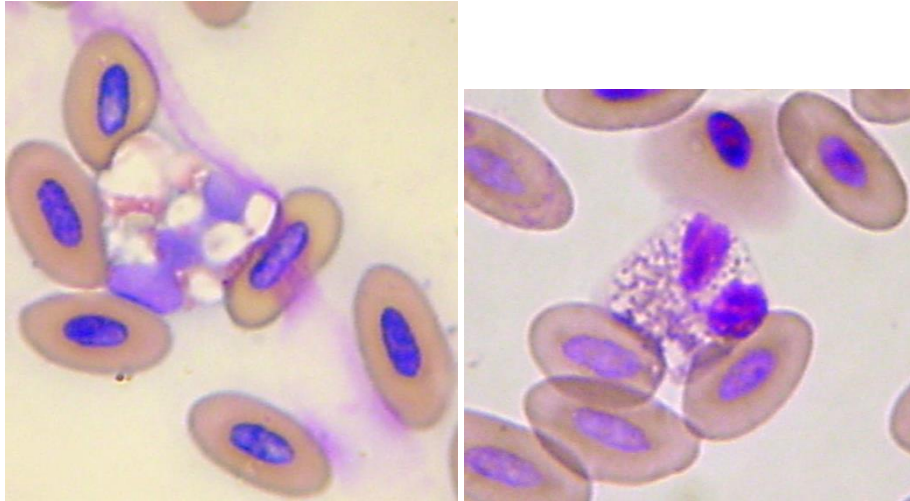


Figura 158. Frotis sanguíneo de Cotorra cabeza azul (*Psittacula cyanocephala*) Heterófilo tóxico con grandes vacuolas citoplasmáticas (izquierda). Frotis sanguíneo de Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Heterófilo tóxico, posee gránulos tóxicos y vacuolas citoplasmáticas (derecha). Diff Quik 1000x.

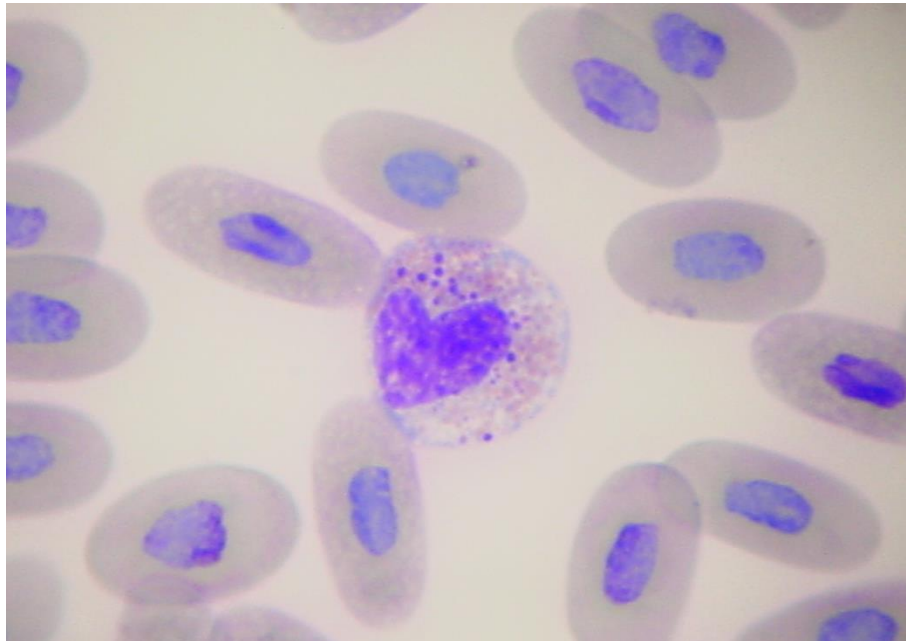


Figura 159. Frotis sanguíneo de iguana verde (*Iguana iguana*). Heterófilo con granulaciones tóxicas. Diff Quik 1000x.

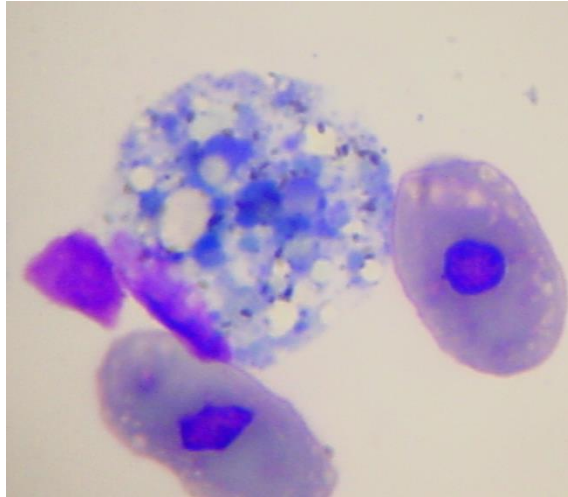


Figura 160. Frotis sanguíneo de Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*). Leucocito con vacuolas citoplasmáticas, marcada basofilia citoplasmática y bacterias fagocitadas. Diff Quik 1000x.

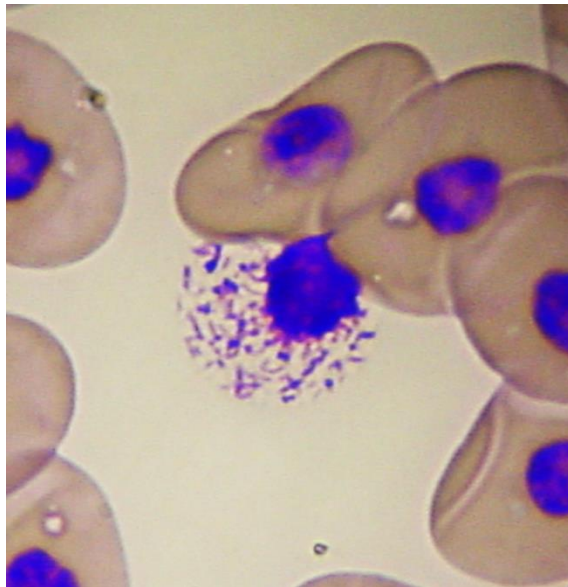


Figura 161. Frotis sanguíneo de Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*). Leucocito con bacterias fagocitadas en su citoplasma. Diff Quik 1000x.

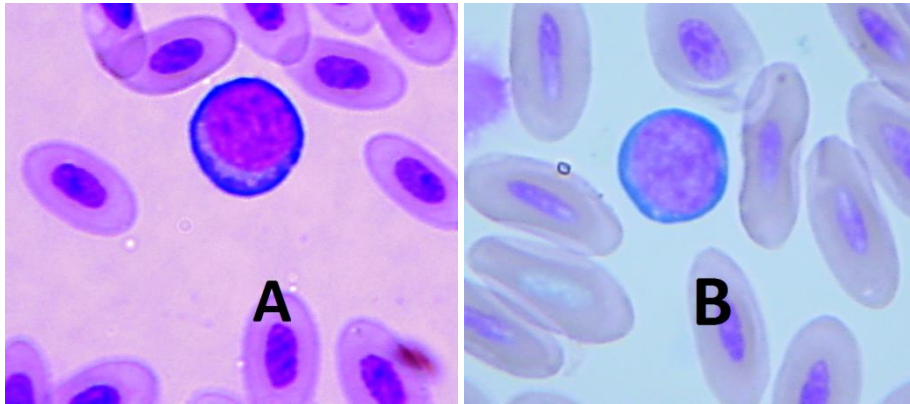


Figura 162. Frotis sanguíneo de A: Flamenco (*Phoenicopterus ruber*) y B: Cisne negro (*Cygnus atratus*). Linfocitos reactivos. Diff Quik 1000x.

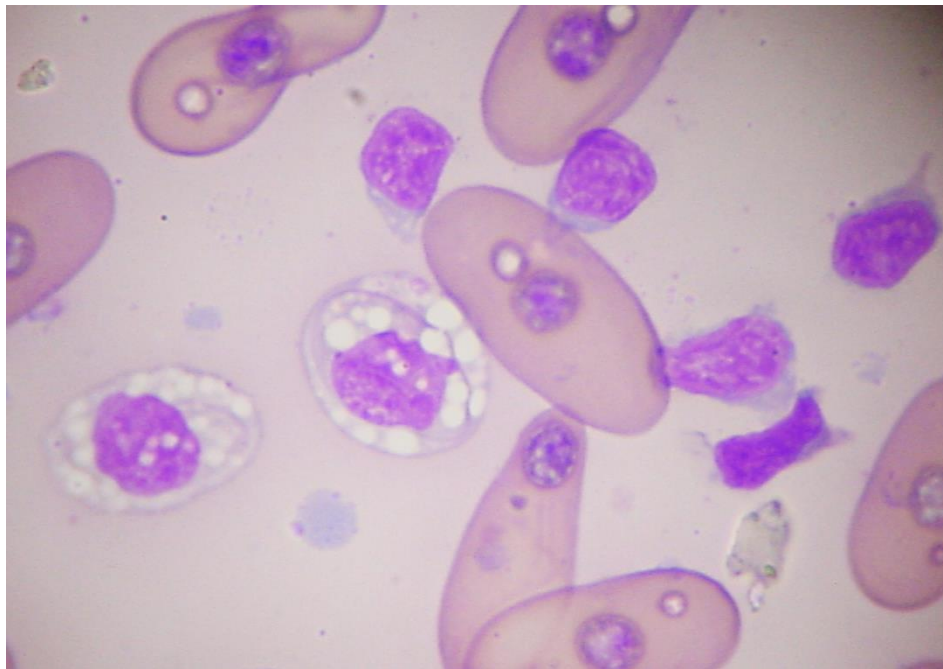


Figura 163. Frotis sanguíneo de Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*). Leucocitos tóxicos con vacuolas citoplasmáticas. Eritrocitos poiquilocitos con Piroplasma. Diff Quik 1000x.

5.8 Hemoparásitos

Los protozoarios del filo Apicomplexa del género *Hemoproteus*, *Plasmodium* y *Leucocytozoon* así como los nematodos microfilaria y filaria son lo que se pueden encontrar en un frotis sanguíneo aviar.

Los hemoparásitos que afectan a los reptiles más comúnmente son hemoprotozoarios como hemogregarinas, tripanosomas y *Plasmodium* y con menos frecuencia *Leishmania*, *Saurocytozoon*, *Hemoproteus* y *Schellackia*. Además se pueden observar piroplásmidos y filarias.

Haemoproteus

Su presencia se ha reportado en aves, lagartos, tortugas y serpientes. *Haemoproteus* no suele causar enfermedades clínicas, excepto en ciertas especies de palomas, codorniz, pichones con enfermedades que provocan su inmunodeficiencia. Causa deshemoglobinización de los eritrocitos afectados.³

La infección de *Colinus virginianus* por *Haemoproteus lophortyx* resulta en una mortalidad del 20% de las aves infectadas.²

En la sangre periférica se observan formas sexuales, gametocitos.

El diagnóstico de *Haemoproteus* se hace detectando gametocitos intraeritrocíticos; es la única fase del parásito que puede observarse en el frotis sanguíneo. Su morfología puede variar desde pequeños anillos en desarrollo a alargadas medias lunas. Es por eso que su morfología se ha dividido en cinco categorías: microhalteridial, halteridial, circumnuclear, radosomal y discosomal. La forma mas común es la halteridial.

El gametocito maduro contiene gránulos refractiles amarillos o marrones. Suele ocupar más del 50% del citoplasma eritrocítico, parcialmente rodea al núcleo del

eritrocito con lo cual toma su forma clásica de sogá (halteridial) y causa un ligero desplazamiento del núcleo. Los macrogametocitos se tiñen de azul con tinciones de Romanowsky y tienen gránulos de pigmento dispersos en el citoplasma del parásito. Los microgametocitos se tiñen de azul pálido a rosa con agregados de pigmento en forma de esfera. El eritrocito parasitado suele ser más grande de lo normal lo que puede aumentar su fragilidad.

El grado de parasitemia se asigna de la siguiente manera: 0 si no se observan parásitos, 1 cuando hay 1 parásito, 2 si hay de 1 a 5 parásitos, 3 si se observan de 6 a 10 parásitos y 4 si hay más de 10 parásitos.^{1, 2, 3}

Plasmodium

Plasmodium es responsable de la malaria en las aves de las cuales son susceptibles canarios, pingüinos, patos, palomas, aves rapaces y aves de corral. En aves se asocia con deterioro en la termorregulación, deshidratación, hepatomegalia, esplenomegalia, hemólisis intravascular, hemoglobinuria y anemia severa. En reptiles causa anemia hemolítica con un gran potencial de causar grave enfermedad, la mayoría de las especies de *Plasmodium* en reptiles han sido identificadas en lagartos y pocas se han observado en serpientes.

Las formas que pueden observarse en el frotis sanguíneo son los trofozoitos, esquizontes conteniendo merozoitos y gametocitos. La identificación de la especie se basa en la localización y apariencia de los esquizontes, el número de merozoitos dentro de los esquizontes y los gametocitos.

Los trofozoitos aparecen como formas redondas a ameboides, pequeñas, que contiene una gran vacuola la cual empuja el núcleo del parásito hacia un extremo dándole una apariencia de anillo.

Los gametocitos de Plasmodium ocupan menos del 50% de la célula hospedera. Son estructuras elongadas o con forma de herradura que tienen un núcleo central amorfo con citoplasma moderadamente basófilo el cual contiene pigmento negro-marrón. Los macrogametocitos se tiñen de un azul más profundo que los microgametocitos.

Los esquizontes son inclusiones intracitoplasmáticas que van de redondas a ovaladas las cuales contienen merozoitos oscuros. Los merozoitos inmaduros se presentan agrupados mientras que los maduros lo hacen como cuerpos separados uno de otro. Se pueden observar laterales al núcleo e incluso pueden desplazarlo sin alterar la forma celular. ^{1, 2, 3}

Plasmodium spp. puede confundirse con Haemoproteus ya que también presenta gránulos refráctiles de pigmento, sin embargo estos son amarillos o cafés y tienden a observarse dispersos. Además en el caso de Haemoproteus solo se pueden observar gametocitos en el frotis sanguíneo y en el caso de Plasmodium se pueden observar esquizontes que son fases parasitarias dentro de eritrocitos que causan un gran desplazamiento del núcleo. ^{45, 46}

Leucocytozoon

Leucocytozoon posee baja patogenicidad, excepto en algunas especies de aves acuáticas jóvenes y pavos. En especies Falconiformes australianas se ha reportado lesiones en retina y sistema nervioso central. ²

Leucocytozoon es fácil de identificar en el frotis sanguíneo debido a que distorsiona gravemente a la célula parasitada, usualmente eritrocitos inmaduros. Se cree que los leucocitos son las células hospedadoras de este parásito, sin embargo también se cree que las células hospedadoras son los eritrocitos inmaduros. La fase que se observa en las células sanguíneas es el gametocito. Se observa de forma redonda a alargada y provoca que la célula se presente agrandada y distorsionada, lo que lo distingue de otros parásitos, además se ve como si tuviera dos núcleos, el de la célula hospedera empujado hacia los márgenes y el del parásito de un tenue color rosa. La célula parasitada a menudo presenta extremos cónicos. El macrogametocito se tiñe de un intenso azul con un núcleo condensado y ocasionalmente presenta vacuolas citoplasmáticas.. El microgametocito se observa azul pálido con un núcleo rosa pálido algo difuso. Los gametocitos de este parásito no contienen gránulos refráctiles de pigmento. ^{1, 2, 3,}

28

Haemogregarina

Haemogregarina es el hemoparásito más frecuentemente encontrado en la sangre de reptiles aunque también ataca a anfibios. Son cuatro géneros que pueden ser encontrados, *Hemogregarina*, *Hepatozoon*, *Karyolysus* y *Hemolivia*. Los pertenecientes al género *Hepatozoon* son frecuentemente encontradas en serpientes. Las tortugas de agua dulce usualmente se infectan con *Hemogregarina*. Se reportan con este nombre debido a que morfológicamente son indistinguibles en el frotis sanguíneo. ^{3, 10, 11, 18}

Aunque se consideran no patógenas se ha reportado una correlación entre la presencia de hemogregarinas con granulomas de merozoitos de *Hepatozoon* en el hígado de serpientes. Además pueden causar importante enfermedad clínica inflamatoria en sus hospederos no naturales.

El ciclo de vida de las hemogregarinas incluye una reproducción sexual (esporogonia) en un hospedero invertebrado y una reproducción asexual (merogonia) en el hospedero reptil. Los invertebrados que transmiten el parásito a reptiles terrestres incluyen moscas, mosquitos, ácaros y garrapatas, en cuanto a reptiles acuáticos la transmisora es la sanguijuela. El invertebrado transmite el esporozoito cuando se alimenta de la sangre del reptil o cuando es ingerido por el reptil.

En el frotis sanguíneo se pueden identificar los gametocitos en el citoplasma de eritrocitos. Poseen forma de salchicha o plátano, el citoplasma es claro o púrpura y tiene un núcleo central o ligeramente desplazado de color púrpura marcado. Los gametocitos pueden empujar al núcleo de la célula infectada hacia un extremo de la célula o pueden rodearlo. Distorsionan la morfología celular del eritrocito y carecen de pigmento refráctil como el que presenta *Plasmodium* y *Hemoproteus*. Solo se observa un gametocito por célula aunque en casos de grave infestación pueden llegar a observarse dos. Los reptiles más infectados por estos parásitos son las serpientes, sobre todo con los del género *Hepatozoon*. No se han reportado estos parásitos en tortugas marinas y son poco frecuentes en tortugas terrestres. (Figura 166) En el caso de *Hemogregarina* los merozoitos pueden encontrarse en el frotis sanguíneo. Son incoloros y se presentan en el citoplasma de eritrocitos y ocasionalmente de leucocitos. ^{3, 11,31, 32}

Leishmania

De la Familia *Trypanosomatidae*. Afecta a los reptiles pero con baja frecuencia y entre ellos se encuentra más en sangre de lagartos y ocasionalmente serpientes, por esto algunos autores le han denominado *Sauroleishmania*. El amastigote observa dentro de eritrocitos principalmente eritroblastos y proeritroblastos, trombocitos o leucocitos mononucleareses y mide 2.4µm aproximadamente, de morfología redonda u oval con citoplasma azul y núcleo oval color rojo.^{18,48}

Saurocytozoon

Afecta principalmente a lagartos y a veces a cocodrilos, transmitido por mosquitos. Se puede observar dentro del citoplasma de linfocitos, eritrocitos inmaduros o monocitos. Es un gametocito cuyo tamaño varía según la especie, el citoplasma tiene dispersos numerosos gránulos” menos sobresalientes en microgametocitos que en macrogametocitos, incluso puede llegar a observarse con gránulos azurófilos citoplasmáticos. Los linfocitos infectados se hacen más grandes y alargados mientras el gametocito va creciendo y el núcleo se vuelve alargado y estrecho situándose en los márgenes del linfocito. En los linfocitos pequeños el núcleo se comprime dentro de a media o un cuarto de luna y presiona fuertemente los márgenes de la célula. Los linfocitos parasitados en la médula ósea están hipertrofiados. Se parece a *Leucocytozoon* de las aves por que distorsiona gravemente la morfología de la célula a la cual parasita.

Hemococcidias

A semejan a *Atoxoplasma* de las aves, afectan principalmente a lagartos. Se reconocen tres géneros: *Lankesterella*, *Schellackia* y *Lainsonia*. Se transmiten por ácaros o por la ingestión de oocistos en las heces fecales. En el frotis sanguíneo

de animales infectados se pueden encontrar esporozoitos que aparecen como inclusiones intracitoplasmáticas de los eritrocitos y leucocitos mononucleares principalmente linfocitos. El parásito se observa como una inclusión citoplasmática redonda, oval, o en forma de lágrima teñida pálidamente sin inclusiones de pigmento y le confiere a la célula hospedera una forma de media luna, suele tener de una a dos vacuolas refáciles.⁴⁸

Piroplásmidos

Los piroplásmidos que afectan a los reptiles son *Sauroplasma* y *Serpentoplasma*. Son pequeños, en las fases tempranas son similares a los anaplasmosis, por lo general miden 2.5 μm de diámetro aunque algunas especies llegan a exceder los 4 μm . Su forma común es la de anillo de sello con una gran vacuola central en el citoplasma de los eritrocitos.

Sauroplasma se encuentra en lagartos en los que la parasitemia puede ser alta, 43% a 56% de los eritrocitos con uno o dos parásitos por célula. Sin embargo no hay evidencia de que sea patógeno.

Serpentoplasma infecta a serpientes y se observa en los eritrocitos como vacuolas con una gota o punto de cromatina en los márgenes. Lo más grave que puede causar su presencia son leves anemias y policromasia.^{3, 31,48} (Figura 165)

Atoxoplasma

Es una coccidia frecuentemente observada en aves Passeriformes. Se identifica por su característico esporozoito dentro del citoplasma de leucocitos mononucleares, especialmente linfocitos. Los esporozoitos se observan como

inclusiones citoplasmáticas redondas u ovoides muy tenuemente teñidas las cuales comprimen al núcleo de la célula parasitada y provocan que se observe en forma de medialuna.

La fase asexual se lleva a cabo en tejidos y en leucocitos mononucleares circulantes especialmente linfocitos. Se identifica por la presencia de esporozoitos dentro de linfocitos que se observan como inclusiones de 3 a 5 μm de diámetro, pálidos de redondos a ovals. Algunos linfocitos pueden contener más de una estructura parasitaria.

Los esporozoitos no contienen gránulos pigmentados, se componen de una zona pálida exterior rodeada por una zona roja granular y provocan una muesca en el núcleo de la célula hospedera confiriéndole una forma de media luna.

Aegyptianella

Aegyptianella puede encontrarse en el citoplasma de alguna de estas formas: pequeñas inclusiones parecidas a anaplasma, las cuales son menores a un micrómetro de diámetro, redondas y basófilas; estados intermedios que asemejan a Babesia con forma que va de redonda a piriforme con un citoplasma azul pálido y de un tamaño de entre uno y dos micrómetros de diámetro; o como grandes formas redondas o elípticas que miden de dos a cuatro micrómetros. *Aegyptianella* es considerada patógena para varias especies aviares, especialmente Passeriformes¹ o aquellas de climas tropicales o subtropicales.^{1,3}

En 1987 se demostró ultraestructuralmente que las inclusiones eritrocíticas de anuros canadienses eran rickettsias y se designó como *Aegyptianella ranarum*. Bajo microscopio óptico las inclusiones esféricas tenían de 3 a 11 μm de diámetro densamente teñidas eran pequeñas y con un margen densamente teñido. En las

inclusiones más pequeñas eran visibles paquetes de rickettsias dispuestas en paralelo mientras que se observó material filamentosamente teñido en las inclusiones más grandes. ⁴⁸

Filarias

La microfilaria inmadura se puede observar en la circulación sanguínea o linfática. Se considera que no son patógenos para su hospedador. Son organismos extracelulares de gran tamaño con una apariencia serpenteante y de un profundo color basófilo. ³

Trypanosoma

Trypanosoma se puede observar en la sangre de aves paseriformes, galliformes, aves acuáticas y palomas principalmente así como en todos los órdenes de reptiles. La transmisión ocurre por la picadura de insectos como mosquitos, moscas o ácaros en aves y reptiles terrestres, aunque también puede ser por ingestión del vector. La fase que se encuentra en la circulación sanguínea es el Tripomastigote Este parásito tiene una membrana ondulante en el extremo posterior y un flagelo pequeño anterior. ^{1.3.18}

Borrelia

Borrelia anserina es el causante de la espiroquetosis que afecta principalmente a galliformes y aves acuáticas. Su transmisión se da por artrópodos como garrapatas y ácaros. Los organismos se observan libres en el plasma como una espiroqueta libre e espiral que se estrecha en finos filamentos. ³

Pirohemocytion

Se presenta como inclusiones intraeritrocíticas de anguladas a ovals. Son de coloración rojiza aunque con tinciones tipo Giemsa se presentan como zonas pálidas en el citoplasma de los eritrocitos. Conforme avanza la infección la estructura aumenta de tamaño hasta llegar a medir 0.5 a 1.5 μm ; por lo general solo se observa una estructura por célula aunque se han llegado a observar. Se considera miembro de la familia Iridoviridae. Se presentan principalmente en lagartos aunque hay algunos reportes en serpientes y tortugas. (Figura 167) Una infección natural suele no ser fatal, cuando más del 85% de los eritrocitos están afectados la morfología celular empieza a variar y se observan eritrocitos alargados.^{3, 18}

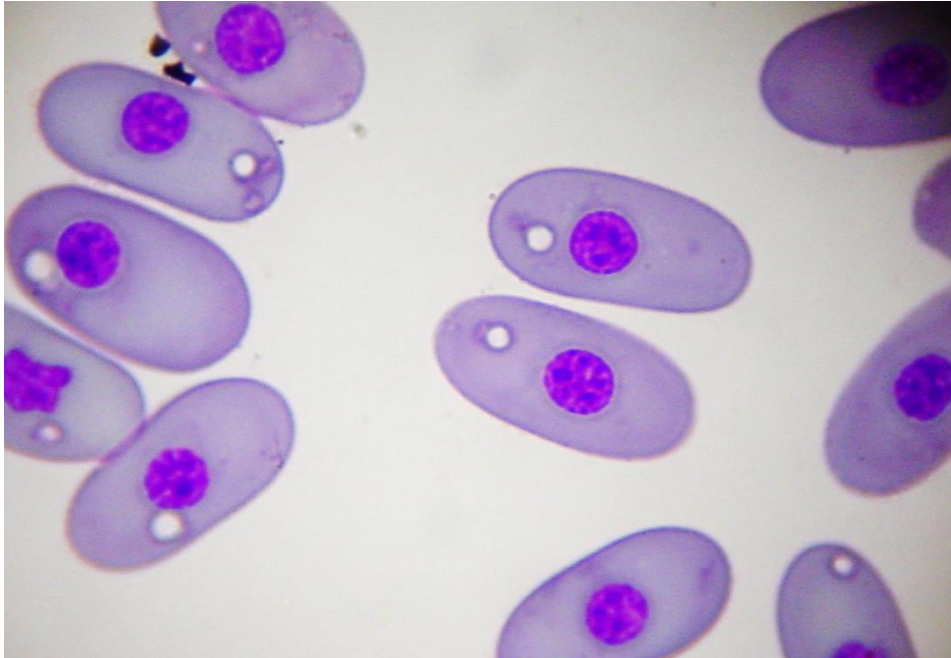


Figura 164. Frotis sanuínico de Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*) Eritrocitos con algún Piroplásmido. Diff Quik 1000x.

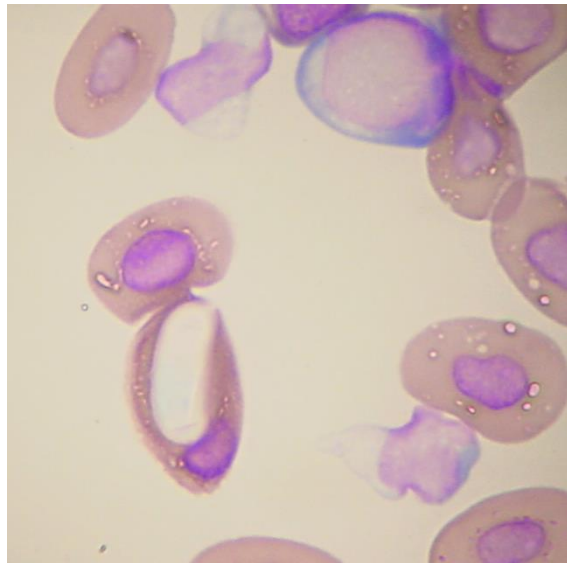


Figura 165. Frotis sanguíneo de Víbora de cascabel (*Crotalus durissus*). Eritrocitos con *Haemogregarina*. Diff Quik 1000x

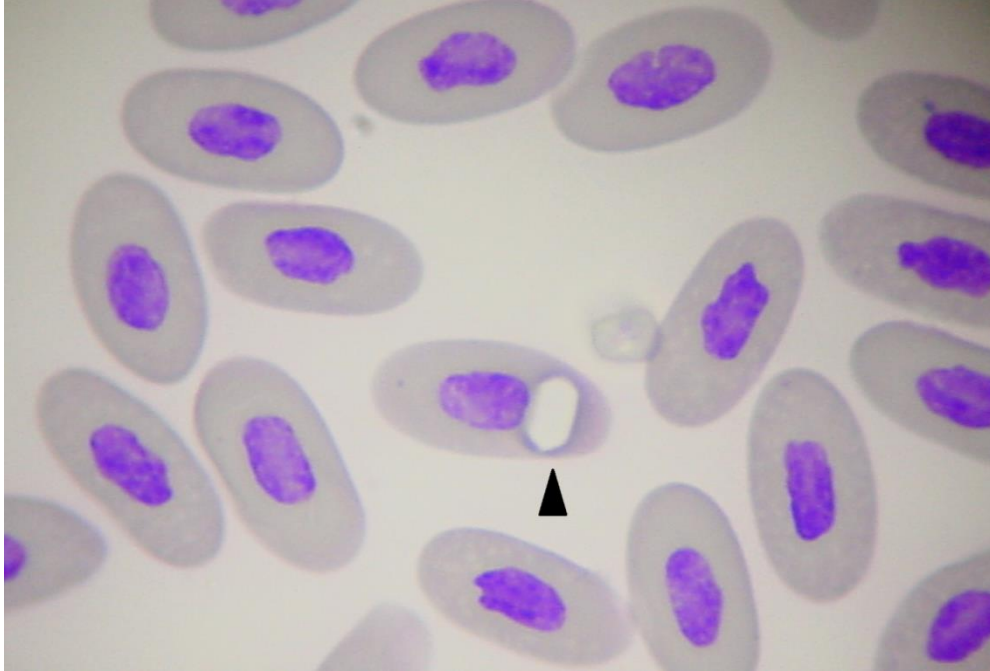


Figura 166. Frotis sanguíneo de Iguana verde (*Iguana iguana*). Eritrocito con *Pirhemocytin*. Diff Quik 1000x.

6. DISCUSIÓN

La evaluación hematológica es muy importante cuando se busca examinar la salud de un individuo pues es este sistema el que se encarga de transporte de nutrientes y eliminación de desechos metabólicos. Cuando se cuenta con poca sangre para realizar las pruebas hematológicas la evaluación del frotis sanguíneo se convierte en una excelente opción pues se requiere de una mínima cantidad de sangre y proporciona importante información sobre el estado de salud del individuo. Esto sucede frecuentemente en especies de difícil manejo o de talla pequeña.^{10, 15, 17, 49}

No es posible realizar la correcta evaluación de la morfología de las células sanguíneas si se desconoce cómo son en un estado de salud y los cambios que presentan en un momento de enfermedad. Es por esto que es sumamente importante contar con una referencia gráfica. En el caso de aves, anfibios y reptiles las referencias son menos que en mamíferos.^{17, 23}

La práctica veterinaria enfocada a aves, anfibios y reptiles se verá enriquecida pues este es un valioso compendio de imágenes de células sanguíneas de especies que no es muy común manejar y que se encuentran en México, ya sea porque aquí se encuentra su hábitat o porque las instituciones zoológicas poseen ejemplares de estas especies dentro de su colección.

Es por eso que de cierta manera se contribuye también a la conservación de las especies que abarca pues al tener más elementos que ayuden a la evaluación de la salud de un individuo su promedio de vida puede aumentarse así como su bienestar. Así las instituciones zoológicas se pueden beneficiar ampliamente con el uso de este material.

7. CONCLUSIONES

La correcta revisión e interpretación del frotis sanguíneo arroja valiosa información sobre el estado de salud de un animal pues pueden detectarse enfermedades que hagan que la morfología de las células sanguíneas se vea afectada e incluso sirve para conocer la progresión de la enfermedad.

Existen evidentes diferencias entre la morfología de células sanguíneas de mamíferos y las de aves, anfibios y reptiles, y dentro de cada Clase animal también hay diferencias entre especies.

Es importante conocer la morfología normal de las células sanguíneas así como los cambios que se llegan a producir en estados de enfermedad.

Este atlas sirve como una herramienta de referencia para la identificación o comparación de las células sanguíneas que estén siendo evaluadas por el técnico laboratorista o el patólogo clínico.

8.ÍNDICE DE FIGURAS

1. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 18
2. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 18
3. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 19
4. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 19
5. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 20
6. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 21
7. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 21
8. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 21
9. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 22
10. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 22
11. Aspirado de Médula ósea, Chachalaca común (*Ortalis*), p. 23
12. Venopunción de V. ulnar, Guacamaya verde (*Ara militaris*), p. 40
13. Venopunción de V. Metatarsiana, Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*) p. 40
14. Venopunción de V. Cocígea dorsal, Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta pelegans*), p. 41

15. Venopunción de V. Coccígea ventral, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 41
16. Venopunción de V. Coccígea ventral, Varano del Nilo (*Varanus niloticus*), p. 42
17. Eritrocitos maduros, policromatófilos y heterófilos. Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 50
18. Eritrocitos maduros y policromatófilos. Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 50
19. Heterófilos, Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 51
20. Heterófilo, monocitos y linfocito. Cisne negro (*Cygnatus atratus*), p. 51
21. Heterófilos, basófilo y núcleo desnudo, Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 52
22. Linfocitos, (a): Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), (b): Cisne (*Cygnus olor*), p. 52
23. Eritrocito hipocromático, heterófilo y linfocito. Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 53
24. Eritrocitos policromatófilos, monocito, trombocito y núcleos desnudos. Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 53
25. Monocito, heterófilo, linfocitos y trombocitos agrupados. Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 54

26. Trombocitos, Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p. 54
27. Heterófilos, Paloma común (*Columba livia*), p. 55
28. Monocito, Paloma común (*Columba livia*), p. 55
29. Trombocitos agrupados, Paloma común (*Columba livia*), p.56
30. Heterófilos y monocito, Cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*), p. 57
31. Heterófilos, linfocito, monocito y trombocito, Cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*), p. 57
32. Heterófilo, eosinófilo y trombocitos. Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 58
33. Heterófilos y trombocitos, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 58
- 34.A) Heterófilo y eosinófilo, B) Heterófilo. Águila real(*Aquila chryseatos*), p. 59
35. Heterófilos y monocitos, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 59
36. Heterófilos y eosinófilo, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 60
37. Monocitos, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 60
38. Linfocito y monocito, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 61
39. Eosinófilo y basófilo, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 62
40. (A) Heterófilo y eosinófilo, (B) Heterófilo, monocito, linfocito y eosinófilo. Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 62

41. Heterófilo y monocitos, Cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*), p.63
42. Monocito y eosinófilo, Cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*), p. 63
43. Heterófilos y monocito, Faisán común (*Phasianus colchicus*), p. 64
44. Monocito, trombocito y linfocito, Faisán común (*Phasianus colchicus*), p. 64
45. Linfocitos y cúmulo de heterófilos, Faisán común (*Phasianus colchicus*), p.65
46. Heterófilos, Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*), p. 65
47. Heterófilo, eosinófilos, trombocitos y eritrocito policromatófilo, Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*), p. 66
48. Monocitos, linfocitos, trombocito y heterófilo roto, Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*), p. 66
49. Monocitos, linfocito, eosinófilo y basófilo, Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*), p. 67
50. Linfocitos, monocito y trombocitos, Faisán copete de piedra (*Pauxi pauxi*), p. 67
51. Heterófilos, Grulla coronada (*Belearica regulorum*), p. 68
52. Heterófilo, linfocito y eosinófilo, Grulla coronada (*Belearica regulorum*), p. 68
53. Heterófilo y eosinófilo, Grulla coronada (*Belearica regulorum*), p. 69
54. Heterófilos y eritrocitos poiquilocitos, Focha (*Fulica americana*), p. 69

55. Monocito. Focha (*Fulica americana*), p. 70
56. Heterófilos y monocito, Flamenco american (*Phoenicopterus ruber*),p. 70
57. Monocito, heterófilo, eosinófilo y eritrocito policromatófilo, Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*), p. 71
58. Eosinófilo y trombocitos, Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*), p. 71
59. Heterófilos, monocito y trombocito, Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*), p. 72
60. Heterófilos, Avestruz (*Struthio camelus*), p. 72
61. Heterófilos y linfocito, Avestruz (*Struthio camelus*), p. 73
62. Monocitos, Avestruz (*Struthio camelus*), p. 73
63. Basófilos, Avestruz (*Struthio camelus*), p. 74
64. Heterófilos y eosinófilo, Cuervo (*Corvus corax*), p. 74
65. Linfocitos y trombocito, Cuervo (*Corvus corax*), p. 75
66. Heterófilos y monocito, Cuervo (*Corvus corax*), p. 75
67. Monocito, heterófilo y eosinófilos, Cuervo (*Corvus corax*), p. 76
68. Heterófilo y monocito, Cotorra cabeza azul (*Psittacula cyanocephala*), p. 76

69. Monocito, trombocitos y eritrocito policromatófilo, Cotorra cabeza azul (*Psittacula cyanocephala*), p. 77
70. Heterófilo y linfocitos, Loro frente azul (*Amazona aestiva*), p. 77
71. Heterófilo, linfocito y trombocitos, Loro frente azul (*Amazona aestiva*), p. 78
72. Heterófilos y monocitos, Loro gris africano (*Psittacus erithacus*), p. 78
73. Linfocitos, Loro gris africano (*Psittacus erithacus*), p. 79
74. Heterófilo, eritrocito policromatófilo y linfocito, Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*), p. 79
75. Basófilos y monocito, Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*), p. 80
76. Trombocitos y eritrocitos inmaduros, Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*), p. 80
77. Heterófilos y trombocito, Guacamaya verde (*Ara militaris*), p. 81
78. Monocito y linfocitos, Guacamaya verde (*Ara militaris*), p. 81
79. Basófilo, Guacamaya verde (*Ara militaris*), p. 82
80. Heterófilos y monocito, Guacamaya verde (*Ara militaris*), p. 82
81. Heterófilos, monocito y basófilo degranulado, Guacamaya verde (*Ara militaris*), p. 83

82. Heterófilos, linfocito y basófilo degranulado, Pingüino de Humbolt (*Spheniscus humboldti*), p. 83
83. Heterófilos, eosinófilo y monocito, Pingüino de Humbolt (*Spheniscus humboldti*), p. 84
84. Heterófilos, eosinófilo, linfocito y monocitos, Pingüino de Humbolt (*Spheniscus humboldti*), p. 84
85. Linfocito, trombocito, heterófilo y eosinófilo, Pingüino de Humbolt (*Spheniscus humboldti*), p. 85
86. Trombocitos, heterófilos y eritrocito inmaduro, Pingüino de Humbolt (*Spheniscus humboldti*), p. 85
87. (A) Heterófilo, (B) Linfocito, (C) Eosinófilo y (D) Basófilo degranulado y trombocito, Lechuza de campanario (*Tyto alba*), p. 86
88. Eosinófilo, monocitos y trombocito, Búho cornudo (*Bubo virginianus*), p.87
89. Eosinófilo, basófilos degranulados y linfocito, Búho cornudo (*Bubo virginianus*), p. 87
90. Eosinófilo y monocito, Búho cornudo (*Bubo virginianus*), p. 88
91. Eritrocitos maduros, Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), p. 93
92. Neutrófilo, Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), p. 94
93. Eosinófilo, Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), p. 94

94. Neutrófilo, Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), p. 95
95. Basófilo, Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), p. 95
96. Linfocito, Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), p. 96
97. Heterófilo y basófilo, Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), p. 103
98. Heterófilo, monocito y trombocito, Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*),
p.103
99. Linfocitos, monocito, trombocitos y basófilo, Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), p. 104
100. Heterófilo y basófilo, Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), p.104
101. Monocito, heterófilos y basófilo, Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*),
p. 105
102. Linfocito, basófilos, heterófilo, linfocitos y monocito, Caimán (*Caiman*),
p. 106
103. Trombocitos y linfocito Caimán (*Caiman*), p. 107
104. Linfocito, basófilo y heterófilo, Varano del Nilo (*Varanus niloticus*),
p. 107
105. Heterófilos y monocitos, Varano del Nilo (*Varanus niloticus*), p. 108
106. Trombocitos, Varano del Nilo (*Varanus niloticus*), p. 108
107. Heterófilo y linfocito, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 109

108. Monocito y linfocito, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 109
109. Basófilo, heterófilo y trombocitos, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 110
110. Eosinófilo y heterófilo, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p.110
111. Monocito con gránulos azurófilos y heterófilo, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 111
112. Heterófilo y basófilo, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 111
113. (A) y (B) Heterófilos, (C) Basófilo, (D) Trombocito y linfocito, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 112
114. Heterófilos, linfocito y eosinófilo, Iguana verde (*Iguana iguana*), p. 113
115. Monocitos y basófilo, Iguana verde (*Iguana iguana*), p. 113
116. Eosinófilo, linfocito y heterófilo, Iguana verde (*Iguana iguana*), p. 114
117. (A) Heterófilos, (B) Monocito, (C) Eosinófilo, (D) Linfocito y trombocito, (E) Linfocito, (F) Basófilo, Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), p. 115
118. Eosinófilo y basófilo, Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), p. 116
119. Heterófilo y monocitos, Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*), p. 116
120. Heterófilo, linfocito y eosinófilo, Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*), p. 117

121. Heterófilos y trombocitos, Tortuga africana de espolones (*Geochelone sulcata*), p. 118
122. Basófilo y eosinófilo, Tortuga africana de espolones (*Geochelone sulcata*), p. 118
123. Linfocito, Tortuga africana de espolones (*Geochelone sulcata*), p. 119
124. Linfocitos y heterófilo, Tortuga orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*), p. 119
125. Monocito y heterófilo, Tortuga orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*), p. 120
126. Eosinófilo, trombocito y basófilo, Tortuga orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*), p. 120
127. Monocito azurófilo, Tortuga orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*), p. 121
128. Linfocito y heterófilo, Tortuga patas amarillas (*Chelonoidis denticulata*), p. 121
129. Monocito y basófilo degranulado, Tortuga patas amarillas (*Chelonoidis denticulata*), p. 122
130. Heterófilo y basófilo, Tortuga de concha blanda (*Pelodiscus sinenses*), p.122
131. Heterófilos, linfocito y basófilo, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 123

132. Heterófilo, trombocito y azurófilo, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 123
133. Trombocitos y azurófilo, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 124
134. Trombocitos y heterófilo, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 124
135. Heterófilos y linfocito, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 125
136. Linfocito y monocito, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 125
137. Eosinófilo y basófilo, Boa constrictora (*Boa constrictor*), p. 126
138. Heterófilos, Víbora de cascabel (*Crotalus drissus*), p. 126
139. Monocito y basófilo, Víbora de cascabel (*Crotalus drissus*), p. 127
140. Basófilo y monocito, Víbora de cascabel (*Crotalus drissus*), p. 127
141. Monocito y linfocito, Víbora de cascabel (*Crotalus drissus*), p. 128
142. Trombocito y monocito, Víbora de cascabel (*Crotalus drissus*), p. 128
143. Monocito, heterófilo y eritrocito inmaduro, Víbora de cascabel (*Crotalus drissus*), p. 129
144. Eritrocitos policromatófilos, Loro gris africano (*Psittacus erithacus*) y Ganso egipcio (*Alopochen aegyptiacus*), p.135
145. Eritroplástido, Guacamaya verde (*Ara miliaris*), p. 135

146. Eritrocitos cuyo núcleo presenta orientación anormal, Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*), Perico frente naranja (*Aratinga canicularis*), p. 135
147. Poiquilocito, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 136
148. Eritrocito con núcleo segmentado, Lechuza de campanario (*Tyto alba*), p. 136
149. Eritrocito con Cuerpo de Heinz, Búho cornudo (*Bubo virginianus*), p. 136
150. Eritrocitos hipocromáticos, Búho cornudo (*Bubo virginianus*), p.137
151. Rubricito policromático, Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*), p. 137
152. Diversas fases de Mitosis, Faisán común (*Phasianus colchicus*), Pingüino de Humbolt (*Spjheniscus humboldti*), Varano del Nilo (*Varanus niloticus*), Cocodrilo común (*Cocodrilo moreletti*), p. 138
153. Tinción de reticulocitos, Flamenco (*Phoenicopterus ruber*), p. 139
154. Eritrocitos con artefactos, Faisán común (*Phasianus colchicus*), p. 140
155. Eritrocito con núcleo segmentado, Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), p. 140
156. Heterófilos tóxicos, Águila real (*Aquila chryseatos*), p. 145
157. Heterófilos tóxicos, Flamenco (*Phoenicopterus ruber*), Cuervo común (*Corvus corax*), p. 145

158. Heterófilos tóxicos, Cotorra cabeza azul (*Psittacula cyanocephala*), Búho cornudo (*Bubo virginianus*), p. 146
159. Heterófilo tóxico, Iguana verde (*Iguana iguana*), p. 146
160. Leucocito tóxico con bacterias fagocitadas, Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), p. 147
161. Leucocito tóxico, Tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*), p. 147
162. Linfocitos tóxicos, Flamenco (*Phoenicopterus ruber*), Cisne negro (*Cygnus atratus*), p. 148
163. Leucocitos tóxicos y eritrocitos con Piroplasma, Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), p. 148
164. Eritrocitos con *Piroplasma*, Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), p. 159
165. Eritrocitos con *Haemogregarina*, Víbora de cascabel (*Crotalus durissus*), p. 159
166. Eritrocito con *Pirohemocytion*, Iguana verde (*Iguana iguana*), p. 160

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Campbell TW. Hematology. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR (Eds.) Avian Medicine: Principles and application. Florida: Wingers Publishing Inc, 1994: 176-198.
2. Clark P, Boardman WSJ, Raidal SR. Atlas of Clinical Avian Hematology. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009.
3. Campbell TW, Ellis CK. Avian and Exotic Animal Hematology and Cytology. 3rd ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2007.
4. Campbell TW. Avian hematology and Cytology. Ames: Iowa State University Press, 1988.
5. McKeown, B. Avian Hematology: sample collection, the cells, their form and function. In: Veterinary technicians and practice managers. Proceedings of the North American Veterinary Conference (Eds.), Volume 21, Orlando, Florida USA, 2007: 89-92.
6. Reagan WJ, Irizarry RAR, DeNicola DB. Veterinary Hematology. Atlas of common domestic and non domestic species. 2nded. Iowa: Wiley-Blackwell, 2008.
7. Stahl SJ. Reptile Hematology and Serum Chemistry. In: Proceedings of the North American Veterinary Conference. Volume 20. Orlando, Florida 2006.
8. Mader DR. Reptile Medicine and Surgery. Philadelphia USA: W.B. Saunders, 1996.
9. McArthur S, Wilkinson R, Meyer J. Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

10. Heard D, Harr K, Wellehan J. Diagnostic sampling and laboratory tests. In: Girling SJ, Raiti P,(eds.) . BSAVA Manual o Reptiles. 2nd ed. U.K.: British Small Animal Veterinary Association, 2004.
11. Strik NI, Alleman AR, Harr KE. Circulating inflammatory cells. In: Jacobson ER (ed.) Infectious Diseases and Pathology of Reptiles. Color Atlas and Text. EUA: CRS Press, 2007.
12. Reavill D. Selected Topics in Reptile Clinical Pathology. Exotic Animal Symposium, 1994.
13. Singh RM, Kumar TP. Simple method of blood sampling from Indian freshwater turtles for genetic studies. Acta Herpetológica 2008; 3: 65-69.
14. Martínez SA, Rodríguez DMA, Mateo JA, Pastor J, Marco I, Laín S, Cuenca R. Comparative haematology and blood chemistry of endangered lizards (*Gallotia* species) in the Canary Islands. The Veterinary Record 2004; 155(9):266-269.
15. Mader DR. Reptile Medicine and Surgery. 2^a ed. Philadelphia USA: Elsevier, 2006.
16. Slomka EF. Hematology Avian and Reptile. Proceeding of the NAVC North America Veterinary Conference; 2005 january 8-12; Orlando Florida. USA: North America Veterinary Conference, 2005: 106-107.
17. Wright KM, Whitaker BR. Amphibian Medicine and Captive Husbandry. Florida USA: Krieger, 2001.
18. Thrall MA, Weiser G, Allison R, Campbell T, editors. Veterinary Hematology and Clinical Chemistry. 2nd edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Williams, 2012.

19. Carr JH, Rodak FB. Atlas de Hematología Clínica. 3ª edición. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2010.
20. Allender MC, Fry MM. Amphibian Hematology. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 2008; 11 (3): 463-480.
21. Tristan T. Introduction to Hematology and Biochemistry of Amphibians. *Proceeding of the ACVP/ASVCP Concurrent Annual Meetings*; 2009 december 5-9; Monterrey California. USA: American College of Veterinary Pathologists/American Society for Veterinary Clinical Pathology, 2009.
22. Tanaka Y. Architecture of the Marrow Vasculature in Three Amphibian Species and Its Significance in Hematopoietic Development. *The American journal of anatomy* 1979; 145 (4): 485-97.
23. Weiss DJ, Wardrop KJ, editors. *Schalm's Veterinary Hematology*. Sixth edition. USA: Wiley- Blackwell, 2010.
24. Dabrowski Z, Martins ISS, Tabarowski Z, Witkowska-Pelc E, Morena SDD, Spodaryk K, Podkowa D. Haematopoiesis in snakes (Ophidia) in early postnatal development. *Cell and Tissue Research* 2007; 328 (2): 291-299.
25. Sykes JM, Klaphake E. Reptile Hematology. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 2008; 11: 481-500.
26. De Moura WL, de Carvalho VAL, Santos AA, et al. Aspectos morfológicos da células da serie eritrocítica de Caimán *Crocodylus yacaré*. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 2005; 42:319-326.
27. Canfield PJ. Comparative cell morphology in the peripheral blood film from exotic and native animals. *Australian Veterinary Journal* 1998; 76: 793-800.

28. Mitchell EB, Johns J. Avian Hematology and Related Disorders. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 2008; 11:501-522.
29. Gálvez MCF, Ramírez BGF, Henry OJ. El laboratorio clínico en hematología de aves exóticas. *Biosalud* 2009; 8:178-188.
30. Hakki UI, Sevinç M, Sami YH. Erythrocyte Size and Morphology of Some Tortoises and Turtles from Turkey. *Zoological Studies* 2003; 42(1):173-178.
31. Wilkinson R. Clinical pathology. In: McArthur S, Wilkinson R, Meyer J (editors). *Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles*. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.
32. Reavill D. Selected Topics in Reptile Clinical Pathology. *Diplomate American Board of Veterinary Practitioners Avian Practice*; 2005; California. USA: Avian Medical Center of Sacramento and California Avian Laboratory; 2005: 1-12
33. Ceballos de Bruno, S. Algunos parámetros hematológicos en *Liolaemus wiegmanni* (Sauria: Tropiduridae). Números de eritrocitos, número de leucocitos y fórmula leucocitaria. Morfología de células sanguíneas y de médula ósea. *Cuadernos de herpetología* 1995; 9: 51-56.
34. Martínez SA, Lavín S, Cuenca R. Hematología y Citología Sanguínea en Reptiles. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales* 2011; 31(3):131-141.
35. Mayer J, Innis C. Characterizing the Hematologic and Plasma Chemistry Profiles of Captive Chinese Water Dragons, *Physignathus uncincinus*. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 2005; 15(3): 16-23.

36. Cabrera PMA. Valores Hematológicos de la Tortuga motelo (*Geochelone denticulata*), mantenidos en cautiverio en la ciudad de Iquitos-Perú (tesis de licenciatura). Lima Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2008.
37. Leonardo PD, Mardegan IJP, Henrique CF, Orive LL. Morphological Characterization of the Leucocytes in Circulating Blood of the Turtle (*Phrynops hilarii*). International Journal of Morphology 2007; 25(4):677-682.
38. Novoa FD, Benitez TI, Corredor MJR, Rodríguez PJ. Hallazgos hematológicos en Iguana verde Suramericana (Iguana iguana), de ejemplares ubicados en Zona Urbana y Suburbana de Villavicencio. Revista ORINOQUIA 2008, 12: 67-79.
39. Carvalho RL, Antoniazzi MM, Jared C, Silva AMJ, Santos AA, Egami MI. Morphological, cytochemical, and ultrastructural observations on the blood cells of the reptile Tupinambis merianae (Squamata). Comparative Clinical Pathology; 2006(15):169-174.
40. Knotek Z, Trnkova S, Trnokova S. Advances in Reptilian Hematology and Blood Chemistry. World Congress WSAVA/FECAVA/CSAVA; 2006 octubre; Prague Czech Republic: Czech Small Animal Veterinary Association CSAVA, 2006: 334-336.
41. Bounous DI. Avian and Reptile Hematology in: Ballard BM, Cheek R, editors. Exotic Animal Medicine for the Veterinary Technician: Backwell Publishing Professional, 2003.
42. Jenkins PJ. Hematologic Evaluation of Reptiles: A Diagnostic Mainstay. Veterinay Technician 2012; 33(8): E1-E8.

43. Stacy NI, Rick AA, Saylor KA. Diagnostic Hematology of Reptiles. Clinics in Laboratory Medicine 2011; 31: 87-108.
44. Andrew KD, Andrew MD. White blood cell differentials of Northern Cricket Frogs (*Acris c. crepitans*) with a compilation of published values from other amphibians. Herpetologica 2009; 65(3):260-267.
45. Matta NE, Rodríguez OA. Hemoparásitos Aviares. Acta Biológica Colombiana 2001; 6: 27-34.
46. Guevara RRG. Biología de los parásitos del género *Plasmodium*. Gaceta Médica de Caracas 1997; 105 (1): 24-26.
47. Barboza NN, Mussart NB, Prado W, Koza G, Gabriela A, Coppo JA. Cambios del eritrograma durante el cautiverio de *Caiman latirostris* y *Caiman yacare*. Universidad del Nordeste: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, 2006.
48. Telford SR. Hemoparasites of the reptilia. Color Atlas and Text. Florida. CRC Press 2009
49. Troiano JC, Silva MC. Valores hematológicos de referencia en Tortuga Terrestre Argentina (*Chelonoidis chilensis chilensis*). Analecta Veterinaria 1998; 1/2: 47-51.