

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA



Determinación de parámetros hematológicos en serpientes cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano del Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador

POR

CINTHYA MERCEDES HERNÁNDEZ DOÑÁN

HAZEL ANDREA HERNÁNDEZ REYES

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA



Determinación de parámetros hematológicos en serpientes cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano del Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador

POR

CINTHYA MERCEDES HERNÁNDEZ DOÑÁN

HAZEL ANDREA HERNÁNDEZ REYES

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

M.Sc. ING. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

ING. AGR. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO

ING. AGR. M.Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA

MVZ. MSP. MARÍA JOSÉ VARGAS ARTIGA

ASESOR INTERNO

M. Sc. MVZ. CARLOS DAVID LÓPEZ SALAZAR

ASESORES EXTERNOS

M. Sc. MVZ. JOSÉ MIGUEL CHOPIN RODRÍGUEZ

LICDA. ANA MIRIAM GONZÁLEZ PÉREZ

TRIBUNAL CALIFICADOR

MVZ. RAMÓN OVIEDO ZELAYA

MVZ. RICARDO ERNESTO GAMERO GUANDIQUE

M.Sc. MVZ. CARLOS DAVID LÓPEZ SALAZAR

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

MVZ. FERNANDO JAVIER FLORES ALVARENGA

RESUMEN

El proyecto de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, donde se extrajeron muestras sanguíneas de la vena coccígea caudal en serpientes cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano, entre los meses de febrero y abril del 2024 para evaluar sus parámetros hematológicos en relación con variables morfométricas como: edad, talla, sexo y peso, además se analizó y describió la morfología celular de la línea roja y la línea blanca.

Para el recuento celular se utilizaron técnicas manuales empleando la cámara de Neubauer modificada, herramienta que permite obtener datos cuantitativos precisos sobre la concentración de células sanguíneas por unidad de volumen. El análisis hematológico se realizó mediante la elaboración de frotis sanguíneos, los cuales fueron teñidos con colorante de Wright, técnica que permite una diferenciación clara de los distintos tipos celulares presentes en la sangre. Esta metodología facilitó la evaluación morfológica de las células pertenecientes a la línea roja, línea blanca, así como la identificación de trombocitos.

Los resultados obtenidos revelaron una concentración aumentada de eritrocitos en circulación de algunos ejemplares, condición identificada como policitemia absoluta transitoria. Este incremento se interpretó como una respuesta transitoria al estrés, inducido por el proceso de manipulación necesario para la toma de muestras sanguíneas.

Los parámetros obtenidos representan el primer reporte de este tipo para El Salvador, constituyendo una contribución significativa al conocimiento en salud y herpetológico del país debido a su importancia médica, así como una base de referencia útil para futuras investigaciones, monitoreo de salud y manejo clínico de esta especie amenazada.

Palabras clave: Hematología, parámetros hematológicos, morfología celular, serpiente cascabel.

ABSTRACT

The research was conducted at the Vector Entomology Laboratory of the Center for Research and Health Development, where blood samples were collected from the caudal coccygeal vein of captive rattlesnakes (*Crotalus simus*) between February and April 2024. The study aimed to evaluate hematological parameters in relation to morphometric variables such as age, size, sex, and weight, as well as to describe the cellular morphology of red and white blood cell lines. Cell counts were performed using manual techniques with a modified Neubauer chamber, which provides precise quantitative data on blood cell concentration per unit volume. Hematological analysis included the preparation of blood smears stained with Wright's stain, allowing clear differentiation of cell types and the identification of thrombocytes. Results revealed an increased concentration of circulating erythrocytes in some specimens, a condition identified as transient absolute polycythemia, interpreted as a stress response induced by handling during blood collection.

These findings represent the first report of their kind in El Salvador, contributing significantly to herpetological and health-related knowledge, and serving as a reference for future research, health monitoring, and clinical management of this threatened species.

Keywords: Hematology, hematological parameters, cell morphology, rattlesnake.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras madres, Verónicas, que nos ha apoyado durante el proceso.

A las profesionales que nos brindaron su apoyo en la investigación, Lic. Monserrath Coto, MVZ. Sada Amaya, por compartir su vocación, habilidad y experiencia con la fauna silvestre.

A nuestros asesores, MVZ. Carlos David López, Licda. Ana González y MVZ. Chopin por la paciencia y dedicación para hacer posible esta investigación.

Al Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, por permitirnos sus instalaciones y equipo para procesamiento de muestras.

Esta tesis es el resultado de muchas personas y experiencias que han dejado una huella significativa en nuestro camino profesional.

Cinthy Doñán

Hazel Reyes

DEDICATORIA

A mi madre por acompañarme y apoyarme en este camino, solo vos y yo sabemos lo difícil que ha sido para mí esta carrera, que me ha puesto a prueba en todos los sentidos, gracias por no dejarme desistir, por estar siempre en las buenas, en las malas y en las peores, por comprenderme y no dejarme caer, sin ti seguramente no habría logrado llegar hasta acá. A mi padre que aún en la distancia ha estado apoyándome, a mi hermano y familia que han creído en mí desde el principio. A Sergito que ha estado desde el inicio de mi carrera, que ha sido mi equipo de oro, un gran compañero, un gran amigo, hemos crecido mucho juntos y te debo las gracias por tu apoyo incondicional. A mis asesores, a quienes les tengo un profundo respeto, por su amor a la educación, a la investigación, a la promoción de la creación de información científica, al bienestar animal y la salud pública a través de cada una de sus ramas, para mí son fuente de admiración y he aprendido mucho de ustedes. A la carrera que con tanto esfuerzo he logrado superar y vencer el avasallante temor que implica ser médico veterinario en un contexto tan limitado, tan competitivo y lleno de dudas, comprendo que el miedo no debe ser una limitante, sino que el motor para conquistarlo y seguir trascendiendo y creciendo en lo que nos hace felices que es velar por el bienestar de los animales que habitan la tierra sin importar su especie; gracias además por brindarme amigos que llevo en el corazón. Y al final quiero dedicar mi trabajo a mis más grandes maestros en el tránsito de esta vida tan corta y es a mis dos amados amigos Oddie y Goruck que me han acompañado en el inicio y en el final de este camino, que, aunque ya no transitemos el mismo plano, me han enseñado la calidez y el amor incondicional, la compañía sin la necesidad de palabras, la admiración y la contemplación, de ustedes sin dudas he aprendido mucho y su partida me duele hasta el alma.

Hazel Reyes

DEDICATORIA

En primer lugar, a mi madre, cuyo esfuerzo constante y dedicación han sido fundamentales para que yo pueda alcanzar este logro.

A mi hermana, por su acompañamiento incondicional, por estar presente en cada etapa del camino, apoyando y celebrando conmigo los avances.

A la medicina veterinaria y zootecnia, por convertirse en una parte fundamental de mi vida, por desafiarme, darme propósito en esta vida.

A mis amigas por ser una fuente constante de equilibrio durante este proceso.

A mi mascota, Fiby, por ser mi primera gran maestra en aspectos esenciales de la medicina veterinaria, que ha estado conmigo a lo largo de todos estos años de formación. Su compañía durante los desvelos, los días de estudio, y en los momentos de estrés.

Cinthy Doñán

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	Objetivo general	2
2.2.	Objetivos específicos.....	2
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1.	Antecedentes	3
3.2.	Generalidades de las serpientes	5
3.3.	Especies de serpientes venenosas en El Salvador	6
3.4.	Características de la serpiente cascabel centroamericana	7
3.4.1.	<i>Hábitat</i>	10
3.4.2.	<i>Distribución</i>	10
3.5.	Epidemiología de mordeduras por serpiente en El Salvador	11
3.6.	Requerimientos de serpientes bajo cuidado humano	12
3.7.	Hematología en reptiles	12
3.7.1.	<i>Extracción de sangre en serpientes</i>	13
3.7.2.	<i>Sitios de venopunción utilizados en serpientes</i>	13
3.8.	Técnicas de recuentos y evaluación celular en reptiles	14
3.8.3.	<i>Recuento de eritrocitos, leucocitos y trombocitos</i>	15
3.9.	Identificación morfológica de las células hematológicas en serpientes	16
3.9.1.	<i>Eritrocitos</i>	16
3.9.2.	<i>Leucocitos</i>	17
3.9.3.	<i>Heterófilos</i>	17
3.9.4.	<i>Eosinófilos</i>	18
3.9.5.	<i>Basófilos</i>	19
3.9.6.	<i>Linfocitos</i>	19
3.9.7.	<i>Monocitos</i>	21
3.9.8.	<i>Azurófilos</i>	21

3.9.9.	<i>Trombocitos</i>	22
3.10.	Valor hematocrito	23
3.11.	Hemoglobina	23
4.	METODOLOGÍA	25
4.1.	Materiales y métodos.....	25
4.2.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	26
4.2.2.	<i>Condiciones ambientales del laboratorio</i>	26
4.3.	Descripción de los modelos de estudio.....	27
4.3.1.	<i>Serpientes en estudio</i>	27
4.3.2.	<i>Metodología de campo</i>	27
4.4.	Metodología de laboratorio	29
4.4.1.	<i>Fase Pre-Analítica</i>	29
4.4.3.	<i>Recuento eritrocitario</i>	31
4.4.4.	<i>Recuento leucocitario</i>	31
4.4.6.	<i>Hematocrito</i>	31
4.7	<i>Fase analítica</i>	32
4.4.7.	<i>Fase post analítica</i>	32
4.5.	Metodología estadística descriptiva	32
4.5.1.	<i>Hemoglobina</i>	33
4.5.2.	<i>Índices eritrocitarios</i>	33
5.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	34
5.1.	Resultado y análisis hematológico	34
5.1.1.	<i>Eritrocitos</i>	34
5.1.2.	<i>Trombocitos</i>	35
5.1.3.	<i>Leucocitos</i>	36
5.1.4.	<i>Hematocrito</i>	37
5.1.5.	<i>Hemoglobina</i>	37
5.1.6.	<i>Volumen Corpuscular Medio (VCM)</i>	37
5.1.7.	<i>Contenido Corpuscular Medio de Hemoglobina (MCH)</i>	37
5.1.8.	<i>Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (MCHC)</i>	38
5.2.	Morfología celular de la serpiente cascabel (<i>Crotalus Simus</i>)	38

5.2.1.	<i>Eritrocitos</i>	38
5.2.2.	<i>Reticulocitos</i>	39
5.2.3.	<i>Trombocitos</i>	40
5.2.4.	<i>Heterófilos</i>	41
5.2.5.	<i>Eosinófilos</i>	42
5.2.6.	<i>Basófilos</i>	43
5.2.7.	<i>Azurófilos</i>	44
5.2.8.	<i>Linfocitos</i>	45
6.	CONCLUSIONES	47
7.	RECOMENDACIONES	48
8.	REFERENCIAS	49
9.	ANEXOS	58

ANEXO 1.	Preparación de solución Natt & Herrick.....	58
ANEXO 2.	Toma de muestra en ofidios y	58
ANEXO 3.	Manipulación y restricción en ofidios.....	59
ANEXO 4.	Preparación de frotis sanguíneo.....	59
ANEXO 5,6,7	Cuadros comparativos El Salvador y Costa Rica.....	60
ANEXO 8, 9,10.	Cuadro comparativo <i>Crotalus simus</i> y <i>Crotalus durissus</i>	61

TABLAS DE CONTENIDO

TABLA 1.	Taxonomía de la serpiente cascabel (<i>Crotalus simus</i>).....	8
TABLA 2.	Valores de colecta de datos de los modelos de estudio	27
TABLA 3.	Volumen sanguíneo extraído por ejemplar según el 10% de su peso vivo.....	29
TABLA 4.	Composición de la solución de Natt & Herrick.....	30
TABLA 5.	Fórmulas para obtener valores de hemoglobina, VCM, MCH y MCHC	33

FIGURAS

FIG 1.	Sitios de registro y distribución potencial de <i>Crotalus simus</i>	11
FIG 2.	Ubicación del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud.....	26
FIG 3.	Morfología celular: Eritrocitos.....	39
FIG 4.	Morfología celular: Reticulocitos.....	40

FIG 5. Morfología celular: trombocitos.....	41
FIG 6. Morfología celular: Hetérfilo.....	42
FIG 7. Morfología celular: Eosinófilo.....	43
FIG 8. Morfología celular: Basófilos.....	44
FIG 9. Morfología celular: Azurófilos.....	45
FIG 10. Morfología celular: Linfocitos.....	46

GRÁFICAS

GRÁFICA 1. Eritrocitos.....	62
GRÁFICA 2. Leucocitos.....	62
GRÁFICA 3. Trombocitos.....	63
GRÁFICA 4. Hematocrito.....	63
GRÁFICA 5. Hemoglobina.....	64
GRÁFICA 6. Volumen corpuscular medio.....	64
GRÁFICA 7. Contenido corpuscular medio de hemoglobina (MCH.....	65
GRÁFICA 8. Concentración de hemoglobina corpuscular media (MCHC).....	65

1. INTRODUCCIÓN

La serpiente cascabel centroamericana (*Crotalus simus*) es una especie de serpiente venenosa perteneciente a la subfamilia de las víboras de foseta (*Crotalinae*). Esta especie se distribuye ampliamente en regiones tropicales y subtropicales de América Central, donde cumple un rol ecológico importante. En El Salvador, se encuentra categorizada como una especie en peligro de Extinción, según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2023). Las mordeduras de esta serpiente venenosa constituyen un problema de salud pública a nivel nacional, especialmente en zonas rurales donde el acceso a servicios médicos puede ser limitado. En El Salvador, según Chirino (2022), la mayoría de los casos de mordeduras por serpiente venenosa se registra durante la temporada de lluvias y afectan principalmente a poblaciones vulnerables que habitan en áreas agrícolas. A pesar de la relevancia médica y ecológica de la serpiente Cascabel (*Crotalus simus*), los estudios hematológicos en esta especie son escasos en la región centroamericana, y particularmente inexistentes en El Salvador; siendo la hematología una herramienta fundamental para la evaluación del estado general de salud en todas las especies incluyendo a los reptiles siendo este último grupo el menos estudiado hasta el momento. En ese sentido, la investigación tuvo como objetivo determinar los parámetros hematológicos de ejemplares de *Crotalus simus* mantenidos bajo cuidado humano en el Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud. Para ello, se recolectaron muestras de ocho individuos, los cuales fueron clasificados por sexo y grupo etario, con el fin de obtener valores mínimos, medios y máximos en su perfil hematológico, así mismo, se llevó a cabo un análisis de la morfología celular de la línea blanca y roja.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar los parámetros hematológicos en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador.

2.2. Objetivos específicos

Obtener los valores mínimos, medios y máximos en el perfil hematológico de serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano.

Evaluar las variaciones hematológicas con respecto a las variables morfométricas: edad, talla, sexo y peso, de la serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano.

Identificar la morfología celular de la línea roja y línea blanca en *Crotalus simus* bajo cuidado humano.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Antecedentes

En los últimos años, se han llevado a cabo diversos estudios sobre hematología en reptiles, orientadas a describir las características de las células sanguíneas, su estructura y funcionalidad, así como a establecer parámetros hematológicos de referencia.

En 2006, Martínez presentó una investigación de la Universidad Autónoma de Barcelona centrada en la hematología y la bioquímica en reptiles en la cual se enfocó en la lectura de resultados para reptiles especie específico en base a los sujetos de estudio, realizando descripción morfométrica de las células de la línea blanca, línea roja, la bioquímica y los cambios en los recuentos por especie, tomando como modelos de estudio a la Tortuga Desértica (*Gopherus agassizi*), Boa (*Constrictor constrictor*), Pitón Real (*Python regius*), Iguana verde común (*Iguana iguana*), Tortuga Radiada (*Geochelone radiata*), Tortuga de Orejas Rojas (*Trachemys scripta elegans*), Scinco Gigante (*Corucia zebrata*), Anaconda (*Eunectes murinus*) y de los cocodrilianos *Caiman latirostris* y *Alligator Mississipiensis*.

En 2010, la Universidad Central de Venezuela se llevó a cabo un estudio morfológico y morfométrico de las células sanguíneas de *Caiman crocodilus*, lo que permitió conocer las características específicas de cada tipo celular (Rossini, 2010).

En 2011, la Universidad de San Carlos de Guatemala determinó los valores de referencia para la hematología, química sérica clínica y morfometría de la tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en Escuintla, Guatemala (Mérida, 2011). Ese mismo año, la Universidad Autónoma de Baja California Sur, en México, realizó un análisis sobre la morfología y el perfil leucocitario de *Crotalus polystictus*, utilizando muestras de una población herpetológica silvestre ubicada en el municipio de Jocotitlán, al noroeste de la capital del Estado de México (Méndoza, 2011). Así mismo, en la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) se realizó un artículo analizando las células sanguíneas descritas en reptiles, llamado "Hematología y citología sanguínea en reptiles" siendo herramienta diagnóstica en el ámbito de veterinaria ya que se discute su interpretación clínica en cuanto a las variaciones que sufren los reptiles, tanto fisiológica como patológica (Martínez et al, 2011).

En 2013, en El Salvador se realizó una investigación sobre valores hematológicos y bioquímicos sanguíneos de las tortugas anidantes de *Lepidochelys olivacea* (tortuga golfina), así como un estudio comparativo con otras especies de tortugas marinas. Esta investigación estableció los valores sanguíneos de las tortugas golfina anidantes (Santillana, 2013). Siendo el objetivo de la investigación establecer valores como una ayuda a la detección temprana de posibles enfermedades infecciosas, parasitarias, entre otras.

En 2015, la Universidad de El Salvador llevó a cabo un estudio hematológico sobre reptiles del Parque Zoológico Nacional de El Salvador, analizando la presencia de hemoparásitos. Este estudio abarcó los tres órdenes en los que se clasifican los reptiles: *Crocodylia* (cocodrilos), *Testudines* (tortugas) y *Squamata* (lagartijas y serpientes) (Cortez, 2015).

En cuanto a estudios realizados en la familia *Viperidae* y específicamente en serpientes de cascabel del género *Crotalus* se reportan:

Troiano *et al*, en 1997 presentó una investigación titulada como: Intervalos Hematológicos de la Serpiente de Cascabel Sudamericana ((*Crotalus durissus terrificus*, Laurenti, 1768) en Cautiverio, en donde se tomó muestras sanguíneas de más de 180 ejemplares para obtener los parámetros hematológicos de la especie comparando los resultados con los valores reportados para otras especies de Crotalidos, Viperinos y Elapidos manteniéndose dentro de los rangos descritos para estas especies y demostrando que no obtuvieron cambios significativos en función de sexo y edad.

En el año 2000, Troiano *et al*. Presento un estudio titulado Hematological values of some *Bothrops* especies (*Ophidia-Crotalidae*) in captivity en donde se determinaron los parámetros hematológicos para las especies *Bothrops alternatus*, *Bothrops jararacussu*, *Bothrops moojeni*, y *Bothrops neuwiedi diporus* los cuales se compararon por los reportados de otras especies del género *Bothrops* demostrando que los valores obtenidos se encontraban dentro de los rangos reportados sin embargo el recuento de trombocitos fue significativamente menor, y todos los valores obtenidos fueron superiores en comparación con la serpiente *Bothrops ammodytoides*

En 2014, la Universidad Autónoma de Nuevo León llevó a cabo un estudio sobre los datos hematológicos de la víbora de cascabel (*Crotalus aquilus*) del Altiplano Mexicano, con

el propósito de promover la investigación sobre esta especie endémica (Méndez, 2014). Ese mismo año, se realizó un estudio en Indiana, Estados Unidos, la variación estacional de los valores hematológicos y químicos del plasma sanguíneo de la serpiente de cascabel (*Crotalus horridus*) (LaGrange, 2014). Estudio que evidenció una alteración hematológica sérica según la variación estacional en la serpiente cascabel, así mismo, la Universidad Estadual do Norte do Paraná de Brasil llevó a cabo un estudio comparativo de los valores hematológicos de *Crotalus durissus terricus* en vida libre y cautiverio (Alves, 2014).

En 2015, la Universidad de Costa Rica realizó el primer estudio sobre hematología y bioquímica plasmática en la especie *Crotalus simus*, con el objetivo de identificar diferencias entre serpientes bajo cuidado humano y serpientes en su hábitat natural (Gómez, 2015).

En 2018, la Universidad de El Salvador, a través de gestiones realizadas por la institución, adquirió serpientes de cascabel (*Crotalus simus*) que fueron ubicadas en el Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud documentando el manejo de esta serpiente bajo cuidado humano, realizando protocolos de manejo y extracción de veneno de forma segura que permitan el desarrollo de posteriores investigaciones encaminada a realización de sueros antiofídicos por mordedura de serpiente, declarada como una enfermedad desatendida (Coto, 2023).

Por último, en 2019, la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Ecuador evaluó el perfil hematológico de ofidios de la familia Viperidae bajo cuidado humano, en el centro de conservación de herpetofauna de Quito (Bos, 2019).

3.2. Generalidades de las serpientes

Las serpientes son reptiles (clase: *Reptilia*, orden *Squamata* suborden: *Serpentes*) de conducta defensiva ante la presencia de otro ser vivo que represente una amenaza para su vida, su mayor defensa será esconderse o huir, sin embargo, cuando no tienen alternativa, responden con una mordedura. Se les denomina ofidios a los reptiles que tienen un cuerpo largo y estrecho recubierto de escamas y carecen de extremidades (MINSAL, 2013). Son denominados animales ectotérmicos y exotérmicos debido a que no tienen capacidad para regular por sí mismos su temperatura corporal. Su período de gestación oscila entre cuatro

a seis meses y el número de crías por especie puede ser entre diez a veinticinco. Son ovíparas o vivíparas; durante los últimos meses de la gestación no se alimentan, por lo que incrementa su agresividad y en serpientes venenosas aumenta la concentración del veneno (MINSAL, 2013)

3.2.1. Anatomía Interna

Las serpientes han evolucionado desarrollando un cuerpo para reptar, adaptándose al grado de presentar pocas características externas, siendo una de ellas su vientre ligeramente aplanado para facilitar su locomoción con escamas individuales llamadas gastrópegos. Su cuerpo elongado ha provocado una asimetría orgánica ya que los órganos del lado derecho se encuentran hacia craneal y de mayor tamaño que los del lado izquierdo. Su cuerpo se divide en tres regiones anatómicas; en el primer tercio craneal se ubican tráquea, corazón, esófago, tiroides y el pulmón proximal; en el tercio medio se ubica el estómago que parece un tubo largo que no se diferencia mucho del esófago ni del intestino delgado; el hígado es alargado, posee el pulmón derecho que es alargado y se extiende por casi todo su cuerpo, sólo respiran por este pulmón ya que el aparato respiratorio presenta el pulmón izquierdo atrofiado para dar espacio al corazón, además el segundo tercio contiene el bazo y el páncreas. Por último, en el tercio distal contiene los intestinos delgado y grueso y los órganos pares como los riñones, los ovarios y los testículos, pero no se acomodan simétricamente, sino que uno está antes que otro para ocupar menos espacio. Finalmente, tal como ocurre en los reptiles y las aves, sus aparatos digestivo, reproductor y urinario desembocan en un mismo sitio de salida denominado “cloaca” y no tienen vejiga urinaria. (Ávila, 2017 y Doneley *et al*, 2018)

3.3. Especies de serpientes venenosas en El Salvador

En El Salvador existen sesenta especies de serpientes distribuidas en siete familias, de las cuales solo dos familias poseen veneno mortal para los humanos: Coralillo centroamericana (*Micrurus nigrocinctus*), Cantil (*Agkistrodon bilineatus*), Cascabel centroamericana (*Crotalus simus*), Tamagás (*Cerrophidion wilsoni*), Timbo (*Atropoides occiduus*) y dos

serpientes marinas: *Hydrophis platurus*, *Laticauda colubrina*. Y actualmente, una nueva especie reportada para el año 2023: Víbora de palma de merendón (*Bothriechis thalassinus*) (Fonseca, 2023). Sin embargo, el 85% de las mordeduras de serpientes venenosas en El Salvador son causadas por serpiente Cascabel y Cantil (MINSAL, 2013).

3.4. Características de la serpiente cascabel centroamericana

La serpiente Cascabel es terrestre posiblemente de hábitos diurnos, crepusculares o nocturnos dependiendo de la época del año ya que durante los meses fríos del año son encontradas regularmente de día, y durante los meses calurosos de la época lluviosa su actividad suele ser crepuscular o nocturna. Las serpientes del género *Crotalus* son vivíparas y pueden tener de 15 a 47 crías cuyas medidas son de 31 a 32 cm (Campbell, 1998; Köhler et al., 2006; Lee, 1996 citado por Coto, 2023).

Es una serpiente robusta que normalmente supera los 130 cm de longitud total, y la longitud máxima registrada es de 180 cm. Es común que el macho alcance dimensiones mayores que las de la hembra. Los adultos presentan un surco espinal a la altura de las escamas dorsales. Frecuentemente hay de 2-6 escamas en la región internasal y en contacto con la escama rostral, pueden presentar o no cantales posteriores. La primera escama supralabial generalmente está en contacto con la prenasal, La especie presenta de 2 a 5 supraoculares, 11- 12 supralabiales, de 12 - 20 infralabiales, de 25 a 55 filas de escamas dorsales (normalmente 29). (Campbell & Lamar, 2004 citado por SEMARNAT, 2018).

Su nombre científico significa “nariz plana” ya que es una característica particular de este género; el color de base varía entre gris, café, gris azulado, gris verdoso, verde olivo, amarillo o anaranjado, no hay puntos negros en el color base de la serpiente. El patrón de coloración dorsal es de 21 a 31 manchas romboideas que en la parte media del cuerpo están separadas por 1- 2 escamas de tono más claro. Los parches laterales de las serpientes comprenden de 3 a 7 escamas oscuras bordeadas por escamas más claras. El patrón de coloración de la cabeza consiste en una banda oscura transversal que atraviesa la porción anterior de los supraoculares; una mancha oscura se extiende desde la escama loreal, hasta la parte

superior de las supralabiales. Normalmente unas bandas diagonalmente desde las supraoculares hasta la mandíbula. Cada supraocular se distingue por una banda oscura que a veces conecta con la región frontal. La cola de las serpientes es gris, café u oscura, se distinguen vagamente de 4 - 11 anillos en la cola. (CONABIO, 2017; Campbell & Lamar, 2004 citado por SEMARNAT, 2018).

Las serpientes de Cascabel pertenecen al grupo *Viperidae* que abarca a otras serpientes con las que comparten características morfológicas. Este grupo se divide en la Subfamilia *Crotalinae* (tabla 1) donde están las serpientes de cascabel de los géneros *Crotalus* y *Sistrurus*, junto con otras serpientes que habitan el continente americano, como los géneros *Agkistrodon*, *Atropoides*, *Bothriechis*, *Bothriopsis*, *Bothrocophias*, *Bothropoides*, *Bothrops*, *Cerrophidion* (Henríquez V, 2013; Ávila, 2017).

Tabla 1: Taxonomía de la serpiente cascabel (*Crotalus simus*)

<i>Dominio</i>	<i>Eucariota</i>
<i>Reino</i>	<i>Animalia</i>
<i>Filo</i>	<i>Cordados</i>
<i>Clase</i>	<i>Reptilia</i>
<i>Orden</i>	<i>Escamas</i>
<i>Suborden</i>	<i>Serpientes</i>
<i>Familia</i>	<i>Viperidae</i>
<i>Género</i>	<i>Crotalus</i>
<i>Especies</i>	<i>simus</i>

Fuente: Tomado de ITIS 2008.

Todos los vipéridos poseen ojos de pupila vertical, característicos de las especies nocturnas. Las escamas que cubren el dorso de su cuerpo presentan un pliegue en la porción media, denominado “quilla”, que les da elasticidad al tragar presas grandes. Además, tienen un aparato venenoso que consta de un par de glándulas productoras de veneno situadas a cada lado de la cabeza, que le dan su característica forma triangular; éstas se conectan a un par de colmillos huecos y curvos que se ubican en la mandíbula superior y que funcionan como agujas para inyectar el veneno. Los colmillos no están fijos en la mandíbula,

sino que son móviles desde la base y se pliegan dentro de la boca con ayuda de una vaina de piel que los cubre, a esta dentición se le denomina como solenoglifa. Estos colmillos son sustituidos por otros nuevos cuando se dañan o se caen (Henríquez V, 2013; Ávila, 2017; SEMARNAT, 2018).

Todas las especies de *Crotalinae* (a la que pertenecen las cascabel) y los demás víperidos de América presentan un orificio a cada lado del rostro, en el área entre el orificio nasal y el ojo, llamada región loreal; estas estructuras se llaman fosetas termorreceptoras o termosensoriales, porque contienen una gran cantidad de fibras nerviosas que les permiten detectar cambios de hasta 0.003°C en la temperatura del medio que le rodea, permitiéndole percibir objetos, presas o enemigos en la oscuridad a través del calor de sus cuerpos (Henrique V, 2013; Ávila, 2017).

Una característica de la mayoría de las serpientes de *Crotalinae* es que tienen la punta de la cola endurecida, la cual, al ser agitada y golpeada contra el suelo, produce un sonido similar a una vibración, pero solo las especies de los géneros *Crotalus* y *Sistrurus* poseen un cascabel verdadero, compuesto por una serie de lóbulos queratinizados móviles en la punta de la cola que produce el sonido tan característico (Ávila, 2017).

Se puede diferenciar una serpiente venenosa debido a que sus glándulas salivales han evolucionado para producir enzimas que causan la muerte y les permiten digerir a las presas. La serpiente Cascabel Centroamericana, y otras especies como Cantil, Tamagás, Timbo y Víbora de palma de merendón producen veneno hemotóxico el cual produce sangrados, afectando directamente los glóbulos rojos; coagulación de la sangre e incluso la muerte (MINSAL 2013; Coto, 2023). La hemólisis es causada por enzimas proteolíticas y complemento, lo que conlleva una anemia que agrava el shock. Los envenenamientos por mordeduras de serpientes de la familia *Viperidae*, subfamilia *Crotalinae* se caracterizan por sus alteraciones a nivel local; incluyendo hemorragia, edema y mionecrosis tisular, efectos que pueden resultar en secuelas permanentes; desarrollándose rápidamente después del envenenamiento (Salas, 2006).

La administración parenteral de antivenenos de origen animal constituye el único tratamiento científicamente validado en envenenamientos por mordedura de serpiente.

Actualmente, existen centros productores en México, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Argentina y Uruguay (Gutiérrez *et al*, 2007). El sistema de salud pública de El Salvador no cuenta con la capacidad de fabricación de su propio suero antiofídico, debido a la falta de un centro especializado en su producción por lo que acude a Costa Rica, ya que hoy día es productora de su propio suero antiofídico anticoral y polivalente del Instituto de Clodomiro Picado (De Palma *et al*, 2013).

3.4.1. Hábitat

Se han colectado ejemplares de *Crotalus simus* en zonas áridas, matorrales espinosos y sabanas secas. También se le ha llegado a ver en bosques tropicales deciduos, bosques de pino, zonas rodeadas de selva baja. Es improbable encontrar la especie en un bosque tupido o selva baja. Es decir, que la especie puede habitar desde el nivel de mar hasta zonas montañosas. (Henríquez V, 2013; SEMARNAT,2018).

3.4.2. Distribución

Se distribuye al sur de México y en Costa Rica, Guatemala, Honduras, El Salvador, algunos puntos aislados en los bosques de pino de Belice y Nicaragua (SEMARNAT,2018). Mas específicamente para El Salvador su distribución ecológica se extiende desde bosques tropicales deciduos latifoliado de tierras bajas, bosques tropicales semideciduos latifoliados de tierras bajas, montano inferior, submontano, hasta sabanas y vegetación primaria e incluso puede habitar en zonas de cultivo. Su distribución potencial es amplia y va desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm y tiene registro desde Santa Ana hasta La Unión (Köhler *et al*. 2006; Herrera *et al*. 2007; Vreugdenhil *et al*. 2011 y Morán-Hidalgo 2013 citado por Henríquez V. 2010, 2013).

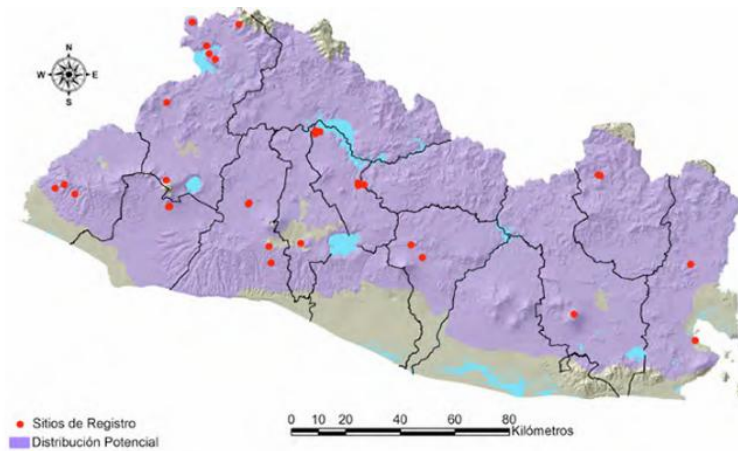


Figura 1: Sitios de registro y distribución potencial de la Serpiente Cascabel en El Salvador.

Fuente: Tomado de Henríquez V, (2013).

3.5. Epidemiología de mordeduras por serpiente en El Salvador

En un estudio realizado por epidemiólogos del MINSAL reporta que los sitios de serpientes venenosas que más generan accidentes ofídicos en El Salvador (MINSAL 2013). La parte anatómica más afectada son pies (50%), manos (41%); las lesiones se encuentran catalogadas como leves (77%), y moderadas (23%) (MINSAL, 2013).

Se presentan casos en los departamentos: Santa Ana 27% (109), La Libertad 15% (60), Chalatenango 13% (53), La Unión 8% (33), Cabañas 6% (23); los municipios en los que se presentaron más casos fueron Metapán 11.0% (45), Santa Ana 7.6% (31), La Libertad 3.4% (14), San Pablo Tacachico 3.4% (14), Sensuntepeque 2.9% (12) (MINSAL, 2013).

Especialmente en el período de mayo a septiembre, lo que coincide con los meses de invierno, donde se incrementa la exposición debido a los cultivos en el área rural, crecimiento de la vegetación, incremento de búsqueda de alimentos debido a la fase de gestación y proceso de parto u ovoposición de los especímenes (MINSAL, 2013).

En general, estos envenenamientos afectan principalmente a trabajadores agrícolas, predominantemente varones adultos, pero afectando también a mujeres y niños residentes en zonas rurales (Otero *et al*, 1992).

3.6. Requerimientos de serpientes bajo cuidado humano

Establecer colonias de serpientes en condiciones bajo cuidado humano es importante para contar con fuentes de venenos para la producción de antivenenos ofídicos que es la principal razón de tenencia de estos ejemplares. Las serpientes empleadas en la producción de antivenenos son sometidas a procedimientos de extracción de veneno, se consideran los aspectos ambientales específicos de cada especie de serpiente, tales como temperatura y humedad relativa y una alimentación adecuada. En el caso de *Crotalus simus* se mantiene por debajo del 80% de humedad relativa y entre 26°C y 28°C según el Manual de Procedimientos del Serpentario, así mismo los recintos empleados para la manutención de serpientes debe de tener un tamaño apropiado para la talla del animal, proporcionar un gradiente térmico y un sustrato adecuado. Todo esto con el fin de asegurar el bienestar de las serpientes cautivas que conforman una colección. Las enfermedades en los reptiles pueden ser difíciles de detectar debido al enmascaramientos de los signos y cuando esto sucede puede ser demasiado tarde. En cautiverio muchas enfermedades y problemas se dan por mal manejo de los animales (Coto,2023). Es por ello, que con el fin de prevenir estas enfermedades e infecciones se debe considerar algunos factores como la cuarentena, los exámenes físicos, las muestras coprológicas y hematológicas, entre otros (Mader, 2006). Como protocolo cuarentenario se recomienda además de la valoración clínica completa, el examen coprológico, el leucograma y perfil bioquímico.

3.7. Hematología en reptiles

En reptiles el campo de la hematología avanza de forma lenta por lo que no se dispone de mucha información al respecto. La hematología se encarga del análisis de las células sanguíneas y su interpretación, es una herramienta diagnóstica complementaria en medicina veterinaria tanto el recuento celular como la morfología para verificar el estado de salud en reptiles (Martínez *et al.* 2011). Esto incluye el análisis, alteraciones patológicas o fisiológicas y su función. Aunque la información es extensa para aves y mamíferos, en reptiles es escasa y limitada. Actualmente no existen valores hematológicos de referencia para

la especie *C. simus*, pero existen diversos estudios relacionados a la hematología en la Familia *Viperidae* (Troiano *et al*, 1997; Alves, 2014; Troiano *et al*, 2000; Bos, 2019) y un estudio de hematología reportado para *C. simus* en Costa Rica. (Gómez 2015).

3.7.1. Extracción de sangre en serpientes

Se realiza mediante restricción física, debido a que anestésicos o sedantes pueden generar alteraciones en los parámetros hematológicos (Troiano, *et.al*, 1997). El equipo que se utiliza son agujas de calibre 27 a 22 dependiendo del tamaño del ejemplar, jeringas de 1 a 3 cc, tubos con anticoagulante de heparina de litio o sin anticoagulante, alcohol y algodón (Martínez *et al*. 2011). Para la extracción de sangre se debe de tomar en cuenta el peso del paciente y este se multiplica por el porcentaje de volumen total de sangre en el cuerpo que oscila entre el 5 y 8%, dando como resultado el volumen total circulante en el cuerpo, luego este valor se multiplica por el porcentaje total de sangre que se puede extraer en un paciente dependiendo del estado de salud y condición física que va desde el 5 al 10%, obteniendo el volumen sanguíneo seguro máximo extraíble equivalente al 1% de peso corporal (Pereira, 2021).

3.7.2. Sitios de venopunción utilizados en serpientes

La vena coccígea ventral se ubica justo debajo de las apófisis vertebrales su acceso se realiza a través de la línea media ventral, distal a los hemipenes en machos o glándulas almizcleras en la hembra. Para la venopunción se debe sujetar entre dos personas, uno sostiene al ejemplar y el otro sujeta la cola y realiza la desinfección del sitio de punción. La venopunción se realiza en la extremidad caudal por detrás la cloaca en dirección craneal en un ángulo de 40 grados hasta que la aguja toque el hueso. Hacer tracción sobre el émbolo, tomar muestra y retirar aguja, tener cuidado con los hemipenes en caso de machos y con las glándulas almizcleras para evitar contaminación de muestra o tener efectos adversos en la serpiente (Doneley *et al*, 2018; Heatley J. 2020; Pereira,2021) e intracardiaca para procedimientos de última elección si la venopunción a través de la vena caudal no tuvo éxito, para esta técnica se sujeta al animal de decúbito dorsal, ubicar el corazón, este generalmente se encuentra en el primer tercio superior de la serpiente, palpar y observar de donde

proviene los latidos e inmovilizar, desinfectar el área en la región más caudal al corazón, se introduce la aguja caudal al corazón con un movimiento fluido entre las escamas de la línea media en un ángulo entre 30 a 45 grados en dirección craneo-dorsal hacia el ventrículo y se avanza hasta que la sangre entre en la cámara de la aguja, traccionar el émbolo con suavidad haciendo presión negativa (Doneley *et al*, 2018; Heatley J. 2020; Pereira, 2021); esta técnica suele ser más fácil en serpientes anestesiadas, pero esta técnica tiene el riesgo de causar algún grado de hemopericardio.

3.8. Técnicas de recuentos y evaluación celular en reptiles

Actualmente la heparina de sodio o litio es la más utilizada en la hematología de reptiles como anticoagulante ya que el EDTA puede causar lisis eritrocitaria. La heparina se utiliza a concentraciones de 1-3 mg/ml, pero su uso tiene inconvenientes en las tinciones como el color azulado en las extensiones de sangre al teñirla y puede causar la agregación de leucocitos y trombocitos lo que afecta los recuentos celulares (Martínez *et al*. 2011; Doneley *et al*, 2018).

El sitio de venopunción en reptiles puede afectar al valor hematocrito y los recuentos celulares ya que los vasos linfáticos acompañan a los sanguíneos en reptiles, es por ello que los lugares de extracción de sangre de predilección en serpientes es la vena palatina o punción intracardiaca, pero sin duda la de más fácil acceso y más segura es la Vena coccígea ventral (Martínez *et al*. 2011; Doneley *et al*, 2018; Samour y Hart 2021).

3.8.1. Frotis sanguíneo

La hematología puede proporcionar información fisiológica sobre la salud en los reptiles, pero las limitaciones de equipos analíticos obligan al médico veterinario a utilizar métodos manuales para realizar hemogramas o limitándose a evaluar el hematocrito, por ello el frotis sirve como herramienta en el análisis de sangre periférica con el fin de poder observar las células sanguíneas e incluso cuantificarlas en recuentos diferenciales (Doneley *et al*, 2018) Heatley J. (2020) sugiere que un frotis directo es una prueba más útil a priorizar ya que la venopunción puede ser difícil y obtener el volumen de sangre idóneo puede ser un

reto dependiendo del tamaño de la especie. El frotis sanguíneo puede indicarnos formas anormales que pueden ser sugerentes a patologías asociadas malnutrición, anemias regenerativas o no regenerativas, hemoparasitosis.

3.8.2. Diluyente Natt & Herrick

Dentro de las propiedades de este diluyente está su capacidad de teñir las células, con lo que es posible diferenciar eritrocitos de leucocitos y trombocitos. Es un diluyente específico para peces, aves y reptiles. La tinción del diluyente Natt & Herrick no es igual para todas las especies, por lo que siempre se deben realizar ajustes en las concentraciones de los componentes y tiempos de exposición con la sangre (Hernández *et al*, 2014). El diluyente de Natt y Herrick es una tinción basada en Metil-violeta y se utiliza como una combinación entre diluyente y tinción, Para ello el método exige de su preparación y además el uso de pipetas de dilución de glóbulos rojos. La dilución de sangre es en relación 1:200 y se logra llenando la pipeta hasta la marca 0.5 con sangre y aspirando el diluyente hasta la marca 101. Una gota de la muestra diluida se coloca sobre la cámara de recuento de Neubauer para el recuento. (Natt y Herrick citado por Martínez silvestre, 2011; Heatley J. 2020).

3.8.3. Recuento de eritrocitos, leucocitos y trombocitos

La cámara hemocitométrica de Neubauer modificada (cuadrícula central de 5 x 5 líneas) es la más descrita para el recuento manual de células sanguíneas en especies exóticas en especial en aquellas que tienen mayor número de linfocitos circulantes que de heterófilos. Para el recuento se utiliza la solución de Natt y Herrick como diluyente. una de sus principales Ventajas es que se pueden hacer los recuentos de eritrocitos, leucocitos y trombocitos con el mismo hemocitómetro cargado, es menos dependiente de un conteo diferencial y puede ser más preciso en algunas especies. Para su uso se coloca una gota de la muestra diluida en la cámara de recuento Neubauer y se deja sedimentar por uno a cinco minutos antes de realizar el recuento. (Martínez *et al*. 2011; Heatley J. 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9. Identificación morfológica de las células hematológicas en serpientes

La identificación morfológica se realiza mediante extensiones de sangre sin anticoagulante, secadas al aire y teñidas. La tinción proporciona una mejor diferenciación de los trombocitos, eritrocitos y leucocitos inmaduros (Martínez *et al.* 2011). Para el grupo de ofidios se han reportado los siguientes grupos de leucocitos: linfocitos, monocitos, azurófilos, heterófilos, eosinófilos y basófilos, y se reporta a los linfocitos como célula predominante (Álvarez *et al.*, 2011).

3.9.1. Eritrocitos

El número de eritrocitos en sangre periférica en los reptiles es inferior al de mamíferos y aves, siendo habitual que el recuento total en serpientes y tortugas sea menor que en lagartos. Estos hallazgos indican una mayor capacidad en el transporte del oxígeno por parte de los eritrocitos de aves y mamíferos, comparado con los animales ectotermos como los reptiles. En general, los valores de referencia para los recuentos eritrocitarios oscilan desde 300.000 hasta 2.500.000 células / μL , dependiendo de la especie y del lugar de punción. El recuento total de eritrocitos varía con las condiciones ambientales, el estado nutricional, el sexo (algunos machos tienen mayor número que las hembras) y la estación (más altos antes de la brumación y más bajos justamente después), otra característica en las serpientes es que su respuesta regenerativa es muy lenta ya que los eritrocitos tienen una vida larga en promedio de 600 a 800 días y una renovación más lenta (Heatley J, 2020) Los eritrocitos de los reptiles tienen una forma elíptica, con los extremos redondeados y el núcleo, de redondo a oval, colocado en posición central. La detección de morfología nuclear anómala, binucleación o actividad mitótica son indicativos de que el animal tiene una respuesta regenerativa marcada ante una anemia, en el momento de salir de brumación o cuando presentan una enfermedad inflamatoria importante o malnutrición. (Álvarez *et al.*, 2011; Campbell y Grant 2022).

La presencia de formas diversas en la morfología eritrocitaria (poiquilocitos), se observa en un número bajo en individuos sanos; sin embargo, se ha asociado su presencia en número elevado a septicemia e infección crónica grave, o en serpientes con anemias rege-

nerativas, inflamación grave, desnutrición, inanición o que emergen de la brumación, también se puede observar anisocitosis moderada a marcada, poiquilocitosis, aumento del número de reticulocitos, punteado basófilo y eritrocitos más tempranos, binucleados o formas nucleares anormales o en mitosis (Álvarez *et al*, 2011; Healtley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

En ocasiones, se observan eritrocitos policromatófilos o eritrocitos inmaduros. Son células entre redondeada a ligeramente irregulares, con un núcleo redondo grande y citoplasma basofílico. Parecen de menor tamaño al eritrocito maduro, debido probablemente a su forma esférica. Estas células son especialmente frecuentes en animales jóvenes, en animales en periodo de muda o en aquellos infectados por hemoparásitos. El incremento de reticulocitos puede estar asociado con anemia regenerativa, si bien faltan estudios al respecto en estas especies, la razón se puede deber a que los reptiles tienen un recambio eritrocitario más lento comparado con los mamíferos debido a su vida media. Es esperable encontrar un recuento bajo de eritrocitos en ejemplares juveniles o en ecdisis, además, es normal que la concentración de eritrocitos se mayor antes y durante la brumación y menor después. (Álvarez *et al*, 2011; Heatley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9.2. Leucocitos

Usando el método de Natt y Herrick, los valores normales en el recuento de leucocitos oscilan entre 4000 y 13000 cel / μ L en serpientes. Un incremento patológico se ha observado en la enfermedad renal crónica. De la misma manera, pueden afectar no sólo las enfermedades infecciosas o parasitarias, sino también el estrés o la exposición a toxinas ambientales o químicas (Álvarez *et al*, 2011).

3.9.3. Heterófilos

A nivel funcional, es la célula equivalente al neutrófilo de los mamíferos y tiene una enorme variación morfológica en las distintas especies de reptiles. Son células redondeadas, grandes, con un citoplasma incoloro que contiene gránulos citoplasmáticos eosinofílicos que varían en forma de bastón o fusiforme, por lo general, sus gránulos citoplasmáticos son refringentes. En una misma célula pueden aparecer gránulos opacos y refringentes. El

núcleo es excéntrico y de forma redondeada a oval con la cromatina nuclear agrupada densamente. El número de heterófilos en la leucograma de reptiles sanos varía con la especie, pudiendo representar hasta más del 40% del recuento diferencial en algunas de ellas. En lagartos, serpientes y cocodrilos, se pueden observar heterófilos degranulados como hallazgo normal. Este fenómeno también puede ser un artefacto del manejo de la muestra, del almacenaje prolongado en el anticoagulante, de una fijación inadecuada o bien ser parte del proceso de envejecimiento “in vivo” normal de estas células. Cuando estos están activados presentan cambios tóxicos, el citoplasma se presenta de color azul y los gránulos y vacuolas anormales de color morado intenso. (Martínez *et al*, 2011 y Campbell y Grant 2022).

3.9.3.1. Incremento en heterófilos

El incremento fisiológico suele ser estacional (valores máximos en verano y más bajos durante el invierno). Se considera patológico cuando los heterófilos incrementan significativamente en su recuento, ya que se asocian con enfermedades inflamatorias, especialmente infecciosas o que supongan un daño tisular por ser principalmente células fagocitarias. Esto se ha descrito en la infección o inflamación hepática, renal, en la inflamación aguda hepática o en la enfermedad renal aguda (Martínez *et al*, 2011; Doneley *et al*, 2018; Campbell y Grant 2022).

3.9.4. Eosinófilos

Los eosinófilos de los reptiles son células grandes, redondas, con gránulos citoplasmáticos esféricos eosinofílicos. El núcleo tiene una forma variable de redondo a levemente elongado y ligeramente excéntrico; en algunas especies de reptiles puede ser bilobulado. El citoplasma es ligeramente basófilo. Su tamaño varía con la especie; las serpientes tienen los eosinófilos más grandes reportados. Por lo que respecta a su número, varía con la especie y los cambios estacionales (Martínez *et al*, 2011; Campbell y Grant 2022).

3.9.4.1. Incremento de eosinófilos

En algunas especies el conteo de eosinófilos es normalmente más elevado durante la brumación como respuesta fisiológica. Su incremento patológico se asocia con infecciones parasitarias y la estimulación del sistema inmune. En referencia a los parásitos, se ha

visto eosinofilia en enfermedad renal causada por trematodos en serpientes (Martínez *et al*, 2011), y en *Crotalus durissus terrificus* se observó un aumento de los granulocitos en ejemplares parasitados en comparación con los sanos (Heatley J, 2020).

3.9.4.2. Disminución de eosinófilos

La disminución de eosinófilos se ha relacionado con el periodo estivación en general (Martínez *et al*, 2011).

3.9.5. Basófilos

Son células redondas, pequeñas, que contienen un número variable de gránulos citoplasmáticos metacromáticos basofílicos y redondos o espiculados cuantiosos que enmascaran con frecuencia el núcleo que no es lobulado y tiene una posición paracentral. El tamaño de estas células varía entre las 7 y las 20 μm , normalmente son más pequeñas que los heterófilos y al igual que ocurre con el resto de los granulocitos, varía con la especie. Su función es, probablemente, similar a la de los basófilos de los mamíferos. El número de estas células, normalmente bajo, varía con la especie. pueden constituir hasta el 40% de los leucocitos, la razón de este hecho se desconoce. El número de basófilos en los reptiles no parece variar con los cambios estacionales, como ocurre con otros granulocitos. Sin embargo, se ha descrito un incremento significativo durante el invierno en los viperinos africanos (Martínez *et al*, 2011; Campbell y Grant 2022). La basofilia se ha descrito en infecciones hemoparasitarias o virales, pero no se ha descrito específicamente para serpientes. (Heatley J, 2020).

3.9.6. Linfocitos

Los linfocitos son células redondeadas, con citoplasma escaso, de moderado a débilmente basofílicos y núcleo también de morfología circular y situado centralmente. El citoplasma es homogéneo y generalmente carece de vacuolas y gránulos. Tienden a “amoldarse” alrededor de células adyacentes en la extensión de sangre. Pueden presentar pseudopodia en la periferia celular. Varían en tamaño desde pequeño (5 – 10 μm) a grande (15 μm). Su número en los vertebrados inferiores también varía, llegando a superar el 80% del

recuento diferencial en algunas especies. Muchas especies de reptiles sanas tienen un recuento mayor de linfocitos que de heterófilos circulando en serpientes sanas como la serpiente Cascabel massasauga (*S. catenatus catenatus*); serpiente cascabel sudamericana (*C. durissus terrificus*) y la serpiente de Cascabel lateral (*C. cerastes*) entre otras especies de la familia *Viperidae* (Heatley J, 2020). También varían con el sexo (las hembras de algunas especies pueden tener una concentración de linfocitos significativamente más grande que los machos de la misma especie), el estado nutricional (se produce un descenso asociado a la malnutrición), y la estación del año (su número disminuye en invierno y es más elevado en el verano). Incluso los reptiles tropicales que no hibernan muestran un descenso de linfocitos en circulación durante el invierno. Los reptiles tienen los dos tipos principales de linfocitos (B y T) involucrados en la función inmunológica, pero a diferencia de los mamíferos y pájaros, las respuestas inmunológicas de los reptiles están muy influidas por el ambiente; de este modo, las bajas temperaturas pueden suprimir o inhibir la respuesta inmune (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9.6.1. Incremento de linfocitos

De forma fisiológica los linfocitos se pueden ver alterados por ecdisis y en verano con el aumento de la temperatura. Su incremento patológico está asociado a inflamación, infecciones parasitarias, Virales y víricas y neoplasia como la leucemia, así como a situaciones de cicatrización de heridas. La presencia de linfocitos reactivos, con un volumen citoplasmático mayor y aumento del grado de basófilica citoplasmática, podría indicar una estimulación del sistema inmune por la presencia de antígenos sistémicos. En un frotis, la presencia de mitosis, anisocitosis y poiquilocitosis está más comúnmente relacionada con una respuesta inflamatoria o sepsis y no necesariamente con neoplasia linfoproliferativa (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9.6.2. Disminución de linfocitos

Se produce de forma secundaria a la presencia de enfermedades asociadas con la inmunosupresión, el estrés y la malnutrición crónica y de forma fisiológica debido a la brumación (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020).

3.9.7. Monocitos

Los monocitos son los leucocitos de mayor tamaño que se encuentran en sangre periférica. Su forma varía desde redonda a ameboide, y su núcleo es pleomórfico (redondo, oval, lobulado o reniforme) y normalmente indentado. Su tamaño varía entre 8 y 20 μm . El citoplasma de esta célula es de color azul-grisáceo y puede contener vacuolas redondas y transparentes o gránulos eosinofílicos semejantes a partículas de polvo, o bien azurófilo. Los monocitos aparecen en pequeño número en la sangre de los vertebrados inferiores y suelen representar entre un 0 y un 10% del diferencial leucocitario. (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9.7.1. Incremento de monocitos

La monocitosis se ha asociado a enfermedades inflamatorias, como la estomatitis y nefritis crónica, sepsis, hepatitis granulomatosa enfermedades parasitarias que causan formación de granulomas y enfermedades neoplásicas. Con frecuencia, los monocitos en sangre periférica muestran actividad fagocitaria. La eritro y la leucofagocitosis por parte de estas células se puede asociar con anemia y la presencia de enfermedades infecciosas (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020).

3.9.8. Azurófilos

Se trata de una célula de forma irregular, ligeramente más pequeña en tamaño que el monocito. Es una célula mononuclear y de redondo a oval de forma irregular. El citoplasma es basofílico y más oscuro que el del monocito, de color azul a lavanda. En este citoplasma están presentes un número pequeño de gránulos azurofílicos o eosinofílicos, de varios tamaños. En el citoplasma de estas células puede aparecer vacuolización y material fagocitado. Algunos autores consideran a los monocitos y azurófilos como variantes del mismo tipo. Esta célula se encuentra comúnmente en el suborden de las serpientes y ocasionalmente en quelonios. En el momento actual, hay consenso en que los azurófilos se confirman como población única en las serpientes. Representan una célula fagocítica similar en morfología al monocito, que puede desencadenar un daño oxidativo importante (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9.8.1. Incremento de los azurófilos

Si bien se ha descrito para algunas serpientes como el segundo leucocito más común de glóbulos blancos circulantes representando hasta un 35%, La azurofília se asocia a enfermedades inflamatorias e infecciosas en especial sus fases agudas, así como a parasitismo. En serpientes con Hepatozoon se ha descrito azurofília, posiblemente relacionada con la respuesta inflamatoria frente a los parásitos. La azurofília se ha asociado con necrosis grave y diseminada de la cola, abscesos múltiples, celulitis y necrosis muscular reportando un aumento de la vacuolización celular y la lobulación excesiva del núcleo. LA azurofília se ha reportado en serpientes de la especie *Eu. murinus* con 1 a 10 días de captura sugerente a una respuesta al estrés mientras que para cobras reales se observaron menos azurófilos circulantes en animales criados en cautiverio que en los capturados en la naturaleza (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020).

3.9.9. Trombocitos

Los trombocitos son células pequeñas, elípticas o fusiformes que contienen un núcleo oval y central. El citoplasma es casi transparente que ocasionalmente contiene algunos granulos azurófilos pequeños, redondos y de color rosado oscuro. Normalmente tienden a agregarse, lo que hace más fácil su identificación. En algunos de ellos, pueden aparecer márgenes citoplasmáticos poco definidos típicos en serpientes, aunque probablemente sean producto de la edad o también artefactos. Los trombocitos juegan un papel activo en la formación del trombo, la coagulación sanguínea y la cicatrización de las heridas. Se ha señalado su carácter pluripotencial; según el cual, en condiciones de anemia, pueden adquirir capacidad de transportar oxígeno, cubriendo la demanda ocasionada por la pérdida eritrocitaria. Asimismo, también parecen tener capacidad fagocitaria en determinadas condiciones y ante determinados agentes quimiotácticos conteniendo vacuolas en su citoplasma. La estimación de trombocitos rara vez se hace mediante recuento con hemocitómetro o en tinción, sino que realiza una estimación observando frotis de sangre. En serpientes los informes clínicos de trombocitopenia o trombocitosis son anecdóticos debido a los desafíos metodológicos que supone su recuento celular. (Martínez *et al*, 2011; Heatley J, 2020; Campbell y Grant 2022).

3.9.9.1. Incremento de trombocitos

Las concentraciones de trombocitos pueden verse influenciadas por factores externos, en verano, por ejemplo, las concentraciones pueden aumentar entre un 15 a 20% como es el caso de la serpiente cascabel sudamericana (*C. durissus terrificus*) (Heatley J, 2020).

3.9.9.2. Disminución de trombocitos

Fisiológico: Se ha descrito en invierno en la serpiente Boa constrictor. Las trombocitopenias se producen en los reptiles probablemente debidas a una utilización periférica excesiva de los trombocitos o a un descenso en su producción. En ocasiones, pueden aparecer trombocitos anómalos, con núcleo polimórfico; se cree que su presencia está asociada a enfermedades inflamatorias graves (Martínez *et al*, 2011; Campbell y Grant 2022).

3.10. Valor hematocrito

El hematocrito proporciona el porcentaje de sangre total compuesta por eritrocitos. Las referencias del Hematocrito en reptiles suelen ser muy variables desde los 15 a 55% según lo reportado por Martínez *et al*, (2011); Doneley *et al* (2018) y Campbell y Grant (2022), y debe interpretarse en función del estado de salud general del paciente. Los valores superiores al 40 o 55% podrían indicar hemoconcentración, deshidratación o policitemia, mientras que un hematocrito inferior al 15% sugiere anemia, siempre que se descarte la hemodilución de la muestra por la presencia de linfa y valores inferiores al 10% indican valoración de una transfusión sanguínea. El hematocrito Se determina mediante el método estándar del micro-hematocrito, con una centrifugación a 12000 G, durante 5 minutos. El color del plasma debe ser de claro a ligeramente amarillo; y debido a los pigmentos de la dieta, en los reptiles herbívoros, se puede observar un plasma de amarillo-anaranjado, o verde-amarillento en las serpientes.

3.11. Hemoglobina

La hemoglobina es una metaloproteína que contiene hierro, presente en los glóbulos rojos de todos los vertebrados (Vet's Craft, sf; Campbell y Grant 2022). su estructura y función es esencial, ya que es el principal componente estructural que transporta el oxígeno

y dióxido de carbono en la circulación. La concentración de hemoglobina de muchas especies de reptiles varía entre los 6 y 12 g/dl, aunque con frecuencia los valores son inferiores a 10 g/dl (Martínez-Silvestre et al, 2011). Cuando no se cuenta con los reactivos necesarios para realizar la cuantificación de la hemoglobina, su cálculo se efectúa mediante la división del hematocrito entre 3 (Hernández, 2014).

3.12. Índices eritrocitarios

Los índices eritrocitarios son importantes para clasificar las anemias entre ellos están el volumen corpuscular medio (VCM), la hemoglobina corpuscular media (MCH) y la concentración de hemoglobina corpuscular media (MCHC).

3.12.1. Volumen corpuscular medio

El volumen corpuscular medio permite evaluar el tamaño de los eritrocitos lo cual puede proporcionar importantes hallazgos hematológicos sobre el desarrollo de algunas enfermedades. El VCM mide el tamaño promedio de eritrocitos presentes en una muestra sanguínea. Un VCM bajo se asocia con eritrocitos microcíticos (glóbulos rojos más pequeños de lo normal) y estos a su vez, se relacionan a una anemia por deficiencia de hierro. Por otro lado, un VCM elevado se asocia a eritrocitos macrocíticos (glóbulos rojos más grandes de lo reportado como normal) y estos están compuestos por eritrocitos policromáticos (presencia de glóbulos rojos inmaduros) asociados con regeneración eritroide (Campbell y Grant 2022), la hipocromasia significativa se refleja en los valores de MCH y MCHC disminuidos, pudiendo indicar un trastorno eritrocítico como la deficiencia de hierro y se pueden observar cómo eritrocitos con palidez anormal (Campbell y Grant 2022).

3.12.2. Hemoglobina corpuscular media

La hemoglobina corpuscular media es el peso promedio de hemoglobina que se encuentra en cada glóbulo rojo. Un MCH alto puede indicar sangre poco oxigenada. Un MCH bajo podría indicar deficiencia de hierro (Rubén, 2018). Los índices eritrocitarios ayudan a valorar la respuesta medular ante una anemia. La respuesta regenerativa eritrocitaria en los reptiles parece ser más lenta que en mamíferos (Martínez-Silvestre et al, 2011).

3.12.3. Concentración de hemoglobina corpuscular media

La concentración de hemoglobina de cada eritrocito, medida en g/dL, se define como la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM). Los términos utilizados para la descripción de anomalías de la CHCM incluyen normocromía e hipocromía (Marks, 2019). Whitbread, 2015 menciona que artefactos pueden causar alteraciones importantes y potencialmente falsas en los parámetros eritrocitarios: calidad de las muestras que puede aumentar el hematocrito y el VCM y disminuir la CHCM, una elevación falsa de hemoglobina y, por tanto, de la CHCM, la hemólisis hace que el hematocrito disminuya, aunque la hemoglobina no se encuentre alterada puede generar un falso incremento de la CHCM.

4. METODOLOGÍA

4.1. Materiales y métodos

Los materiales empleados para esta investigación fueron los siguientes: Para la contención física se utilizaron ganchos herpetológicos y tong, tubos de restricción para su contención física. Los materiales empleados para la extracción de muestra sanguínea y para la fase de laboratorio fueron de guantes de látex talla "S", jeringas estériles de 1 y 3 ml con agujas de calibre 21 x 1 1/2 pulgadas y 25G, para la colecta de muestras, tubos de ensayo con heparina de litio con capacidad de 3 ml, algodón y alcohol etílico para la desinfección del área que se puncionó. Cámara de Neubauer para el conteo de glóbulos blancos y glóbulos rojos, portaobjetos de 1" x 3" con los que se realizó el frotis sanguíneo, pipeta automática de 0 a 100 microlitros, una Microcentrífuga Centrolit II con 5,000 RPM capacidad de 8 tubos, microcapilares estériles para medición de hematocrito tabla microhematocrito, solución de Wright para tinción de frotis, solución Natt & Herrick. El equipo que se empleó fue un microscopio óptico de 4 objetivos para identificación de células sanguíneas y recuento de las mismas.

4.2. Área de Estudio

4.2.1. Ubicación geográfica

Como área de estudio se tomó el serpentario el cual se encuentra ubicado en la Universidad de El Salvador, dentro del Laboratorio de Entomología de Vectores del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud. con las siguientes coordenadas: 13°43'05"N y 89°12'11"O.

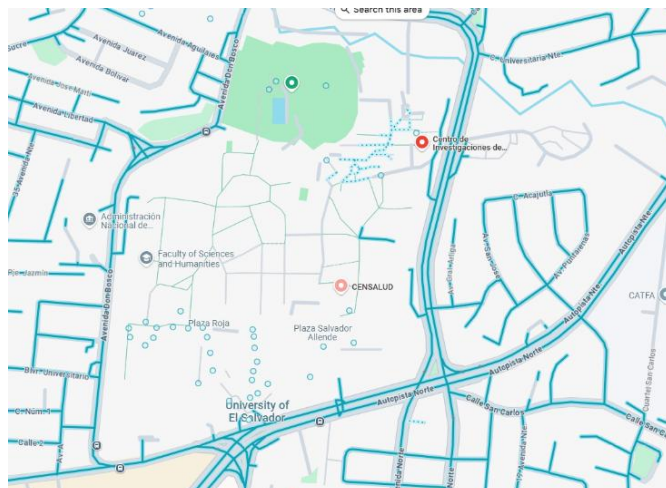


Figura 2. Ubicación del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud.

Fuente: Tomado de Google Maps. 2025. PQ9X+67X Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, San Salvador.

4.2.2. Condiciones ambientales del laboratorio

Cada serpiente se mantuvo en un terrario (caja plástica) individual con pequeños orificios a los costados para permitir una buena corriente de aire, con una longitud que les permite extender dos terceras partes del cuerpo y un ancho de la mitad de la longitud de la serpiente como mínimo (Santibañez, 2007). Estos ejemplares son mantenidos con una humedad relativa por debajo del 80% y una temperatura que fluctúa entre 26°C y 28°C (Coto, 2023; Mader 2006; Gómez, 2015). El sustrato donde se mantienen es de papel absorbente, con agua ad libitum en recipientes de plástico dentro del recinto y refugio en donde el animal puede ocultarse por completo y con una alimentación una vez a la semana o cada 2 semanas dependiendo de los requerimientos por ejemplar (Coto, 2023; Mader, 2006 y Santibañez, 2007). Dicho serpentario fue inspeccionado por el Ministerio de Medio Ambiente

y Recursos Naturales para verificar que se cumplieran con los requerimientos para mantener a la especie bajo cuidado humano (Coto, 2023).

4.3. Descripción de los modelos de estudio

4.3.1. Serpientes en estudio

Se tomaron como objeto de estudio 8 ejemplares de la serpiente *Crotalus simus* mantenidos bajo cuidado humano en el Laboratorio de Entomología de Vectores (LEV) de la Universidad de El Salvador ubicado en San Salvador, sometidos periódicamente a exámenes físicos, exámenes coproparasitológicos, desparasitaciones y vitaminación de rutina. Los grupos de estudio fueron conformados por animales adultos que comprenden entre 3 a 5 años (>1 m de longitud total) bajo cuidado humano y animales juveniles con menos de 1 año de cautiverio (<1 m de longitud total). Cada grupo estuvo conformado por 4 ejemplares (n=4). Para cada individuo se tomó en cuenta su edad, peso, sexo y talla detallados en tabla 2. Para la selección de los individuos se tomó en cuenta su condición corporal, carentes de lesiones o deformaciones en el cuerpo, ausentes de ectoparásitos, endoparásitos o micosis.

Tabla 2. Valores de colecta de datos de los modelos biológicos de estudio

Modelo	sexo	edad	peso	talla
Tuty	H	<1 a	0.43 kg	0.83 mts
Croti	M	>1 a	0.69 kg	1.28 mts
Manda	M	>1 a	1.76 kg	1.62 mts
Quesadilla	M	>1 a	1.02 kg	1.53 mts
Miu	M	<1 a	0.40 kg	0.80 mts
René	H	>1 a	1.39 kg	1.25 mts
Macha	H	<1 a	0.39 kg	0.87 mts
Cari	H	<1 a	0.65 kg	0.89 mts

Elaboración fuente propia, 2024

4.3.2. Metodología de campo

Para la toma de muestra de sangre, los individuos fueron manipulados con ganchos herpetológicos y tubos de restricción de movimientos para su contención física de forma segura para la serpiente y el operario en el Laboratorio de Entomología de Vectores (LEV) de la Universidad de El Salvador (Anexo 3).

El procedimiento para la extracción de muestra sanguínea fue realizado por 6 operadores, 2 operadores encargados de la captura, contención física y sujeción, un operador para la toma de muestra y recolección de datos formando 2 equipos de operación para optimizar el tiempo, la técnica de sujeción fue lo suficientemente firme para inmovilizar al individuo sin ejercer una presión que dañe al ejemplar.

Se realizaron 2 tomas de muestra sanguínea entre los meses de febrero y abril 2024, tomando para ello distintas métricas, en primera instancia se tomaron muestras en horas vespertinas, situación que fue desfavorable para la manipulación, ya que al ser animales poiquilotermos y siendo el horario vespertino con temperatura ambiental alta, los sujetos de estudio estaban más activos, retrasando la manipulación y obtención de muestras, teniendo que acudir a cuartos con aire acondicionado para aletargar a los ejemplares. En la segunda toma de muestra se decidió tomar las muestras a partir de las 7 am y en cuartos con aire acondicionado para disminuir la actividad en las serpientes, hecho que facilitó grandemente su manipulación.

Para la extracción de sangre se usaron dos calibres distintos, en los individuos juveniles se usaron agujas de 25G y para adultos se usaron agujas de 21G x 1 1/2 pulgadas ambos en jeringas de 1 ml o 3 ml para extraer la sangre, se colocó a cada individuo dorso-ventral y visualizando la cloaca se contaron de 8 a 10 escamas ventrales caudal a la cloaca, se puncionó la vena coccígea ventral caudal y se extrajo el volumen realizando una leve hemostasia con bombeo para permitir el flujo de sangre hacia la jeringa (Anexo 2). El volumen sanguíneo en los reptiles es aproximadamente del 5% al 8% de su peso corporal, por lo tanto, se recolectó como máximo el 10% del volumen sanguíneo total según lo indicado por Gómez, (2015) y Çitaku, (2020). (Tabla 3).

Tabla 3. Volumen sanguíneo extraído por ejemplar según el 10% de su peso vivo.

Modelo	Vol. muestra
Tuty	0.5 ml
Croti	0.7 ml
Manda	1 ml
Quesadilla	1 ml
Miu	0.4ml
René	1 ml
Macha	0.4 ml
Cari	0.7 ml

Elaboración fuente propia, 2024

4.4. Metodología de laboratorio

Las muestras de sangre fueron procesadas en el laboratorio de Entomología de Vectores con el equipo de laboratorio e instalaciones proporcionados por el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud donde se realizaron los procedimientos que se describen a detalle en la fase pre-analítica.

4.4.1. Fase Pre-Analítica

Posterior a la colecta de muestras de sangre, esta se depositó en tubos de heparina de litio como factor anticoagulante, se procedió a realizar extendidos de sangre en portaobjetos los cuales se tiñeron con colorante de Wright para la posterior visualización de la morfología celular hematológica, además se elaboró la solución de Natt & Herrick, que posteriormente se usó para la dilución de muestra sanguínea para realizar los conteos manuales de eritrocitos, leucocitos y trombocitos utilizando la cámara de Neubauer modificada y posteriormente se realizó medición de hematocrito por medio del llenado de microcapilares hasta la marca señalada, se centrifugo para la subsiguiente lectura.

4.4.2. Frotis mediante tinción de Wright

Los frotis se realizaron con el fin de obtener imágenes de las células sanguíneas de la serpiente Cascabel Centroamericana y describir su morfología y determinar si existía alguna variación con la morfología reportada para la especie en la región centroamericana reportada por Gómez (2015). Para el extendido se inició colocando una gota de sangre sobre el centro del primer tercio del portaobjeto estéril, la cual se extendió por capilaridad en

los bordes del segundo portaobjetos que sirvió como extensor, seguido se deslizó el portaobjetos extensor de forma inclinada manteniendo un ángulo de 45° ambos portaobjetos hacia el extremo opuesto del primer portaobjetos. Posteriormente se dejó secar por 5 a 7 minutos, luego se cubrió las lamina con 20 gotas del colorante de Wright, se dejó reposar de 3 a 5 minutos; pasado el tiempo se agregaron 20 gotas de agua destilada y se dejó actuar por otros 5 minutos, finalmente se escurrieron las láminas y se lavaron con agua corriente y se dejaron secar en posición vertical para su posterior visualización (Anexo 4) (Hernández et al, 2014; Rivadeneyra *et al*, 2020). El colorante de Wright, es policromático ya que produce varios colores, al ser una solución de alcohol metílico de un colorante ácido (eosina) y otro básico (azul de metileno). Perimiendo que los núcleos y algunas otras estructuras de las células se tiñan con el colorante básico, denominándolas basófilas; y ciertas estructuras solo toman el colorante ácido y se denominándolas acidófilas o eosinófilas (Hernández et al, 2014; Rivadeneyra *et al*, 2020).

4.5.3 Recuentos celulares

Los recuentos celulares se realización de forma manual en la cámara de Neubauer modificada para cuantificar eritrocitos y leucocitos utilizando el diluyente de Natt y Herrick. Para la tinción con el diluyente Natt & Herrick se preparó esta solución con los componentes y cantidades detallados en la tabla 4, los cuales se disolvieron en el orden indicado en agua destilada hasta llegar a un volumen total de 250ml. Se dejo reposar por 12 horas y se filtró el papel Whatman #2, con un pH final de 7.3 Se utilizó la dilución de 10 µl de sangre en 2 ml de solución de Natt & Herrick según lo descrito por Martínez Silvestre, (2011) y Hernández, *et al*. (2014). Preparación de solución (Anexo 1).

Tabla 4. Composición de la solución de Natt & Herrick

Na Cl	0.97 gr
Na2 So4	0.63 gr
Na2 HPO4 x 12 H2O	0.73 gr
KH2PO4	0.06 gr
Formalina 37%	1.87 gr
Metil Violeta B	0.025 gr

Fuente: Tomado de Hernández *et al*. 2014

4.4.3. Recuento eritrocitario

Se determinó utilizando la cámara de Neubauer modificada (cuadrícula central de 5 x 5 líneas) con la solución de Natt y Herrick como diluyente. Se colocó una gota de la muestra diluida en la cámara de recuento Neubauer y se dejó sedimentar por cinco minutos antes de realizar el recuento. Se cuentan los cinco cuadros de las esquinas y el cuadro central de la cuadrícula central de la cámara de recuento. El número total de eritrocitos por microlitro se calculó multiplicando el número de eritrocitos contados por 10,000 (Martínez *et al*, 2011; Hernández *et al*, 2014; Gómez, 2015 y Bos, 2019).

4.4.4. Recuento leucocitario

Se determinó utilizando una cámara de Neubauer modificada y diluyente de Natt y Herrick, una de sus principales desventajas es diferenciar linfocitos de las trombocitos y eritrocitos inmaduros, algunos autores sugieren incluir el recuento de eritrocitos y trombocitos inmaduros en el recuento diferencial leucocitario realizado sobre la extensión de sangre, lo que permite la corrección del recuento en cámara. Para obtener los leucocitos por microlitro se contaron los leucocitos en 4 cuadrantes mayores de la cámara de recuento de Neubauer, se sumó el 10% y se multiplicó por 200 (Martínez *et al*, 2011; Gómez 2015 y Bos, 2019).

4.4.5. Recuento de trombocitos

Se cuantifico el número de trombocitos simultáneamente con el recuento de glóbulos rojos y glóbulos blancos utilizando la cámara de Neubauer y el diluyente de Natt y Herrick con la dilución de sangre en relación 1:200. El recuento se hizo en la totalidad de los cuatro cuadrantes mayores y se multiplico el numero obtenido por 10000 obteniendo trombocitos por μl . (Gómez, 2015; y Thrall, 2012 citado por Bos, 2019).

4.4.6. Hematocrito

Se determinó mediante el método estándar del microhematocrito, con una centrifugación a 12000 G, durante 5 minutos. El valor hematocrito normal de la mayoría de los reptiles varía entre el 15 y el 55% (Martínez *et al*, 2011).

4.7 Fase analítica

La identificación morfológica de células se realizó posterior a la realización de los frotis sanguíneos teñidos con colorante de Wright de forma manual (Cortez, 2015), bajo el objetivo 1000x con una gota de aceite de inmersión para una mejor visualización e identificación de estructuras.

Para el recuento de eritrocitos, se determinó utilizando la cámara de Neubauer modificada con cuadrícula central de 5 x 5 líneas, utilizando como diluyente la solución de Natt y Herrick, así mismo para el recuento de leucocitos y trombocitos estos fueron determinados en la cámara modificada de Neubauer en las 4 cuadrículas de las esquinas.

Para el recuento de leucocitos y eritrocitos se realizó una dilución de sangre total de 1/200 con solución de Natt y Herrick, luego de homogeneizar la dilución se dejó sedimentar durante 5 minutos y luego se observó en cámara de Neubauer en el objetivo de 40X. El hematocrito fue determinado por medio de micro capilares y centrifugación 12000 G por 5 minutos (Troiano J. C, 1997, Martínez Silvestre, 2011; Cortez, 2015), posteriormente se colocaron en una tabla para medir el hematocrito.

4.4.7. Fase post analítica

En esta fase se recopilaron los datos y se elaboraron los cálculos para obtener los valores de la Hemoglobina, VCM, MCH y MCHC mediante el uso de las fórmulas estándar, revisión sistemática de los resultados obtenidos e interpretación.

4.5. Metodología estadística descriptiva

Los factores de estudio para la investigación fueron las muestras sanguíneas, las variables evaluar fueron los valores hematológicos de eritrocitos, leucocitos, hematocrito, trombocitos, hemoglobina, VCM, MCH y MCHC. Los datos obtenidos se procesaron por medio de métodos estadísticos descriptivos: valores máximos y mínimos utilizando Excel para el procesamiento e interpretación de datos.

4.5.1. Hemoglobina

Su cálculo se efectuó mediante la división del hematocrito entre 3, la concentración de hemoglobina de muchas especies de reptiles varía entre los 6 y 12 g/dl, aunque con frecuencia los valores son inferiores a 10 g/dl (Martínez *et al*, 2011)

4.5.2. Índices eritrocitarios

El volumen corpuscular medio (VCM), la concentración corpuscular media de hemoglobina (CCMH) y la hemoglobina corpuscular media (HCM), son índices que se calcularon mediante el uso de las fórmulas estándar, una vez se obtuvo la concentración de hemoglobina, el valor hematocrito y el número total de eritrocitos (Tabla 5).

Tabla 5. Fórmulas para obtener valores de hemoglobina, VCM, MCH y MCHC respectivamente.

Cálculos para valor de hemoglobina: $Hb = Ht / 3$

Cálculos para el valor de VCM: $VCM = \text{Hematocrito (\%)} \times 10 / \# \text{ Eritrocitos (millones/ mm}^3\text{)}$

Cálculos para MCHC: $MCHC = \text{Hemoglobina (gr/ 100ml)} \times 100 / \text{Hematocrito (\%)}$

Cálculos para HCM: $HCM = Hb \times 10 / \# \text{ Eritrocitos/mm}^3 \text{ en millones}$

Fuente: Tomado de Hernández *et al*. 2014

5. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Se estudiaron ocho ejemplares de la serpiente *Crotalus simus* mantenidos bajo cuidado humano en el Laboratorio de Entomología de Vectores (LEV) de la Universidad de El Salvador. Los análisis hematológicos se realizaron siguiendo la metodología descrita por Gómez (2015), la cual consistió en la extracción de muestras sanguíneas por punción de la vena caudal para realizar frotis sanguíneos los cuales se tiñeron con el colorante de Wright para observar la morfología celular. Además, se realizó el conteo de glóbulos rojos y blancos utilizando una cámara de Neubauer modificada con solución de Natt y Herrick. El hematocrito se midió mediante tubos capilares y centrifugación; finalmente, se calcularon los índices eritrocitarios utilizando fórmulas estándar con finalidad de obtener los parámetros hematológicos para la serpiente *Crotalus simus* en El Salvador.

5.1. Resultado y análisis hematológico

5.1.1. Eritrocitos

El recuento de eritrocitos se realizó mediante la observación de cinco cuadros de la cuadrícula central de la cámara de Neubauer modificada, obteniendo un promedio de 3,541,250 cel / μ L (SD: +/-, 1,115,082) para las serpientes adultas. Este valor se encuentra arriba de los rangos reportados para la especie *Crotalus simus*, los cuales oscilan entre 912,000 cel / μ L a 1,088,000 cel / μ L para serpientes adultas. (Gómez, 2015).

Por otro lado, el promedio de eritrocitos en serpientes juveniles fue de 3,752,500 cel / μ L, (SD: +/-, 1,038,511) lo que también se encuentra por encima del reportado para esta categoría, que varía entre 411,000 cel / μ L y 609,000 cel / μ L (Gómez, 2015); tanto en hembras como en machos se reportan valores de eritrocitos por encima del rango reportado.

Estos resultados sugieren policitemia (exceso de eritrocitos), este trastorno podría ser causado por diversas condiciones, que van desde adaptaciones fisiológicas hasta enfermedades patológicas, ya que según Marder (2006) una de las causas más frecuentes de policitemia en reptiles es la deshidratación; cuando un reptil está deshidratado, el volumen

de plasma sanguíneo disminuye, lo que hace que la concentración de glóbulos rojos aumente en relación con la cantidad de líquido disponible.

Así mismo, las variaciones eritrocitarias pueden estar relacionadas a factores ambientales y de manejo, los cuales están documentados en la literatura como causantes de alteraciones en las variables hematológicas en reptiles. Alves, 2014, sugiere que la contracción esplénica podría ser una respuesta a factores estresantes, lo que llevaría a un aumento en la liberación de eritrocitos oxigenados hacia los músculos, resultando en una concentración elevada de hematocrito y ocasionando una policitemia absoluta transitoria. Este fenómeno se debe a la estimulación del bazo, el cual produce una gran cantidad de eritrocitos que pasan al torrente sanguíneo.

5.1.2. Trombocitos

El recuento de trombocitos se realizó observando las cuatro cuadrículas ubicadas en las esquinas de la cámara de Neubauer modificada. Para los ejemplares adultos de *Crotalus simus*, el valor obtenido fue de 18,026 cel / μ L (SD: +/- 15,145), lo que se encuentra dentro del rango reportado para la especie, que varía entre 3,900 cel/ μ L a 20,100 cel/ μ L en serpientes adultas (Gómez, 2015).

En ejemplares juveniles, se registró un valor de 6,737/ μ L (SD: +/- 1,969), dentro del intervalo reportado para esta categoría, que oscila entre 3,400 a 7,200 cel / μ L (Gómez, 2015).

En cuanto a los machos, se obtuvo un valor de 17,544 cel / μ L (SD: +/- 15,705), que se encuentra por arriba del rango reportado de 4,522 a 10,552 cel / μ L, mientras que, en las hembras, el valor fue de 7,218 cel / μ L (SD: +/- 1,500), dentro del intervalo de 3,039 a 7,681 cel / μ L, según lo reportado por (Gómez, 2015).

Los trombocitos desempeñan un papel crucial no solo en la formación del trombo para la coagulación sanguínea y cicatrización de heridas, sino que, en condiciones de anemias también pueden adquirir la capacidad de transportar oxígeno, compensando la demanda generada por la pérdida eritrocitaria (Martínez *et al*, 2011). Se observó una trombocitosis en dos ejemplares machos adultos con un promedio de 43,754 cel / μ L y 15,400 cel

/ μL . Aunque aún no se dispone de un análisis específico sobre la trombocitosis en vipéridos, este valor podría estar alterado por cambios en la dieta proporcionado, así como también la posible insuficiencia de células eritrocitarias enmascaradas (reticulocitos); no obstante, una trombocitosis persistente durante un período prolongado podría ser indicativa de una enfermedad crónica no diagnosticada, tal como lo señala Bos (2019).

5.1.3. Leucocitos

El recuento de leucocitos se realizó mediante la observación de las cuatro cuadrículas ubicadas en las esquinas de la cámara de Neubauer modificada, se efectuó un conteo general de toda la línea blanca. El valor leucocitario en ejemplares adultos fue de 11,200 cel / μL (SD: +/- 9,347), lo cual se encuentra por debajo del rango reportado de 13,000 cel / μL y 45,000 cel / μL (Gómez, 2015). En ejemplares juveniles, el valor fue de 3,850 cel / μL (SD: +/- 2,280), lo que se encuentra por debajo del rango reportado de 9,700 cel / μL a 20,300 cel / μL (Gómez, 2015).

En hembras, el valor leucocitario fue de 4,125 cel / μL (SD: +/- 857), por debajo del rango reportado 9,468 a 33,496 cel / μL (Gómez, 2015). En contraste, los machos presentaron un valor de 10,925/ μL (SD: +/- 8,502), por debajo del rango que oscila entre 15,539 cel / μL a 32,197cel / μL (Gómez, 2015). La leucopenia marcada en tres ejemplares juveniles observada en esta investigación determinó que los especímenes tenían un promedio de 3,300 cel / μL , 3,300 cel / μL y 2200 cel / μL , lo que según Martínez *et al* (2011) esta disminución en el conteo leucocitario puede ser secundaria a enfermedades asociadas con inmunosupresión, estrés o animales jóvenes susceptibles a inmunosuprimirse o malnutrición En algunos casos, este fenómeno también puede ocurrir durante períodos de estivación, debido a la reducción de la actividad en épocas de calor.

En los resultados que se obtuvieron de hematocrito, hemoglobina e índices eritrocitarios, las variables asociadas a edad y sexo no se consideraron influyentes para el análisis de los valores obtenidos, debido a que no hubo alteraciones que se asocien a las variables mencionadas.

5.1.4. Hematocrito

El porcentaje de hematocrito en serpientes adultas fue del 31.5% (SD: +/- 9.4), lo que se encuentra dentro del rango reportado para la especie, que varía entre 16% a 36% (Gómez, 2015). En serpientes juveniles se obtuvo un valor de 29% (SD: +/- 5.5) encontrándose dentro del rango reportado, que varía entre 22% a 30% (Gómez, 2015). Según Martínez *et al* (2011), una elevación del hematocrito es indicativo de hemoconcentración o policitemia, mientras que niveles bajos pueden ser indicativos de procesos relacionados con anemias.

5.1.5. Hemoglobina

El valor de hemoglobina en serpientes adultas fue de 10.50 g/dl (SD: +/- 3.4), levemente por encima del rango reportado para la especie, que varía entre 6.4g/dl a 10.40g/dl (Gómez, 2015)., así mismo el valor obtenido de hemoglobina en serpientes juveniles fue de 9.33 g/dl (SD: +/- 2), dentro del rango superior reportado para la especie, que varía entre 3.5 g/dl a 9.5g/dl (Gómez, 2015). La elevación de hemoglobina está directamente influenciada al aumento de eritrocitos evidenciado en los valores obtenidos.

5.1.6. Volumen Corpuscular Medio (VCM)

El valor de VCM obtenido para serpientes adultas fue de 128 fL (SD: +/- 59), mientras que para serpientes juveniles fue de 142 fL (SD: +/- 44), Martínez (2011) señala que los valores pueden variar según la especie, en reptiles el rango generalmente oscila entre 160 y 950 fL. Troiano, 1997 reporta para la especie *Crotalus durissus terrificus* en serpientes adultas de 83 fL a 207 fL y en serpientes juveniles se reporta 69 fL a 171 fL. Por lo que se encuentra dentro de los parámetros reportados para el mismo género, de diferente especie.

5.1.7. Contenido Corpuscular Medio de Hemoglobina (MCH)

Los valores de MCH obtenidos en esta investigación para serpientes adultas fueron de 38 pg (SD: +/- 19), mientras que para las serpientes juveniles fueron de 39 pg (SD: +/- 14). Martínez *et al* (2011) menciona que los valores pueden variar entre especies; en reptiles, el rango reportado se encuentra entre 30,71 pg y 32,14 pg. Troiano, 1997 reporta para

la especie *Crotalus durissus terrificus* en serpientes adultas de 57 pg a 91 pg y en serpientes juveniles se reporta 53 a 79 pg. Los valores de MCH obtenidos son inferiores al rango reportado para la especie, lo que podría asociarse a la policitemia absoluta transitoria. Un número alto de eritrocitos puede hacer el MCH aparentemente se encuentre bajo por hemoconcentración. Alteración que puede deberse a factores estresantes durante la manipulación para la extracción (Martínez *et al*, 2011).

5.1.8. Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (MCHC).

Los valores de MCHC obtenidos en investigación para serpientes adultas fue de 31 g/dL SD: +/- 0.5) y el valor en serpientes juveniles fue de 32 g/dL (SD: +/- 0.75). Martínez *et al* (2011) reporta que los valores pueden variar entre especies; en reptiles, el rango se encuentra entre 30 y 35 g/dL. Troiano, 1997 reporta para la especie *Crotalus durissus terrificus* en serpientes adultas de 46 g/dL a 57 g/dL, en juveniles 46 g/dL a 62 g/dL Los valores de MCHC se encuentran dentro de los rangos reportados para reptiles, sin embargo, los valores de hemoglobina corpuscular media obtenidos para otra especie de *Crotalus* reflejan una alteración fisiológica temporal por hemoconcentración.

A pesar de observarse un MCH y MCHC por debajo del rango de referencia, los valores de hemoglobina junto con un recuento elevado de eritrocitos y VCM conservado indican que la disminución de los índices corpusculares refleja un fenómeno de hemoconcentración asociado a policitemia absoluta transitoria, más que una hipocromía verdadera o un déficit disfuncional de la hemoglobina.

5.2. Morfología celular de la serpiente cascabel (*Crotalus Simus*)

5.2.1. Eritrocitos

No presentaron alteraciones evidentes en su estructura celular. Sin embargo, se observaron cambios en la definición de los bordes celulares de algunos eritrocitos, Lewis, 2011 atribuye estos cambios a artefactos de la tinción, a pesar de esto, dichos artefactos no interfirieron con la identificación de la morfología. Los eritrocitos presentaron una forma elíptica con sus bordes redondeados, el citoplasma se observó homogéneo, sin granulaciones y ligeramente de coloración eosinofílica (ver figura 3) lo cual coincide con lo descrito por

Bos (2019), el cual refiere que el núcleo se observa en posición central en relación a la célula y su forma varía de ovalada a redonda, tiñéndose basofílica; se encontraron células con núcleos con bordes irregulares, de acuerdo al estudio de perfil hematológico de la familia *Viperidae* estos pueden mostrar núcleos anómalos, es decir, irregulares, en la periferia o desplazados por vacuolas sin que indique una alteración hematológica.

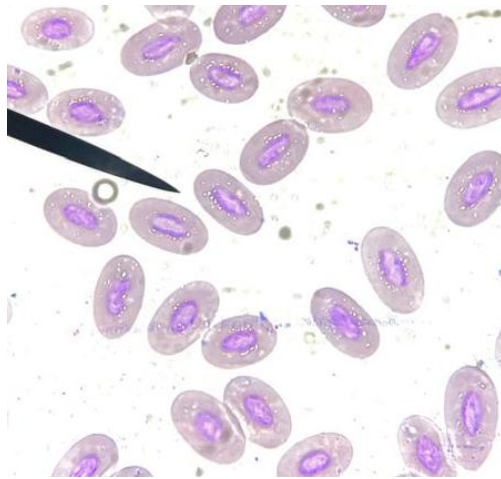


Figura 3. Se observan eritrocitos en sangre periférica de *Crotalus simus* en objetivo 1000x.
(Fuente propia, 2024).

5.2.2. Reticulocitos

Se observaron células redondeadas de forma irregular, núcleo redondo con cromatina menos espesa de color basofílico. El citoplasma se observa con tonalidad azulada o basofílica leve, sin gránulos (ver figura 4), lo cual coincide con lo descrito por Bos (2019). Este tipo celular lo encontramos con mayor frecuencia en animales jóvenes o serpientes en proceso de muda.

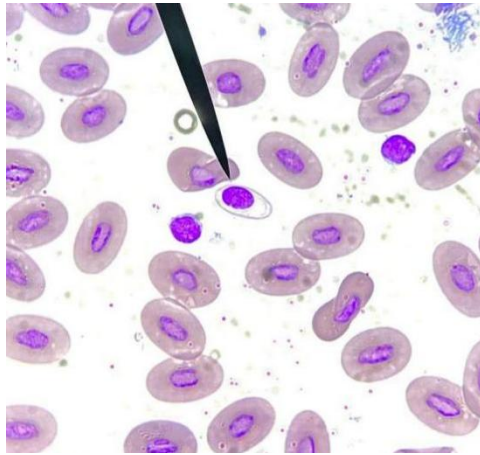


Figura 4. Se observa un reticulocito en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) en objetivo 1000x. (Fuente propia, 2024)

5.2.3. Trombocitos

Se observaron con un núcleo redondeado a ovalado y en posición céntrica. La cromatina del núcleo se presentó densa y uniforme, tiñéndose fuertemente de un color violáceo. Además, el citoplasma se mostró mayormente en forma ovalada, formando un halo incoloro alrededor del núcleo (ver figura 5), lo cual coincide con lo descrito por Gómez (2015). En algunos frotis, se identificaron trombocitos activados, un hallazgo común según Bos (2019). Estos trombocitos aparecieron en conglomerados, con el citoplasma teñido levemente de basófilo. Algunos presentaron formas esféricas e irregulares, y al aglomerarse, parecían carecer de citoplasma, ya que el núcleo era más prominente. Martínez *et al* (2011) menciona que la heparina, como anticoagulante, puede ocasionar agregación en leucocitos y trombocitos sin causar alteraciones hematológicas significativas.

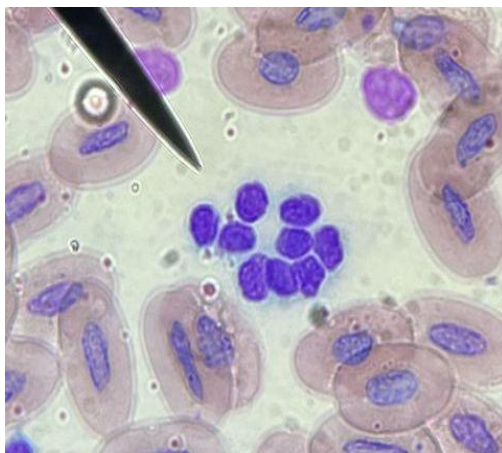


Figura 5. Se observan trombocitos en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) en agregación plaquetaria en objetivo 1000x. (Fuente propia, 2024).

5.2.4. Heterófilos

Los heterófilos para *C. simus* se reporta redondeada con gránulos citoplasmáticos eosinofílicos fusiformes y refringentes, con un citoplasma incoloro, y el núcleo redondeado a elipsoidal, posicionado excéntricamente en la célula, el cual se tiñe de un color basofílico (ver figura 6) Gómez (2015) y Bos (2019) reportan iguales características para *C. simus* y para la familia Viperidae respectivamente en cuanto a descripción morfológica, al ser principalmente células fagocitarias se encontrarán de manera fisiológica normal en épocas de estivación o brumación según lo reportado por Martínez *et al* (2011). No se observó ningún heterófilo reactivo (tóxico) ya que su presencia se relaciona a enfermedades inflamatorias o infecciosas.

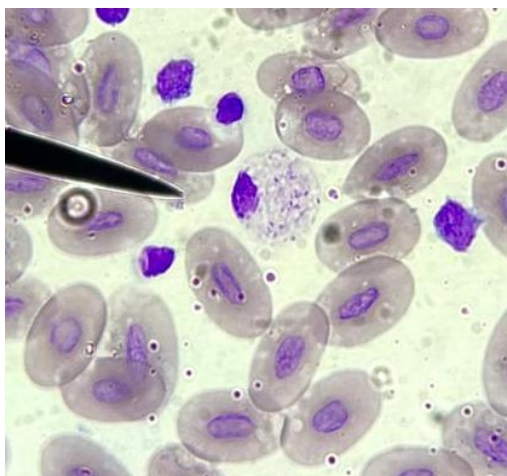


Figura 6. Se observan en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) heterófilo en objetivo 1000x. (Fuente propia, 2024)

5.2.5. Eosinófilos

Los eosinófilos se observaron de forma redonda, con un citoplasma incoloro y abundante granulación eosinofílica citoplasmática esférica. El núcleo se localizó de manera periférica y se tiñó con una coloración ligeramente basofílica (ver figura 7). Lo observado coincide con lo reportado por Bos (2019) para la familia *Viperidae*. Asimismo, Gómez (2015) reportó que la posición del núcleo es central o ligeramente excéntrica para la especie *C. simus*; en recuento diferencial se reporta de 0-2%, están presentes de manera fisiológica normal durante las épocas de estivación o brumación. De igual manera, un incremento por encima del rango reportado puede indicar procesos parasitarios, según lo reportado por Martínez *et al* (2011). En este estudio la ausencia de eosinófilos se considera normal ya que estos se encuentran libres de ectoparásitos, con controles antiparasitarios y estudios coproparasitológicos de rutina.

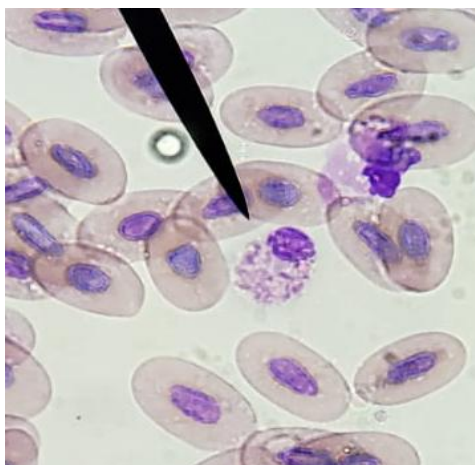


Figura 7. Se observa un eosinófilo en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) en objetivo 1000x. (Fuente propia, 2024)

5.2.6. Basófilos

Se observaron pequeños, redondos con gránulos citoplasmáticos teñidos fuertemente basofílicos debido a su alta densidad citoplasmática, lo cual impide visibilizar el núcleo de forma clara, sin embargo, este se encontró ligeramente excéntrico, de una coloración levemente basófila, además se observó su citoplasma incoloro de forma redondeada (ver figura 8), lo cual concuerda con lo descrito por Gómez (2015) para la especie *Crotalus simus* y lo reportado por Bos, (2019), para la familia *Viperidae*. Martínez *et al* (2011) reporta un incremento normal en épocas de brumación y un incremento patológico a infecciones parasitarias (parásitos intestinales y ocasionalmente hemoparásitos) e infecciones virales. En este estudio se observaron basófilos en ejemplares con inmunosupresión (leucopenia) lo cual podría asociarse a un proceso viral.

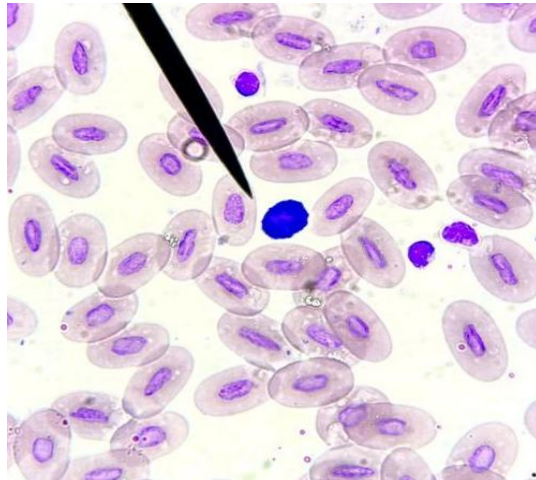


Figura 8. Se detalla en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) un basófilo rodeado de eritrocitos en objetivo 1000x (Fuente propia, 2024)

5.2.7. Azurófilos

Para efectos de este estudio, se considerarán a los monocitos como parte de los azurófilos debido a su similitud a nivel descriptivo. Los azurófilos encontrados en los frotis sanguíneos presentan características similares a las descritas en la literatura, destacándose por ser más grandes en comparación con otras células. Su estructura celular varió de ameboides a esféricas, y el núcleo mostró formas variables, desde redondo a ovalado o lobulado. La cromatina nuclear es menos densa, lo que hace que no se tiña de manera fuertemente basofílica en comparación con los linfocitos. El citoplasma de los azurófilos fue abundante con una coloración que varió entre azul y gris, y se observaron vacuolas y, en ocasiones, pequeños gránulos azurofílicos o eosinofílicos (ver figura 9). En cuanto a la relación entre azurófilos y monocitos, estos últimos se consideran similares a los azurófilos, tal como lo reporta Gómez (2015) para la especie *C. simus*. Según Bos (2019), los azurófilos son considerados células únicas en las serpientes, y su función es comparable a la de los neutrófilos en mamíferos, especialmente ante enfermedades inflamatorias, infecciones parasitarias o bacterianas, así como en respuesta a un estrés prolongado. En el presente estudio, se reportan azurófilos que podrían estar asociados con el estrés inducido durante el manejo de las serpientes, ya que no es posible determinar que su presencia sea consecuencia de una patología, debido a la ausencia de un recuento diferencial leucocitario.

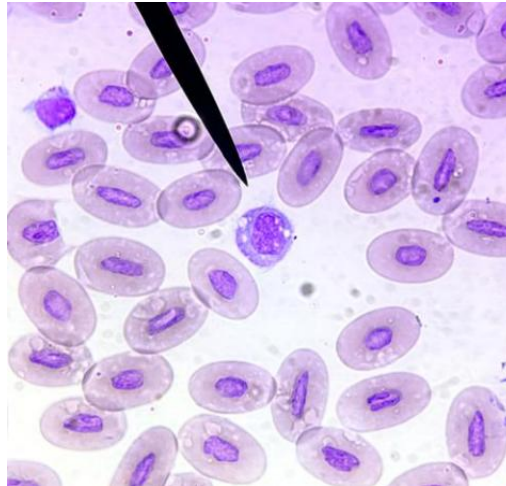


Figura 9. Se observan en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) azurófilo en objetivo 1000x. (Fuente propia, 2024)

5.2.8. Linfocitos

Para el caso de los linfocitos, este grupo celular fue el más abundante de observar en todos los frotis sanguíneos de los ejemplares. Estas células se observaron pequeñas, de forma redonda a irregular, y fue posible identificar pseudópodos, que son prolongaciones temporales del citoplasma periférico. El citoplasma fue escaso, con una coloración levemente basofílica o incolora, sin vacuolas ni gránulos. El núcleo, por su parte, se presentó de gran tamaño, con una coloración basofílica, de forma redonda a irregular, y en varios casos se amoldaba a las células sanguíneas adyacentes (ver figura 10). Gómez (2015) considera normal que en un hemograma el 70% de los glóbulos blancos sean linfocitos, lo que coincide con lo descrito por Martínez *et al* (2011), quien señala que el número de linfocitos puede variar, llegando a superar el 80% del recuento diferencial en algunas especies. En general, muchas especies de reptiles sanos presentan un recuento de linfocitos superior al de los heterófilos. En este estudio, no se observó la presencia de linfocitos reactivos, lo que sugiere la ausencia de estimulación del sistema inmune por la presencia de antígenos asociados a patologías.

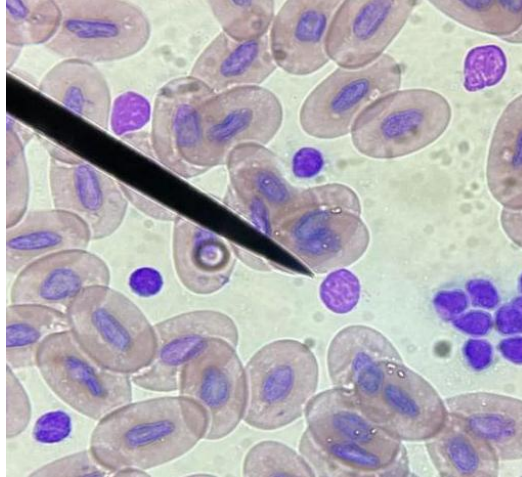


Figura 10. Se observan en sangre periférica de *Crotalus simus* (flecha) linfocitos en objetivo 1000x.
(Fuente propia, 2024)

En los ocho especímenes estudiados no se determinó si las variables sexo o edad influyeron sobre los parámetros hematológicos evaluados. Esto indica que, en la muestra estudiada, los factores sexuales y de edad no parecen tener un impacto notable en las características hematológicas, como la concentración de glóbulos rojos, blancos o plaquetas. En los frotis sanguíneos examinados no se observaron parásitos sanguíneos, lo que sugiere que, en el momento del análisis, la ausencia de estos parásitos sugiere un estado de salud relativamente estable. Sin embargo, es importante señalar que el hecho de que no se observan parásitos no descarta la posibilidad de otras infecciones o patologías que puedan afectar a las serpientes en niveles no evidentes en los frotis sanguíneos.

6. CONCLUSIONES

Los valores eritrocitarios obtenidos indicaron una concentración temporal de glóbulos rojos en la circulación (policitemia absoluta transitoria). Esta condición puede ser desencadenada por una variedad de factores, siendo uno de los más significativos el estrés, particularmente el que ocurrió durante el proceso de manejo o toma de muestras. Es importante destacar que, en muchos casos, estos aumentos en la concentración de eritrocitos no son necesariamente indicativos de una enfermedad o alteración patológica, sino más bien un reflejo fisiológico de cómo las serpientes responden al estrés.

La ausencia de hemoparásitos en los frotis sanguíneos indica un estado de salud relativamente estable en cuanto a infecciones parasitarias; sin embargo, no garantiza la ausencia de otras patologías que puedan alterar los valores obtenidos.

La policitemia absoluta transitoria inducida por estrés es una respuesta adaptativa y no una alteración permanente de la salud del animal. Sin embargo, es crucial que este fenómeno sea diferenciado de otras condiciones patológicas que pueden causar un aumento en los glóbulos rojos, como patologías relacionadas con la producción anormal de eritrocitos.

Aunque en la investigación no se evidenciaron diferencias representativas en los resultados de los parámetros hematológicos en relación con el sexo o la edad de los especímenes muestreados, se debe tener en cuenta que estos factores podrían tener un impacto no determinado en los resultados debido a las limitaciones del estudio, como el tamaño de la población.

Es importante recalcar que en esta investigación no se consideraron los factores de manejo y el estrés, la alimentación, ambiente en los recintos y época del año, como variables que influyen en los resultados hematológicos. Ya que para obtener resultados más precisos y minimizar la alteración de los valores hematológicos en serpientes bajo cuidado humano, es fundamental considerar y controlar diversos factores que pueden influir en sus parámetros sanguíneos.

La información limitada de estudios sobre los parámetros hematológicos en la serpiente cascabel (*Crotalus simus*) impide la comprensión profunda de las condiciones fisiológicas normales y anormales que se puedan evidenciar en los valores hematológicos, imposibilitando realizar diagnósticos para establecer el tratamiento adecuado de las patologías asociadas al manejo bajo cuidado humano.

7. RECOMENDACIONES

Para garantizar una obtención de resultados más precisos es fundamental minimizar los factores estresantes, reducir el tiempo de manipulación y controlar las condiciones que puedan generar estrés durante la toma de muestras en serpientes.

Realizar un análisis detallado de los frotis sanguíneos para identificar variaciones en la proporción de los diferentes tipos de leucocitos mediante el recuento leucocitario diferencial.

Para diferenciar la policitemia absoluta transitoria de otras condiciones patológicas, se sugiere medir los niveles de cortisol en muestras de sangre, dado que esta hormona está estrechamente relacionada con la respuesta al estrés.

Ampliar el tamaño de los sujetos de la investigación y realizar estudios que permitan determinar si los parámetros de sexo y edad tienen incidencia directa en los parámetros hematológicos en serpientes.

Se deben incluir y controlar en futuras investigaciones factores como el manejo, el estrés, la alimentación, el ambiente en los recintos y época del año, ya que estos pueden influir significativamente en los resultados hematológicos. Esto permitirá obtener datos más precisos y representativos del estado fisiológico de las serpientes bajo cuidado humano.

Fomentar investigaciones científicas sobre los parámetros hematológicos de las serpientes en Centroamérica, con especial énfasis en especies de importancia médica, como la serpiente cascabel (*Crotalus simus*). Estos estudios contribuirán a establecer valores de referencia que permitan un diagnóstico más preciso.

8. REFERENCIAS

- Álvarez Mendoza F. J; Tamez Cantú E. M; Lazcano D; Setser K. W; Mociño Deloya E. 2011. *Morfología de las células sanguíneas y perfil leucocitario de Crotalus polystictus* (Cope 1865). (en línea). Red de revistas científicas de America Latina, El Caribe, España y Portugal, Ciencia UNAL. 16(1):53-59. Consultado en línea el 23 de octubre de 2023. Disponible en: Redalyc.Morfología de las células sanguíneas y perfil leucocitario de *Crotalus polystictus* (Cope 1865).
- Alves, R. 2014. *Estudio comparativo de valores hematológicos de serpientes de cascabel (Crotalus durissus terrificus) de vida libre y de cautiverio* (en línea). Departamento de Patología Animal, Brasil. Consultado 14 enero de 2023. Disponible en: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n2p109/26607>
- Ávila Villegas, H. 2017. *Serpiente cascabel. entre el peligro y la conservación* (en línea). comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO), Ciudad de México, México. primera edición, Ed. CONABIO. Consultado el 26 de octubre, 2023. Disponible en: CD003263.pdf (semarnat.gob.mx)
- Bos, M. 2019. *Evaluación del perfil hematológico de ofidios de la familia Viperidae mantenidos en cautiverio en el vivarium de Quito-Ecuador* (En Línea). Tesis MVZ, Quito, Ecuador, UDLA. Consultado 4 de junio, 2024. P. 1-100. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11670>
- Campbell (2015). *Exotic animal hematology and cytology*, pages 67-87. Peripheral blood of reptiles.
- Campbell T. y Grant K. 2022. *Exotic Animal Hematology and Cytology. Reptiles*. 5ª Ed. Wiley Blackwell. Consultado 20 de Agosto 2024. P. 1953.
- Chirino Molina W. Y; Mendoza Rodríguez E. W; Gavidia Leiva C. M; 2025, *Epidemiología de las mordeduras por serpientes venenosas en El Salvador, 2011-2022*. (en línea,

artículo). Dirección de Epidemiología, Ministerio de Salud, San Salvador, El Salvador. Instituto Nacional de Salud, San Salvador, El Salvador. Consultado 31 de marzo de 2025. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2025/01/1586633/vol8n1_esp_epidemiologiadelasmordeduras_240124.pdf

Ciencias biológicas y de la salud (COCINET) 2019. Desarrollan antídotos más efectivos para los envenenamientos por serpientes (en línea, sitio web). Consultado el 19 de octubre de 2023. Disponible <https://iquiba-nea.conicet.gov.ar/>

Çitaku, I. 2020. *Toma y envío de muestras para pruebas de laboratorio en animales no convencionales* (en línea). Consultado 16 de febrero de 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341914646_TOMA_Y_ENVIO_DE_MUESTRAS_PARA_PRUEBAS_DE_LABORATORIO_EN_ANIMALES_NO_CONVENCIONALES

Cortez, M. 2015. *Perfil hemático y presencia de hemoparásitos en reptiles del parque zoológico nacional, el salvador* "(en línea) tesis MVZ. UES, San Salvador, El Salvador. P. 86. Consultado 6 junio, 2024, disponible en: content

Coto, M. 2023. *Manejo de víboras de cascabel (Crotalus simus) en serpentarios para la extracción, procesamiento y determinación del veneno con fines de investigación en El Salvador*. (en Línea). Tesis Lic. Biol. San Salvador, El Salvador, UES. 57 P. consultado el 3 mayo 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14492/11804>

Craft. (s.f.). *Structure and function of hemoglobin in animals*. Recuperado Vet'sel 12 de abril de 2025, de <https://www.vetscraft.com/structure-and-function-of-hemoglobin-in-animals/>

CONABIO, 2017. Enciclovida: *Víbora cascabel tropical (Crotalus simus)* (en línea, citios web). Consultado 16 de mayo, 2025. Disponible en: «<http://www.enciclovida.mx/especies/27361-crotalus-simus>»

De Palma, O. Chicas, D. de Ventur, E. Torres, CR. (2013). *Lineamientos técnicos para la prevención y atención de las personas mordidas por serpiente El Salvador*. (en línea) Ministerio de Salud. Viceministerio de Políticas de Salud. Dirección de Regulación y Legislación en Salud. Dirección Nacional de Hospitales. San Salvador, El Salvador. C.A. consultado 14 de mayo, 2025. P 9-15. Disponible en: [lineamientos_personas_mordidas_por_serpientes.pdf](#)

Doneley B; Monks D; Johnson R y Carmel B. 2018. *Reptile Medicine and Surgery in Clinical Practice*. Wiley Blacwell. 3° Ed. P. 495. Consultado 15 de Mayo, 2025.

Fonseca, C. 2023. *Revista herpetológica. Distribución geográfica de serpientes. Nueva especie venenosa reportada en El Salvador*, pag 54, (en línea), consultado 12 de marzo de 2025. Disponible en : https://www.researchgate.net/publication/373767951_SIDEROLAMPRUS_BIVITTATUS_Two-banded_Galliwasp_GEOGRAPHIC_DISTRIBUTION

Gómez, A. 2015. *Hematología y bioquímica plasmática de la serpiente Crotalus simus en condiciones de cautiverio. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica*, (En Línea). Tesis MSc. Microbiología. UCR Consultado 10 de octubre 2023. P. 1-86. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289504610_HEMATOLOGIA_Y_BIOQUIMICA_PLASMATICA_DE_LA_SERPIENTE_Crotalus_simus_SERPENTES_VIPERIDAE_EN_CONDICIONES_DE_CAUTIVERIO

Gutierrez, J. 2011. *Snakebite poisoning in Latin America and the Caribbean: An integral view from a regional perspective*. (en línea). Instituto Clodomiro Picado, UCR, San José, Costa Rica. 11(1): 1-16. Consultado el 25 de octubre de 2023. Disponible en https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482011000100001

Gutiérrez, J. Higashi H. G. Hui Wen, F. Burnouf Th. 2007. *Strengthening antivenom production in Central and South American public laboratories: report of a workshop*. (En línea). *Toxicon*. 49: 30-35. Consultado 22 de octubre, 2023. Disponible en:

(PDF) Fortalecimiento de la producción de antídotos en laboratorios públicos de América Central y del Sur: Informe de un taller

Heatley J. y Rusell K. 2020. *Exotic Animal Laboratory Diagnosis*. Wiley Blackwell. Consultado 16 de mayo, 2025. P

Henríquez, V. 2010. *Informe de Campo de Estudios de Herpetofauna Realizados en Parque Nacional Montecristo y Área Natural Cerro El Pital. Informe de Consultoría para el Fondo de Cooperación de Ecosistemas Críticos (CEPF)*. SalvaNATURA Programa de Ciencias para la Conservación, San Salvador, El Salvador.

Henríquez V. 2013. Distribución Real, Potencial y Características Principales de las Serpientes Venenosas en El Salvador, 2013. El Salvador (en línea). *Revista BIOMA* 1(11):6-27. Consultado 7 de septiembre, 2023. Disponible en: Revista BIOMA septiembre 2013.

Hernández Sada; Sofía Chavarría; Melissa Valle; 2014. *Determinación de valores hematológicos, perfil renal y hepático en tortugas carey (Eretmochelys imbricata) anidantes en la Bahía de Jiquilisco, Departamento de Usulután, El Salvador*. Universidad de El Salvador, Departamento de Medicina Veterinaria (en línea). Tesis Mvz. Sal Salvador, El Salvador, UES. 86 P. Consultado 2 de septiembre 2023, disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2755>

ITIS, 2008. *Crotalus simus*. *Integrated Taxonomic Information System*. Consultado 13 de marzo 2025. Disponible en: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=727493#null

Köhler, G., Veselý, M. y Greenbaum, E. 2006. *The amphibians and reptiles of El Salvador*. Krieger Press, Melbourne, Florida. 238 pp.

LaGrange, S. 2014. *Variación estacional de los valores hematológicos y químicos del plasma sanguíneo de la serpiente de cascabel (Crotalus horridus)*. Indiana, Estados

Unidos. Consultado 14 enero de 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264631768_Seasonal_Variation_in_Hematology_and_Blood_Plasma_Chemistry_Values_of_the_Timber_Rattlesnake_Crotalus_horridus

Lee, J. (1996). *The Amphibians and Reptiles of The Yucatan Peninsula*. Cornell University Press. USA.

Mader, D. 2006. *Reptile Medicine and Surgery*. 2nd Ed. St. Louis, Missouri, Saunders Co. Elsevier. EUA, p. 1264.

Martínez Silvestre A. Lavín S. Cuenca R. 2011. *Hematología y citología sanguínea en reptiles. (en línea)*. Centro de Recuperación de Anfibios y Reptiles de Cataluña. Facultad de Veterinaria. (en línea) UAB. Bellaterra, España Clin. Vet. Peq. Anim, 2011, 31 (3): 131-141. Consultado 22 de octubre de 2023. Disponible en: untitled

Martínez Silvestre A, 2011. *Hematología y bioquímica sanguínea de tres especies de lagartos de las Islas Canarias (Género Gallotia)*. (en línea). Departament de Medicina i Cirurgia Animals Facultat de Veterinària. Tesis doctoral, UNAB, Barcelona, España. Consultado 15 de mayo, 2025. Disponible en: [05 Tesis Albert 0505112](#)

Martínez, A. 2006. *Hematología y bioquímica en reptiles. Párametros sanguíneos (en línea)*. Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Consultado 14 enero de 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260435355_Hematologia_y_bioquimica_en_reptiles

Marks, S. 2019. *Manual de veterinaria. Anemia en animales*. Consultado en línea mayo 2024. Disponible en: <https://www.msdrvmanual.com/es/sistema-circulatorio/anemia/anemia-en-animales>

Méndoza, F. 2011. *Morfología de las células sanguíneas y perfil leucocitario de Crotalus polystictus*. (en línea). Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40215907009.pdf>

- Méndoza, F. 2014. *Datos Hematológicos de la Víbora de Cascabel (Crotalus aquilus) del Altiplano Mexicano* (en línea). Consultado 14 enero de 2023. Universidad Autónoma Nuevo León, México. Disponible en: <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/210>
- Mérida, A. 2011. *Determinación de valores de referencia para hematología, química sérica clínica, y morfometría de la tortuga negra (Chelonia agassizii) en la poza del nance* (en línea), Sipacate, Escuintla, Guatemala. Consultado 14 enero de 2023. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2963/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2023. *Lista oficial de especies de vida silvestre amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador (Acuerdo N°257)*. (en línea). P. 12. consultado el 15 de marzo 2025. Disponible en: Acuerdo 257, Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas y en Peligro de Extinción | Biblioteca Ambiental
- MINSAL (Ministerio de Salud de El Salvador) 2013. *Lineamientos técnicos para la prevención y atención de las personas mordidas por serpiente*. (en línea). San Salvador, El Salvador. P 40. Consultado 12 de octubre, 2023. Disponible en: [lineamientos_personas_mordidas_por_serpientes.pdf](#)
- Muro, J. Cuenca R, Pastor J, Viñas L, Lavín S. (1998). *Effects of lithium heparin and tripotassium EDTA on hematologic values of Hermann's tortoises (Testudo hermanni)*.
- Natt, M. P. y Herrick, C. A. (1952). *A new diluent for counting the erythrocytes and leucocytes of the chicken*. Poultry science 31: 735 - 738.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) 2023. *envenenamiento por mordedura de serpiente* (en línea, sitio web). Consultado 14 de octubre de 2023. disponible en: [Envenenamiento por mordedura de serpiente \(who.int\)](#)
- Otero R; Tobón G; S, Gómez; Osorio R; Valderrama R; Hoyos D, 1992. *Accidente ofídico en Antioquia y Chocó. Aspectos clínicos y epidemiológicos*. (en línea). Acta Médica

Colombiana. Colombia.17(4): 229-249. Consultado 12 de octubre 2023. Disponible en: Vista de Accidente ofídico en Antioquia y Chocó

Pereira Macareo N. 2021. *Elaboración de un Manual de Manejo y Toma de Muestras en Fauna Silvestre para la Reserva Natural Cabildo Verde en Sabana de Torres*. (en línea). Tesis MV. UDES. Bucaramanga, Colombia. consultado 22 de oct, 2023 P. 47-52. Disponible en: MANEJO Y TOMA DE MUESTRAS EN FAUNA SILVESTRE

Rivadeneira Domínguez E, Galán Zamora R, Zamora Bello I. 2020. *Guía de laboratorio de Hematología*. (en línea). Universidad Veracruzana. Facultad de Química farmacéutica Biológica, Veracruz, México. Consultado 20 de enero, 2024. P. 26. Disponible en: Guia-de-Hematologia-Laboratorio.pdf

Rossini, M. 2010. *Descripción Morfológica de las células sanguíneas de la Baba (Caiman crocodilus crocodilus) en Vida Silvestre* (en línea). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Consultado 14 enero de 2023. Disponible en: <https://ve.scielo.org/pdf/rfcv/v51n2/art01.pdf>

Rubén, D. 2017. *Understanding blood work: the complete blood count (CBC) for dogs. General Practice and Preventative Medicine*. Consultado en línea mayo 2024. Disponible en; <https://tbeah.com/blog/2018/07/17/understanding-blood-work-the-complete-blood-count-cbc-for-dogs/>

Santibañez C, 2007. *Manual para el mantenimiento de ofidios en cautiverio para la prevención de sus patologías más comunes: estudio recapitulativo*. (en línea) tesis MVZ, México, D.F. México. UNAM 105 P. consultado 14 de mayo, 2025. Disponible en: TESIS: MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE OFIDIOS EN CAUTIVERIO PARA LA PREVENCIÓN DE SUS PATROLOGÍAS MAS COMUNES: ESTUDIO RECAPITULATIVO

Salas, R. (2006). *Caracterización Toxinológica del Veneno Total de la Serpiente de Cascabel Crotalus durissus cumanensis (Viperidae), presente en la localidad de*

Porshoure, Guajira Venezolana (en línea), Consultado 22 octubre 2024. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592006000300004#:~:text=Los%20envenenamientos%20por%20mordeduras%20de,despu%C3%A9s%20del%20envenenamiento%20%5B15%5D.

Samour J, Hart M, y Pierce M. 2021: *Hawkeys Atlas of Wild and Exotic Animal Haematology*. 1°Ed. Taylor and Francis Group. P 290. Consultado 16 de mayo, 2025.

Santillana, P. 2013. *Valores hematológicos y bioquímicos sanguíneos de tortugas anidantes de Golfina (Lepidochelys olivacea) en El Salvador* (en línea). Consultado 14 enero de 2023. Disponible en: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/e62b48a7-73a5-4d06-b523-4197ae61f2c3/content>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2018. *Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Serpientes de Cascabel (Crotalus spp.)*. Semarnat/Conanp, México. (en línea). México. p. (1):91-93. Consultado 26 de octubre de 2023. disponible en: [PACE_Serpientes_de_Cascabel.pdf](#) (conanp.gob.mx)

Thrall, M.A., Baker, D.C., Campbell, T.W., DeNicola, D., Fettman, M.J., Lassen E.D., Rebar, A., Weisser, G. 2006. *Veterinary hematology and chemical chemistry*. Blackwell Publishing. 259-276; 493-498.

Thrall M. A, 2012. *Veterinary Hematology and clinical Chemistry*. 2nd. Ed. Iowa, USA. Wiley Blackwell. Consultado 12 enero, 2024.

Troiano, J.C., Vidal, J.C., Gould, J. and Gould, E. 1997. *Haematological reference intervals of the South American rattlesnake (Crotalus durissus terrificus Laurenti, 1768) in captivity*. (en línea). Buenos Aires, Argentina. *Comparative Haematology International* 1: 109-112. Consultado 13 de mayo 2025. Disponible en: (PDF) Intervalos hematológicos de referencia de la serpiente de cascabel sudamericana (*Crotalus durissus terrificus*, Laurenti, 1768) en cautividad.

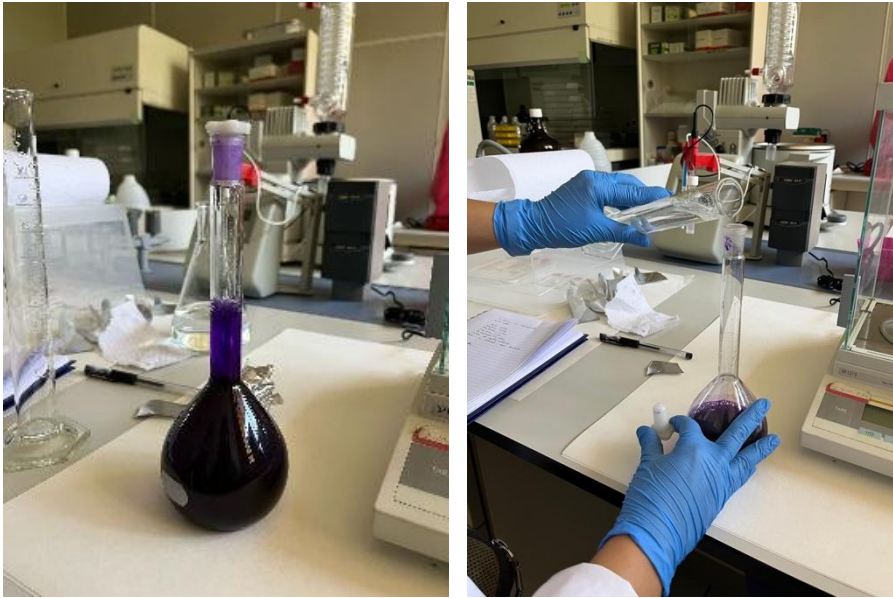
Troiano J.C, Vidal J.C, Gould E.F, Heker J, Gould J, Vogt A. U, Simoncini C, Amantini E, y De Roodt A. 2000. *Hematological values of some Bothrops species (Ophidia Crotalidae) in captivity* (en línea). Buenos Aires, Argentina. Journal of venomous Animals and Toxins. 6(2) 1-7 consultado 13 de mayo, 2025. Disponible en: SciELO Brasil - Valores hematológicos de algunas especies de Bothrops (Ophidia - Crotalidae) en cautiverio

Vreugdenhil, D., Machado, M., Linares, J., Henríquez Cisneros, V.E., 2011, *Líneas Estratégicas para la Racionalización del Sistemas de las Áreas Naturales Protegidas de El Salvador*, WICE, San Salvador

Whitbread, T. 2015. *Manual de veterinaria. Procedimientos diagnósticos para el laboratorio. Hematología clínica*. Consultado en línea mayo 2024. Disponible en; <https://www.msdivetmanual.com/es/pruebas-y-procedimientos-de-laboratorio/procedimientos-diagnosticos-para-el-laboratorio-privado/hematologia-clinica>

9. ANEXOS

A-1



Preparación de solución de Natt & Herrick

A-2



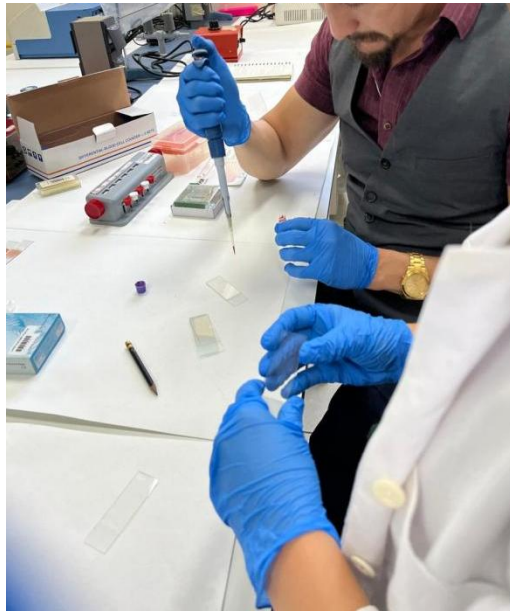
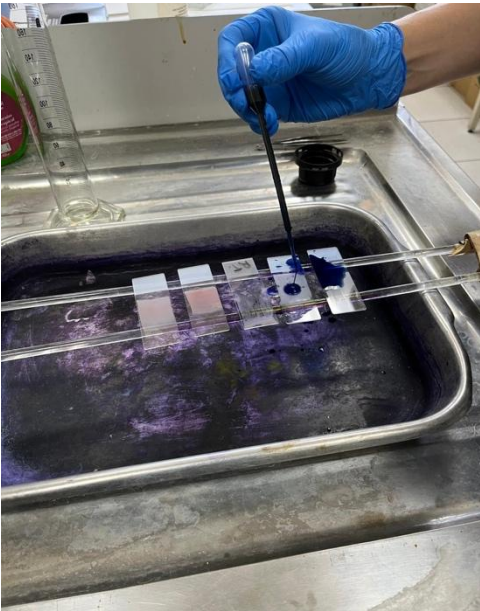
Toma de muestra de ejemplar de *Crotalus simus* de vena coccígea

A-3



Manejo para contención física de ejemplar de *Crotalus simus* para toma de muestra de sangre.

A-4



Preparación de frotis mediante tinción de Wright

A-5. Tabla de comparación con los valores de referencia de serpientes adultas de *Crotalus simus* de Costa Rica y El Salvador

Adultos	Eritrocitos cel / μ L	Leucocitos cel / μ L	trombocitos cel / μ L	HTC %	Hb g/dl	VCM fL	MCH pg	MCHC g/dl
Costa Rica	912,000 - 1,088,000	13,000 - 45,000	3,900 -20,100	16-36	6.4 - 10.40	-----	-----	-----
El Salva- dor	3,541.250 +/- 1,154,082	11,200+/- 9,347	18,026+/- 15,145	31,5+/- 9.4	10,5+/- 3.4	128+/- 59.4	38,8+/- 18.67	31,5+/- 0.54

Fuente: Tomado de Gómez 2015.

A- 6. Tabla de comparación con los valores de referencia de serpientes juveniles de *Crotalus simus* de Costa Rica y El Salvador.

Juveniles	Eritrocitos cel / μ L	Leucocitos cel / μ L	Trombocitos cel / μ L	HTC%	Hb g/dl	VCM fL	MCH pg	MCHC g/dl
Costa Rica	411,000- 609,000	9,700 20,300	3,400 - 7,200	22 - 30	3.5 - 9.5	-----	-----	-----
El Salvador	3,752,500+/- 1,038,511.	3,850+/- 2,280	6,737+/- 1,969	29,13+/- 5.5	9,7+/- 1.86	142+/- 44.77	39,9+/- 14.43	32+/- 0.75

Fuente: Tomado de Gómez 2015.

A- 7. Tabla de comparación con los valores de referencia de serpientes hembras de *Crotalus simus* de Costa Rica y El Salvador

Hembras	Eritrocitos cel / μ L	Leucocitos cel / μ L	Trombocitos cel / μ L	HTC%	Hb g/dl	VCM fL	MCH pg	MCHC g/dl
Costa Rica	640,00- 910,00	9,468 33,496	3,039 - 7,681	25-32	6-9	-----	-----	-----
El Salvador	3,748,750 +/- 1,242,711	4,125+/- 857.8	7,218+/- 1,500	32.62+/- 13.47	10.9+/- 4.48	113.62+/- 67.86	36.37+/- 21.56	31.62+/- 0.41

Fuente: Tomado de Gómez 2015.

A- 8. Tabla de comparación con los valores de referencia de serpientes machos de *Crotalus simus* de Costa Rica y El Salvador.

Machos	Eritrocitos cel / μ L	Leucocitos cel / μ L	Trombocitos cel / μ L	HTC%	Hb g/dl	VCM fL	MCH pg	MCHC g/dl
Costa Rica	600.00-770,00	15,539-32,197	4,522-10,552	22-27	5-7	-----	-----	-----
El Salvador	3,377,500+/- 1,024,295	10,925+/- 8.502.	17,544+/- 15,705	28+/- 5.02	9.32+/- 1.68	125.62+/- 43.17	42.25+/- 10.68	31.75+/- 0.82

Fuente: Tomado de Gómez 2015.

A-9. Tabla de comparación con los valores de índices eritrocitarios para *serpientes adultas de Crotalus simus* y *Crotalus durissus*.

Adultos	VCM fL	MCH pg	MCHC g/dl
<i>Crotalus durissus</i>	83-207	57-91	46-57
<i>Crotalus simus</i>	128 +/- 59	38,8+/- 18.67	31,5+/- 0.54

Fuente: Tomado de Troiano, 1997.

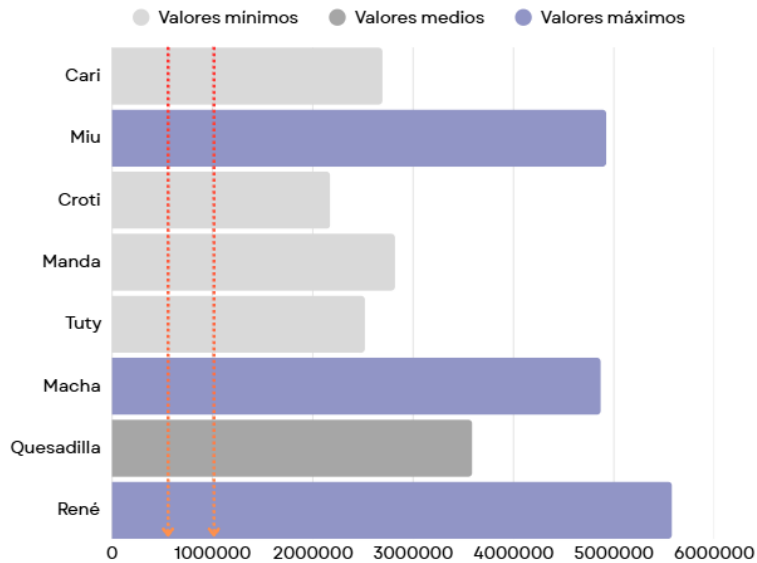
A-10. Tabla de comparación con los valores de índices eritrocitarios para *serpientes juveniles de Crotalus simus* y *Crotalus durissus*.

Juveniles	VCM fL	MCH pg	MCHC g/dl
<i>Crotalus durissus</i>	69-171	53-79	46-62
<i>Crotalus simus</i>	142 +/- 44	38,8+/- 14.67	32 +/- 0.75

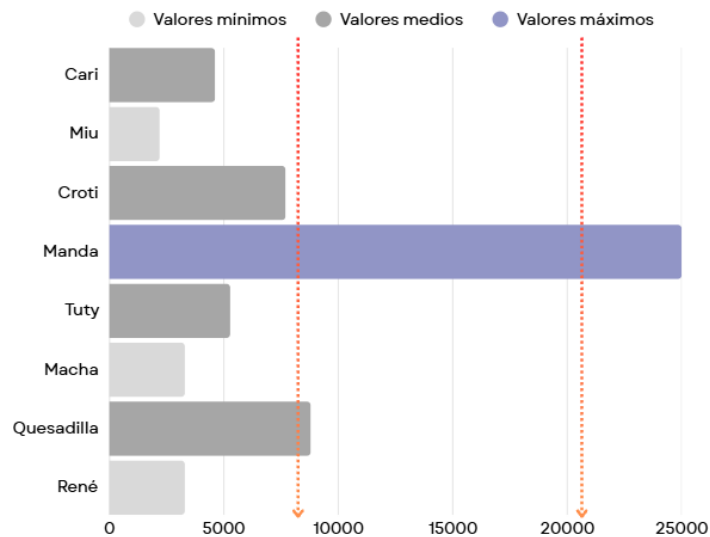
Fuente: Tomado de Troiano, 1997.

GRÁFICAS

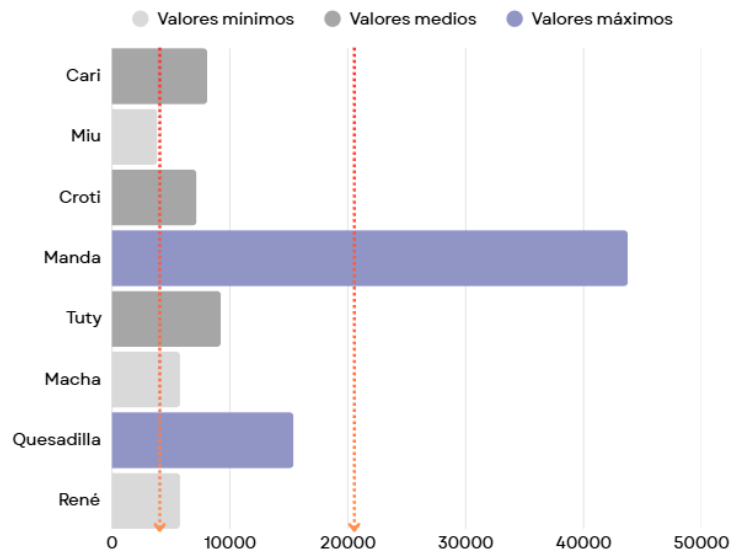
Gráfica 1. Resultados obtenidos de eritrocitos en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



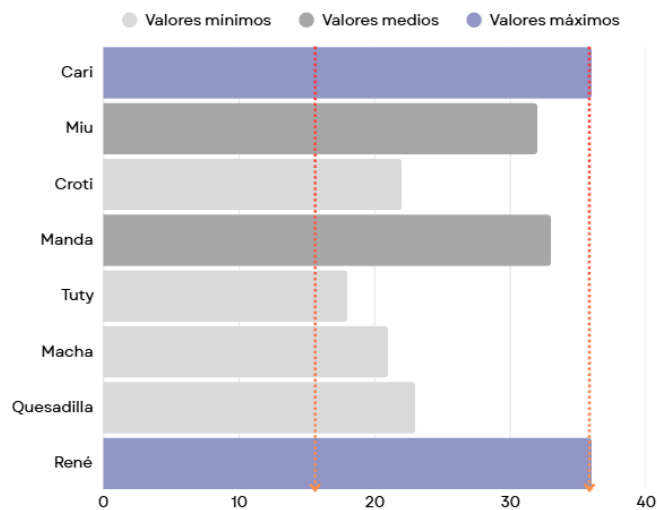
Gráfica 2. Resultados obtenidos de leucocitos en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



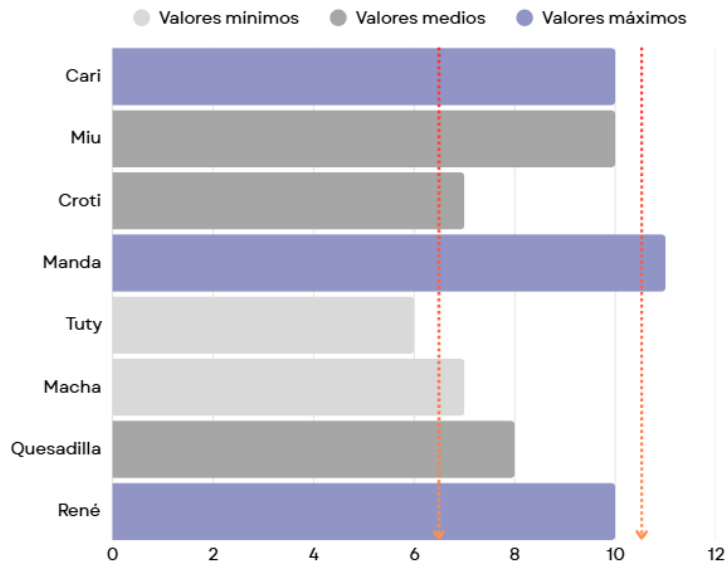
Gráfica 3. Resultados obtenidos de trombocitos en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



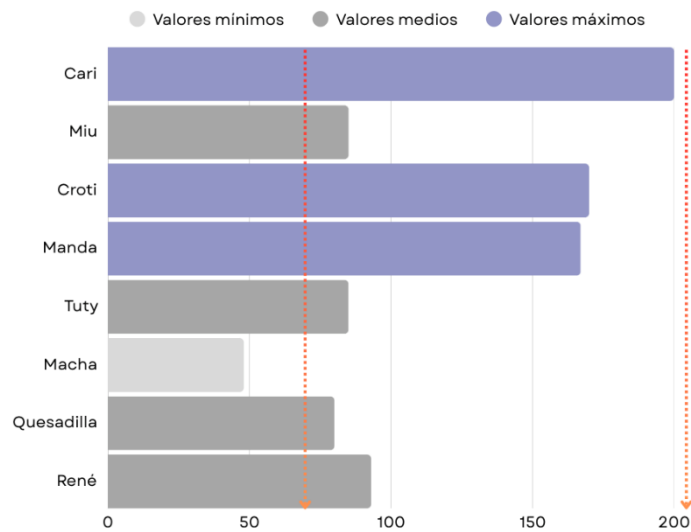
Gráfica 4. Resultados obtenidos de hematocrito en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



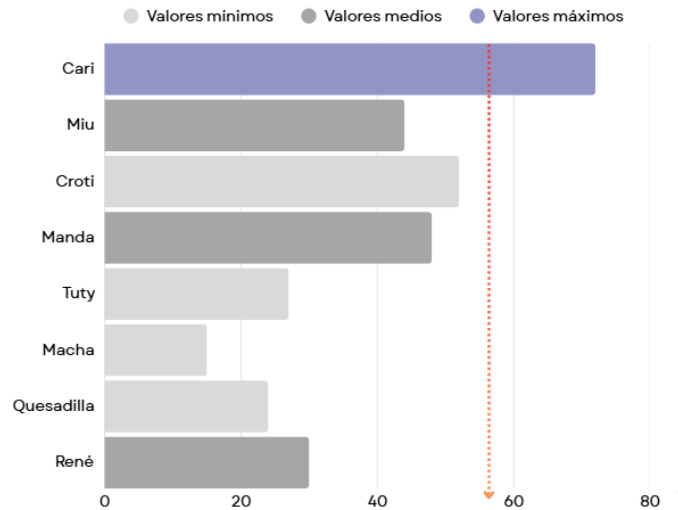
Gráfica 5. Resultados obtenidos de hemoglobina en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



Gráfica 6. Resultados obtenidos de Volumen corpuscular medio (VCM) en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



Gráfica 7. Resultados obtenidos de Contenido corpuscular medio de hemoglobina (MCH) en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.



Gráfica 8. Resultados obtenidos de Concentración de hemoglobina corpuscular media (MCHC) en serpiente cascabel (*Crotalus simus*) bajo cuidado humano en el laboratorio de Entomología de Vectores de CENSALUD.

